Miguel Thompson
Eloci Peres Rios

Walter Spinelli
Hugo Reis
Blaidi Sant'Anna

Vera Lúcia Duarte de Novais
Murilo Tissoni Antunes

MATERIAL DE DIVULGAÇÃO.
VERSÃO SUBMETIDA À AVALIAÇÃO.
Código da coleção:
0199P21203
Código da obra:
0199P21203137

CONEXÕES

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

Terra e equilíbrios

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza
e suas Tecnologias

MANUAL DO PROFESSOR

MODERNA

MODERNA

MIGUEL THOMPSON
Doutor em Ciências (Área de concentração: Oceanografia Biológica) pela Universidade de São Paulo. Mestre em Ciências (Área de concentração: Oceanografia Biológica) pela Universidade de São Paulo. Bacharel em Ciências (Biologia) pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Professor.

ELOCI PERES RIOS
Doutora em Ciências (Área de concentração: Oceanografia Biológica) pela Universidade de São Paulo. Mestra em Ciências (Oceanografia Biológica) pela Universidade de São Paulo. Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professora.

WALTER SPINELLI
Doutor em Educação (Área de concentração: Educação – Opção: Ensino de Ciências e Matemática) pela Universidade de São Paulo. Mestre em Educação (Área de concentração: Educação – Opção: Ensino de Ciências e Matemática) pela Universidade de São Paulo. Professor.

HUGO REIS
Doutor em Ciências (Área de concentração: Física de Partículas Elementares) pela Universidade de São Paulo. Mestre em Ciências (Área de concentração: Física de Partículas Elementares) pela Universidade de São Paulo. Bacharel em Física pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professor.

BLAIDI SANT'ANNA
Licenciado em Física pela Universidade de São Paulo. Diretor, coordenador pedagógico e professor.

VERA LÚCIA DUARTE DE NOVAIS
Mestre em Educação (Área de concentração: Currículo) pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Bacharela e licenciada em Química pela Universidade de São Paulo. Professora.

MURILO TISSONI ANTUNES
Licenciado em Química pela Universidade de São Paulo. Professor.

CONEXÕES

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

Terra e equilíbrios

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

MANUAL DO PROFESSOR

1ª edição

São Paulo, 2020

MODERNA

MODERNA

Coordenação geral: Maria do Carmo Fernandes Branco
Edição executiva: Glaucia Teixeira, Rita Helena Bröckelmann
Edição: Thiago Macedo de Abreu Hortêncio, Daniel Hohl, Luiz Alberto de Paula, Kátia Paulilo Mantovani, Juliana Albuquerque, Ana Carolina de Almeida Yamamoto, Lara Vieira Leite, Paula Hirata
Assessoria didático-pedagógica: Fernando Luis Leite Carreiro, Priscilla Andressa de Sousa Silva, Gabriela A. de Lima, Luciana Keler Machado, Matheus Cabral Torres
Assistência editorial: Elizangela Gomes Marques
Gerência de *design* e produção gráfica: Everson de Paula
Suporte administrativo editorial: Maria de Lourdes Rodrigues
Coordenação de *design* e projetos visuais: Marta Cerqueira Leite
Projeto gráfico: Bruno Tonel
Capa: Daniela Cunha
Ilustrações: Otávio dos Santos, Daniela Cunha
IhorZigor/Shutterstock; Sazhnieva Oksana/Shutterstock; A-spring/Shutterstock
Coordenação de arte: Aderson Oliveira, Wilson Gazzoni
Edição de arte: Marcel Hideki Yonamine, Eliazar Alves Cavalcanti Junior, Nilza Shizue Yoshida
Editoração eletrônica: Setup Bureau Editoração Eletrônica
Edição de infografia: Giselle Hirata, Priscilla Boffo
Coordenação de revisão: Camila Christi Gazzani, Elaine Cristina del Nero, Maristela S. Carrasco
Revisão: Elza Doring, Denise Morgado, Nilce Xavier, Márcio Della Rosa, Rachel Reis, Érika Kurihara
Coordenação de pesquisa iconográfica: Sônia Oddi, Luciano Baneza Gabarron
Pesquisa iconográfica: Fabiana Nogueira, Enio Lopes, Vanessa Trindade, Márcia Mendonça, Camila D'Angelo, Renata Martins
Suporte administrativo editorial: Flávia Bosqueiro
Coordenação de *bureau*: Rubens M. Rodrigues
Tratamento de imagens: Joel Aparecido, Luiz Carlos Costa, Marina M. Buzzinaro
Pré-impressão: Alexandre Petreca, Everton L. de Oliveira, Marcio H. Kamoto, Vitória Sousa
Coordenação de produção industrial: Wendell Monteiro
Impressão e acabamento:

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

Conexões : ciências da natureza e suas tecnologias : manual do professor / Miguel Thompson ... [et al.]. -- 1. ed. -- São Paulo : Moderna, 2020.

Outros autores: Eloci Peres Rios, Walter Spinelli, Hugo Reis, Blaidi Sant'Anna, Vera Lúcia Duarte de Novais, Murilo Tissoni Antunes
Área do conhecimento: Ciências da natureza e suas tecnologias
Obra em 6 vol.
Conteúdo: Matéria e energia -- Energia e ambiente -- Saúde e tecnologia -- Conservação e transformação -- Terra e equilíbrios -- Universo, materiais e evolução

1. Biologia (Ensino médio) 2. Ciências (Ensino médio) 3. Física (Ensino médio) 4. Química (Ensino médio) I. Thompson, Miguel. II. Rios, Eloci Peres. III. Spinelli, Walter. IV. Reis, Hugo. V. Sant'Anna, Blaidi. VI. Novais, Vera Lúcia Duarte de. VII. Antunes, Murilo Tissoni

20-39326 CDD-373.19

Índices para catálogo sistemático:

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

Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964

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

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

SUMÁRIO

Orientações gerais

Introdução IV

Legislação educacional IV

A BNCC do Ensino Médio e as áreas de conhecimento V

Interdisciplinaridade V

As competências e habilidades segundo a BNCC VI

A BNCC e as culturas juvenis VII

Temas contemporâneos transversais (TCTs) VIII

Pressupostos teórico-metodológicos IX

A contextualização e a problematização em Ciência e Tecnologia IX

O tratamento matemático XI

A experimentação XII

A segurança no laboratório de Ciências XII

O papel do professor XIII

Trabalho em grupo: como e quando fazer XIV

Estudantes de diferentes perfis: como lidar XV

Trabalhando temáticas de direitos humanos, inclusão e respeito ao longo do ano XV

As TDICs e a educação XVII

O pensamento computacional XVII

Planejamento de aula XVIII

Cronogramas XIX

Organização bimestral XIX

Organização trimestral XIX

Organização semestral ou anual XIX

Avaliação XIX

Tipos de avaliação e avaliações para diferentes perfis XXI

Avaliação referente a norma XXI

Avaliação referente a critério XXI

Avaliação somativa XXI

Avaliação formativa XXI

Avaliação personalizada XXI

Organização da obra XXII

Estruturação de cada volume XXII

Ponto de partida XXII

Para começo de conversa XXII

Interligações XXII

Caixa de ferramentas XXII

Atividades XXII

Atividades práticas XXIII

Atenção XXIII

Comunicando ideias XXIII

Fique por dentro XXIII

Atividades finais XXIII

Próximos passos XXIII

Ponto final XXIII

Bibliografia XXIV

Orientações específicas XXVII

MODERNA

Introdução

Este **Suplemento do Professor** propõe-se a contribuir para um melhor aproveitamento da obra e para a contínua formação dos professores nos termos dos aspectos didático-pedagógicos do ensino, possibilitando atualização e reflexão sobre as práticas de ensino. Para tanto, são descritos a organização geral da coleção, as estratégias e os recursos de ensino, os pressupostos teóricos que a fundamentam e os objetivos da proposta didático-pedagógica da obra. Além disso, oferece orientações que buscam concretizar o trabalho por área de conhecimento na escola, com possibilidades de articular os conteúdos dos volumes entre si, com outros componentes curriculares e com outras áreas do conhecimento.

No material, diferentes instrumentos de avaliação são apresentados ao professor como possibilidade de utilização ao longo do processo de ensino e aprendizagem. E ainda são oferecidos recursos complementares na forma de indicações de *sites*, livros e filmes e de atividades de ampliação temática que não constam no **Livro do Estudante**.

Legislação educacional

O Ensino Médio é a etapa final da Educação Básica e, de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional-LDB (Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996), tem como pressuposto desenvolver no estudante uma formação "indispensável para o exercício da cidadania", além de "fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores" (art. 22).

Com a finalidade de alcançar tais objetivos, desde 2009, o MEC implantou o Programa Ensino Médio Inovador-ProEMI (instituído pela Portaria nº 971, de 9 de outubro de 2009), que busca integrar as ações do Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE), com a intenção de apoiar e fortalecer propostas inovadoras em termos curriculares, que atendam às expectativas e demandas dos estudantes e às necessidades da atual sociedade, de modo a promover melhorias na qualidade do Ensino Médio.

O ProEMI responde à necessidade de traçar políticas educacionais para os adolescentes e jovens propondo um Ensino Médio cujas políticas estejam afinadas com uma organização curricular para o desenvolvimento de ações que promovam uma educação científica e humanística em que se valoriza a cultura, a relação teoria-prática, o uso de recursos de tecnologia e estratégias que prezam pelo desenvolvimento da autonomia intelectual.

Na edição mais recente do ProEMI, tem-se buscado compatibilidade entre as diretrizes e metas do Plano Nacional de Educação (2014-2024) – PNE (Lei nº 13.005/2014) e a reestruturação proposta para o Ensino Médio apresentada na Medida Provisória nº 746, instituída em 22 de setembro de 2016. Nessa nova proposta curricular, a organização dos arranjos curriculares depende do contexto local, sendo formados segundo as orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e dos itinerários formativos. Isso foi regulamentado pela Lei nº 13.415 de 16 de fevereiro de 2017, que alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. A organização das etapas do Ensino Médio ficou definida como apresentada no quadro a seguir.

Fontes: TODOS PELA EDUCAÇÃO. *Ensino Médio*: reestruturação da proposta de escola. Disponível em: <https://todospelaeducacao.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2020/09/Grafica-07-02-2020.pdf>; CONSELHO NACIONAL DE SECRETARIAS DE EDUCAÇÃO. *Guia de implementação do Novo Ensino Médio*. Disponível em: <http://novoensinomedio.mec.gov.br/resources/downloads/pdf/Guia.pdf>. Acessos em: 12 abr. 2021.

Com isso, considera-se a perspectiva de uma formação integral dos estudantes no que se refere aos aspectos físicos, cognitivos e socioeconômicos.

Esta coleção assume os princípios orientadores da legislação educacional brasileira, atentando para as recentes mudanças apontadas pelas discussões a respeito da qualidade no Ensino Médio e para a importância da conclusão da Educação Básica. Entende-se que, nesta etapa da escolarização, consolida-se o preparo dos estudantes para a vida, sua qualificação para a cidadania e sua capacitação para o aprendizado permanente, de modo que prossigam seus estudos e entrem no mundo do trabalho.

Este material busca colaborar com a atualização formativa do professor e propõe uma organização curricular com a intenção de alcançar os objetivos esperados para esta etapa do ensino, em termos das aprendizagens essenciais que, aos estudantes, devem ser garantidas em todas as etapas da Educação Básica. Ele foi concebido para os quatro campos de conhecimento: trabalho, ciência, cultura e tecnologia, para que os estudantes ampliem sua visão a respeito de aspectos sociais, econômicos e políticos.

A BNCC do Ensino Médio e as áreas de conhecimento

A Base Nacional Comum Curricular é o documento normativo mais recente da educação brasileira e visa orientar a organização do currículo a ser desenvolvido pelas escolas ao longo da Educação Básica. Essa norma foi apresentada como um "conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais" (MEC, 2017, art. 1, p. 50) que todos os estudantes devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica escolar. Entendida como um documento que pretende conduzir as equipes pedagógicas na construção dos currículos locais, a BNCC não deve ser compreendida como o currículo em si, mas como uma ferramenta normativa que visa instruir a construção de um currículo que possibilitará uma formação humana e integral dos estudantes.

Para a etapa do Ensino Médio, a BNCC define as aprendizagens fundamentais para o desenvolvimento dos estudantes, preparando-os para o exercício de sua cidadania e qualificando-os para o trabalho. No artigo 2º da Resolução nº 4 de 17 de dezembro de 2018, são apresentadas as aprendizagens essenciais, sendo elas "conhecimentos, habilidades, atitudes, valores e a capacidade de os mobilizar, articular e integrar" (BRASIL, 2018, p. 2). A intenção é que essas aprendizagens sejam expressas na forma de competências que, no artigo 3º do mesmo documento, são definidas como "a mobilização de conhecimento (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas cognitivas e socioemocionais), e atitudes e valores, para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho" (BRASIL, 2018, p. 3-4).

A organização da BNCC do Ensino Médio é por áreas do conhecimento, sendo que o currículo desta etapa do processo de escolarização deve ser fomentado com o "contexto histórico, econômico, social, ambiental, cultural local, do mundo do trabalho e da prática social" (art. 10), implicando o fortalecimento da contextualização para a compreensão dos fenômenos. A sistematização dos conteúdos entrelaçando diferentes áreas de conhecimentos possibilita o diálogo entre os saberes dos componentes curriculares que as constituem enquanto área e favorece o entendimento dos fenômenos de estudo, considerando suas complexidades. Dessa forma, ainda que se tenha uma intersecção na formação dos estudantes, as especificidades e os saberes próprios de cada uma delas são preservados.

Para cada área de conhecimento prevista para o Ensino Médio, são descritas as competências específicas que devem ser desenvolvidas ao longo dessa etapa de ensino. A organização do currículo por área não desconsidera o papel e a importância de cada disciplina (ou componente curricular), mas considera fundamentalmente o diálogo entre elas e as relações interdisciplinares.

Interdisciplinaridade

O trabalho interdisciplinar pressupõe uma prática pedagógica em que o conteúdo específico de cada disciplina não é propriedade reservada, exclusiva dela, pois esse mesmo conteúdo pode receber as contribuições de outras disciplinas. Nesse contexto, é importante que o planejamento da sequência de ensino seja feito não apenas individualmente pelos professores, mas que também haja um planejamento coletivo entre os professores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e os das outras áreas do conhecimento, construído de forma cooperativa, pensando nas necessidades dos estudantes.

Desta forma, a interdisciplinaridade busca superar a fragmentação das disciplinas, sem desconsiderar a importância de cada uma delas. Para os estudantes não é diferente, pois essa abordagem do conhecimento provoca neles a percepção de que existe uma relação entre as disciplinas; por isso, podemos dizer que temos áreas de conhecimento, possibilitando um estudo com conexão, relação.

Com relação à interdisciplinaridade, a resolução CNE/CEB nº 3/98 orienta as escolas ao mencionar que:

> II – o ensino deve ir além da descrição e procurar constituir nos alunos a capacidade de analisar, explicar, prever e intervir, objetivos que são mais facilmente alcançáveis se as disciplinas, integradas em áreas de conhecimento, puderem contribuir, cada uma com sua especificidade, para o estudo comum de problemas concretos, ou para o desenvolvimento de projetos de investigação e/ou de ação.

No caso específico da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, o documento normativo orienta para a análise dos fenômenos naturais e dos processos tecnológicos, a elaboração de argumentos para explicar as situações-problema e a tomada de decisões éticas e responsáveis, "utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais, nacionais 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)" (art. 11).

A ciência e a tecnologia são indispensáveis para o desenvolvimento da sociedade. Elas estão presentes em todos os setores produtivos, desde a extração de materiais da natureza até o processamento dos produtos finais. São também determinantes na área da saúde, dos transportes, da educação e da cultura. Diversos objetos, como os celulares, equipamentos eletrônicos e uma infinidade de utensílios de plástico, metais, cerâmicas, entre outros, estão cada vez mais inseridos em nosso dia a dia e têm influenciado nosso modo de vida.

EDIÇÃO DE OFERTA

Debater essa questão e a forma como a produção, o consumo e o descarte de materiais têm provocado impactos ambientais e sociais já justificam o seu estudo no Ensino Médio.

A dificuldade principal do currículo fragmentado em disciplinas é reduzir o ensino à exposição oral dos conteúdos factuais e ao material informativo do livro didático, sem considerar o processo de investigação, os modos de pensar a que as disciplinas recorrem, a funcionalidade desses conteúdos para a análise de problemas e situações concretas e para a vida cotidiana. É daí que se postula que uma atitude interdisciplinar mobiliza o professor a transitar do conhecimento integrado ao especializado e deste ao integrado, do território da disciplina às suas fronteiras e vice-versa.

Conhecer as necessidades do passado, do presente e do futuro requer mais do que especialização em um único campo do saber, pois demanda versatilidade, harmonizando formação especializada com saberes que requerem sólida cultura geral e grande capacidade de aprender (autoaprendizagem). Nessa mesma concepção, a interdisciplinaridade consiste em metodologia de ensino, o que implica a postura de um professor que não fica fechado em seu campo de conhecimento, reconhecendo nos demais a possibilidade de aprender e interagir, o que inclui uma postura de humildade, reconhecendo-se um eterno estudante que pouco sabe, diante do imenso universo de conhecimentos que cresce diariamente de modo exponencial. Na interação com outros professores, a integração pode se dar de modo recíproco, o que inclui objetivos, conceitos, conteúdos – temas de projeto com olhares disciplinares distintos –, estratégias, recursos e formas de organização e sistematização de procedimentos.

Atitude interdisciplinar

A atitude interdisciplinar requer uma mudança conceitual no pensamento e na prática docentes, pois os estudantes não conseguirão pensar interdisciplinarmente se o professor lhes oferecer um saber fragmentado e descontextualizado. Uma mudança de atitudes dos professores diante da rigidez da organização disciplinar implica compreender a prática da interdisciplinaridade em três sentidos: como atitude, como forma de organização administrativa e pedagógica e como prática curricular (LIBÂNEO, 2007).

A organização escolar interdisciplinar é um modo de efetivar a atitude interdisciplinar que se expressa na elaboração coletiva do projeto pedagógico e nas práticas de organização da escola. Como prática curricular, há muitas formas de viabilização, conforme as sugestões a seguir.

- Reunir disciplinas cujos conteúdos permitam tratamento pedagógico-didático interdisciplinar, após levantamento de características da realidade local e da identificação de problemas mais significativos para o grupo de estudantes.
- Propor temas geradores que possibilitem a compreensão mais globalizante da realidade dos estudantes por meio da contribuição de várias disciplinas.
- Desenvolver práticas de ensino não convencionais que ajudem os estudantes a aprender a pensar, a ter maior flexibilidade de raciocínio.
- Orientar o estudo de um assunto para abordá-lo em todos os seus aspectos, ligações, relações internas e externas, e fazer a correlação com os problemas sociais e cotidianos.

As competências e habilidades segundo a BNCC

Conforme mencionado no tópico anterior, a BNCC define um conjunto de aprendizagens essenciais que os estudantes devem desenvolver ao longo das etapas da Educação Básica. Esse conjunto de aprendizagens essenciais deve assegurar o desenvolvimento de dez competências gerais que perpassam por todas as áreas de conhecimento e pelas etapas da Educação Básica.

As dez competências gerais descritas na BNCC trabalham não só o desenvolvimento intelectual dos estudantes, mas também o social, o físico, o emocional e o cultural, buscando promover a educação integral. Resumidamente, pretende-se com as dez competências uma formação que considera a/o:

1. valorização dos conhecimentos historicamente construídos;
2. exercício do ensino por investigação, cujas premissas são investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver situações-problema;
3. valorização e participação das/nas diferentes manifestações artísticas e culturais;
4. utilização das diferentes linguagens verbal (oral ou visual-motora e escrita), corporal, visual, sonora e digital, além das linguagens artística, matemática e científica;
5. compreensão, utilização e criação de tecnologias digitais de informação e comunicação de forma reflexiva e ética;
6. valorização da diversidade de saberes e vivências culturais;

7. argumentação com base em fatos, dados e informações confiáveis para formulação, negociação e defesa de ideais, pontos de vista e decisões comuns;
8. autoconhecimento e autoapreciação e cuidado com a saúde física e emocional;
9. exercício da empatia, do diálogo e da cooperação para resolução de conflitos;
10. ação pessoal e coletiva com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação.

Adentrando no âmbito das áreas de conhecimento, o documento da BNCC traz, ainda, a descrição das competências específicas e habilidades a serem desenvolvidas para cada uma das áreas. As competências específicas para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias **resumidamente** trabalham a:

1. análise de fenômenos naturais e processos tecnológicos com base nas interações e relações entre matéria e energia, buscando diminuir impactos e promovendo melhorias nas condições de vida;
2. elaboração de interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para a construção de argumentos, realização de conjecturas e tomada de decisões éticas e responsáveis;
3. investigação de situações-problema e avaliação das aplicações do conhecimento científico e tecnológico no mundo e suas implicações, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza.

As competências gerais estão relacionadas com o que se espera que os estudantes adquiram ao longo de todo seu percurso na Educação Básica. As competências específicas, por outro lado, são degraus de cada etapa dessa trajetória. Para cada uma das competências específicas são apontadas as habilidades esperadas, que são desdobramentos delas e estão mais direcionadas para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Portanto, cada competência específica envolve a mobilização de várias habilidades para o seu desenvolvimento.

O ensino com base em competências e habilidades exige da escola e do professor uma mudança de paradigma em relação ao processo de ensino, agora não mais calcado nos conteúdos conceituais, mas sim nas competências gerais e nas específicas e suas habilidades. O foco não é mais só o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, mas o desenvolvimento das habilidades práticas e socioemocionais, das atitudes e dos valores para resolver demandas complexas.

A BNCC e as culturas juvenis

A juventude deve ser considerada em suas múltiplas dimensões, com suas particularidades, as quais não estão relacionadas às dimensões biológicas e etárias, mas articuladas com diversos atravessamentos sociais e culturais, culminando em variadas culturas juvenis e, por consequência, muitas juventudes. Ao considerar esse posicionamento, para alcançar o protagonismo juvenil, tanto a escola quanto o professor necessitam criar um ambiente e situações que promovam a participação dos estudantes.

Segundo o documento do MEC PGM 3: *Mobilização e Participação na Escola Jovem*:

> [...] é essencial que os alunos tenham voz (e vez) na escola, através da concepção e elaboração de projetos curriculares, da organização de atividades que levem à reflexão e busca de soluções de forma coletiva e compartilhada.
>
> Muitas são as competências construídas quando os alunos se mobilizam e têm espaço para participar do cotidiano da escola: saber ouvir e respeitar a opinião do outro, trabalhar em grupo, interagindo com o diferente, selecionar o que é significativo, aprender a aprender, experimentar, argumentar, criticar, tomar decisões.
>
> Uma das maneiras de estimular sua participação é integrar à vivência escolar aspectos de suas culturas. É preciso que os jovens tenham identidade com a escola. Neste sentido, é necessário que ela conheça seus alunos e os novos padrões culturais dos jovens, articulando-os aos seus desenhos curriculares.
>
> [...]
>
> **Fonte:** BRASIL. Ministério da Educação. *Mobilização e participação na Escola Jovem*. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/mobiliza.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2020.

Nesse cenário, é desejável que o professor valorize todas as etapas de atividades que desenvolvam o protagonismo juvenil (criação, pesquisa, organização, envolvimento etc.), e não somente o produto final. Essas atividades podem contemplar apresentação oral, comunicação de ideias, comunicação de projetos, artigo de opinião, produções coletivas, discussão oral, debate, simulação de júri, projeto de intervenção social e ambiental, carta aberta, carta de reclamação, parecer, enquete, entre outras.

Outro aspecto que precisa ser considerado é o que se denomina culturas juvenis – conjunto de múltiplas formas de expressão cultural dos grupos juvenis das sociedades contemporâneas. Por serem sujeitos em transformação e em estado de inquietação e entusiasmo, os jovens experimentam e transitam por diferentes grupos e constantemente reelaboram suas identidades, posturas e visões de mundo, produzindo práticas e significados muitas vezes carregados de mensagens. Transformam sua forma de vestir, falar, agir em modos e formas de se afirmar perante o mundo ou extravasar angústias e dúvidas. Conhecendo essa realidade, a escola e o professor precisam reconhecer essa pluralidade e acolher as diversidades promovendo o respeito e o direito à sua manifestação.

Por fim, olhar para os estudantes dessa etapa da Educação Básica como sujeitos em transformação, protagonistas das próprias histórias e com aspirações presentes e futuras, significa também assegurar condições para que eles possam definir e desenvolver seus projetos de vida.

> [...] o projeto de vida é o que os estudantes almejam, projetam e redefinem para si ao longo de sua trajetória [...] é papel da escola auxiliar os estudantes a aprender a se reconhecer como sujeitos, considerando suas potencialidades e a relevância dos modos de participação e intervenção social na concretização de seu projeto de vida. É, também, no ambiente escolar que os jovens podem experimentar, de forma

MODERNA

mediada e intencional, as interações com o outro, com o mundo, e vislumbrar, na valorização da diversidade, oportunidades de crescimento para seu presente e futuro.

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC/SEB, 2018.

Entendendo esse contexto, o professor no desenvolvimento das competências gerais, das competências específicas e das habilidades da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias, bem como os conteúdos conceituais, socioemocionais, os valores e atitudes, deve colaborar

[...] para formar esses jovens como sujeitos críticos, criativos, autônomos e responsáveis, cabe às escolas de Ensino Médio proporcionar experiências e processos que lhes garantam as aprendizagens necessárias para a leitura da realidade, o enfrentamento dos novos desafios da contemporaneidade (sociais, econômicos e ambientais) e a tomada de decisões éticas e fundamentadas. O mundo deve lhes ser apresentado como campo aberto para investigação e intervenção quanto a seus aspectos políticos, sociais, produtivos, ambientais e culturais, de modo que se sintam estimulados a equacionar e resolver questões legadas pelas gerações anteriores – e que se refletem nos contextos atuais –, abrindo-se criativamente para o novo.

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC/SEB, 2018.

Temas contemporâneos transversais (TCTs)

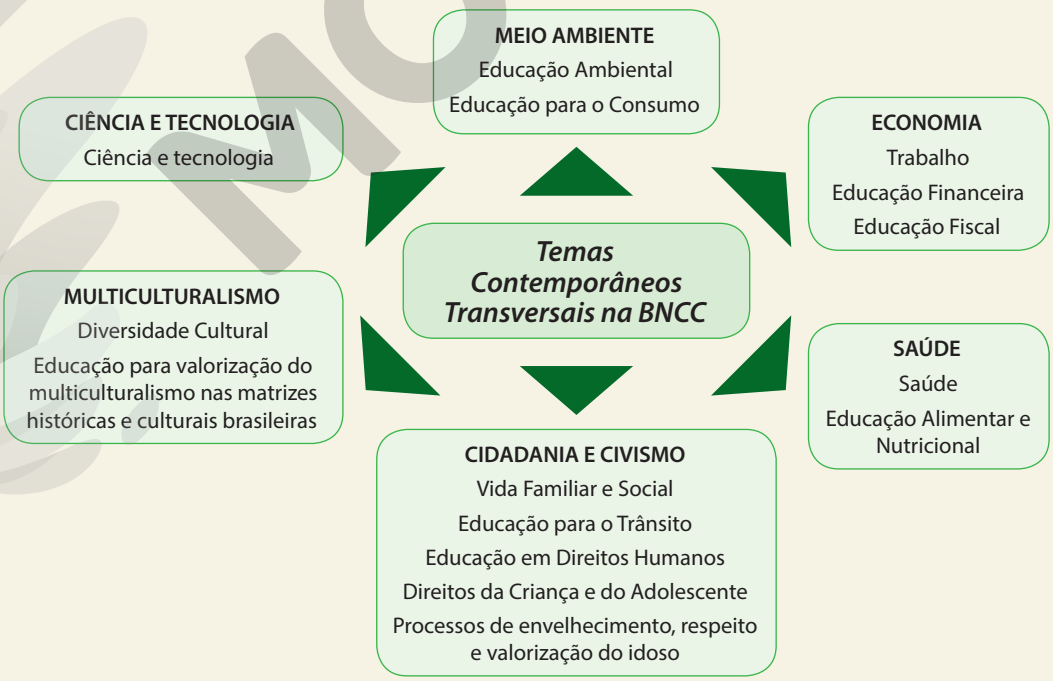
Os Temas Contemporâneos Transversais (TCTs) são assim denominados por serem assuntos da modernidade que não pertencem a um componente curricular específico: são pertinentes a todos e, ao mesmo tempo, perpassam por todos. Esses temas devem ser abordados no conjunto de todas as áreas do conhecimento, ao longo de todo o ciclo do Ensino Básico.

[...] TCTs, no contexto educacional, são aqueles assuntos que não pertencem a uma área do conhecimento em particular, mas que atravessam todas elas, pois delas fazem parte e a trazem para a realidade do estudante. Na escola, são os temas que atendem às demandas da sociedade contemporânea, ou seja, aqueles que são intensamente vividos pelas comunidades, pelas famílias, pelos estudantes e pelos educadores no dia a dia, que influenciam e são influenciados pelo processo educacional.

[...]

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. *Temas contemporâneos transversais da BNCC*: contexto histórico e pressupostos pedagógicos. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao_temas_contemporaneos.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2020.

Na BNCC, são definidos 15 temas distribuídos em seis macroáreas temáticas, conforme o esquema a seguir.



Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. *Temas contemporâneos transversais da BNCC*: contexto histórico e pressupostos pedagógicos. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao_temas_contemporaneos.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2020.

MODERNA

Esses temas são regidos por legislações específicas e devem ser incorporados na elaboração ou adequação dos currículos e das propostas pedagógicas para serem trabalhados de forma transversal. Apesar do seu caráter obrigatório, cabe às escolas escolher a melhor forma de inserção em suas propostas de ensino.

O trabalho transversal pressupõe uma abordagem transdisciplinar e um diálogo entre os campos de saberes de cada componente curricular promovendo a integração e acolhendo as contribuições de cada um. Além disso, o trabalho com os TCTs também pressupõe um trabalho entre escola e comunidade, incluindo as famílias, visto que os conceitos e os valores trabalhados neles têm seu início no contexto familiar.

Pressupostos teórico-metodológicos

O cenário atual apresenta desafios que requerem da educação formal competências compatíveis, diretamente relacionadas ao desenvolvimento da cidadania e ao desenvolvimento mundial sustentável. A complexidade social na qual nos encontramos é desafio constante na busca pela ampliação de conhecimentos e na tentativa de compreender os fenômenos científicos e políticos do mundo em que vivemos.

Para promover melhorias nas escolas hoje, há de se manter o foco na construção de um currículo mais flexível. A flexibilidade é por considerar a possibilidade de os estudantes assumirem um papel de protagonismo nas decisões curriculares. O conhecimento é elemento fundamental na composição curricular, entretanto, considerar as relações sociais em sua elaboração também é primordial para a busca da superação das circunstâncias vividas pelas pessoas em nossa sociedade. O currículo almejado é aquele que propicia a "legitimação da prática docente, do desenvolvimento profissional, visto que é (re)construído em função das necessidades dos educandos, aproximando os conceitos e os conhecimentos de suas experiências cotidianas" (SCHIABEL; SILVA, 2019, p. 36).

A especificidade do currículo de Ensino Médio nas diferentes realidades sociais, econômicas e culturais brasileiras, para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, deve considerar as transformações contemporâneas, a velocidade de propagação e a globalização das informações nos sistemas de comunicação. Essa complexidade coloca em questionamento verdades instituídas e a cultura do individualismo e da conformidade. Torna-se necessário substituí-la pela liderança, pela ação transformadora de realidades, pela compreensão dos fenômenos que regem as relações humanas e pela capacidade de construir um referencial viável e efetivo de si mesmo.

Diante desse contexto, como desenvolver capacidades nos estudantes para que venham a transformar o conhecimento científico elaborado pelos cientistas em ferramentas de superação dos desafios do cotidiano, para que assumam um posicionamento pautado na argumentação científica?

No caso da competência científica, aqui entendida como a capacidade de empregar o conhecimento científico, questioná-lo e vivenciá-lo para que as conclusões sejam baseadas nos dados, é fundamental que o professor desenvolva um ensino centrado na figura dos estudantes. A sua participação ativa no processo de aprendizagem os levará a ter condições de desenvolver as habilidades necessárias para a tomada de decisões sobre o mundo natural e compreensão das modificações que a atividade humana provocou e provoca no mundo natural (PEREZ; VILLAGRA, 2020).

Cabe ao professor então considerar que o conhecimento é resultado de experiências significativas, que se ampliam no trabalho compartilhado e no engajamento. Baseada nisso, a coleção convida ao exercício de uma relação respeitosa com o mundo natural em todas as suas dimensões, contemplando o conhecimento científico escolar e sua divulgação em aliança com o desenvolvimento social.

A coleção valoriza o respeito da natureza do conhecimento, a autonomia intelectual e a colaboração social, e se assumem valores políticos para a construção de uma sociedade mais justa e democrática.

A contextualização e a problematização em Ciência e Tecnologia

A contextualização no ensino vem sendo defendida por diversos educadores e pesquisadores como um meio de possibilitar aos estudantes uma educação para a cidadania concomitantemente à aprendizagem significativa de conteúdos, seja ela pensada como um modo de ensinar conceitos das ciências ligados à vivência dos estudantes, na forma de recurso pedagógico, seja como princípio norteador do processo de ensino.

Silva (2007, p. 121), em seu trabalho de pesquisa voltado ao entendimento da palavra **contextualização**, elencou três perspectivas educacionais para seu significado:

> (i) a contextualização como exemplificação, entendimento, ou informação do cotidiano – que pode ser caracterizada por compreensão de situações problemáticas, aplicação de conteúdos científicos emoldurados por situação do dia a dia do aluno, com ênfase na informação, e não no desenvolvimento de competências, atitudes ou valores;
>
> (ii) a contextualização como entendimento crítico de questões científicas e tecnológicas relevantes que afetam a sociedade – essa orientação é característica do movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), que em geral propõe a abordagem de temas de interesse social que permitam o desenvolvimento de atitudes e valores para que os alunos enfrentem um mundo cada vez mais tecnológico e possam atuar, com responsabilidade, frente a questões problemáticas da ciência e da tecnologia relacionadas à sociedade, e
>
> (iii) contextualização como perspectiva da transformação da realidade social – caracterizada pela ênfase no entendimento crítico dos aspectos sociais e culturais ligados à ciência e tecnologia, em outras palavras, a inserção da prática social no ensino com vistas à transformação social.

A primeira forma de contextualização é a mais simples e também uma forma de "dourar a pílula", quando são usados apenas exemplos do cotidiano que se relacionam com o objeto de estudo. Já a segunda e a terceira estão relacionadas ao desenvolvimento de atitudes e valores de modo a inserir as questões científicas e tecnológicas no campo social. A terceira pressupõe, ainda, um posicionamento político.

A BNCC defende a necessidade da contextualização dos conhecimentos na realidade vivenciada pelos estudantes, a fim de atribuir-lhes sentido e, assim, contribuir para a aprendizagem significativa.

EM OFERTA

Para isso, articula as dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura. A contextualização é compreendida como a inserção do conhecimento disciplinar em uma realidade plena de vivências, buscando o enraizamento do conhecimento explícito na dimensão do conhecimento tácito.

O ensino contextualizado é um importante meio de estimular a curiosidade e fortalecer a confiança dos estudantes. Por outro lado, sua importância está condicionada à possibilidade de levar os estudantes a terem consciência sobre seus modelos de explicação e compreensão da realidade, reconhecê-los como equivocados ou limitados a determinados contextos, enfrentar o questionamento, colocá-los em xeque num processo de desconstrução de conceitos e reconstrução/apropriação de outros.

Contextualizar é dar sentido ao que se ensina, é inserir os estudantes num universo amplo, é encadear ideias. O sentido de contextualizar os conteúdos ministrados na sala de aula é permitir que os estudantes encontrem aplicabilidade, utilidade para aquilo que aprenderam. O professor, ao trazer para a sala de aula experiências pessoais, sociais e culturais, faz com que os estudantes saiam da condição de espectadores passivos e estabeleçam relações de reciprocidade entre eles e o objeto de conhecimento, configurando uma aprendizagem significativa (QUEIROZ, 2003).

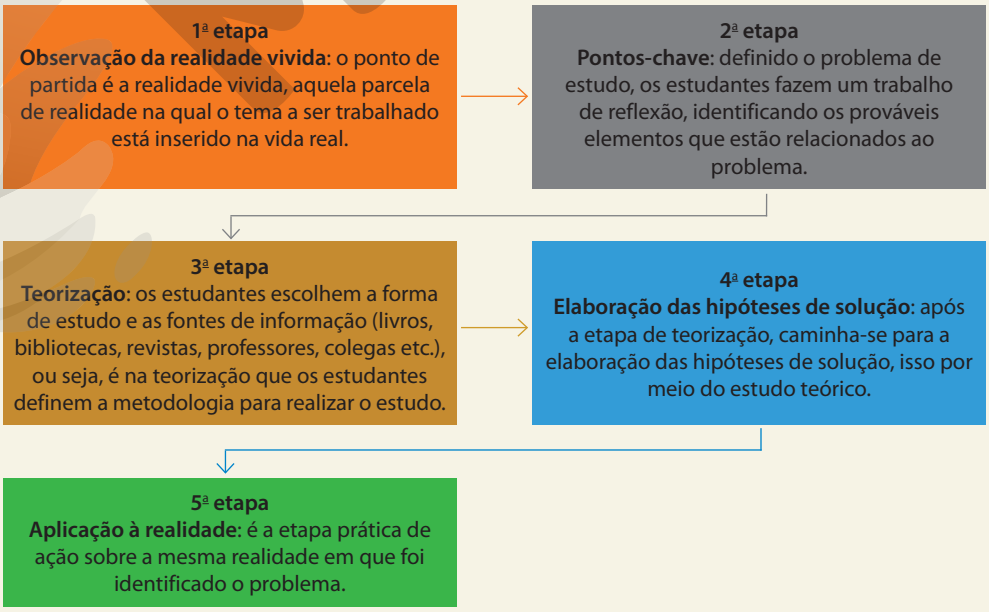
Ao lado da contextualização, nesta obra é utilizada a problematização. A problematização é entendida aqui como uma maneira de colocar a realidade para ser refletida e os estudantes para pensarem juntos propostas de avanços e mudanças para tal situação. Os estudantes precisam reconhecer que o problema formulado pelo professor, enquanto recurso pedagógico, deve ser significativo para eles, a ponto de sentirem a necessidade de solucioná-lo e, para tal, exigirá deles o desenvolvimento do conhecimento científico escolar.

Mori e Cunha (2020, p. 176) definem que "problematizar é estabelecer um 'diálogo' entre os conhecimentos, colocando em discussão a interpretação dos estudantes sobre determinada realidade e as teorias científicas, ou seja, problematiza-se tanto o conhecimento dos estudantes quanto o conhecimento científico em discussão". Portanto, ainda nas palavras dos autores, problematização é "todo processo de discussão gerado quando um problema é proposto em atividade pedagógica e que leve o estudante à construção do conhecimento por meio da reflexão, do diálogo e da participação ativa" (MORI; CUNHA, 2020, p. 176).

Desse modo, a problematização pode ser uma estratégia potencial para a construção do conhecimento e sua apropriação pelos estudantes. Portanto, Francisco (2008, p. 20) considera que seja "no diálogo da realidade observada, na problematização e na reflexão crítica de professores e estudantes que se faz o conhecimento".

Na intenção de preparar os estudantes para tomar consciência de seu mundo e participar intencionalmente para transformá-lo, a problematização os torna participativos no processo de transformação da sociedade para que as pessoas possam ter uma vida com mais qualidade. Usar a problematização como uma maneira de fazer com que os estudantes conheçam a realidade que os cerca e as demandas do cenário ao qual estão inseridos para que juntos em sala de aula possam pensar formas de superá-los. Claro que a observação das diferentes situações depende da visão de mundo e das experiências de cada estudante, podendo diferir de um para outro.

Uma proposta ao professor seria o planejamento de uma atividade que se fundamenta pelo caminho didático do Arco de Maguerez. De acordo com Mori e Cunha (2020, p. 177), esse caminho é estabelecido pelas etapas listadas a seguir.



De forma resumida, um problema da realidade é selecionado e, sobre ele, faz-se um estudo, investigam-se as variáveis, discutem-se os dados obtidos e, ao final, torna a observar a mesma realidade, agora para propor ações que sejam capazes de modificá-la de alguma forma. Ao longo de todos os volumes da coleção, há situações-problema, muitas vezes apresentadas na seção *Interligações*, que você poderá aplicar os passos do Arco de Maguerez. Essa divisão da realidade em partes também favorecerá o desenvolvimento do pensamento computacional.

A importância desse tema tem sido bastante destacada no ensino, ainda que seja complexo porque abrange diferentes referenciais teóricos com métodos e objetivos de ensino variados. Ainda assim, existe um consenso de que a proposição de um problema é fundamental para auxiliar na aprendizagem dos estudantes. Entre as propostas que consideram a necessidade da existência de problematizações no ensino, as abordagens Ciência, Tecnologia e Sociedade-CTS mostram-se frutíferas para tal (SOLINO; SASSERON, 2019).

Oliveira (2019, p. 200) cita o pesquisador Cutcliffe (2004) para conceituar CTS como sendo "uma cultura cujo centro se baseia em analisar e entender a ciência e a tecnologia como um conceito social complexo, que incide diretamente em questões culturais, políticas, econômicas e de teoria geral". O mesmo autor menciona Acevedo (1996) para complementar a definição sobre CTS afirmando ser uma "opção transversal, anteferindo os conteúdos atitudinais (cognitivos, afetivos e valorativos) e axiológicos (valores e normas)".

A coleção se inspira na construção de um currículo comprometido com o desenvolvimento de conhecimentos, procedimentos e atitudes que promovam contribuições para a vida dos estudantes. Portanto, considera-se a responsabilidade social e ambiental e busca-se envolver os estudantes em processos coletivos de tomada de decisão relacionados à Ciência, à Tecnologia e à Sociedade (CTS).

O ensino na vertente CTS contribui para a aproximação do conteúdo científico à realidade dos estudantes na medida em que promove uma reflexão sobre as relações existentes entre os campos da Ciência, da Tecnologia e da Sociedade. Por exemplo, de que maneira o desenvolvimento científico-tecnológico tem afetado direta ou indiretamente a vida em sociedade, e como a participação social pode contribuir para esse avanço, entre outros assuntos (SANTOS; AULER, 2011). Pode-se dizer que, na abordagem CTS, o ensino do conteúdo de ciências dá-se em um contexto autêntico de seu meio tecnológico e social, no qual os estudantes devem integrar os conhecimentos científicos e tecnológicos com as experiências cotidianas.

Ao ampliar um pouco mais essa perspectiva, na abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – CTSA, inclui-se a educação ambiental como um aspecto que deve ser estudado e discutido em sala de aula (PINHEIRO, 2007). Nesse sentido, a sociedade e o ambiente tornam-se cenários de aprendizagem, nos quais seria possível identificar temas ou problemas, potencialmente relevantes, para serem estudados e investigados. Com isso, pretende-se a apropriação dos conhecimentos científico e tecnológico, em busca de soluções para determinadas problemáticas sociais e/ou ambientais e/ou de outra natureza, contribuindo para a construção de um juízo de valor e de uma tomada de decisão (RICARDO, 2007).

Ao ensinar os conteúdos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias na vertente CTS, espera-se uma construção conceitual correlacionada com aspectos do âmbito político, econômico, tecnológico, social e ambiental. Considera-se que o estudo dos conteúdos científicos e tecnológicos não devam ser aprendidos como um fim em si mesmo, mas como parte de um processo que leva a uma formação que pode tornar os estudantes capazes de agir como cidadãos na vida em sociedade. Para isso, é necessário que o ensino ocorra dentro de um contexto e que este não seja usado, apenas, como uma forma de ilustrar o conhecimento científico escolar, mas como uma estratégia para se desenvolver a elaboração dos conhecimentos conceituais, atitudinais e procedimentais, formando os estudantes para o exercício consciente da cidadania (SANTOS; SCHNETZLER, 2000).

Assim, reafirmamos que "ensinar é desencadear um programa de interações com um grupo de estudantes, a fim de atingir determinados objetivos educativos relativos à aprendizagem de conhecimentos e à socialização" (TARDIF, 2004, p. 118). Nessa perspectiva, entendemos que ensinar pode ser assumir o desafio de mudança de prática, considerando novas abordagens para o processo de ensino e aprendizagem, mais coerente com o modelo de sociedade atual.

O tratamento matemático

A realização de pesquisas na área das ciências exige, quase sempre, um tratamento matemático adequado. Muitas vezes, esse tratamento é desenvolvido especialmente para a adequação dos dados analisados no momento, enquanto há casos que exigem apenas ferramentas estatísticas auxiliares na organização e interpretação dos resultados obtidos. Mesmo que de formas distintas para uma ou outra área, para um ou outro tipo de pesquisa, relatórios de conclusão apresentam, geralmente, análises estruturadas com base em dados numéricos. Especialmente no caso da Física e da Química, é rotineira a mobilização de sofisticadas ferramentas matemáticas pelo pesquisador, seja na preparação de seu trabalho, seja na interpretação dos resultados, seja nas conclusões que divulga. Assim, no âmbito daqueles que se dedicam às ciências, a Matemática desempenha papel de grande relevância.

Consideramos a importância da Matemática em sua capacidade de exprimir de maneira sintética e precisa o conhecimento dos fenômenos, tanto no espectro de ação do pesquisador da ciência quanto no do aprendiz. Guardadas, naturalmente, as evidentes diferenças entre curiosidades e necessidades de um e outro.

Assim, se, por um lado, não concebemos o desenvolvimento de um curso de Ciências de Ensino Médio desarticulado do aparato matemático necessário, por outro, reconhecemos a necessidade de identificar com clareza o grau dessa articulação, para que, em primeira e última instâncias, a prioridade do trabalho recaia sobre a construção do conhecimento.

Alguns dos temas de estudo parecem exigir maior vinculação aos conhecimentos matemáticos, a julgar pelo modo com que, outrora, alguns cursos eram estruturados. No grupo de conteúdos desses temas, identificamos, por exemplo: na Física, a Cinemática e a Óptica; na Química, o cálculo estequiométrico; e na Biologia, o estudo das populações.

OFERTA

Um dos riscos comuns consiste em priorizar a análise matemática em detrimento da compreensão dos conceitos associados. Situações-problema específicas podem exigir a aplicação de ferramentas matemáticas mais elaboradas, e precisamos sempre nos perguntar se tais casos são imprescindíveis, se perseguimos os objetivos de nosso planejamento. Não podemos deixar de apresentar, com a devida atenção, esses conteúdos, todavia, devemos fazê-lo sem a preocupação de simular situações fictícias, nas quais a aplicação de fórmulas pode vir a suplantar em importância a real compreensão conceitual.

O papel da Matemática, como elemento estruturador do conhecimento, relaciona-se a um aspecto bastante importante especialmente na concepção das atividades que apresentamos para os estudantes: os **contextos** sobre os quais se desenvolvem as ações.

A experimentação

A inclusão da experimentação no ensino de Ciências da Natureza é justificada pela importância de seu papel investigativo e pedagógico de auxiliar os estudantes no entendimento dos fenômenos e na construção dos conceitos. Para que os experimentos tenham importância no desenvolvimento cognitivo dos estudantes é fundamental que eles integrem uma sequência didática (constituída de várias outras atividades) e que provoquem reflexões e discussões de ideias, norteando-os no sentido da compreensão de conceitos.

Para Suart, Marcondes e Carmo (2009), as atividades de caráter investigativo buscam uma questão problematizadora que, ao mesmo tempo, desperte a curiosidade e oriente a visão dos estudantes sobre as variáveis relevantes do fenômeno a ser estudado, fazendo com que eles levantem suas próprias hipóteses e proponham possíveis soluções.

Nos livros desta coleção, os experimentos ocupam posições variáveis na sequência de cada capítulo. No entanto, fica a critério do professor, diante da estratégia adotada e da motivação dos estudantes, a opção por utilizá-lo no momento que julgar mais oportuno.

Em alguns casos, o experimento se inicia com uma questão que será esclarecida com as reflexões a respeito das observações realizadas; em outros, os estudantes vão construir o conhecimento com base nas etapas propostas na atividade.

A sugestão é que os experimentos sejam feitos em grupos (o ideal é que tenham, no máximo, cinco estudantes). Isso porque, mais importante que a própria manipulação de materiais e coleta de observações, é a troca de opiniões e a cooperação entre os indivíduos do grupo em busca da elaboração de hipóteses, conclusões e modelos explicativos.

As atividades experimentais, além de permitirem a aquisição de habilidades relativas à manipulação de materiais, têm a função pedagógica de "propiciar oportunidade para que os estudantes elaborem hipóteses, testem-nas, organizem os resultados obtidos, reflitam sobre o significado de resultados esperados e, sobretudo, o dos inesperados e usem as conclusões para a construção do conceito pretendido" (PCN+, 2002, p. 52).

Para as atividades práticas sugeridas na coleção, foram escolhidos materiais de fácil aquisição e que possam ser utilizados com segurança no ambiente escolar.

Em alguns experimentos, há o quadro *Atenção*, que traz orientações importantes para o desenvolvimento da atividade ou para a segurança na manipulação dos materiais.

A segurança no laboratório de Ciências

Algumas atividades que envolvem experimentos não precisam de salas especiais, podendo ocorrer em salas de aulas regulares quando a escola apresenta problemas estruturais, como a falta de um laboratório, sempre privilegiando a segurança dos alunos. Também é necessário considerar a hipótese de o professor não contar com recursos e drogas de laboratório; nesses casos, para a realização dos experimentos propostos nos livros-texto, são necessários apenas materiais caseiros e/ou comprados em farmácias, supermercados, casas de materiais de construção etc. No caso de haver dificuldade de comprar alguns materiais no comércio local, é possível adquiri-los via internet.

Tanto na realização de experimentos em sala de aula quanto no laboratório – e, neste último caso, isso se torna mais importante –, é fundamental que o professor favoreça um ambiente de responsabilidade pela segurança de todos, propiciando que os alunos entendam que a falta de seriedade pode causar riscos.

Investigações reforçam as já conhecidas constatações de que demonstrações em Ciências podem constituir cenários que priorizam aspectos emocionais dos estudantes, potencializando o aprendizado de conceitos.

As aulas com demonstrações objetivam a transposição dos limites frios do ensino formal, descritivo e axiomático, em direção a um cenário rico em estímulo e interativo. As observações iniciais têm indicado que os estudantes participantes deste ensino apresentam maiores interesses na busca de explicações e dos significados subjacentes aos fenômenos demonstrados. Os principais elementos presentes nas demonstrações costumam ser: o inesperado, o curioso, o desafio a ser vencido, a quebra e/ou substituição de paradigmas, o inacreditável, o mágico/lúdico e o previsível.

A realização de experimentos geralmente desperta nos estudantes um maior interesse pelo estudo de Ciências. É importante associar o "saber fazer" com o "explorar/compreender" os fenômenos ou princípios científicos.

Regras básicas de segurança

De maneira geral, é aconselhável o uso de óculos de segurança. Sabemos que a maioria das escolas não dispõe desse dispositivo, mas sugerimos que a escola adquira quantidade suficiente para uma turma. Os óculos podem ser facilmente lavados e utilizados por vários grupos de alunos.

Também, é aconselhável o uso de sapatos, e não sandálias, e aventais ou vestimentas que possam servir de proteção às pernas (calças, vestidos ou saias não muito curtos).

Um cuidado importante é o de não deixar frascos de materiais que não serão utilizados ao alcance do aluno. É preferível acondicionar os reagentes que serão manipulados pelos alunos em pequenos frascos, principalmente quando se tratar de materiais inflamáveis ou de toxicidade relevante.

EM OBRA

É importante que o professor organize os materiais de maneira que não seja necessária a movimentação do aluno entre as mesas ou bancadas do laboratório. É imprescindível que os alunos percebam que o ambiente exige certos cuidados pessoais.

Ainda, um cuidado que se deve ter é o de testar o experimento antes de sua realização, garantindo seu êxito.

Não se deve improvisar no que diz respeito a uma montagem experimental. Devem ser evitadas situações como aproximar a lamparina da tela de amianto colocando algum suporte não apropriado; pipetar com a boca; prender um tubo a uma garra não apropriada.

Deve-se conhecer a localização, no laboratório, do extintor de incêndio, verificando se está em condições de uso. Caso não haja extintor no local de realização da atividade, seria aconselhável providenciar um. As portas devem estar desbloqueadas, sem nada que impeça a saída dos alunos.

O professor deve lembrar que seu comportamento no laboratório é muito importante, pois pode refletir nas atitudes que os alunos terão durante as aulas. Dessa maneira, é importante que não sejam permitidas brincadeiras e que sejam exigidas posturas, por parte do aluno, de respeito ao ambiente do laboratório, aos colegas e a si próprio.

Apresentamos, a seguir, algumas outras regras de conduta básicas, que podem contribuir para a realização com segurança de atividades experimentais.

1. Não coma ou beba no laboratório.

2. Não ingira ou beba qualquer material utilizado como reagente, mesmo que pareça inofensivo ou que seja um alimento fora do laboratório, como sal, açúcar, pão, água etc.

3. Não coloque sobre a bancada cadernos, bolsas, livros, mochilas. Deixe somente o necessário para suas anotações.

4. Não toque os reagentes com as mãos, sem autorização do professor. Caso aconteça, comunique ao professor e proceda conforme as orientações recebidas.

5. Prenda os cabelos, principalmente se for trabalhar com fogo.

6. Não retorne reagentes aos frascos de origem.

7. Não misture reagentes sem a prévia autorização do professor.

8. Não aponte a boca do tubo de ensaio ou de outro frasco para seu colega.

9. Não jogue resíduos na pia ou na lixeira. Siga as orientações de seu professor para o descarte adequado dos reagentes.

10. Concentre-se em seu trabalho. Não se distraia com brincadeiras, conversas paralelas, jogos, ouvindo música etc. Lembre-se que a segurança no laboratório depende de cada um.

Fonte: GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA. *Atividades experimentais de Química no Ensino Médio*: reflexões e propostas. São Paulo: SEE/CENP, 2009.

O papel do professor

No contexto atual de educação, novos desafios são colocados para o desenvolvimento da docência no que se refere ao conhecimento científico, pedagógico e cultural, além da necessidade de lidar com uma maior diversidade de estudantes, diferentes recursos e novas formas de abordar os conteúdos escolares. Ideias que outrora estavam fortemente arraigadas sobre o que se espera de um professor não mais fazem sentido no momento que vivemos. Essas ideias de outrora estão relacionadas com a própria herança cultural da escola e marcam a representação do que é considerado um "bom" professor, se é que podemos fazer essa qualificação devido à polissemia do significado do termo, passível de interpretações diferentes e mesmo divergentes. Devido à grande responsabilidade do ato de ensinar, os professores querem falhar o menos possível (PIMENTA, 2004). Entre os vários traços que marcam a representação do que é ser professor estão o gestual próprio, a capacidade de comunicação para levar os estudantes à compreensão dos conhecimentos e a consideração de que seja "aquele que detém o conhecimento". Com isso, os professores acabam ficando tanto com as conquistas como também com a responsabilidade pela não aprendizagem dos estudantes. Historicamente, uma série de atributos tem sido atrelada socialmente ao papel do professor, sem certa consciência e atitude reflexiva para tal.

Algumas questões que acabam sendo vistas como escolha individual de um professor responsável por uma turma ou disciplina são traços comuns à maioria das escolas: a disposição enfileirada dos estudantes nas salas de aula, a sequência de conteúdos e conceitos de uma disciplina, os tipos de atividade didática, a forma de tratar o conteúdo, priorizando conclusões em detrimento do caminho para se chegar a elas, a falta de espaço para questionamentos e debates, a forma como o livro didático é usado – o mais frequente é que ele sirva de base para o professor preparar sua aula expositiva, adotando exatamente a mesma sequência do texto –, entre outras.

Esse modelo, profundamente arraigado em nossa sociedade, acaba sendo o viés em torno do qual a escola se orienta e se organiza. Porém, dentro das salas de aula, devemos lembrar que a organização escolar envolve ideias, opiniões e tradições advindas de vários componentes.

Apesar de tudo, ao perguntarmos a um professor, independentemente de sua concepção pedagógica, qual é o objetivo atual da educação escolar e, portanto, qual é seu papel como agente central desse processo, normalmente obtemos respostas muito parecidas; é comum que a resposta esteja em torno de desenvolver a capacidade de os estudantes raciocinarem, criarem, trabalharem em grupo, de serem solidários, de caminharem em busca de sua própria autonomia intelectual, e assim por diante.

Desse modo, apesar das profundas mudanças pelas quais a sociedade e o papel do conhecimento vêm passando, as aulas tendem a ser ministradas como nos velhos tempos, por meio de representações internalizadas por professores e pela sociedade, como se os objetivos fossem os mesmos do início do século XX. Apesar das dificuldades crescentes de manter a disciplina, muitos professores mantêm a expectativa de que os estudantes fixem a atenção naquilo que eles falam e escrevem na lousa e se concentrem nos conteúdos e na execução de tarefas.

MANUAL DO PROFESSOR

Esse tipo de atividade geralmente não favorece a reflexão e o questionamento. Quer dizer, há uma contradição quase inerente ao sistema escolar: é a que transparece na distância entre o papel idealizado que os professores atribuem à escola quando refletem sobre ela e o que comumente lutam para fazer em suas salas de aula – as dificuldades passam também pelos sérios problemas de desrespeito e violência, que permeiam muitas instituições escolares.

Há um reconhecimento do que seria um encontro pedagógico criativo que propiciasse experiência e desenvolvimento, tanto para a escola quanto para professores e estudantes, e isso representa um dilema: há um modelo interiorizado por toda a sociedade e pelos professores do que é ser professor e do papel da escola convivendo com um mundo em acentuadas alterações que demandam uma grande mudança na instituição escolar e no ensino.

Muitas dessas demandas vêm sendo explicitadas em documentos oficiais, produções acadêmicas e em congressos de educação. Entre as alterações propostas, que têm a ver com as demandas que emergem de mudanças contemporâneas da sociedade, como a inclusão de uma visão e de práticas pedagógicas de natureza interdisciplinar, do uso das tecnologias de informação e comunicação, da valorização de práticas que incentivem a autonomia intelectual, o protagonismo, a solidariedade e a capacidade de trabalhar de modo colaborativo, entre outras – todas elas fundamentais para o desenvolvimento dos jovens.

Esse panorama evidencia que, se de um lado, escola e professores estão diante de situação desconfortável, de outro, vivemos um período em que desafios estimulantes nos convidam a refletir e a procurar novos caminhos para ensinar. Nesse processo que invoca por mudanças, algumas ações podem ajudar; entre elas, o estabelecimento de relações pedagógicas cooperativas. Vamos destacar alguns, entre muitos, caminhos possíveis para o desenvolvimento nessa direção, mostrando o que é fundamental para que se estabeleça uma rede de cooperação que dê suporte às mudanças necessárias:

- Encontrar interlocutores na escola, com os quais possa refletir sobre suas práticas pedagógicas e neles encontrar apoio para encaminhar possíveis soluções para as dificuldades próprias do exercício docente (coordenadores e professores de componentes curriculares, por exemplo).
- Estabelecer parcerias com colegas para introduzir inovações em seu trabalho. Por exemplo, um professor que nunca realizou atividades interdisciplinares poderá pedir a outro especialista, em aspectos nos quais não se sente seguro, que o oriente quanto às referências (livros, *sites* etc.) e formas de auxiliar os estudantes ou poderá sugerir que participem conjuntamente do trabalho. Vale o mesmo para saídas da escola em estudos de campo, uso de recursos de informática e até mesmo o trabalho com dinâmicas que impliquem a participação ativa dos estudantes.
- Usar as ferramentas tecnológicas para estabelecer cooperação com profissionais de sua área ou de outras. Quer dizer, se em sua própria escola não houver tempo/espaço para o estabelecimento de cooperações semelhantes às mencionadas anteriormente, via fóruns de discussão, *chats*, *e-mails*, redes sociais (grupos de professores), por exemplo, é possível encontrar esses apoios. Isso se torna especialmente importante para professores que se iniciam na profissão e que, muitas vezes, têm bom domínio das ferramentas tecnológicas, mas se sentem inseguros para realizar um trabalho que exija conhecimentos em torno dos quais têm pouca formação; na parceria com outros colegas mais experientes, mas talvez despreparados para lidar com as tecnologias, ambos terão muito a aprender.
- Empenhar-se para que recursos tecnológicos sejam incorporados ao seu dia a dia na busca de informações relevantes para seu próprio crescimento pessoal e profissional. A ampliação do conhecimento por meio da aprendizagem constante representa uma forma de "apoio interno" na medida em que alarga os próprios horizontes pessoais, permitindo que o professor vislumbre assuntos e caminhos que tornem suas aulas mais criativas e interessantes, contribuindo para despertar nos estudantes um processo semelhante, e que compreenda a existência de pontos de contato da Biologia, da Física e da Química entre si e com outros componentes curriculares.
- Usar a internet para participar de redes de trocas de informação e apoio com escolas e professores que têm conseguido mudar o foco de suas ações profissionais; é possível localizar experiências na rede pública de todo o país, algumas bastante inovadoras (mudando o foco do professor que "ensina" para estudantes que atuam individualmente e em grupo, aprendendo sob a coordenação do professor).

Vale ressaltar que tudo o que está disponibilizado na internet deve passar por uma avaliação crítica por parte do professor, antes que qualquer postura seja adotada. Por exemplo, há redes de professores nas quais são disponibilizados inúmeros vídeos de músicas e de aulas em que o único objetivo é que os estudantes decorem fórmulas, definições e regras. Por isso, é fundamental que o professor avalie cada sugestão mediante os objetivos de ensino a que se propõe desenvolver com os estudantes.

Essas são algumas sugestões, mas, nesse percurso, mantendo-se atento, o professor poderá descobrir outras formas de construção de redes de apoio para alavancar as necessárias mudanças em suas concepções de ensino e aprendizagem. Quanto mais elas avançarem por toda a instituição escolar, melhores serão os resultados obtidos, o que será motivo de satisfação a todos os professores comprometidos em enfrentar os desafios contemporâneos de nossa sociedade.

Trabalho em grupo: como e quando fazer

O trabalho em grupo é um recurso pedagógico importante porque pode auxiliar tanto no desenvolvimento das competências gerais, específicas, habilidades e atitudes quanto na promoção do protagonismo e das culturas juvenis. Contribui no sentido de potencializar as interações entre os estudantes que compõem o grupo, fomentando a comunicação e a aprendizagem cooperativa/colaborativa. As *Atividades práticas* e as questões propostas na seção *Comunicando ideias* podem ser utilizadas como sugestões para o trabalho em grupo.

Para a organização dos grupos é essencial considerar a quantidade de estudantes em sala de aula e o tempo disponível para realizar a atividade de ensino. Sugerir temas aos estudantes para que desenvolvam as tarefas em grupo pode estimular o uso de tecnologias digitais, além de possibilitar o exercício da empatia, da negociação e do diálogo na resolução dos conflitos.

MANUAL DO PROFESSOR

Diante disso, a estratégia de aprendizagem que considera tal organização não pode e não deve ser banalizada, mas utilizada em situações-chave, pois é necessário que se invistam tempo e energia para sua realização. Caberá ao professor acompanhar os estudantes para que se desenvolva uma atividade decorrente de uma construção coletiva, possibilitando que avancem com igualdade de oportunidade e juntos na aprendizagem instrumental dos conteúdos, auxiliando uns aos outros por meio do diálogo.

Os estudantes podem ser convidados a desenvolver o tema escolhido, apresentar de forma criativa utilizando diferentes linguagens. Como forma de avaliação, além da que será realizada pelo professor, é possível incluir a autoavaliação na participação do trabalho, assim como a avaliação dos demais componentes do grupo para formar a nota final.

Estudantes de diferentes perfis: como lidar

Ao elaborar o planejamento ou a proposta pedagógica é importante considerar que os estudantes apresentam diferenças individuais que influenciam no processo de ensino e aprendizagem. Olhar para os estudantes em sua diversidade é entender que há diferentes formas para educar e diferentes interesses no contexto de sala de aula. Por isso, as estratégias de ensino e os recursos para a aprendizagem devem ser diversificados, a fim de estimular os diferentes tipos de perfis e interesses dos estudantes. É preciso respeitar essas diferenças, flexibilizando o currículo e utilizando exemplos e problematizações de estudo que estejam relacionados a situações que façam parte de suas vivências cotidianas.

Por muito tempo, no âmbito da aprendizagem escolar, o conceito de inteligência esteve bastante em evidência. Inteligência era tradicionalmente medida pelo coeficiente intelectual (QI), em que estudantes com QI alto eram considerados inteligentes e os com QI baixo eram aqueles que sabiam menos. Entretanto, essa concepção que diferencia os estudantes em termos da inteligência instrumental nada mais é do que uma imposição de valores sociais daqueles grupos mais privilegiados. Por isso, propostas para mudanças nesse sentido têm sido elaboradas, uma vez que se tem considerado que a falta de êxito na aprendizagem pode dever-se a diferentes fatores; entre eles, a falta de participação no ambiente escolar, por exemplo. Essa não participação, em muitos casos, pode estar relacionada ao fato de as situações de ensino estarem distantes dos interesses dos estudantes.

Alguns pesquisadores têm defendido que existem diferentes tipos de inteligência e que a inteligência instrumental é apenas uma delas; portanto, um estudante pode ter baixa inteligência instrumental, porém, em razão de sua experiência com determinadas situações cotidianas, uma alta inteligência prática.

Exemplificando: um estudante que trabalha numa oficina mecânica pode ter conhecimentos sobre o funcionamento do motor do carro que, por sua vez, pode auxiliar o engenheiro mecânico no entendimento de uma falha no processo de produção desse produto ou em outra situação. Ou seja, o conhecimento do estudante que trabalha na oficina é um conhecimento de prática, diferente do conhecimento instrumental sobre os conteúdos de mecânica; entretanto, são conhecimentos válidos e complementares; por isso não podemos dizer que um é mais inteligente que o outro, são inteligências diferentes e cada uma tem sua importância na sociedade. Percebemos com isso que "a relação inteligência e experiência, e inteligência e contexto sociocultural apresentam-se inter-relacionadas" (BRAZ, 2016, p. 69), por isso podemos dizer em termos de inteligência cultural, que engloba as inteligências instrumental, prática e comunicativa.

Em síntese, as experiências e os conhecimentos advindos da vivência cotidiana integram a inteligência prática, enquanto a inteligência instrumental refere-se à aprendizagem escolar. A inteligência comunicativa, por sua vez, auxilia na resolução de situações que as demais não possibilitam (AUBERT *et al*., 2008). Pensando dessa mesma forma, Braz (2016, p. 69) afirma que "é importante ressaltar que todas essas inteligências devem ser tratadas em um plano de igualdade, em que nenhuma inteligência é posta como mais importante que a outra em um processo comunicativo", entendendo o processo de ensino e aprendizagem como um processo comunicativo. Cabe dizer que aquilo que "uma pessoa de um determinado grupo social necessita saber pode ser diferente do que o contexto lhe exige; assim, todas as pessoas são inteligentes em seu contexto e são capazes de aprender novas habilidades que são necessárias no novo contexto apresentado" (BRAZ, 2016, p. 69). Nesse sentido, aos professores é sugerido que considerem em seus planejamentos das práticas pedagógicas a necessidade de articular os três tipos de inteligência visando potencializar o processo de ensino e aprendizagem e a igualdade entre os estudantes, ainda que apresentem perfis e interesses distintos.

Trabalhando temáticas de direitos humanos, inclusão e respeito ao longo do ano

Um dos desafios contemporâneos da escola é garantir o direito de todos à educação. Para garantir o desenvolvimento de seus estudantes nas dimensões individual e social, como cidadãos conscientes de seus direitos e deveres, é primordial que se invista na inclusão social fundamentada nos valores de liberdade, justiça, pluralidade, solidariedade e sustentabilidade.

Uma educação que tenha a finalidade de promover a mudança e a transformação social precisa estar fundamentada em princípios como dignidade humana; promoção de diálogos interculturais; igualdade de direitos sem distinção de crenças, nacionalidades, orientação sexual ou local de moradia; reconhecimento e valorização das diferenças e diversidades; democratização da educação, garantia da participação de todos no processo educativo; transversalidade, vivência e globalidade. Ao professor caberá promover trabalhos por meio do diálogo, do respeito, numa vertente que considera aspectos interdisciplinares e sustentabilidade socioambiental e estimula o respeito ao espaço público e coletivo.

Como se trata de construção de valores éticos, é fundamental que todos esses temas sejam trabalhados de forma vivencial, adotando-se instrumentos e estratégias metodológicas que promovam a construção prática desses valores, envolvendo não só o ambiente escolar, como também a comunidade e extrapolando para o mercado de trabalho onde, futuramente, os estudantes estarão inseridos.

EDIÇÃO MODERNA

Nesse contexto de respeito e exercício dos valores, é preciso um olhar atento para o *bullying*, um conjunto de atitudes agressivas verbais ou físicas, intencionais e repetitivas que envolvem uma pessoa ou grupo e têm a intenção de intimidar, causar dor ou angústia em um indivíduo. O *bullying* pode ocorrer em qualquer contexto social e não é um fenômeno recente, mas cresceu com a influência dos meios eletrônicos, como a internet, onde os apelidos pejorativos e as brincadeiras ofensivas ganharam proporções muito maiores. Envolve geralmente três grupos de sujeitos: os alvos, os autores e as testemunhas.

O *bullying* é classificado como direto, quando as vítimas são atacadas diretamente, ou indireto, quando estão ausentes. São considerados *bullying* direto os apelidos, agressões físicas, ameaças, roubos, ofensas verbais ou expressões e gestos que geram mal-estar aos alvos. São atos utilizados com uma frequência quatro vezes maior entre os meninos. O *bullying* indireto compreende atitudes de indiferença, isolamento, difamação e negação aos desejos, sendo mais adotados pelas meninas. [...]

Considera-se alvo o aluno exposto, de forma repetida e durante algum tempo, às ações negativas perpetradas por um ou mais alunos. [...] Em geral, não dispõe de recursos, *status* ou habilidade para reagir ou cessar o *bullying*. Geralmente, é pouco sociável, inseguro e desesperançado quanto à possibilidade de adequação ao grupo. Sua baixa autoestima é agravada por críticas dos adultos sobre a sua vida ou comportamento, dificultando a possibilidade de ajuda. Tem poucos amigos, é passivo, retraído, infeliz e sofre com a vergonha, medo, depressão e ansiedade. Sua autoestima pode estar tão comprometida que acredita ser merecedor dos maus-tratos sofridos. [...]

O autor de *bullying* é tipicamente popular; tende a envolver-se em uma variedade de comportamentos antissociais; pode mostrar-se agressivo inclusive com os adultos; é impulsivo; vê sua agressividade como qualidade; tem opiniões positivas sobre si mesmo; é geralmente mais forte que seu alvo; sente prazer e satisfação em dominar, controlar e causar danos e sofrimentos a outros. Além disso, pode existir um componente benefício em sua conduta, como ganhos sociais e materiais. São menos satisfeitos com a escola e a família, mais propensos ao absenteísmo e à evasão escolar e têm uma tendência maior para apresentarem comportamentos de risco (consumir tabaco, álcool ou outras drogas, portar armas, brigar, etc.) [...]

A maioria dos alunos não se envolve diretamente em atos de *bullying* e geralmente se cala por medo de ser a próxima vítima, por não saberem como agir e por descrerem nas atitudes da escola. [...]

Grande parte das testemunhas sente simpatia pelos alvos, tende a não culpá-los pelo ocorrido, condena o comportamento dos autores e deseja que os professores intervenham mais efetivamente. Cerca de 80% dos alunos não aprovam os atos de *bullying*. A forma como reagem ao *bullying* permite classificá-los como auxiliares (participam ativamente da agressão), incentivadores (incitam e estimulam o autor), observadores (só observam ou se afastam) ou defensores (protegem o alvo ou chamam um adulto para interromper a agressão). [...]

Fonte: NETO, A. A. L. *Bullying* – comportamento agressivo entre estudantes. *Jornal de Pediatria*, Rio de Janeiro, v. 81, n. 5, p. 164-172, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/jped/v81n5s0/v81n5Sa06.pdf>. Acesso em: maio 2020.

Projetos para redução da violência estudantil e do *bullying* devem envolver professores, estudantes, funcionários e pais e contar com ações de conscientização. É importante estabelecer normas, diretrizes coerentes e envolvendo a participação de todos:

- Criar espaços para conscientização geral e para a escuta e a fala na direção de resolução dos conflitos de forma não violenta garantindo um ambiente escolar sadio e seguro para todos, promovendo uma cultura de paz.
- Não rotular os sujeitos envolvidos no *bullying*, mas trabalhar com cada grupo de forma específica de acordo com suas necessidades.
- Olhar para cada estudante como um indivíduo, compreender o que se passa com o sujeito inserido no conflito e exercer empatia e apoio acolhendo as vítimas de *bullying*.
- Conversar sobre o tema, abrir o diálogo entre pais, estudantes e professores com o objetivo de conscientizar os agressores sobre a incorreção de seus atos.

Numa perspectiva mais geral, focalizar a escola inteira e não apenas os envolvidos diretamente no *bullying*, como os agressores ou as vítimas, é mais coerente ao se considerar a escola um sistema dinâmico. Por isso, o *bullying* nesta concepção torna-se um problema sistêmico, "abrangendo alunos, professores, pais, a escola e a comunidade como um todo". A intervenção, portanto, requer múltiplas estratégias que envolvem a "participação ativa do diretor da escola durante todo o processo de intervenção e uma abordagem multifacetada e compreensiva do *bullying*. Essa abordagem deve instituir medidas tais como: (1) uma política abrangente e clara para a escola combater o *bullying* nas suas mais diversas formas; (2) fornecimento de treinamento básico para os professores, funcionários e alunos sobre as atitudes específicas a serem tomadas quando da ocorrência de episódios de *bullying*; (3) educação e envolvimento dos pais para que possam compreender o problema, reconhecer os sinais e intervir adequadamente; (4) adaptação de estratégias específicas para lidar com os agressores e com as vítimas, envolvendo a inclusão dos pais; (5) encorajamento dos alunos para denunciarem colegas agressores para apoiarem colegas vítimas de *bullying*; (6) utilização de medidas que aumentem a supervisão pelos adultos, que podem incluir a presença física mais constante por parte de um adulto ou através de monitorização por equipamentos eletrônicos; (7) realização de estudos pré e pós-intervenção visando confirmar o impacto que as estratégias anti-*bullying* tiveram na escola".

Fonte: ISOLAN, L. *Bullying* escolar na infância e na adolescência. *Revista Brasileira de Psicoterapia*, v. 16, n. 1, p. 68-84, 2014.

EM MOBRA

As TDICs e a educação

O surgimento da Sociedade da Informação trouxe a substituição da mão de obra por máquinas e robôs, ficando as pessoas em cargos de gestão de informações. Essa nova sociedade favoreceu o desenvolvimento das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) e causou alterações na velocidade com que essas tecnologias evoluíram e as informações foram disponibilizadas pelos meios de comunicação (CASTELLS, 2016).

Esse novo cenário expõe os estudantes a uma grande quantidade de informações, aplicações e objetos didáticos, uma vez que as TDICs possibilitam, com o uso de imagens, símbolos, notações, áudios e vídeos, formular determinadas informações e transmiti-las. O que se percebe é que, cada vez mais, os jovens passam a ter acesso às informações, estão mais conectados e compartilham experiências. Claro que não podemos desconsiderar que o acesso não é uma realidade para todos os estudantes.

Embora muitos de nós, professores, estejamos ainda pouco acostumados a fazer uso das TDICs no contexto escolar, os estudantes têm mostrado interesse pelos seus usos, mesmo aqueles que ainda têm pouco acesso. A possibilidade de pesquisar, de organizar registros, de simular o mundo invisível de moléculas e átomos, por meio do uso de aplicativos, simulações, jogos digitais ou realidade aumentada, tem mostrado resultados satisfatórios para a aprendizagem, trazendo à sala de aula inovação, participação e interação.

É fundamental que o uso das TDIC seja bem planejado e orientado pelo professor, para que se torne um recurso eficiente e os objetivos pretendidos sejam atingidos: que os estudantes sejam capazes de selecionar informações, analisar vídeos, imagens, textos, usar simulações para auxiliar na compreensão de conceitos, compartilhar ideias, entre tantos outros.

Um dos maiores desafios que o professor enfrenta é o de incorporar as TDIC em sua prática, o que, sem dúvida, exige uma mudança cultural sobre o papel do professor e da escola. Isso pressupõe a valorização da atribuição do professor como orientador das atividades que podem ser feitas com o uso de uma tecnologia, instruindo e supervisionando o processo dos estudantes. Ao mesmo tempo, estudantes e comunidade devem entender que o professor não é o "detentor" do conhecimento, mas um orientador experiente que conhece mais a respeito do que ensina do que seus estudantes, embora tenha sempre muito a aprender. Assim, é essencial refletir sobre o papel da escola, fundamental no sentido de viabilizar ou impedir que a inovação, expressa por uma nova forma de ensinar, facilitada com o uso das TDIC, incorpore-se à cultura escolar.

Segundo Valente (2003), a verdadeira função do aparato tecnológico não deve ser o ensino propriamente dito, mas sim a de criar condições de aprendizagem ativa. Dessa forma, o professor não deve se restringir a um mero repassador de informação, e sim ser o facilitador no processo de aprendizagem dos estudantes. Essa nova maneira de pensar o ensino nos propõe a refletir que, se antes o pensamento lógico-matemático era central para a resolução de problemas, novas habilidades passaram a ser exigidas na contemporaneidade, sendo marcadas por imaginação, criatividade e inovação.

Por isso, à prática docente é demandada uma reconfiguração que atenda às necessidades sociais de informação e conhecimento. Um novo desafio que se configura por um contexto social, econômico e cultural, sustentado pelas tecnologias de informação e de comunicação, apresenta-se ao professor. Nesse sentido, os estudantes não devem ser colocados como consumidores de tecnologia, mas como produtores de dispositivos e saberes tecnológicos para construir respostas aos problemas. Para que essa mudança de paradigma se torne uma possibilidade, deve-se desenvolver nos estudantes o pensamento computacional.

Mesmo que o professor esteja pouco familiarizado com o uso dos recursos tecnológicos, poderá começar por fazê-lo em algumas poucas atividades sempre que possível, para ganhar confiança nesse uso. Para isso, vale recorrer ao trabalho compartilhado com colegas de outras áreas, com alguma experiência na utilização pedagógica das TDIC. O emprego de simulações, por exemplo, é particularmente instigante para os estudantes, pois permite a realização de atividades interativas, propiciando, se bem utilizado, o avanço em relação à aprendizagem.

O pensamento computacional

O termo **pensamento computacional** apareceu na literatura pela primeira vez em 2006, em um artigo de Jeannete Wing, sendo definido como um conjunto de habilidades relacionadas ao desenvolvimento de soluções computacionais para problemas do mundo real. Wing afirma, inclusive, que se deveria ensinar essas habilidades assim como se ensina as crianças a ler, escrever e calcular.

O pensamento computacional não deve ser confundido com o uso eficiente de aplicações de escritório, como editores de texto, *software* de planilha eletrônica ou navegadores da internet, mas sim compreendido como um conjunto de habilidades para expandir as capacidades humanas com o uso dos computadores. Em consonância com a visão de Wing, em 2008, Paulo Blikstein já ilustrava a importância desse tipo de pensamento em seu texto *O pensamento computacional e a reinvenção do computador na educação*, no qual diz que tanto a academia quanto a indústria sofriam influência do avanço da tecnologia, desconstruindo, inclusive, os estereótipos. A ideia que se tinha de pesquisadores com aventais brancos atrás de bancadas de laboratórios se transformou em pessoas sentadas à frente do computador, criando e testando modelos computacionais, realizando simulações.

Com o passar dos anos, a definição do termo pensamento computacional foi sendo refinada e aprofundada. Em 2008, Wing afirmou que esse tipo de pensamento dialoga com a Matemática – dada a maneira como se aborda uma situação-problema para resolvê-la –, com a Engenharia – devido à abordagem do *design* da solução e avaliação de um sistema grande e complexo que opera com muitas variáveis – e, também, com o pensamento científico –, pois se faz necessário entender conceitos como computabilidade, inteligência, mente e o comportamento humano. Em outras palavras, o pensamento computacional é uma maneira sistemática e eficiente de resolver problemas, produzindo, se necessário – e não obrigatoriamente – uma solução computacional.

REPRODUÇÃO

Ao reconhecer a importância e a necessidade do pensamento computacional, o conceito foi inserido e definido na BNCC como "[...] as capacidades de compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas e suas soluções, de forma metódica e sistemática, por meio do desenvolvimento de algoritmos [...]". Mais recentemente, as habilidades do pensamento computacional foram organizadas por iniciativas como a Code.org e a BBC Learning em quatro grandes pilares: abstração, decomposição, reconhecimento de padrões e algoritmo, que são explicados a seguir.

- **Abstração**: o pilar da abstração diz respeito às habilidades necessárias para identificar e selecionar os dados relevantes à resolução de um problema, pois muitas vezes, no mundo real, os problemas trazem muita informação que não será utilizada ou, ainda, não trazem consigo todas as informações necessárias para resolvê-lo.
- **Reconhecimento de padrões**: quando se analisa uma situação-problema, pode-se, eventualmente, encontrar similaridades com um problema já resolvido ou regularidades dentro do próprio problema. Essa percepção permite o reaproveitamento de estratégias ou métodos de resolução, aplicando o conhecimento prévio na situação atual.
- **Decomposição**: quando um problema é demasiadamente complexo, pode-se pensar em como dividi-lo em etapas ou subproblemas de maneira que, resolvendo-se cada etapa ou cada subproblema, resolve-se o inicial.
- **Algoritmo**: um algoritmo pode ser definido como uma sequência finita de passos destinados a realizar uma tarefa ou resolver um problema. Essa sequência precisa ser muito clara e organizada para que uma pessoa possa reproduzi-lo ou, eventualmente, representá-lo em linguagem de programação executável por um computador.

Nesta coleção, o pensamento computacional é contemplado conforme os pilares que o compõem. O desenvolvimento de cada pilar pode ser verificado em diversas atividades. No **Suplemento do Professor**, indicaremos alguns destaques em que o desenvolvimento dos pilares desse raciocínio é mais favorecido. Vale salientar que nem sempre os quatro pilares são utilizados, pois, por exemplo, um problema pode ser simples o suficiente para não precisar ser decomposto ou não será necessária a criação de um algoritmo.

Ao assumir o compromisso de desenvolver o pensamento computacional, é preciso deixar claro que isso exige outra forma de pensar por parte dos professores. Essa nova forma de pensar possibilita aos estudantes proceder à resolução de problemas em decorrência do desenvolvimento da capacidade de descrever e explicar situações que são consideradas complexas.

Planejamento de aula

O planejamento é uma ferramenta que subsidia a prática pedagógica do professor porque permite uma organização metodológica do conteúdo que será trabalhado em sala de aula com os estudantes, assim torna-se uma necessidade para o desenvolvimento das competências e habilidades, uma vez que, no planejamento, são registrados os meios pelos quais ocorrerá o processo de ensino. Entretanto, podemos considerar que o ato de planejar é algo complexo no trabalho do professor por vários motivos; entre eles, as dificuldades decorrentes da ausência de uma formação teórico-metodológica adequada para compreender por que o ato de planejar é fundamental na prática docente. Ainda assim, de acordo com Libâneo (2006, p. 222), a importância do planejamento encontra-se no fato de ser "um processo de racionalização, organização e coordenação da ação docente, articulando a atividade escolar e a problemática do contexto social. A escola, os professores e os estudantes são integrantes da dinâmica das relações sociais; tudo o que acontece no meio escolar está atravessado por influências econômicas, políticas e culturais que caracterizam a sociedade de classes. Isso significa que os elementos do planejamento escolar – objetivos, conteúdos, métodos – estão recheados de implicações sociais [...]. Por essa razão, o planejamento é uma atividade de reflexão acerca das nossas opções [...]".

E o autor acrescenta:

> O planejamento tem assim as seguintes funções:
>
> **a)** Explicar os princípios, diretrizes e procedimentos do trabalho docente que assegurem a articulação entre as tarefas da escola e as exigências do contexto social e do processo de participação democrática.
>
> **b)** Expressar os vínculos entre o posicionamento filosófico, político-pedagógico e profissional e as ações efetivas que o professor vai realizar na sala de aula, através de objetivos, conteúdos, métodos e formas organizativas de ensino.
>
> **c)** Assegurar a racionalização, organização e coordenação do trabalho docente, de modo que a previsão das ações docentes possibilite ao professor a realização de um ensino de qualidade e evite a improvisação e a rotina.
>
> **d)** Prever objetivos, conteúdos e métodos a partir de consideração das exigências postas pela realidade social, do nível de preparo e das condições socioculturais e individuais dos alunos.
>
> **e)** Assegurar a unidade e a coerência do trabalho docente, uma vez que torna possível inter-relacionar, num plano, os elementos que compõem o processo de ensino: os objetivos (para que ensinar), os conteúdos (o que ensinar), os alunos e suas possibilidades (a quem ensinar), os métodos e técnicas (como ensinar) e avaliação que intimamente relacionada aos demais.
>
> **f)** Atualizar os conteúdos do plano sempre que for preciso, aperfeiçoando-o em relação aos progressos feitos no campo dos conhecimentos, adequando-os às condições de aprendizagens dos alunos, aos métodos, técnicas e recursos de ensino que vão sendo incorporados nas experiências do cotidiano.
>
> **g)** Facilitar a preparação das aulas: selecionar o material didático em tempo hábil, saber que tarefas professor e alunos devem executar. Replanejar o trabalho frente a novas situações que aparecem no decorrer das aulas.

Fonte: LIBÂNEO, J. C. *Didática*. São Paulo: Cortez, 2006. (Coleção magistério 2º grau. Série formação do professor).

EM ABERTA

O ato de planejar requer que alguns aspectos estejam claros para o professor, podemos citar como exemplo o fato de o professor conhecer a realidade daquilo que deseja implementar no seu planejamento e que compreenda as necessidades dos estudantes que carecem ser trabalhadas, para que possa realizar intervenções que promovam a superação dessas limitações. A sequência de ensino, objetividade, coerência e flexibilidade tornam os planos efetivos instrumentos para a ação docente.

Com as atuais mudanças propostas pela BNCC, o planejamento é imprescindível para que o ensino esteja alinhado com as competências a serem desenvolvidas nos estudantes ao longo da Educação Básica para sua formação cidadã. No planejamento individual, o professor deve ainda levar em conta as competências específicas da área de conhecimento e as habilidades a serem desenvolvidas. Ao definir o objetivo a ser alcançado na aula em questão, é importante ter flexibilidade para atender a situações imprevistas ou prever possíveis adaptações ou variações para assistir estudantes com maiores dificuldades no processo de aprendizagem. Para auxiliar o professor na elaboração do planejamento, estão indicadas, na obra, as habilidades trabalhadas em cada capítulo.

O planejamento escolar é uma tarefa docente que inclui tanto a previsão das atividades em termos de organização e coordenação em face dos objetivos propostos, quanto a sua revisão e adequação no decorrer do processo de ensino. O planejamento é um meio para programar as ações docentes, mas é também um momento de pesquisa e reflexão intimamente ligado à avaliação. Há três modalidades de planejamento articulados entre si, o plano da escola, o plano de ensino e o plano das aulas, os quais devem dialogar para desenvolver o perfil do estudante previsto no projeto político-pedagógico da escola.

Cronogramas

Ao elaborar seu projeto pedagógico – o plano de ensino que determina as competências, as habilidades e as estratégias que serão desenvolvidas ao longo de um curso –, cada escola e cada professor têm diferentes preferências e se defrontam com diferentes realidades. A inclusão de um livro didático nesse projeto não implica o compromisso de esgotar completamente seu conteúdo nem de seguir rigorosamente sua sequência de assuntos. Esta obra está organizada em volumes que se subdividem em capítulos. Isso não impede, entretanto, que determinados temas sejam abordados mais resumidamente, ou mesmo postergados, para um eventual tratamento em outro momento. Cabe ao professor selecionar o que julga mais relevante para o projeto pedagógico de sua escola.

Pensando em uma maneira de auxiliar no trabalho do professor em sala de aula, apresentamos algumas sugestões de organização do cronograma: bimestralmente, trimestralmente e semestralmente.

Para fins práticos, numeramos genericamente os volumes de 1 a 6, mas a sequência de volumes deve ser escolhida em comum acordo com os professores da área, alinhada com o projeto pedagógico da escola, o currículo de seu estado e as características de seus estudantes. Portanto, a adoção desse encadeamento entre os volumes não é obrigatória, pois cada volume é autocontido.

Organização bimestral

Essa organização considera a formação geral básica nos seis primeiros bimestres do Ensino Fundamental, abrangendo o 1º ano completo e o primeiro semestre do 2º ano. Nela, cada um dos seis volumes da coleção seria trabalhado bimestralmente. A segunda metade do curso seria destinada exclusivamente à realização dos itinerários formativos.

	1º ano	2º ano	3º ano
1º bimestre	Volume 1	Volume 5	Itinerários formativos
2º bimestre	Volume 2	Volume 6	Itinerários formativos
3º bimestre	Volume 3	Itinerários formativos	Itinerários formativos
4º bimestre	Volume 4	Itinerários formativos	Itinerários formativos

Organização trimestral

A organização trimestral considera a formação geral básica no 1º e no 2º anos do Ensino Médio, em seis trimestres. Nela, três volumes da obra seriam trabalhados por ano. O 3º ano completo seria voltado aos itinerários formativos.

	1º ano	2º ano	3º ano
1º trimestre	Volume 1	Volume 4	Itinerários formativos
2º trimestre	Volume 2	Volume 5	Itinerários formativos
3º trimestre	Volume 3	Volume 6	Itinerários formativos

Organização semestral ou anual

A formação geral básica e a realização dos itinerários formativos ocorreriam ao longo dos três anos dedicados ao Ensino Médio, sendo que o conteúdo de cada volume seria trabalhado ao longo de um semestre.

	1º ano	2º ano	3º ano
1º semestre	Volume 1	Volume 3	Volume 5
2º semestre	Volume 2	Volume 4	Volume 6

Essa organização considera que o regime de tempo integral ainda não será uma realidade em todas as instituições de ensino. Assim, a simultaneidade da formação geral básica e dos itinerários formativos poderá acarretar uma redução no tempo disponível para o trabalho de Ciências da Natureza, justificando o uso de um volume ao longo de um semestre.

Avaliação

No processo de avaliação escolar, devem-se considerar o planejamento, a rotina, as estratégias, os registros, as escolhas teóricas e os limites temporais. É importante perceber o retorno das suas ações educativas, levando em conta seus acertos, suas dificuldades e sua relação com os estudantes e com a instituição.

EM MODERNA

Assim, a avaliação assume também um caráter reflexivo, orientado por algumas questões:

- O que avaliar?
- Para que avaliar?
- Como avaliar?
- Que critérios serão adotados para avaliar?
- Quais podem ter sido as principais causas do sucesso ou fracasso das estratégias e dos recursos adotados?
- Como registrar os resultados da avaliação?

Avaliar no contexto educativo pressupõe momentos que possibilitam que os professores se tornem conscientes de seus atos e percebam os efeitos do ensino, proporcionando que reflitam, repensem e replanejem os caminhos, os objetivos almejados e as formas utilizadas para se chegar aonde se deseja.

Os resultados desse processo levarão o professor a tomar decisões em relação à próxima sequência de atividades. A avaliação não deve ser considerada apenas uma forma de medir e valorar os resultados, mas um ponto de partida para novas aprendizagens e para ultrapassar os obstáculos que impedem o êxito. Por isso deve estar centrada tanto no processo quanto no produto.

Quando o professor decide por realizar uma avaliação, é importante deixar claro para os estudantes quais serão os critérios a serem utilizados para valorar as respostas. Além disso, também é importante esclarecer quais objetivos e competências são desejados: quais conhecimentos? Quais atitudes? Quais valores? Mediante os resultados da avaliação, o professor terá condições para analisar os motivos pelos quais os objetivos e as competências não foram atingidos e propor soluções para que as dificuldades possam ser superadas. Para que a avaliação cumpra esse caráter formativo, é imprescindível articulá-la às competências e habilidades pelas quais se orienta o processo de ensino e aprendizagem.

De acordo com Zabala (1998, p. 197), a avaliação nos convida a responder a alguns questionamentos, como: "avaliação serve para medir o grau de conhecimento do discente? Serve para medir o processo de ensino/aprendizagem? Quem se avalia? O que se avalia?". A avaliação escolar é entendida aqui como um dos momentos de construção do conhecimento, sendo realizada de forma processual e pontual: ao longo de um período (no início, como diagnóstico, no meio e no final), em determinados intervalos (a curto, médio e longo prazos) e no decorrer do processo educativo. A avaliação pode ser aplicada em diferentes momentos do ensino:

- **Avaliação inicial** – sua finalidade é conhecer as necessidades dos estudantes e planejar o ensino com base naquilo que eles já sabem, tendo em vista seus conhecimentos prévios. Em boa parte, essa avaliação pode ser feita por meio da participação oral ou escrita dos estudantes às questões que constam nas seções *Para começo de conversa*, no início de cada capítulo.
- **Avaliação ao longo do processo** – permite detectar obstáculos que os estudantes encontram durante o processo e serve para reorientar o trabalho. Além disso, também tem a função de mostrar sobre a eficácia do método de ensino. Avaliação significa reflexão. E partindo do pressuposto de que nos dá informações sobre o processo não pode ser aplicada apenas no final do processo, e sim desde o princípio e ao longo deste. No início ou final das aulas, podem ser feitas pequenas avaliações com base em discussões realizadas, em tarefas de casa, observação de trabalhos realizados em aula, perguntas orais de caráter coletivo, perguntas individuais, comentários de imagens ou diagramas, solução de problemas ou questões da vida cotidiana, entre outras. Tais avaliações também possibilitam uma melhor percepção sobre quais aspectos devem ser retomados no ensino, quais conteúdos e habilidades convém privilegiar e quais assuntos podem ser aprofundados.
- **Avaliação ao final do processo** – permite identificar os conhecimentos adquiridos e determinar a qualidade do processo de ensino. A avaliação global, no final de um processo, previsto para um período de tempo, possibilita avaliar se o todo planejado foi alcançado.

Ao se falar em autoavaliação, podemos nos perguntar em que consiste esse processo e como proceder para efetivá-lo. Ao considerar que a autoavaliação é uma estratégia para que o próprio estudante possa valorar seu rendimento em termos de aprendizagem, a efetivação desse processo requer a participação do professor para que essa valoração seja a mais precisa possível.

Algumas das possibilidades para o professor seria pedir aos estudantes que registrem por escrito seus avanços, questioná-los sobre seus conhecimentos e estimular com isso a percepção de suas dificuldades para que possam planejar maneiras de avançar no conhecimento dos conteúdos necessários, organizar discussões em sala de aula esclarecendo as finalidades e os critérios importantes para a autoavaliação, realizar avaliações conjuntas até que os estudantes tenham condições de se avaliarem, oportunizar momentos em que eles possam se autoavaliar, construir uma atmosfera que favoreça a autoavaliação e torná-la uma experiência satisfatória.

O exercício da autoavaliação favorece o desenvolvimento da autonomia, pois ao vivenciar esse processo os estudantes podem, progressivamente, tornar-se mais responsáveis pela própria vida, até que fiquem independentes para avaliar sua condição em termos do rendimento escolar e sejam capazes de tomar suas próprias decisões. É fundamental que os estudantes tomem consciência de suas limitações e tenham condições de buscar por maneiras para superá-las, para que cada vez mais desenvolva suas capacidades e competências. O desenvolvimento da capacidade de autorregulação é essencial tanto ao processo de aprendizagem quanto à vida adulta.

Em linhas gerais, a avaliação resulta em indicadores da prática educativa, ou pode ser resultado de indicadores levantados previamente, que consideram o uso de instrumentos que auxiliam na reflexão. O professor pode elencar múltiplas habilidades passíveis de avaliação e verificar se os estudantes estão aptos a:

- identificar os objetos de estudo da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Biologia, Física ou Química) e suas categorias de análise;
- caracterizar os principais conceitos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Biologia, Física ou Química) a serem desenvolvidos no Ensino Médio;

EM MODERNA

- estabelecer relações entre os conhecimentos científicos trabalhados no contexto escolar, tomando posição questionadora e crítica e exercendo a cidadania;
- estabelecer relações entre as informações apresentadas e os conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir uma argumentação consistente.

Espera-se que os professores da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio auxiliem os estudantes nesse processo de aprender e internalizar uma postura questionadora, crítica e permanentemente aberta às mudanças culturais, científicas e tecnológicas. Em concordância com Franco e Pimenta (2016, p. 543), "acreditamos que o ensino é uma atividade multidimensional em todas as esferas disciplinares. Empregamos esse termo [...], para reafirmar nossa convicção de que o ensino, de qualquer disciplina do saber, requer uma dinâmica de convergência nos atos e nas formas de ensinar. Requer fundamentos pedagógicos essenciais, pois é fenômeno complexo realizado entre os sujeitos professores e estudantes, situados em contextos, imbricado nas condições históricas e mediado por múltiplas determinações".

Esse modo de fazer está presente no Livro do Estudante. Na abertura de cada capítulo, a apresentação temática contempla questões e convida os estudantes a argumentar e a posicionar-se criticamente diante da situação de estudos. Nas propostas *Interligações*, *Comunicando ideias* e em algumas atividades, são estimulados o debate, a síntese, a pesquisa e a articulação dos conhecimentos específicos com sua aplicabilidade.

Tipos de avaliação e avaliações para diferentes perfis

A avaliação se diferencia em função da temporalidade e em função de sua natureza. Em relação à temporalidade, temos três momentos de avaliação: inicial ou diagnóstico, durante o processo e global. No primeiro caso, haverá o diagnóstico em relação aos conhecimentos aprendidos anteriormente, as lacunas e as dificuldades conceituais. Para isso, os instrumentos de coleta dessas informações vão exigir os saberes em relação ao rendimento individual de cada estudante; o diagnóstico em relação às suas atitudes e estratégias para que possamos conhecer as possibilidades dos estudantes para aprender novas informações e sua aplicação. Nesse caso, a sugestão seria o uso de ferramentas (provas, testes ou exercícios) práticos que pudessem indicar, por exemplo, o domínio dos estudantes sobre a forma de processar as informações correlacionado à maneira que aprendem. A avaliação contínua por sua vez coloca os estudantes em um processo valorativo contínuo e progressivo para que o professor acompanhe a aprendizagem, bem como a existência de lacunas e dificuldades que carecem de replanejamento do ensino. O que pode favorecer esse tipo de avaliação é a implementação de estratégias de ensino em que os estudantes se tornam ativos e participativos. Em contrapartida, prejuízos podem ocorrer se as aulas forem expositivas e houver desconhecimento por parte do professor das técnicas de observação. Como forma de exemplificar possíveis formas de avaliar, podemos sugerir que se estimule os estudantes a participar de debates, trabalhos em equipe, entre outras. Por fim, a avaliação global está relacionada ao fato de ponderar se os estudantes, naquele período determinado, alcançaram o rendimento previsto. Considera-se satisfatório aquele que atingiu o mínimo exigido.

Em função da natureza específica, a avaliação pode ser somativa, formativa, personalizada ou referir-se a norma, a critério.

Avaliação referente a norma

A relatividade das medidas no âmbito educacional é clara, tanto se considerarmos que não existe um "zero" absoluto, como a diversidade de regras de medição, para dar alguns exemplos. Por tudo isso, a valoração das pontuações não se realiza em função dos padrões absolutos, mas relativos, mediante a criação de grupos que sirvam de norma para avaliar os integrantes desse grupo. Estes grupos normativos são constituídos pela seleção de sujeitos que representam o grupo total, quer dizer, constituem uma amostra representativa de todo o grupo.

Avaliação referente a critério

Um critério é um padrão de conduta delimitado e preciso, que descreve com clareza o domínio desta conduta por parte do sujeito.

Avaliação somativa

Refere-se a avaliação global de um conteúdo extenso de uma matéria, equivalente a avaliações trimestrais ou finais. Identifica-se, pois, com a avaliação de resultados ou produtos alcançados (conhecimentos, estratégias e valores...).

Avaliação formativa

Identifica-se com a avaliação contínua e dirige-se a avaliar fundamentalmente os processos, através dos quais vai se integrando ao aluno os conteúdos a aprender ao longo de um determinado período de tempo, corrigindo-se as possíveis falhas que podem ocorrer de modo imediato, evitando assim que se produzam lacunas.

Avaliação personalizada

As avaliações "normativa" e "criterial" são insuficientes para avaliar a pessoa em todas as suas dimensões, características e circunstâncias: faz-se necessário uma avaliação personalizada, que considera, sobretudo, a satisfatoriedade e a insatisfatoriedade do rendimento pessoal, e não somente sua suficiência ou insuficiência. Trata-se, pois, de que cada aluno executar de acordo com suas possibilidades. Faz-se, pois, necessário estabelecer o nível que se considera razoável para cada estudante em função de suas capacidades e outras varáveis que influenciam as conquistas, para exigir-lhe em função do mesmo (diagnóstico). Contribui para isso estabelecendo, em cada disciplina, os objetivos competências mínimos ou fundamentais, obrigatórios e outros de caráter optativo ou de aprofundamento, de forma que se exija a cada aluno aquilo que corresponde a suas aptidões reais, como declarado em várias ocasiões.

Fonte: CARRASCO, J. B. *Enseñar hoy*: didáctica básica para professores. Madrid: Editorial Síntesis, 2011.

EDIÇÃO MODERNA

Organização da obra

A coleção é uma obra didática de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, organizada em seis volumes, dedicados ao estudo interdisciplinar dos conteúdos de Biologia, Física e Química dos três anos do Ensino Médio.

Cada um dos volumes é composto de seis capítulos que apresentam de forma interdisciplinar os conteúdos relacionados ao tema principal da obra. Os capítulos desenvolvem temas que estabelecem conexões entre conceitos próprios das Ciências da Natureza e suas Tecnologias e deles com diferentes áreas do conhecimento, inserindo aspectos teóricos e sociais que se interligam pelos temas com o auxílio de seções e atividades cujas abordagens e objetivos são específicos e diferenciados. Assim, a relação entre as diferentes áreas do conhecimento, além das científicas, soma-se à contextualização sociocultural que permite ao estudante de Ensino Médio relacionar os aspectos do conhecimento científico, desenvolver habilidades argumentativas e buscar possíveis soluções (ou compreender as que são sugeridas) para as questões que se colocam pelos saberes e fazeres cotidianos.

Estruturação de cada volume

Ponto de partida

A abertura de cada um dos volumes busca instigar os estudantes e, para isso, aborda temáticas que serão desenvolvidas ao longo do volume.

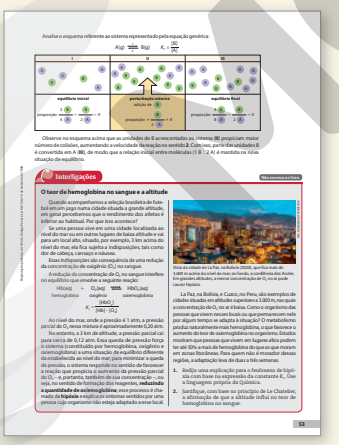
Para começo de conversa

É a abertura de cada capítulo, sendo composta de imagens e texto que se relacionam com os conhecimentos específicos que serão estudados ao longo do capítulo. Nesta seção, também são apresentadas questões que instigam os estudantes, privilegiando, sempre que possível, os conhecimentos prévios dos estudantes e a formulação de hipóteses.

Interligações

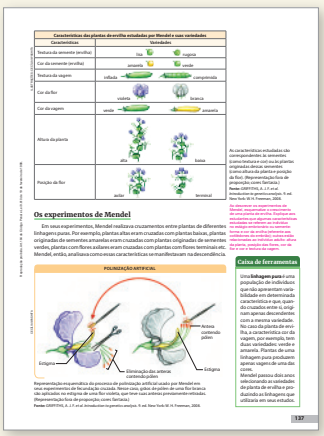
Nesta seção, são trabalhados aspectos que relacionam o conteúdo abordado no capítulo e outras áreas do conhecimento e situações do cotidiano.

Em muitos casos, o próprio tema e as questões sugeridas permitem propostas interdisciplinares.



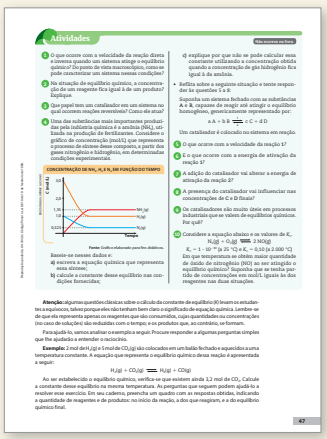
Caixa de ferramentas

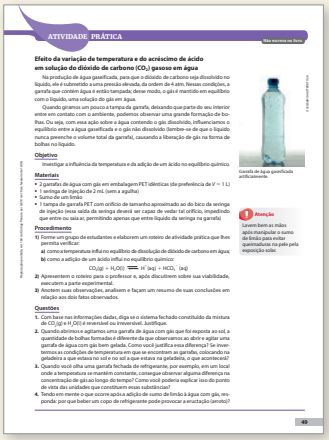
Tem o objetivo de dar um suporte ao texto, trazendo explicações de alguns termos menos acessíveis ou conceitos essenciais para a compreensão do conteúdo abordado, fórmulas e recursos gerais.



Atividades

Esta seção aparece ao longo do capítulo e traz uma sequência de atividades que podem ser de aplicação direta de conceitos ou questões abertas e dissertativas.




ATIVIDADE PRÁTICA

Não escreva no livro.

Efeito da variação de temperatura e do acréscimo de ácido em solução do dióxido de carbono (CO_2) gasoso em água

Na produção de água gaseificada, para que o dióxido de carbono seja dissolvido no líquido, ele é submetido a uma pressão elevada, da ordem de 4 atm. Nessas condições, a garrafa que contém água é então tampada; desse modo, o gás é mantido em equilíbrio com o líquido, uma solução de gás em água.

Quando giramos um pouco a tampa da garrafa, deixando que parte do seu interior entre em contato com o ambiente, podemos observar uma grande formação de bolhas. Ou seja, com essa ação sobre a água contendo o gás dissolvido, influenciamos o equilíbrio entre a água gaseificada e o gás não dissolvido (lembre-se de que o líquido nunca preenche o volume total da garrafa), causando a liberação de gás na forma de bolhas no líquido.

Objetivo

Investigar a influência da temperatura e da adição de um ácido no equilíbrio químico.

Materiais

- 3 garrafas de água com gás em embalagem PET (idênticas (de preferência de $V = 1$ L)
- 1 seringa de injeção de 2 mL (sem a agulha)
- Sumo de um limão
- 1 tampa de garrafa PET com orifício de tamanho aproximado ao do bico da seringa de injeção (essa saída da seringa deverá ser capaz de vedar tal orifício, impedindo que entre ou saia ar, permitindo apenas que entre líquido da seringa na garrafa)

Procedimento

1) Forme um grupo de estudantes e elaborem um roteiro de atividade prática que lhes permita verificar:
   a) como a temperatura influi no equilíbrio de dissolução de dióxido de carbono em água;
   b) como a adição de um ácido influi no equilíbrio químico.

$$CO_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

2) Apresentem o roteiro para o professor e, após discutirem sobre sua viabilidade, executem a parte experimental.
3) Anotem suas observações, analisem e façam um resumo de suas conclusões em relação aos dois fatores observados.

Questões

1. Com base nas informações dadas, diga se o sistema fechado constituído da mistura de $CO_2(g)$ e $H_2O(l)$ é reversível ou irreversível. Justifique.
2. Quando abrimos e agitamos uma garrafa de água com gás que foi exposta ao sol, a quantidade de bolhas formadas é diferente da que observamos ao abrir e agitar uma garrafa de água com gás bem gelada. Como você justifica essa diferença? Se invertermos as condições de temperatura em que se encontram as garrafas, colocando na geladeira a que estava no sol e no sol a que estava na geladeira, o que acontecerá?
3. Quando você olha uma garrafa fechada de refrigerante, por exemplo, em um local onde a temperatura se mantém constante, consegue observar alguma diferença na concentração de gás ao longo do tempo? Como você poderia explicar isso do ponto de vista das unidades que constituem essas substâncias?
4. Tendo em mente o que ocorre após a adição de sumo de limão à água com gás, responda: por que beber um copo de refrigerante pode provocar a eructação (arroto)?

Garrafa de água gaseificada antes e durante a adição de sumo de limão.

Atenção

Lavem bem as mãos após manipular o sumo de limão para evitar queimaduras na pele pela exposição solar.

49

Atividades práticas

A seção traz propostas de atividades práticas focadas no desenvolvimento de competências e habilidades relacionadas ao levantamento de hipóteses, à interpretação de resultados e ao planejamento de experimentos. Para isso, são apresentados procedimentos e questões que, com a mediação do professor, orientam e problematizam o trabalho.

Atenção

Indica recomendações importantes para os estudantes e professores durante o desenvolvimento de atividades práticas, como o uso de equipamento de proteção individual (EPI) ou recomendações de segurança específicas para aquela prática.

Atenção

Descarte dos resíduos: As misturas podem ser descartadas na pia. O balão de borracha pode ser armazenado para outras atividades.

Comunicando ideias

Comunicando ideias

Não escreva no livro.

1. Pesquise o significado de vegetal orgânico e carne orgânica. Em seguida, prepare uma explicação sobre a diferença do adjetivo orgânico usado nesses casos para o que é usado em Química. Essa explicação pode ser apresentada e compartilhada em diferentes formatos: textos informativos, HQ, vídeos etc. Em duplas de estudantes, selecionem e produzam o formato que julgarem mais interessante.

Comunicando ideias

Nesta seção, são propostas atividades que envolvem o desenvolvimento de habilidades relacionadas à comunicação de conteúdos científicos, em suas várias formas, dirigidas a diversos públicos e em vários meios. Atividades desse cunho visam desenvolver habilidades argumentativas utilizando diferentes formas de linguagem e a empatia com o público.

Fique por dentro

Esta seção aparece sempre ao final de cada capítulo e oferece indicações complementares de *sites*, livros, revistas, filmes, *softwares* etc.

Fique por dentro

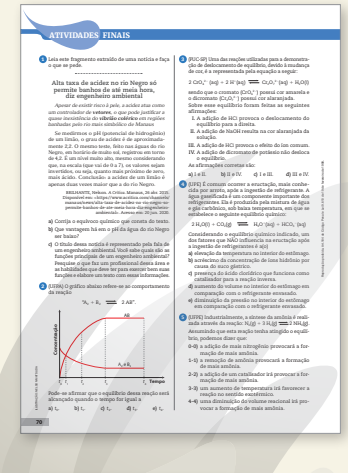
Le Chatelier e a temperatura
<https://www.youtube.com/watch?v=N88Vy2-Q_xs>

O vídeo mostra um experimento em que é possível observar o efeito da alteração da temperatura no equilíbrio químico entre os gases dióxido de nitrogênio e tetróxido de dinitrogênio, um dos exemplos analisados neste livro.

Le Chatelier e a pressão
<https://www.youtube.com/watch?v=zCzYMZHQWmk>

O vídeo mostra um experimento em que é possível visualizar o efeito da pressão em um equilíbrio químico.

Acessos em: 24 ago. 2020.


ATIVIDADES FINAIS

1 Leia este fragmento extraído de uma notícia e faça o que se pede.

Alta taxa de acidez no rio Negro só permite banhos de até meia hora, diz engenheiro ambiental

Apesar de existir risco à pele, a acidez atua como um controlador de vetores, o que pode justificar a quase inexistência do vibrião colérico em regiões banhadas pelo rio mais simbólico de Manaus

Se medirmos o pH (potencial de hidrogênio) de um limão, o grau de acidez é de aproximadamente 2,2. O mesmo teste, feito nas águas do rio Negro, em horário de muito sol, registrou em torno de 4,2. É um nível muito alto, mesmo considerando que o limão é muito ácido. Ele é prejudicial aos invertebrados, ou seja, quanto mais próximo de zero, mais ácido. Concluindo: a acidez de um limão é apenas duas vezes maior que a do rio Negro.

BRELÁZIO, Stéfano. A Crítica. Manaus, 26 abr. 2019. Disponível em: <https://www.acritica.com/channels/manaus/news/alta-taxa-de-acidez-no-rio-negro-so-permite-banhos-de-ate-meia-hora-diz-engenheiro-ambiental>. Acesso em: 10 jun. 2020.

a) Cortija o equívoco químico que consta do texto.
b) Que vantagem há em o pH da água do rio Negro ser baixo?
c) O título dessa notícia é representado pela fala de um engenheiro ambiental. Você sabe quais são as funções principais de um engenheiro ambiental? Pesquise o que faz um profissional dessa área e as habilidades que deve ter para exercer tais atribuições e elabore um texto com essas informações.

2 (Unisa) O gráfico abaixo refere-se ao comportamento da reação:

$$2A_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)}$$

Pode-se afirmar que o equilíbrio dessa reação será alcançado quando o tempo for igual a
a) t_1. b) t_2. c) t_3. d) t_4. e) t_5.

3 (PUC-SP) Uma das reações utilizadas para a demonstração do deslocamento de equilíbrio, devido à mudança de cor, é a representada pela equação a seguir:

$$2\,CrO_4^{2-}(aq) + 2\,H^+(aq) \rightleftharpoons Cr_2O_7^{2-}(aq) + H_2O(l)$$

sendo que o cromato (CrO_4^{2-}) possui cor amarela e o dicromato ($Cr_2O_7^{2-}$) possui cor alaranjada.
Sobre esse equilíbrio foram feitas as seguintes afirmações:
I. A adição de HCl provoca o deslocamento do equilíbrio para a direita.
II. A adição de NaOH resulta na cor alaranjada da solução.
III. A adição de HCl provoca o efeito do íon comum.
IV. A adição de dicromapato de potássio não desloca o equilíbrio.
As afirmações corretas são:
a) I e II. b) II e IV. c) I e III. d) III e IV.

4 (UFPE) É comum ocorrer a eructação, mais conhecida por arroto, após a ingestão de refrigerante. A água gaseificada é um componente importante dos refrigerantes. Ela é produzida pela mistura de água e gás carbônico, sob baixa temperatura, em que se estabelece o seguinte equilíbrio químico:

$$2\,H_2O(l) + CO_2(g) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

Considerando o equilíbrio químico indicado, um dos fatores que NÃO influencia na eructação após a ingestão de refrigerantes é a(o):
a) elevação da temperatura no interior do estômago.
b) acréscimo da concentração de íons hidrônio por causa do suco gástrico.
c) presença do ácido clorídrico que funciona como catalisador para a reação inversa.
d) aumento do volume no interior do estômago em comparação com o refrigerante envasado.
e) diminuição da pressão no interior do estômago em comparação com o refrigerante envasado.

5 (UFPE) Industrialmente, a síntese da amônia é realizada através da reação: $N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$. Assumindo que esta reação tenha atingido o equilíbrio, podemos dizer que:
0-0) a adição de mais nitrogênio provocará a formação de mais amônia.
1-1) a remoção de amônia provocará a formação de mais amônia.
2-2) a adição de um catalisador irá provocar a formação de mais amônia.
3-3) um aumento de temperatura irá favorecer a reação no sentido exotérmico.
4-4) uma diminuição de volume reacional irá provocar a formação de mais amônia.

70

Atividades finais

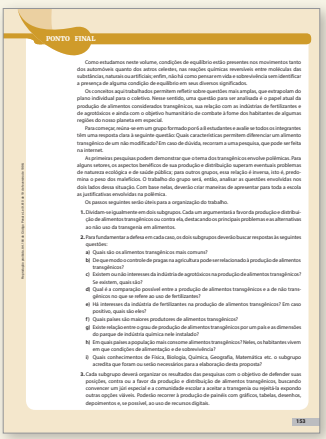
Esta seção aparece apenas uma vez, ao final de cada capítulo, trazendo um conjunto de atividades e problemas sobre os principais temas abordados no capítulo, com atividades de aplicação dos conceitos ou sua mobilização em novas situações, dando continuidade às atividades presentes ao longo do tópico. Também podem representar oportunidade de revisão e recuperação de conteúdos. Há atividades que exigem a busca e a interpretação de dados em texto, artigo, tabela, ilustração, entre outros portadores. Também há questões que exigem que os estudantes se posicionem em relação a uma situação controversa ou que admitem diversidade de interpretações. Apresenta também questões do Enem e de vestibulares.

Próximos passos

Neste capítulo foram abordadas as propriedades dos equilíbrios químicos, tanto do ponto de vista submicroscópico quanto as que podemos observar sem a ajuda de qualquer equipamento óptico. No próximo, sua jornada irá encaminhá-lo aos equilíbrios em outra dimensão, a planetária e interplanetária.
Mas, antes, volte ao início do capítulo e verifique se está mais apto a responder às questões propostas na seção **Para começo de conversa** do que antes de estudar este capítulo.
Elabore também um resumo dos principais pontos abordados no capítulo.

Próximos passos

Esta seção faz o fechamento do capítulo e estabelece uma conexão entre o tópico abordado e o seguinte, com a intenção de conectar os conhecimentos.


PONTO FINAL

Como estudamos neste volume, condições de equilíbrio estão presentes nos movimentos tanto dos automóveis quanto dos astros celestes, nas reações químicas reversíveis entre moléculas das substâncias, naturais ou artificiais, enfim, nada como pensamento vida e sobrevivência sem identificar a presença de alguma condição de equilíbrio em seus diversos significados.

Os conceitos aqui trabalhados permitem refletir sobre questões mais amplas, que extrapolam do plano individual para o coletivo. Nesse sentido, uma questão para ser analisada é o papel atual da produção de alimentos considerados transgênicos, sua relação com as indústrias de fertilizantes e de agrotóxicos e ainda com o objetivo humanitário de combate a fome dos habitantes de algumas regiões do nosso planeta em especial.

Para começar, reúna-se em um grupo formado por 6 a 8 estudantes e avalie se todos os integrantes têm uma resposta clara à seguinte questão: Quais características permitem diferenciar um alimento transgênico de um não modificado? Em caso de dúvida, recorram a uma pesquisa, que pode ser feita na internet.

As primeiras pesquisas podem demonstrar que o tema dos transgênicos envolve polêmicas. Para alguns setores, os aspectos benéficos de sua produção e distribuição superam eventuais problemas de natureza ecológica e de saúde pública; para outros grupos, essa relação é inversa, isto é, predomina o peso dos malefícios. O trabalho do grupo será, então, analisar as questões envolvidas nos dois lados dessa situação. Com base nelas, deverão criar maneiras de apresentar para toda a escola as justificativas envolvidas na polêmica.

Os passos seguintes serão úteis para a organização do trabalho.

1. Dividam-se igualmente em dois subgrupos. Cada um argumentará a favor da produção e distribuição de alimentos transgênicos ou contra ela, destacando os principais problemas e as alternativas ao não uso da transgenia em alimentos.
2. Para fundamentar a defesa em cada caso, os dois subgrupos deverão buscar respostas às seguintes questões:
   a) Quais são os alimentos transgênicos mais comuns?
   b) De que modo o controle de pragas na agricultura pode ser relacionado à produção de alimentos transgênicos?
   c) Existem ou não interesses da indústria de agrotóxicos na produção de alimentos transgênicos? Se existem, quais são?
   d) Qual é a comparação possível entre a produção de alimentos transgênicos e a de não transgênicos no que se refere ao uso de fertilizantes?
   e) Há interesses da indústria de fertilizantes na produção de alimentos transgênicos? Em caso positivo, quais são eles?
   f) Quais países são maiores produtores de alimentos transgênicos?
   g) Existe relação entre o grau de produção de alimentos transgênicos por um país e as dimensões do parque de indústria química nele instalado?
   h) Em quais países a população mais consome alimentos transgênicos? Neles, os habitantes vivem em que condições de alimentação e de sobrevivência?
   i) Quais conhecimentos de Física, Biologia, Química, Geografia, Matemática etc. o subgrupo acredita que foram ou serão necessários para a elaboração desta proposta?
3. Cada subgrupo deverá organizar os resultados das pesquisas com o objetivo de defender suas posições, contra ou a favor da produção e distribuição de alimentos transgênicos, buscando convencer um júri especial e a comunidade escolar a aceitar a transgenia ou rejeitá-la expondo outras opções viáveis. Poderão recorrer à produção de painéis com gráficos, tabelas, desenhos, depoimentos e, se possível, ao uso de recursos digitais.

153

Ponto final

Esta seção recupera o tema da seção *Ponto de partida* e realiza um fechamento, que pode ser uma sequência de atividades, um projeto, uma proposta de ampliação.

MODELO

Bibliografia

AUBERT, A. *et al. Aprendizaje dialógico en la sociedad de la información*. Barcelona: Hipatia, 2008.

O livro traz uma oportunidade de renovar as bases teóricas educacionais com práticas e pressupostos para a aprendizagem dialógica.

BLIKSTEIN, P. *O pensamento computacional e a reinvenção do computador na educação*. 2008. Disponível em: <http://www.blikstein.com/paulo/documents/online/ol_pensamento_computacional.html>. Acesso em: 3 jun. 2020.

O artigo diferencia o que é o pensamento computacional do que não é e explica a importância dessa habilidade para os cidadãos do século XXI.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC/SEB, 2018.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento homologado pelo Ministério da Educação que determina as competências (gerais e específicas), as habilidades e as aprendizagens essenciais que todos os estudantes devem desenvolver durante cada etapa da educação básica.

BRASIL. Ministério da Educação. *Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica*: diversidade e inclusão. Brasília: MEC/Secadi, 2013.

O documento reúne as novas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica resultantes de debates que procuram prover os sistemas educativos em seus vários níveis (municipal, estadual e federal) de instrumento para que crianças, adolescentes, jovens e adultos que ainda não tiveram oportunidade possam se desenvolver plenamente, respeitando suas diferentes condições sociais, culturais, emocionais, físicas e étnicas.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *PCN+ Ensino Médio*: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2002.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais é uma coleção de documentos que apresentam diretrizes elaboradas para orientar os educadores por meio da normatização de alguns fundamentos concernentes a cada disciplina.

BRASIL. Ministério da Educação. *Temas Contemporâneos Transversais na BNCC*. Brasília: MEC/SEB, 2019.

Documento que apresenta os Temas Contemporâneos Transversais, sua contextualização, como estão inseridos na BNCC e os pressupostos pedagógicos de sua abordagem.

BRASIL. Ministério da Educação. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Brasília, 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm>. Acesso em: 25 maio 2020.

Texto na íntegra da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e as bases da educação nacional.

BRASIL. Ministério da Educação. Portaria nº 971, de 9 de outubro de 2009. Programa *Ensino Médio Inovador*. Brasília: MEC/SEB. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=13439:ensino-medio-inovador>. Acesso em: 25 maio 2020.

O documento apresenta o programa Ensino Médio Inovador que foi instituído pela Portaria nº 971, de 9 de outubro de 2009, no contexto da implementação das ações voltadas ao Plano de Desenvolvimento da Educação – PDE. A edição atual do Programa está alinhada às diretrizes e metas do Plano Nacional de Educação 2014-2024 e à reforma do Ensino Médio proposta pela Medida Provisória 746/2016, bem como é regulamentada pela Resolução FNDE nº 4, de 25 de outubro de 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Lei nº 13.005, de 26 de junho de 2014. Plano Nacional de Educação. Brasília: MEC/SEB. Disponível em: <http://pne.mec.gov.br/>. Acesso em: 25 maio 2020.

O Plano Nacional de Educação (PNE) determina diretrizes, metas e estratégias para a política educacional no período de 2014 a 2024. No *site* podem ser encontrados *links* para o texto do PNE, assim como orientações para a elaboração ou adequação dos planos subnacionais, para o monitoramento e avaliação dos planos e a situação das metas dos planos.

BRASIL. Ministério da Educação. Medida Provisória nº 746, de 22 de setembro de 2016. Política de Fomento à Implementação de Ensino Médio em Tempo Integral. Brasília: MEC/SEB. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=48601-mp-746-ensino-medio-link-pdf&category_slug=setembro-2016-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 25 maio 2020.

Reprodução da página do *Diário Oficial da União* apresentando no texto a íntegra da Medida Provisória nº 746, de 22 de setembro de 2016, instituindo a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral.

BRASIL. Ministério da Educação. Lei nº 13.415 de 16 de fevereiro de 2017. Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. Brasília: MEC/SEB. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13415.htm>. Acesso em: 25 maio 2020.

Texto na íntegra da Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017, que altera leis anteriores e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral.

BRAZ, N. M. *Práticas dialógicas no processo de ensino e aprendizagem*: limites e possibilidades apresentadas por educadores (as) de Química na Educação de Pessoas Jovens e Adultas. 2016. 245f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2016.

Dissertação de mestrado que investiga quais são os limites e as possibilidades para a implementação de práticas dialógicas no processo de ensino e aprendizagem de Química na educação de jovens e adultos.

CARVALHO, A. D. de. Problematização e dilematização enquanto referenciais metodológicos da formação de educadores. Revista *Saber & Educar*, n. 16, 2011. Disponível em: <http://revista.esepf.pt/index.php/sabereducar/article/view/16>. Acesso em: 13 abr. 2021.

Artigo que explicita um conjunto de pressupostos comportamentais e de conceitos operacionais inerentes ao desenvolvimento de processos de problematização/dilematização.

CASTELLS, M. *A sociedade em rede*. 17. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2016.

O livro busca esclarecer a dinâmica econômica e social da nova era da informação com base em pesquisas feitas nos Estados Unidos, Ásia, América Latina e Europa. O autor examina os processos de globalização que marginalizavam e agora ameaçam tornar insignificantes países e povos excluídos das redes de informação.

EM MOLDURA

FAZENDA, I. C. A. *Interdisciplinaridade*: história, teoria e pesquisa. São Paulo: Papirus, 2010.

O livro traz vários textos produzidos pela autora entre 1975 e 1994, apresentados em congressos, conferências e/ou publicados em revistas sobre o tema interdisciplinaridade e a discussão sobre a necessidade da superação da dicotomia ciência/existência.

FAZENDA, I. C. A. (org.). *Didática e interdisciplinaridade*. Campinas: Papirus, 1998.

O livro reúne textos sobre as novas tendências em interdisciplinaridade. O objetivo da coletânea foi enfrentar um dos mais recentes paradoxos que a educação contempla: a longevidade das questões da didática e o ineditismo das proposições da interdisciplinaridade.

FRANCISCO JÚNIOR, W. E. Uma abordagem problematizadora para o ensino de interações intermoleculares e conceitos afins. *Química Nova na Escola*, n. 29, p. 20-23, 2008.

O artigo apresenta e discute uma abordagem calcada na problematização para o estudo das interações intermoleculares e alguns conceitos relacionados. Os resultados mostraram uma importante evolução conceitual, além da possibilidade da experimentação em despertar a curiosidade epistemológica dos estudantes.

FRANCO, M. A. S.; PIMENTA, S. G. Didática multidimensional: por uma sistematização conceitual. *Educação e Sociedade*, v. 37, n. 135, p. 539-553, 2016.

O texto discute possíveis articulações entre os princípios pedagógicos da Didática e das Didáticas Específicas, com o objetivo de configurar o estatuto de uma Didática Multidimensional.

LIBÂNEO, J. C. *Didática*. São Paulo: Cortez, 2006.

O livro apresenta um estudo sistemático da didática como teoria do processo de ensino, unindo a preparação teórica e prática na formação do professor.

LUCKESI, C. C. Verificação ou avaliação: o que pratica a escola? *Série Ideias*, São Paulo, FDE, n. 8, p. 71-80, 1998. Disponível em: <http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/ideias_08_p071-080_c.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2020.

O artigo aborda a prática da aferição do aproveitamento escolar, tendo como matriz de abordagem os conceitos de verificação e avaliação, na perspectiva de, ao final, retirar proveitos para a prática docente.

MACHADO, N. J. *Educação*: competência e qualidade. São Paulo: Escrituras, 2009.

Os cinco ensaios que compõem o livro refletem sobre os temas competência e qualidade na educação, buscando elementos conceituais para fundamentar pontos de vista sobre tais questões. Os textos aqui reunidos foram apresentados, de modo independente, nos Seminários de Estudos em Epistemologia e Didática (SEED), realizados desde 1997, da Faculdade de Educação da USP.

MORI, L.; CUNHA, M. N. Problematização: possibilidades para o Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 42, n. 2, p. 176-185, maio 2020. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc42_2/10-EQF-41-19.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.

O artigo sintetiza propostas metodológicas que indiquem maneiras diferentes de problematizar temas, conceitos e assuntos.

OLIVEIRA, C. C. G. F. *et al*. Análise dos temas e termos-chave da área de CTS no ensino de ciências a partir das teses e dissertações brasileiras. Revista *Indagatio Didactica*, v. 11, n. 2, p. 197-209, 2019.

O trabalho procura entender as relações entre os termos-chave utilizados nas 79 teses de doutorado e 415 dissertações de mestrado publicadas no Brasil de 1992 até 2017. Como resultado, foi possível verificar que temas como ensino de Ciências, de Física e de Química são bastante abordados nesses trabalhos, assim como há uma preocupação de discussões sobre CTS no que tange à formação docente e discente.

ORANGE, C. Problematização e conceptualização em Ciências e nas aprendizagens científicas. Revista *Saber & Educar*, n.16, 2011. Disponível em: <http://revista.esepf.pt/index.php/sabereducar/article/view/20>. Acesso em: 13 abr. 2021.

O artigo tenta explicitar, com base em Bachelard, Canguilhem e Popper, o que é a problematização científica, ao estudar as relações entre problematização e conceitualização em Ciências e nas aprendizagens científicas. Para isso, descreve algumas etapas de investigações conduzidas há vários anos sobre estas questões no CREN (Universidade de Nantes).

PERRENOUD, P. La formation des enseignants pour l'interdisciplinarité: une synthèse des recherches effectuées au Brésil. *Revue des Sciences de l'Éducation*, v. 24, n. 1, 1998.

O texto oferece uma releitura de dois projetos de pesquisa no Brasil a partir de uma retrospectiva histórica e crítica das questões relacionadas à formação interdisciplinar de professores. No artigo, a interdisciplinaridade está fortemente associada a uma atitude em relação à pesquisa e à adaptação de práticas alternativas de ensino.

PERRENOUD, P. *Dez novas competências para ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 2000.

O livro privilegia as práticas inovadoras e, portanto, as competências emergentes, e propõe então um inventário das competências necessárias para delinear a prática docente.

PIMENTA, S. G.; LIMA, M. S. L. *Estágio e docência*. São Paulo: Cortez, 2004.

Discute a formação de professores e pedagogos a partir da relação entre a teoria e a prática.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 13, n. 1, p. 71-84, jan. 2007.

O artigo ressalta a importância do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) diante dos questionamentos críticos e reflexivos acerca do contexto científico-tecnológico e social e, em especial, sua relevância para o Ensino Médio.

QUEIROZ, T. D. (org.). *Dicionário prático de pedagogia*. São Paulo: Rideel, 2015.

O livro apresenta, de maneira simples, temas que atuais para auxiliar os educadores na orientação das práticas pedagógicas nos diversos níveis de ensino e aprendizado.

RAVITCH, D. *Vida e morte do grande sistema escolar americano*: como os testes padronizados e o modelo de mercado ameaçam a educação. Tradução: Marcelo Duarte. Porto Alegre: Sulina, 2011.

MODERNA

O livro apresenta uma mudança radical de perspectiva. Demonstra por que o modelo empresarial não é uma forma apropriada de melhorar as escolas e evidencia que a educação de hoje está em perigo, usando exemplos de grandes cidades como Nova York, Philadelphia, Chicago, Denver, San Diego e Ravitch.

RICARDO, E. C. Educação CTSA: obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar. *Ciência & Ensino*, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-12, nov. 2007.

O artigo discute a necessidade de considerar as tecnologias como referências dos saberes escolares não só para o estudo das máquinas ou equipamentos, mas também para compreender o mundo artificial e sua relação com o mundo natural.

SACRISTÁN, J. C.; PÉREZ GÓMEZ, A. I. *Compreender e transformar o ensino*. 4. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

O livro analisa os problemas e as práticas para dar sentido à realidade do ensino a fim de que os professores não transformem a prática pedagógica em uma reprodução sem compreender o que se faz.

SANTOS, W. L. P.; AULER, D. *CTS e educação científica*: desafios, tendências e resultados de pesquisa. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011.

O livro apresenta reflexões, aponta desafios e possibilidades para o trabalho em sala de aula e contribuições para a pesquisa, no campo CTS, com dados empíricos em diversas linhas de investigação.

SANTOS, W. P. L.; SCHNETZLER, R. P. *Educação em Química*: compromisso com a cidadania. Ijuí: Unijuí, 2000.

O livro apresenta uma nova leitura sobre o movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) no ensino de Ciências e aborda princípios para a formação da cidadania que podem ser interessantes para todos os que trabalham no ensino de Ciências.

SCHIABEL, D.; SILVA, C. Currículo e desenvolvimento profissional docente. *Revista de Estudos Curriculares*, n. 10, v. 1, 2019.

O artigo apresenta a articulação entre o currículo e o desenvolvimento profissional dos docentes.

SCHMITT, C. da S.; DOMINGUES, M. J. C. de S. Estilos de aprendizagem: um estudo comparativo. *Avaliação* [*on-line*]. Campinas, v. 21, n. 2 [citado 2020-06-02], p. 361-386, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-40772016000200361&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 6 jul. 2020.

O artigo analisa e compara cinco instrumentos utilizados na prática de ensino em sala de aula e apresenta aspectos similares e distintos, para que cada um seja direcionado à temática de aprendizado de cada tipo de pessoa.

SILVA, E. L. da. *Contextualização no ensino de Química*: ideias e proposições de um grupo de professores. 2007. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

A dissertação de mestrado investiga as ideias e as proposições de um grupo de professores a respeito da contextualização no ensino de Química, especificamente as práticas de ensino nas quais os conteúdos são socialmente contextualizados. O texto discute como essas ideias refletem essa temática diante dos novos conhecimentos e como tais reflexões se manifestam nos materiais instrucionais.

SOLINO, A. P.; SASSERON, L. H. A significação do problema didático a partir de potenciais problemas significadores. *Ciência e Educação*, v. 25 n. 3, p. 569-587, 2019.

O artigo analisa a significação de um problema didático em atividade baseada no Ensino por Investigação. Argumenta a favor de que os elementos significadores podem servir de ferramenta pedagógica e analítica para orientar e avaliar o processo de significação em aulas investigativas, pelo surgimento de novos problemas.

SUART, R. de C.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. Atividades experimentais investigativas: utilizando a energia envolvida nas reações químicas para o desenvolvimento de habilidades cognitivas. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. *Anais* [...] Disponível em: <http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/220.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2020.

O artigo investiga as habilidades cognitivas manifestadas por estudantes do Ensino Médio de Química em uma atividade experimental investigativa sobre a energia envolvida nas transformações químicas. Também observa que a conduta da professora interfere na resposta do estudante, evidenciando a necessidade de permitir mais momentos de diálogo e reflexão para os alunos.

TARDIF, M. *Saberes docentes e formação profissional*. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2004.

O livro discute os saberes que servem de base aos professores para realizarem seu trabalho em sala de aula. Apresenta uma crítica aos enfoques anglo-americanos que reduzem o saber dos professores a processos psicológicos e também certas visões europeias tecnicistas que alimentam as abordagens por competência. Também se posiciona de forma crítica em relação às concepções sociológicas tradicionais que associam os professores a agentes de reprodução das estruturas sociais dominantes.

VALENTE, J. A.; PRADO, M. E. B. Brito; ALMEIDA, M. E. B. *Educação a distância via Internet*. São Paulo: Avercamp, 2003.

O livro aborda os desafios da educação à distância e do uso das tecnologias de informação e comunicação, inclusive para a formação de professores.

WING, J. M. Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. 366, 3.717-3.725. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2008.0118>. Acesso em: 3 jun. 2020.

O artigo, em inglês, apresenta a conceituação de computação e pensamento computacional que representa um novo desafio educacional para nossa sociedade.

WING, J. M. Viewpoint: Computational thinking. *Communications of the ACM*, v. 49, n. 3, p. 33-35, 2006.

O artigo, em inglês, discute que o pensamento computacional representa uma atitude e um conjunto de habilidades universalmente aplicáveis, ressaltando que não apenas cientistas da computação estariam capacitados para aprender e usar.

ZABALA, A. *A prática educativa*: como ensinar. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.

O livro propõe pautas e orientações sobre como melhorar a ação educativa. As decisões sobre essas e outras questões relacionadas ao ensino deverão ser justificadas pela função social do ensino e pela concepção dos processos de aprendizagem.

EM MODERNIA

Ponto de partida

A ideia de equilíbrio é fundamental em diversas áreas do conhecimento humano, não apenas nas Ciências da Natureza. Comece pedindo aos estudantes que observem as imagens e descrevam o significado da ideia de equilíbrio presente em cada uma delas. Em seguida, proponha uma reflexão sobre a presença dessa ideia em outras situações cotidianas, com significados diversos dos identificados ao observarem as imagens. Estimule-os com questões como as seguintes, algumas sem resposta única, que servirão para orientar a conversa:

- Há equilíbrio no movimento de uma bicicleta?
  Sabemos que há equilíbrio dinâmico em um movimento quando o corpo desenvolve velocidade constante. Assim, espera-se que os estudantes apontem tal condição, além de outra possível quanto ao fato de que o ciclista se mantém parado em relação à própria bicicleta, em condição de equilíbrio estático em relação a esse referencial.

- Ao misturar o leite com o café, o que se busca não é o equilíbrio?
  A condição de equilíbrio a ser atingida, ou seja, a proporção ideal entre os dois líquidos que se misturam dependerá do gosto e do paladar de cada pessoa: mais leite e menos café ou o contrário. De qualquer modo, estimule os estudantes a verbalizarem qual é a proporção buscada para cada um, atribuindo valores porcentuais a cada líquido na composição final. Reforce que, nesse caso, além do equilíbrio desejado na mistura café-leite, existe o equilíbrio que cada estudante atribui ao paladar ideal para essa mistura. Reforce ainda que a quantidade de açúcar pode ser mais um componente a interferir na condição de equilíbrio, no que se refere às proporções e ao paladar.

- O que significa viver em equilíbrio com a natureza?
  Não há resposta única e correta para uma questão desse tipo. A riqueza da discussão estará, principalmente, na verbalização que os estudantes farão a respeito de sua compreensão de preservação ambiental. Se possível, dependendo do encaminhamento da conversa, apresente a eles informações sobre as condições atuais da conservação de biomas brasileiros – Pantanal, Mata Atlântica, Amazônia, Cerrado –, questione-os sobre o conhecimento que construíram a respeito de cada um desses biomas e estimule-os a analisar as atuais medidas de conservação praticadas. Por ser uma atividade que envolve notadamente um tema transdisciplinar, pode ser conveniente o trabalho conjunto de professores de Biologia, Geografia, Física, Química, entre outros.

- Vocês conhecem o significado da expressão "fluxo de caixa"? E "balança comercial", sabem o que significa?
  Essas expressões são adotadas em contextos particulares e bastantes significativos, na contabilidade empresarial ou familiar e na análise da relação entre importação e exportação de bens e produtos. Dessa forma, por se tratar de expressões associadas a conceitos que visam ao equilíbrio financeiro, de preferência com saldos positivos, se possível, é conveniente que o professor de Matemática participe da discussão. De qualquer forma, é importante apresentar aos estudantes dados atuais do balanço de uma empresa, que podem ser obtidos na internet, e dados recentes da balança comercial brasileira, obtidos em fontes de divulgação oficiais (por exemplo: <http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior>, acesso em: 4 set. 2020).

Se julgar conveniente, peça aos estudantes que consultem um dicionário, físico ou virtual, e que pesquisem o verbete "equilíbrio". Como resultado, encontrarão ao menos seis definições diferentes que, certamente, não esgotarão o conjunto possível de significados. Proponha que conversem e socializem a compreensão a respeito dos significados encontrados, identificando e explicando os conceitos eventualmente associados a cada um deles. Ainda não é esperado que os estudantes verbalizem conceitos total e corretamente construídos, mas tudo o que surgir deve ser valorizado e registrado com o intuito de, ao final do trabalho no volume, promover a retomada dos registros e propor a eles uma autoavaliação do nível de compreensão atingido.

Essa atividade inicial de levantamento de conhecimentos prévios acerca dos assuntos a serem tratados no volume requer um tempo de aula, mas é uma oportunidade bastante proveitosa para a ampliação e o aprofundamento conceitual a serem realizados.

Capítulo 1

Como se equilibrar?

Professor indicado

Recomenda-se que esse capítulo seja trabalhado pelo professor de Física.

BNCC – competências e habilidades trabalhadas

Estão indicadas a seguir, a partir da BNCC, competências gerais, competências específicas e habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, assim como uma competência específica de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, cujo desenvolvimento é favorecido no capítulo. Para isso, são apontados os momentos em que seu trabalho pode ser propício.

Competência geral	Justificativa	Página
1	Os conteúdos discutidos ao longo deste capítulo utilizam e valorizam conhecimentos historicamente construídos sobre a dinâmica de corpos rígidos, ramo da mecânica que estuda o movimento e suas causas. Em particular, a seção **Interligações – Galileu e o princípio da inércia** explora a evolução histórica do entendimento sobre as causas do movimento dos corpos, iniciando com a concepção aristotélica e passando pela de Galileu, até chegar à primeira lei de Newton.	Todo o capítulo
2	A seção **Interligações – Galileu e o princípio da inércia** exercita a curiosidade intelectual dos estudantes ao propor uma reflexão sobre as tentativas realizadas ao longo da história por filósofos e cientistas de explicar o nosso entorno. A seção **Interligações – Arte e equilíbrio** motiva a investigação dos movimentos e equilíbrios nas artes por meio de uma abordagem própria das ciências.	16 e 25
3	A discussão inicial do capítulo, na seção **Para começo de conversa**, e o conteúdo da seção **Interligações – Arte e equilíbrio** valorizam elementos contextualizadores relacionados a exibições artísticas e esportivas para discutir a dinâmica e o equilíbrio de corpos rígidos.	14, 15 e 25
4	O conteúdo introduzido na seção **Interligações – Arte e equilíbrio** proporciona uma oportunidade de trabalhar essa competência, ao relacionar as linguagens artística e científica para que os estudantes possam partilhar informações e experiências.	25
5	O conteúdo relacionado a **Momento de uma força** e o simulador *on-line* listado na seção **Fique por dentro** permitem trabalhar essa competência, ao discutir equilíbrio rotacional, explorando o movimento de uma gangorra.	37

Competência específica	Habilidade	Justificativa	Página
1	EM13CNT101	O conteúdo da seção **Interligações – Galileu e o princípio da inércia** possibilita aos estudantes o desenvolvimento dessa competência por meio da análise, à luz do conceito de inércia, do movimento de uma bola elástica solta de uma altura elevada, levando em conta o efeito da rotação da Terra.	16
2	EM13CNT201	Essa habilidade é contemplada na seção **Interligações – Galileu e o princípio da inércia**, por meio da discussão de modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas e da comparação de distintas explicações sobre o movimento dos corpos.	16
	EM13CNT204	O capítulo como um todo desenvolve essa habilidade, uma vez que trata do estudo dos movimentos de objetos na Terra de acordo com as leis da mecânica clássica. Em particular, as atividades propostas ao longo do capítulo e a seção **Interligações – Galileu e o princípio da inércia** possibilitam elaborar explicações e previsões e realizar cálculos para explorar situações envolvendo equilíbrio e movimento.	Todo o capítulo
	EM13CNT205	A seção **Interligações – Arte e equilíbrio** e as atividades propostas ao longo do capítulo trabalham essa habilidade por meio de análise e resolução de situações-problema em diversos contextos, incluindo manifestações artísticas, esportivas e culturais.	25

continua

continuação

3	EM13CNT301	Essa habilidade é desenvolvida em uma experiência de pensamento na seção **Interligações – Galileu e o princípio da inércia**, na qual os estudantes investigam e avaliam, com uma perspectiva científica, o comportamento de uma bola elástica solta de uma torre alta.	16
	EM13CNT302	As seções **Interligações – Galileu e o princípio da inércia** e **Interligações – Arte e equilíbrio** permitem o desenvolvimento dessa habilidade, ao motivar a discussão e a comunicação de conclusões e resultados de investigações científicas em contextos variados.	16 e 25

Competência específica de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas	Justificativa	Página
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.	Essa competência pode ser trabalhada na seção **Interligações – Arte e equilíbrio**, pela discussão sobre conceitos relacionados às Ciências da Natureza, como o equilíbrio dos corpos na produção de importantes obras de arte.	25

Conhecimentos prévios para melhor aproveitamento do conteúdo

Este capítulo revisita e aprofunda habilidades dos anos finais do Ensino Fundamental. Entre elas, destacam-se a capacidade de utilizar relações métricas do triângulo retângulo, como o teorema de Pitágoras (EF09MA14), e a habilidade de identificar e explicar as causas do movimento de rotação da Terra (EF08CI12).

- (EF09MA14) Resolver e elaborar problemas de aplicação do teorema de Pitágoras ou das relações de proporcionalidade envolvendo retas paralelas cortadas por secantes.
- (EF08CI12) Justificar, por meio da construção de modelos e da observação da Lua no céu, a ocorrência das fases da Lua e dos eclipses, com base nas posições relativas entre Sol, Terra e Lua.

Para o desenvolvimento adequado deste capítulo, é desejável que os estudantes conheçam operações com vetores e sejam capazes de fazê-las. Em particular, é desejável que estejam familiarizados com o conceito de vetor resultante e com a operação de decomposição vetorial nos eixos x e y do plano cartesiano.

Objetivos do capítulo

Ao final deste capítulo, o estudante deverá ser capaz de:

- Reconhecer, enunciar e aplicar as três leis de Newton sobre movimento.
- Identificar as condições de equilíbrio estático e equilíbrio dinâmico.
- Decompor vetores em duas direções perpendiculares, a fim de verificar condições de equilíbrio.
- Definir o momento de uma força e suas implicações na dinâmica rotacional.
- Compreender a força de atrito e a resistência que ela oferece ao movimento.
- Diferenciar atrito estático de atrito cinético.
- Resolver situações-problema aplicando a 2ª lei de Newton em casos de movimento uniformemente variado (MUV).

Os objetivos deste capítulo possibilitam aos estudantes investigar, analisar e discutir estratégias para explicar o movimento e o equilíbrio dos corpos rígidos, tendo por base conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico e a investigação experimental.

Sugestões metodológicas

Em diversos momentos deste capítulo os estudantes vão se deparar com situações que envolvem a resultante de uma força que age sobre um corpo. Uma estratégia para analisá-las é a decomposição de forças, o que pode facilitar o cálculo e a determinação da força resultante que age no sistema. A decomposição das forças para determinar a resultante é uma estratégia que dialoga com o pilar da **decomposição**, do pensamento computacional.

MODERNA

Para começo de conversa (p. 14)

Inicie o capítulo explorando as imagens de abertura. Peça aos estudantes que descrevam o que observam em cada imagem. Em seguida, pergunte se, com base nelas, é possível afirmar que ficar parado não exige muito esforço. Utilize as perguntas propostas ao final da seção para explorar de forma preliminar o conteúdo do capítulo. Neste ponto, não é necessário que as respostas dos estudantes sejam rigorosas ou técnicas. O importante é que percebam a ação das forças envolvidas nas situações de equilíbrio estático ou dinâmico. Por exemplo, ao analisar o ginasta em equilíbrio nas argolas, os estudantes devem identificar a ação da força gravitacional no centro de massa do atleta e as forças de reação no ponto de apoio.

Explore as concepções espontâneas que os estudantes possuem a respeito das causas e dos efeitos do movimento perguntando, por exemplo, se, ao corrermos com uma pedra nas mãos e, em certo momento, a lançarmos verticalmente para cima, ela cairá à nossa frente, atrás de nós ou de volta às mãos.

Explique aos estudantes que, neste capítulo, estudarão conceitos físicos relacionados ao equilíbrio dos corpos. Diga que as forças envolvidas nessas configurações aparecem em diversas situações cotidianas e são parte inerente das mais variadas manifestações culturais, como artísticas e esportivas.

Inércia não significa preguiça (p. 14)

Este tópico introduz a 1ª lei de Newton, conhecida também como lei da inércia. Esse conceito costuma expor o conflito entre concepções prévias dos estudantes, decorrentes da vivência cotidiana, e o conhecimento científico estabelecido, uma vez que, em geral, a inércia é associada a um estado estacionário. De fato, a dificuldade encontrada por muitos estudantes tem paralelos com a resistência que Galileu teve de enfrentar ao introduzir a concepção inercial de movimento. Portanto, destaque que tanto o estado de repouso quanto o estado de um corpo em MRU caracterizam estados de equilíbrio distintos: o equilíbrio estático e o equilíbrio dinâmico ou cinético, respectivamente.

É possível realizar experimentos didáticos de baixo custo para motivar a compreensão do conceito de inércia. Existem diversos vídeos *on-line* nos quais demonstrações simples são realizadas. Como sugestão, assista com os estudantes ao vídeo sugerido a seguir ou reproduza a experiência em sala: <https://www.youtube.com/watch?v=SaTE0IDftyo> (acesso em: 24 jul. 2020).

Note que uma das dificuldades para realizar demonstrações do princípio da inércia é a impossibilidade de criar as condições ideais para que a 1ª lei de Newton se cumpra rigorosamente, devido a forças resistivas. Assim, pode ser necessário ressaltar o fato de que, quanto menores as resistências, menores serão as variações de velocidade de um objeto. Estimule os estudantes a refletir sobre situações em que o atrito é diminuído, como no caso de corpos deslizando sobre o gelo no esporte denominado *curling*. Nesse sentido, se possível, apresente o vídeo disponível em: <http://fdiportugal.pt/curling/> (acesso em: 27 ago. 2020).

Caixa de ferramentas (p. 15)

Aproveite para explorar o conceito de vetor e o de grandezas vetoriais. É importante os estudantes reconhecerem que força é uma grandeza vetorial, com magnitude, direção e sentido. Reforce que a soma de dois vetores é um terceiro vetor, cujos módulo, direção e sentido são determinados por meio da regra do paralelogramo quando suas direções forem diferentes, e que o vetor resultante terá módulo igual à soma ou à diferença entre os módulos dos dois vetores, caso estes tenham mesma direção.

Interligações (p. 16)

O conteúdo desta seção possibilita uma experiência interdisciplinar ao abordar o tema da inércia do ponto de vista histórico e filosófico, conforme discutido nos artigos listados na *Bibliografia complementar*. Essa abordagem, que pode ser desenvolvida com o professor de História ou de Filosofia, é importante para contextualizar o problema, desde a sua origem, passando pelos esforços para solução, culminando na proposição de diferentes modelos ao longo do tempo, até chegar ao saber científico atual.

Após ler e discutir o texto com a turma, sugere-se organizar os estudantes em duplas ou trios para debater a questão proposta ao final da seção. Tal questão é baseada em uma antiga discussão filosófica sobre o movimento dos corpos em queda. Oriente os estudantes e, se julgar necessário, baseie-se no vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9YrB-MBdpr0> (acesso em: 25 jul. 2020).

Forças de ação e reação (p. 17)

Note que o estudo desse assunto pode ser dificultado por conceitos preconcebidos ou concepções espontâneas que os estudantes adquirem antes da instrução formal. Por exemplo, muitos estudantes costumam não reconhecer a existência de forças na tensão de cordas e forças exercidas por superfícies nos corpos pousados sobre elas. Em particular, no tocante à 3ª lei de Newton, é bastante comum que os estudantes identifiquem a força que uma parede exerce sobre um corpo em movimento que colide contra ela, mas não identifiquem a força que um corpo imóvel exerce sobre uma parede ao se apoiar nela.

Auxilie os estudantes a identificar a ocorrência das forças em pares explicando situações concretas. Por exemplo, ao andar, empurramos o chão para trás, e o chão nos empurra para a frente. Isso só acontece em virtude da existência de uma força de atrito entre a superfície dos pés e o chão. Destaque que as forças de um par ação-reação são de mesma classe (campo ou contato), os módulos são iguais, a direção é a mesma, mas o sentido é contrário. Além disso, elas nunca se anulam, pois atuam em corpos diferentes. Assim, duas forças de um par ação-reação nunca devem ser somadas, sob o risco de achar que elas produzem uma força resultante nula.

Outra concepção equivocada comum no estudo da dinâmica dos corpos é a de que o peso e a força normal são sempre iguais. Explique a natureza de cada uma das forças, ressaltando que o peso é igual ao módulo da força gravitacional que a Terra exerce sobre um corpo, sendo, portanto, uma força de campo. A normal, por sua vez, é uma força de

EDITORIA

contato que aparece devido à reação da superfície sobre a qual o corpo está apoiado. Assim, se o corpo estiver sobre uma superfície inclinada, o peso continuará apontando para o centro da Terra, mas a força de reação estará na direção perpendicular à superfície.

Questione os estudantes sobre qual força está realmente sendo apresentada no mostrador da balança quando uma pessoa se posiciona sobre ela. É mesmo a massa da pessoa? É seu peso? É a força de reação do apoio, a força normal? Estendendo a exploração, questione-os sobre como poderiam obter o mesmo valor para a massa de um corpo quando medida na Terra e na Lua. Questões dessa natureza poderão permitir a compreensão sobre a relação entre peso e massa de um corpo.

Caixa de ferramentas (p. 21)

Relembre com os estudantes as razões trigonométricas de um ângulo agudo. É desejável que não se estimule a simples memorização das fórmulas, pois isso pode esvaziar a compreensão das relações por parte dos estudantes. Caso julgue necessário, escreva as relações básicas em uma cartolina e afixe-a na sala de aula, em um local visível, onde possa ser consultada pelos estudantes ao resolverem problemas envolvendo decomposição de forças.

Momento de uma força (p. 23)

Inicie a discussão desse conteúdo contextualizando o conceito de momento de uma força. Pergunte se algum dos estudantes já precisou ajudar a trocar o pneu de um carro ou se alguém já viu a troca de um pneu de caminhão. Utilize as imagens do livro para levar os estudantes a concluir que soltar os parafusos que prendem a roda de um automóvel ao eixo é mais fácil quando são usadas chaves de roda com braço mais comprido. Explique que isso está relacionado ao conceito de momento de uma força, ou torque.

Questione os estudantes a respeito das medidas das chaves de fenda, algumas tão pequenas e outras bem maiores. Como identificar a chave adequada para cada tipo de parafuso em cada situação? Quais fatores interferem nessa escolha? Proponha-lhes que discutam e elaborem um pequeno resumo com as respostas.

Sugestão de atividades complementares

A discussão do conceito de momento de uma força pode ser facilitada com uma demonstração experimental utilizando um protótipo de gangorra feito com uma régua transparente de 30 cm colocada sobre um apoio (pode ser uma borracha, por exemplo) e algumas moedas. Equilibre a régua horizontalmente sobre a borracha e varie o número de moedas colocadas sobre cada extremidade para explorar como forças e distâncias se combinam para produzir ou evitar rotações.

Alternativamente, um experimento similar pode ser realizado pelos estudantes utilizando o simulador *on-line* listado na seção **Fique por dentro**. Esse simulador possibilita aos estudantes prever como objetos de massas diferentes podem ser usados para obter equilíbrio rotacional e predizer como o movimento é afetado por mudanças nas posições das massas sobre a prancha. O aplicativo inclui um jogo chamado "Desafio do equilíbrio", que trabalha, de forma lúdica, noções de momento de uma força e de equilíbrio rotacional.

Interligações (p. 25)

O equilíbrio é um tema recorrente em diversas manifestações artísticas, culturais e esportivas, o que permite a abordagem interdisciplinar desse conteúdo. Se possível, proponha aos estudantes que discutam e aprofundem a relação entre arte e equilíbrio explorando *sites* de museus no Brasil e no mundo que disponibilizem parte ou a totalidade do seu acervo *on-line*. Para explorar a interdisciplinaridade que o assunto possibilita, avalie a possibilidade de trabalhar em conjunto com o professor de Arte ou com os professores da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas.

Sugestão de atividade complementar

Organize os estudantes em duplas ou trios e oriente-os a acessar o acervo *on-line* de um ou mais museus previamente escolhidos. Peça a eles que identifiquem alguma obra que remeta a noções de equilíbrio. Oriente-os a verificar as informações técnicas da obra, como autoria, suporte e data de criação. Peça que expliquem como a obra escolhida lhes remeteu à noção de equilíbrio. A seguir, projete as obras escolhidas pelos grupos para que sejam vistas por toda a classe e peça a cada grupo que compartilhe com os demais estudantes as suas considerações. Alguns museus com acervo *on-line* estão listados a seguir (acessos em: 26 jul. 2020):

- <http://www.iteleport.com.br/tour3d/pinacoteca-de-sp-acervo-permanente/>
  Permite um passeio virtual pelo acervo permanente da Pinacoteca de São Paulo.
- <https://www.museodelprado.es/en/the-collection/art-works>
  Possibilita explorar a coleção do Museu do Prado, na Espanha.

Para começar ou continuar o movimento é preciso vencer o atrito (p. 26)

Embora o atrito seja um fenômeno presente no dia a dia, os estudantes costumam demonstrar dificuldade em assimilar esse conteúdo e aplicá-lo na resolução de problemas. Além disso, em geral, desconhecem a natureza do atrito e o que causa a diferença entre os valores dos coeficientes de atrito estático e cinético.

Ressalte que o atrito é algo natural e imprescindível para a execução de diversas tarefas, como lixamento de parede para posterior pintura, adequação de pavimento de estradas e aeroportos e usinagem de peças metálicas. Seria impossível caminhar se não houvesse o atrito entre os pés e o solo, e essa força também é importante para o sentido do tato.

Destaque que a força de atrito tem natureza eletromagnética, ocorrendo por causa da interação entre as nuvens de elétrons dos átomos nas zonas de contato entre os corpos. Embora o estudo macroscópico do atrito remonte a Leonardo da Vinci (1452-1519), foi apenas na década de 1980 que a investigação do atrito na escala do átomo se tornou possível,

MODERNA

com o surgimento do microscópio de força atômica. Esse fenômeno pode ser explorado no simulador virtual disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/friction> (acesso em: 26 jul. 2020).

Vamos acelerar: 2ª lei de Newton (p. 30)

A 2ª lei de Newton também é conhecida como Princípio Fundamental da Dinâmica. Embora a equação seja amplamente reconhecida pelos estudantes, é necessário que sejam criteriosos quanto à sua utilização. Ao auxiliá-los na resolução de problemas envolvendo a 2ª lei de Newton, reforce que, ao escolher determinado corpo para o qual a equação será utilizada, a força resultante é dada pela soma vetorial de todas as forças que estão atuando sobre ele. Relacione explicitamente a mudança na velocidade de um corpo com a resultante das forças atuando sobre ele, de forma que, se a força resultante for nula, o corpo estará em repouso (equilíbrio estático) ou em movimento retilíneo uniforme (equilíbrio dinâmico).

Caixa de ferramentas (p. 30)

Valorize a exploração das condições do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), introduzindo, se ainda não tiver sido feito, o conceito de aceleração e o cálculo do deslocamento do móvel tanto pela aplicação de equações quanto pelo conceito de velocidade média coincidente com média de velocidade nesse tipo de movimento.

Caixa de ferramentas (p. 30)

Relembre aos estudantes que, para transformar velocidades dadas em km/h em m/s, basta dividir o valor pelo fator 3,6. Utilize os cálculos desta seção como apoio visual para mostrar de onde surge esse fator.

Onde a 2ª lei de Newton pode ser percebida? (p. 33)

Ao tratar do plano inclinado, as maiores dificuldades dos estudantes ocorrem quando a equação da 2ª lei é aplicada sem o entendimento adequado da situação. Portanto, é importante discutir detalhadamente estratégias para resolução de problemas envolvendo decomposição de forças. Em geral, a primeira coisa a fazer é desenhar todas as forças atuando nos corpos. Em seguida, deve-se escolher o sistema de coordenadas adequado para realizar a decomposição de forças, e só então aplicar a 2ª lei de Newton. Em problemas envolvendo polias e corpos ligados por cordas, com um ou mais corpos deslizando sobre um plano inclinado, ajude os estudantes a perceber que pode ser necessário considerar mais de um sistema de coordenadas.

A influência da resistência do ar nos movimentos dos corpos pode ser contextualizada recorrendo-se a diversas situações práticas, como o *design* de carros esportivos e aeronaves. Como sugestão, para motivar a discussão desse conteúdo, assista com os estudantes a um vídeo no qual planadores de duas argolas são utilizados para discutir conceitos relacionados ao voo das aeronaves. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=wpCmqZiFMT4> (acesso em: 26 jul. 2020).

Outra oportunidade de apresentar esse conteúdo de forma que desperte a curiosidade dos estudantes é demonstrar a aplicação da 2ª lei de Newton ao discutir as etapas do salto de um paraquedista, conforme descrito e esquematizado no livro. Note que, ao ver saltos de paraquedas por meio de vídeos, tem-se a impressão de que, no momento da abertura do paraquedas, o paraquedista é arrastado para cima. É importante destacar que isso ocorre apenas no referencial da pessoa que está filmando. Para um observador no solo, o paraquedista continua descendo.

Avaliação

No processo avaliativo, considere as atividades realizadas durante todo o desenvolvimento do capítulo, a fim de ponderar a evolução de cada estudante de forma continuada. Como sugestão, ao iniciar o capítulo, proponha aos estudantes que criem um portfólio no qual possam registrar as atividades e discussões desenvolvidas. Além disso, realize uma avaliação formativa para confirmar a aprendizagem do conteúdo propondo situações-problema baseadas nas atividades propostas no capítulo.

Bibliografia complementar

- MONTEIRO, M. M.; MARTINS, A. F. P. História da ciência na sala de aula: uma sequência didática sobre o conceito de inércia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 4501-1-4501-9, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172015000400501&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 jul. 2020.

  O artigo discute a utilização da história e da filosofia da ciência no ensino e relata a aplicação de uma sequência didática que objetivou discutir historicamente a evolução do conceito de inércia.

- PORTO, C. M.; PORTO, M. B. D. S. M. Galileu, Descartes e a elaboração do princípio da inércia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 4601-4610, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172009000400018&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 25 jul. 2020.

  O artigo apresenta uma reconstituição histórica do desenvolvimento do princípio da inércia, descrevendo as contribuições de figuras como Galileu e Descartes.

- SILVA, F. J. M. *Proposta de uma metodologia para o ensino da inércia no Ensino Médio utilizando os conceitos de equilíbrio dos corpos.* 2015. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

  A dissertação apresenta uma metodologia para o ensino das leis de Newton no Ensino Médio, com enfoque na lei da inércia e sua associação com o conceito de equilíbrio de ponto material.

MANUAL DO PROFESSOR

Resoluções

Interligações (p. 16)

1. O estudante deve formular sua resposta de acordo com suas vivências e conhecimentos prévios. É importante notar que a imagem mostra a bola se afastando da torre enquanto se move; no entanto, esse pensamento é incorreto, pois ignora o fato de que a bola também gira em torno do eixo da Terra, ou seja, a bola também gira com a Terra. O movimento da bola é uma trajetória vertical para baixo.

Atividades (p. 17)

1. A afirmação é falsa, pois a resultante de forças nula é possível em dois casos: quando o carro está em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (MRU). O primeiro caso é chamado de equilíbrio estático, e o segundo caso é chamado de equilíbrio dinâmico. Logo, o carro pode estar parado, mas também pode estar em MRU.
2. Antes de ser abandonado, o telefone celular, assim como qualquer objeto dentro do avião, se movimenta com com velocidade horizontal constante de 1.000 km/h, isto é, com a mesma velocidade horizontal do avião. Ao ser abandonado, o telefone celular tende a manter seu movimento devido à inércia, deslocando-se horizontalmente em relação à Terra junto com o avião, mas também adquirindo velocidade vertical para baixo. Assim, o telefone celular deve cair no ponto R localizado sobre os pés do passageiro.
3. Porque, ao saltar de um veículo em movimento, devido à inércia, temos uma velocidade diferente de zero em relação ao solo. Ao encostar no solo, a pessoa sofrerá uma desaceleração brusca e tenderá ao desequilíbrio.
4. A configuração do sistema de equilíbrio do indivíduo no *slackline* resulta do alinhamento das forças aplicadas nos pontos onde a fita está presa, das forças nos pontos de apoio do indivíduo sobre a fita e da força gravitacional agindo no centro de massa do indivíduo. Caso o centro de massa seja deslocado do plano do alinhamento, o corpo será conduzido para longe de seu ponto de equilíbrio. Além disso, a elasticidade da fita solicita do indivíduo reconfigurações posturais constantes, com o uso de braços e pernas para manter a estabilidade.

Atividades (p. 19)

1. As balanças das imagens medem a intensidade da força de contato que a pessoa exerce na superfície da balança. No caso da figura A, a componente normal da força de contato tem aproximadamente o mesmo módulo da força peso. Assim, usualmente dizemos que nos pesamos. Se diminuirmos a intensidade dessa força de contato, a pessoa "pesará" menos, como é o caso da figura B, em que a mulher está diminuindo a intensidade da componente normal da força de contato ao se puxar na barra. Na figura C, a intensidade da força de contato tem módulo aproximadamente igual ao módulo da força gravitacional que a Terra exerce sobre a balança, isto é, o peso da balança.
2. Analisando as afirmações, temos:
   I. Correta. No momento do chute, o jogador aplica na bola uma força que altera seu estado de equilíbrio, e ela passa a se mover.
   II. Incorreta. A força que o pé exerce sobre a bola e a força que a bola exerce sobre o pé constituem um par ação-reação, tendo intensidades iguais, mesma direção e sentidos opostos.
   III. Correta. As duas forças constituem um par ação-reação e são aplicadas em corpos diferentes, de forma que não se anulam.
3. O boi aplica uma força na carroça e esta, como reação, exerce a mesma força de sentido contrário sobre ele. As duas forças não se anularão porque estão aplicadas em corpos diferentes. A força que o boi aplica na carroça só poderia ser anulada por outra força de mesma direção, mas de sentido contrário; porém, deveria ser aplicada na própria carroça, não no boi.
4. Pela 3ª lei de Newton, as forças de ação e reação possuem a mesma intensidade e atuam na mesma direção, mas apontam sempre em sentidos opostos. Por essa lei, as forças surgem aos pares e atuam em corpos distintos, ou seja, não é possível que um par de forças de ação e reação ocorra em um único corpo. Assim, para que a patinadora possa se mover, ela empurra o chão para trás com um dos pés enquanto se equilibra no outro; o chão, por sua vez, empurra a patinadora para a frente.
5. As forças que atuam no corpo são:
   $\vec{F}$: força aplicada no corpo (vertical, para cima)
   $F = 20$ N
   $\vec{P}$: peso do corpo (vertical, para baixo)
   $P = 10$ kgf $= 100$ N
   $\vec{N}$: reação normal do chão à compressão do bloco (vertical, para cima)
   O corpo está em repouso; portanto, a resultante na vertical é nula:
   $F_R = m \cdot a = 0$
   $F_R = F + N - P = 0 \Rightarrow F + N = P \Rightarrow N = P - F \Rightarrow$
   $\Rightarrow N = 100 - 20 \Rightarrow N = 80$ N

MODERNA

6. a) Considerando que o barco e o homem têm massas semelhantes, o homem praticamente não se moverá em relação a um ponto fixo na plataforma. Isso ocorre porque é como se ele estivesse andando em uma esteira: ao mesmo tempo que ele tenta andar para a frente, o barco vai para trás.

   b) O barco, visto de um ponto fixo na plataforma, se afastará dela, porque será empurrado para trás pelos pés da pessoa devido à 3ª lei de Newton: ação e reação. Ao mesmo tempo que o homem empurra o barco para trás, o barco empurra o homem para a frente.

7. a) Com o corpo parado, a resultante na vertical é nula:

   $F_R = m \cdot a = 0$

   $F_R = N - P = 0 \Rightarrow N = P = m \cdot g = 6 \cdot 10 \Rightarrow N = 60\ N$

   b) Com a pessoa aplicando uma força para cima de 20 N, sem mover o bloco, a aceleração resultante ainda é nula.

   $F_R = m \cdot a = 0$

   $F_R = F + N - P = 0 \Rightarrow N = P - F \Rightarrow$

   $\Rightarrow N = 60 - 20 \Rightarrow N = 40\ N$

   c) Se o corpo é elevado, logo ele perde o contato com a superfície, e a normal torna-se nula. $N = 0$

8. Na tirinha, Garfield contraria a 3ª lei de Newton ao aplicar uma força sobre a própria cauda, ou seja, ele a puxa de forma que seu corpo seja elevado, mas não sofre nenhuma reação da cauda sobre sua mão que impeça esse movimento de elevação.

Atividades

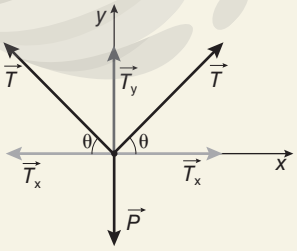
(p. 22)

1. Considere que a pessoa se comporta como um ponto material e suponha que a tração nos braços dela seja igual a T.

   Na situação A, considerando os braços da pessoa alinhados com a vertical:

   $2T = P \Rightarrow T = \frac{P}{2}$

   Na situação B, os braços da pessoa estão abertos formando um ângulo θ com a horizontal:



   $T \operatorname{sen}\theta + T \operatorname{sen}\theta = P \Rightarrow 2T \operatorname{sen}\theta = P \Rightarrow T = \frac{P}{2 \operatorname{sen}} \Rightarrow$

   $\Rightarrow T = \frac{P}{2} \cdot \frac{1}{2 \operatorname{sen}}$

   Como $\operatorname{sen}\theta < 1$, $\frac{1}{\operatorname{sen}}$ sempre será maior que 1; então, o módulo da força de tração que a pessoa terá de fazer será maior na situação B que na situação A. Note que, à medida que o ângulo θ aumenta (aproxima-se de 90°), sen θ também aumenta, e o fator $\frac{1}{\operatorname{sen}}$ que multiplica $\frac{P}{2}$ vai se aproximando de 1. Quando $\theta = 90°$, como na situação A, temos $\frac{1}{\operatorname{sen} 90} = 1$, e a tração é a menor possível.

2. Como os ângulos formados pela corda e a linha vertical são iguais, as forças aplicadas pelos operários terão o mesmo módulo, indicado por T (tração aplicada entre o balde e o operário).

   Pelo método de projeções de forças, temos:

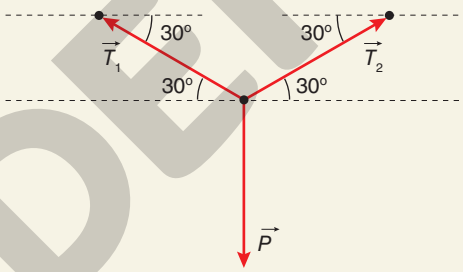
   Eixo y:

   $2T_y = P \Rightarrow 2T \cos\theta = P$

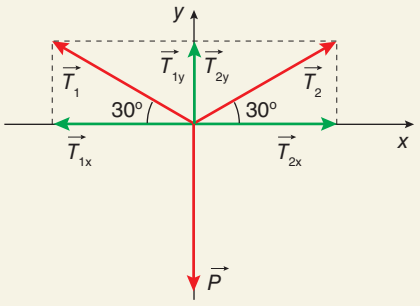
   Como $P = 50$ N e $\theta = 30°$, temos:

   $2T \cos 30° = P \Rightarrow 2 \cdot T \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 50 \therefore T = \frac{50}{\sqrt{3}}$ N

3. Considerando a mulher um ponto material, podemos representar as forças que atuam sobre ela:



   Utilizando um sistema de eixos ortogonais, podemos aplicar o método das projeções de forças:



   Eixo x: $T_1 \cos\theta = T_2 \cos\theta \Rightarrow T_1 = T_2 = T$

   Eixo y: $P = T_1 \operatorname{sen}\theta + T_2 \operatorname{sen}\theta$

   Como os ângulos formados entre as extremidades da rede e os troncos das árvores são congruentes, as forças aplicadas pela rede em cada ponto de fixação terão intensidades iguais; indicaremos essas forças por T (tração entre extremidades da rede e troncos).

   Como $T_1 = T_2 = T$, temos:

   $P = T \cdot \operatorname{sen}\theta + T \cdot \operatorname{sen}\theta \Rightarrow P = 2 \cdot T \cdot \operatorname{sen}\theta$

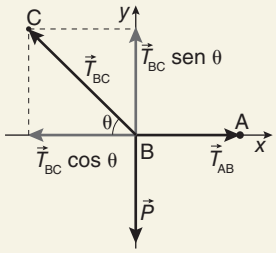
   Como $P = 600$ N e $\theta = 30°$, temos:

   $600 = 2 \cdot T \cdot \operatorname{sen} 30° \Rightarrow 600 = 2 \cdot T \cdot 0{,}5 \therefore T = 600$ N

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

4. Pelo método de projeções ortogonais de forças nos eixos *x* e *y*, no ponto B, temos:



Eixo *x*:

$T_{BC} \cos \theta = T_{AB} \Rightarrow 240 \cdot 0{,}8 = T_{AB} = 192$ N

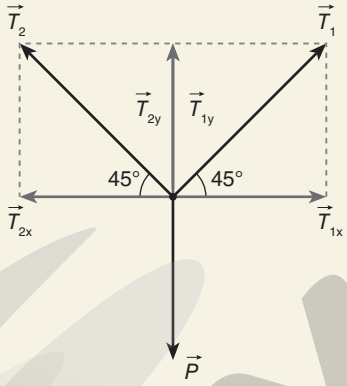
Eixo *y*:

$P = T_{BC} \operatorname{sen} \theta = m \cdot g = T_A \Rightarrow T_{BC} \operatorname{sen} \theta \Rightarrow$

$\Rightarrow m \cdot 10 = 240 \cdot 0{,}6 \therefore m = 14{,}4$ kg

Interligações (p. 25)

1. Considerando a aceleração da gravidade 10 m/s² e uma vez que a massa do garoto é 42 kg, seu peso é de 420 N. Visto que o balanço é sustentado igualmente por duas cordas, em cada corda a força de tração é de 210 N.
2. A ilustração apresenta o esquema de forças que atuam sobre a pessoa e sobre a corda na condição de equilíbrio destacada no texto.



O peso da pessoa é equilibrado pela soma:

$\vec{T}_{2y} + \vec{T}_{1y}$

Como $T_1 = T_2$ e $T_{1y} = T_{2y} = T_1 \cos 45° = T_1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \simeq$

$\simeq T_1 \cdot 0{,}7$, temos:

$2 \cdot T_1 = 1{,}4 \cdot T_1 = P \Rightarrow T_1 = 0{,}7 \cdot P$

Portanto, a força de tração na corda tem módulo igual a cerca de 70% do valor do peso da pessoa.

Atividades (p. 26)

1. O momento de rotação da força *F* é:

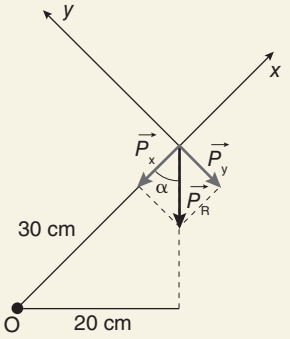
$M = F \cdot d \Rightarrow M = 400 \cdot 0{,}15 \therefore M = 60\ N \cdot m$

Quando o extensor é acoplado, para que se consiga soltar a porca, deve-se aplicar uma força tal que o efeito de rotação seja o mesmo; portanto, o momento de $\vec{F}'$ deve ser igual ao momento de $\vec{F}$:

$M = \vec{F}' \cdot d \Rightarrow 60 = \vec{F}' \cdot 0{,}75 \therefore F = 80$ N

Ou seja, o extensor reduz a força necessária para desatarraxar a porca de uma roda de automóvel.

2. O momento da força peso aplicada pelo rapaz ($M_{(R)}$) pode ser calculado pela soma dos momentos das componentes horizontal e vertical de $\vec{F}_{(R)}$ em relação ao ponto O, como representado na figura a seguir.



Temos:

$\operatorname{sen} \alpha = \frac{20}{30} = \frac{P_y}{P} \Rightarrow \frac{P_y}{P} = \frac{2}{3} \Rightarrow \frac{P_y}{75} = \frac{2}{3} \therefore P_y = 50$ kgf

$M_{(R)Px} = 0$, pois P_x atua no eixo de rotação que passa pelo ponto O.

$M_{(R)Py} = P_y \cdot d \Rightarrow M_{(R)Py} = 50 \cdot 30$

$\therefore M_{(R)Py} = 1.500$ kgf · cm

Portanto, $M_{(R)} = M_{(R)Px} + M_{(R)Py} = 0 + 1.500$

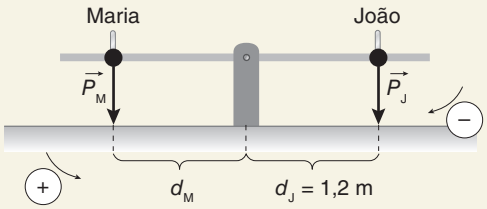
$\therefore M_{(R)} = 1.500$ kgf · cm

O momento da força peso aplicada pela moça ($M_{(M)}$) é maior que 1.500 kgf · cm, pois a força por ela aplicada é maior que P_y e a distância *d* ao ponto O é a mesma:

$M_{(M)} = 51 \cdot 30 \therefore M_{(M)} = 1.530$ kgf · cm

Portanto, a moça consegue soltar o parafuso.

3. Para que a gangorra permaneça em equilíbrio estático na horizontal, a soma dos momentos das forças peso exercidas por Maria ($P_M = 38$ kgf) e João ($P_J = 46$ kgf) em relação ao ponto de apoio da gangorra deve ser nula.



$\Sigma M = 0 \Rightarrow M_M + M_J = 0 \Rightarrow P_M \cdot d_M - P_J \cdot d_J = 0$

O sinal positivo indica que P_M atua sobre a gangorra produzindo tendência de movimento de rotação no sentido anti-horário, enquanto o sinal negativo indica que P_J atua sobre a gangorra produzindo tendência de movimento de rotação no sentido horário.

Assim:

$38 \cdot d_M - 46 \cdot 1{,}2 = 0 \Rightarrow d_M = \frac{46{,}2}{38} \therefore d_M = 1{,}45$ m

4. Para verificar a possibilidade de equilíbrio estático na horizontal da haste AB, podemos somar os momentos de forças no ponto O, ponto de sustentação da haste no teto. Para que ocorra equilíbrio estático em relação ao ponto O, a soma dos momentos de força deve ser nula. Assim, o produto $P_I \cdot d_1$ deve ser igual a $(P_{II} + P_{III}) \cdot d_2$, em que *P* representa o módulo da força peso, em kgf, que atua nos corpos

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

MODERNA

suspensos e d, as distâncias, em centímetros, do ponto O aos pontos de aplicação dessas forças. Temos:

$P_I \, d_1 = (P_{II} + P_{III}) \, d_2 \Rightarrow 200 \cdot g \cdot d_1 = (400 + 200) \cdot g \cdot 10 \Rightarrow$

$\Rightarrow 200 \cdot d_1 = 600 \cdot 10 \Rightarrow 200 \, d_1 = 6.000 \Rightarrow$

$\Rightarrow d_1 = \frac{6.000}{200} \therefore d_1 = 30 \text{ cm}$

Portanto, o comprimento da haste AB é igual a 40 cm.

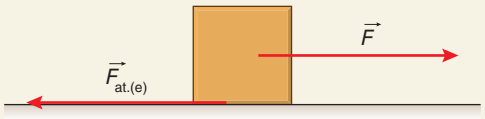
Atividades

(p. 29)

1. a) A força normal é a reação à interação entre o corpo e o apoio, que nesse caso é igual ao peso do corpo. Portanto:

$N = P \therefore N = 200 \text{ N}$

b) A direção da força de atrito é a mesma da força que puxa o corpo, isto é, horizontal. O sentido da força de atrito é contrário ao da força aplicada, isto é, da direita para a esquerda, conforme a figura a seguir.



Como o corpo ainda não se move, o módulo da força de atrito é igual ao módulo da força aplicada (F). Assim: $F_{at.(e)} = 80 \text{ N}$

2. a) O módulo da força normal não se altera, permanecendo igual ao peso. Portanto: $N = 200 \text{ N}$

b) O módulo da força de atrito estático máxima, $F_{at.(e)máx.}$, é igual ao módulo da força aplicada, uma vez que o corpo está na iminência de se movimentar. Assim: $F_{at.(e)máx.} = 120 \text{ N}$

c) Como $F_{at.(e)máx.} = 120 \text{ N}$ e $N = 200 \text{ N}$, temos:

$F_{at.(e)máx.} = \mu_e N \Rightarrow 120 = \mu_e \cdot 200 \Rightarrow \mu_e = 0{,}6$

3. Ao observar uma situação como essa, o estudante precisa identificar os conceitos e os procedimentos que podem estar envolvidos, além de identificar e isolar as variáveis para construir um modelo. A identificação das variáveis relevantes à resolução de um problema é uma habilidade relacionada ao pilar da **abstração** do pensamento computacional.

a) Falsa. Isso ocorreria somente se o coeficiente de atrito estático fosse igual a 1, isto é, se $F_{at.(e)máx.} = N$. Na situação em questão, apenas sabemos que o coeficiente de atrito deve ser maior que a razão entre a força aplicada e o peso da pessoa na caixa:

$$\mu_e \geqslant \frac{F_{at.(e)máx.}}{N} = \frac{F_{at.(e)máx.}}{m \cdot g} = \frac{300}{70 \cdot 10} = \frac{3}{7}$$

b) Verdadeira. O peso da pessoa na caixa e a normal agem na vertical. Então, as únicas forças na horizontal são a força aplicada e o atrito.

c) Falsa. Enquanto o corpo estiver parado, a força de atrito terá o mesmo módulo que a força aplicada. O corpo estará na iminência de se mover quando a força de atrito estático alcançar o seu valor máximo, que vale $\mu_e \cdot N$.

d) Falsa. Quando a força aplicada é de 300 N e a caixa não se move, a força de atrito estático vale 300 N.

e) Falsa. Com o aumento da força aplicada, o atrito estático aumentará até alcançar o valor máximo de $\mu_e \cdot N$.

4. a) $P = 5 \text{ kgf} = 50 \text{ N}$

b) Sabendo que a intensidade da força de atrito estático máxima é $F_{at.(e)máx.} = 40 \text{ N}$ e que $N = P = 50 \text{ N}$, podemos determinar o coeficiente de atrito estático entre o corpo e a superfície:

$$F_{at.(e)máx.} = \mu_e \cdot N \Rightarrow \frac{F_{at.(e)máx.}}{N} \Rightarrow \mu_e = \frac{40}{50} \Rightarrow \mu_e = 0{,}8$$

c) Para que o corpo se mova, é necessário aplicar sobre ele uma força horizontal com módulo maior que 40 N. Uma vez em movimento, essa força pode ser menor que 40 N para que o movimento se mantenha, já que a força de atrito cinético que passará a agir sobre o corpo terá módulo menor que o da força de atrito estático máxima, pois $\mu_c < \mu_e$.

5. a) Se o caixote se move com velocidade constante, a resultante das forças que atuam sobre ele é nula; então:

$F_{at.(c)} = F \therefore F_{at.(c)} = 200 \text{ N}$

b) A força normal e o peso têm mesmo módulo:

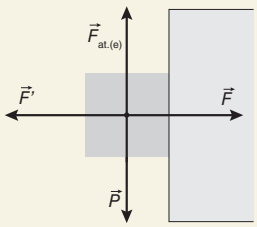
$N = P = 800 \text{ N}$

O coeficiente de atrito cinético pode ser calculado por:

$$F_{at.(c)} = \mu_c \cdot N \Rightarrow \mu_c = \frac{F_{at.(C)}}{N} \Rightarrow \mu_c = \frac{200}{800} \Rightarrow$$

$\Rightarrow \mu_c = 0{,}25$

6. As forças que atuam sobre o bloco são: o peso ($\vec{P}$), a força aplicada pela pessoa ($\vec{F}$), a reação normal da parede à compressão exercida sobre o bloco ($\vec{F}'$) e a força de atrito estático ($\vec{F}_{at.(e)}$), contrária ao escorregamento do bloco pela parede.



a) $P = 2 \text{ kgf} = 20 \text{ N}$

b) A força que o corpo exerce no apoio se deve exclusivamente à força com que a pessoa o aperta. Assim, $F = 40 \text{ N}$.

c) A força que o apoio exerce no corpo $\vec{F}'$ e a força que o corpo exerce no apoio $\vec{F}$ são um par ação-reação; portanto, suas intensidades são iguais ($F' = F = 40 \text{ N}$).

d) Se o corpo permanece em repouso, a força de atrito estático e o peso devem ter módulos iguais:

$F_{at.(e)} = P \therefore F_{at.(e)} = 20 \text{ N}$

e) Se o corpo está na iminência de descer deslizando, a força de atrito que o mantém em equilíbrio é máxima, e sua intensidade é dada por:

$F_{at.(e)máx.} = \mu_e \cdot N$

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

MODERNA

Nesse caso, $\vec{F}'$ é a reação normal do apoio à compressão do corpo. Assim:

$$F_{at.(e)máx.} = \mu_e \cdot \vec{F} \Rightarrow \mu_e = \frac{F_{at.(e)máx.}}{F'} \Rightarrow \mu_e = \frac{20}{40} \Rightarrow \mu_e = 0{,}5$$

Atividades

(p. 32)

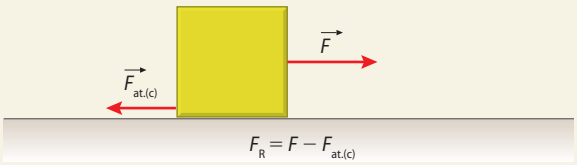
1. a) Nesse intervalo de tempo, a aceleração do corpo é:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{15 - 0}{5 - 0} \Rightarrow a = \frac{15}{5} \therefore a = 3 \text{ m/s}^2$$

b) O módulo da força resultante nesse intervalo de tempo é:

$$F_R = m \cdot a \Rightarrow F_R = 5 \cdot 3 \therefore F_R = 15 \text{ N}$$

2. A força de atrito atua no sentido contrário ao do movimento da caixa. O módulo da força resultante que age sobre a caixa pode ser calculado pela diferença entre o módulo da força F e o módulo da força de atrito cinético ($\vec{F}_{at.(c)}$).



A força normal, nesse caso, tem módulo igual ao do peso da caixa, ou seja, 40 kgf = 400 N.

Assim, a força de atrito tem módulo:

$$F_{at.(c)} = \mu_c \cdot N \Rightarrow F_{at.(c)} = 0{,}25 \cdot 400 \therefore F_{at.(c)} = 100 \text{ N}$$

Aplicando a 2ª lei de Newton no sistema, temos:

$$F_R = F - F_{at.(c)} = m \cdot a \Rightarrow 120 - 100 = 40 \cdot a$$

$$\therefore a = 0{,}5 \text{ m/s}^2$$

3. a) O módulo da velocidade v_2 pode ser calculado com o uso da equação de Torricelli. Então, temos:

$$v_2^2 = v_0^2 + 2\Delta s \Rightarrow v_2^2 = 8^2 + 2 \cdot 1{,}6 \cdot 60 \Rightarrow v_2^2 = \sqrt{256}$$

$$\therefore v^2 = 16 \text{ m/s}$$

b) Como o movimento entre os pontos A e B é retilíneo e uniforme, a força resultante que age sobre o corpo é nula: $F_R = 0$

c) O módulo da força resultante entre os pontos B e C é:

$$F_R = m \cdot a \Rightarrow F_R = 4 \cdot 1{,}6 \therefore F_R = 6{,}4 \text{ N}$$

d) No trecho AB, o corpo realiza MRU; portanto, o tempo nesse trecho é dado por:

$$s = s_0 + v \cdot t_{AB} \Rightarrow 40 = 0 + 8 \cdot t_{AB} \Rightarrow t_{AB} = \frac{40}{8}$$

$$\therefore t_{AB} = 5 \text{ s}$$

No trecho BC, o corpo realiza MRUV; portanto, o tempo nesse trecho é dado por:

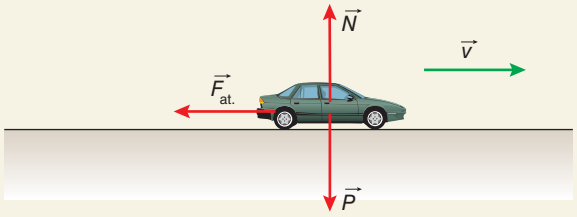
$$v = v_0 + a \cdot t_{BC} \Rightarrow 16 = 8 + 1{,}6 \cdot t_{BC} \Rightarrow t_{BC} = \frac{16 - 8}{1{,}6}$$

$$\therefore t_{BC} = 5 \text{ s}$$

O tempo total de movimento entre os pontos A e C é dado pela soma dos tempos parciais AB e BC:

$$t_{AC} = t_{AB} + t_{BC} \Rightarrow t_{AC} = 5 + 5 \therefore t_{AC} = 10 \text{ s}$$

4. a) Temos a seguinte representação:



Observação: Note que, apesar de o movimento do carro continuar no sentido do vetor velocidade, na direção horizontal, há somente a força de atrito atuando sobre ele.

b) Como a força resultante é a própria força de atrito, seu módulo é:

$$F_R = F_{at.} \Rightarrow F_R = \mu \cdot N \Rightarrow F_R = 0{,}8 \cdot 1{,}5 \cdot 1.000 \cdot 10$$

$$\therefore F_R = 12.000 \text{ N}$$

c) Aplicando a 2ª lei de Newton, temos:

$$F_R = m \cdot a \Rightarrow 12.000 = 1.500 \cdot a \therefore a = 8 \text{ m/s}^2$$

5. Aplicando a 2ª lei de Newton, podemos calcular a desaceleração do carro:

$$F_R = -F_{at.} \Rightarrow m \cdot a = -\mu \cdot N \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m \cdot a = -\mu \cdot m \cdot g \Rightarrow a = -\mu \cdot g \Rightarrow a = -0{,}6 \cdot 10 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = -6 \text{ m/s}^2$$

Utilizando a equação de Torricelli:

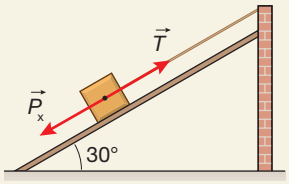
$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s \Rightarrow 0 = 15^2 - 2 \cdot 6 \cdot \Delta s \Rightarrow \Delta s = 18{,}75 \text{ m}$$

Como o automóvel estava inicialmente a uma distância de 20 m do buraco e utilizou uma distância de apenas 18,75 m até parar completamente, não atingiu o buraco.

Atividades

(p. 36)

1. Considerando a tração e a força gravitacional agindo sobre o corpo, temos a seguinte representação ao longo do eixo x:



ALEX ARGOZINO E MARIO KANNO

A força de tração na corda deve se igualar ao valor da componente $\vec{P}_x$ do peso do corpo, pois ele está em repouso e, desse modo, $F_R = 0$. Assim, considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$:

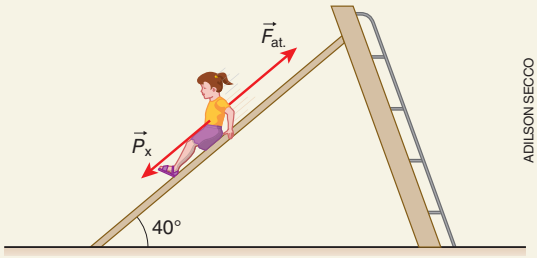
$$T = P_x = P \cdot \text{sen } 30° \Rightarrow T = 100 \cdot 0{,}5 \therefore T = 50 \text{ N}$$

2. a) Há, com certeza, atrito entre a criança e o escorregador, uma vez que, para existir movimento uniforme, a resultante de forças sobre a criança é nula. Se não houvesse atrito, a única força atuando sobre a criança seria a da atração gravitacional, e a resultante não poderia ser nula. Na situação descrita, é preciso que a componente $\vec{P}_x$ do peso que a puxa plano abaixo seja compensada por al-

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

MODERNA

guma força de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto. Essa é a força de atrito.



ADILSON SECCO

(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

b) Para haver movimento uniforme no sentido descendente do plano, é preciso que haja equilíbrio das forças que atuam sobre a criança. Assim, é necessário que a componente $\vec{P}_x$ do peso da criança seja de mesmo módulo que a força de atrito $\vec{F}_{at.}$:

$P_x = F_{at.} \Rightarrow P \cdot \text{sen } 40° = F_{at.} \Rightarrow F_{at.} = 300 \cdot 0{,}64$

$\therefore F_{at.} = 192 \text{ N}$

3. a) Para que o corpo permaneça em equilíbrio, é preciso que a força de tração ($\vec{T}$) tenha o mesmo módulo da componente do peso na direção do plano ($\vec{P}_x$). Assim:

$T = P_x \Rightarrow T = m \cdot g \cdot \text{sen } \theta \Rightarrow T = 20 \cdot 10 \cdot \frac{3}{5}$

$\therefore T = 120 \text{ N}$

b) A condição para o corpo subir o plano em movimento uniforme e para que ele permaneça em repouso sobre o plano é a mesma. Nos dois casos, a intensidade da força resultante atuante é nula ($F_R = 0$); portanto:

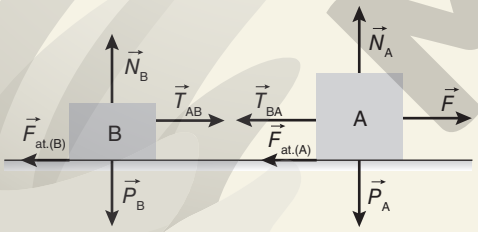
$T = P_x \therefore T = 120 \text{ N}$

c) Para que o corpo suba acelerando a 0,5 m/s², temos, pela 2ª lei de Newton:

$T - P_x = m \cdot a \Rightarrow T - 120 = 20 \cdot 0{,}5 \Rightarrow$

$\Rightarrow T = 10 + 120 \therefore T = 130 \text{ N}$

4. a) A figura a seguir mostra o diagrama de forças que atuam sobre os corpos.



Na direção vertical, a resultante das forças que atuam sobre cada um dos corpos é nula, pois o módulo da força peso e o módulo da força normal de cada um deles são iguais.

Corpo A: $N_A = P_A = 100 \text{ N}$

Corpo B: $N_B = P_B = 60 \text{ N}$

As forças externas que atuam sobre o sistema na direção horizontal são: a força $\vec{F}$, a força de atrito do chão sobre o bloco A ($\vec{F}_{at.(A)}$) e a força de atrito do chão sobre o bloco B ($\vec{F}_{at.(B)}$). Assim, o módulo da resultante das forças externas sobre o sistema é:

$F_R = F - F_{at.(A)} - F_{at.(B)} \Rightarrow F_R = 112 - \mu \cdot N_A - \mu \cdot N_B \Rightarrow$

$\Rightarrow F_R = 112 - (0{,}5 \cdot 100) - (0{,}5 \cdot 60)$

$\therefore F_R = 32 \text{ N}$

Aplicando a 2ª lei de Newton ao sistema de dois corpos, obtemos sua aceleração:

$F_R = (m_A + m_B) \cdot a \Rightarrow 32 = (16) \cdot a \therefore a = 2 \text{ m/s}^2$

b) O valor da força de tração no fio pode ser obtido aplicando a 2ª lei de Newton a qualquer um dos blocos separadamente. Assim, para o bloco A:

$F - T_{BA} - F_{at.(A)} = m_A \cdot a \Rightarrow$

$\Rightarrow 112 - T_{BA} - \mu \cdot N_A = 10 \cdot 2 \Rightarrow$

$\Rightarrow 112 \cdot T_{BA} - 50 = 20 \Rightarrow$

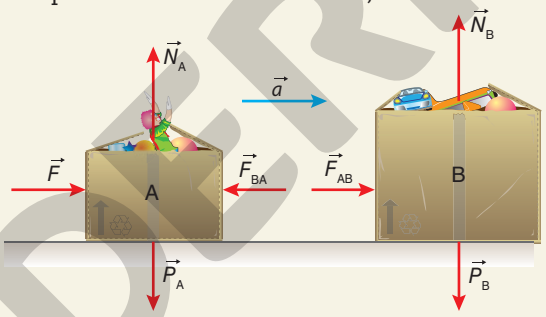
$\Rightarrow T_{BA} = 112 - 50 - 20 \therefore T_{BA} = 42 \text{ N}$

Para o bloco B:

$T_{AB} - F_{at.(B)} = m_B \cdot a \Rightarrow T_{AB} - \mu \cdot N_B = 6 \cdot 2 \Rightarrow$

$\Rightarrow T_{AB} - 30 = 12 \therefore T_{AB} = 42 \text{ N}$

5. a) As caixas A e B se deslocam conjuntamente. Assim, o sistema (caixas A e B) submete-se a uma aceleração a comum. A resultante das forças externas que atuam sobre o sistema é a força $\vec{F}$. Aplicando a 2ª lei de Newton, temos:



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

$F_R = M \cdot a \Rightarrow F = (m_A + m_B) \cdot a \Rightarrow$

$\Rightarrow 60 = (5 + 10) \cdot a \Rightarrow 60 = 15 \cdot a \therefore a = 4 \text{ m/s}^2$

b) Para o cálculo da força de interação entre as caixas, devemos analisar as forças internas do sistema. Nesse caso, existem forças de interação entre as caixas A e B (representadas pelo par de forças de ação e reação, $\vec{F}_{AB}$ e $\vec{F}_{BA}$). Aplicando a 2ª lei de Newton para cada um dos corpos separadamente, temos:

Caixa A: $F - F_{BA} = m_A \cdot a$ (I)

Caixa B: $F_{AB} = m_B \cdot a$ (II)

Podemos utilizar qualquer uma das equações para obter o módulo da força de interação, porque F_{AB} é igual a F_{BA}.

Usando a equação II, temos:

$F_{AB} = m_B \cdot a \Rightarrow F_{AB} = 10 \cdot 4 \therefore F_{AB} = 40 \text{ N}$

6. a) Os blocos A e B se deslocam conjuntamente. Para que o sistema acelere, é necessário saber se o módulo de $\vec{P}_B = 15 \text{ N}$ é diferente do módulo de $\vec{F}_{at.(A)}$. Temos:

$\vec{F}_{at.(A)} = \mu \cdot N_A \Rightarrow F_{at.(A)} = 0{,}2 \cdot 35 \therefore F_{at.(A)} = 7 \text{ N}$

b) A força que tenta impedir o bloco B de descer é a força de tração existente no fio.

c) A resultante das forças externas que atuam sobre o sistema é a resultante entre a força B, que

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

MODERNA

atua sobre o bloco B, e a força de atrito, at.(A), que atua sobre o bloco A.

$F_R = P_B - F_{at.(A)} = 15 - 7 \Rightarrow F_R = 8$ N

d) Como o módulo da força de atrito em A é menor que o módulo do peso de B, o bloco B desce verticalmente, e o bloco A se desloca horizontalmente para a direita, ambos com a mesma aceleração de módulo a. Observe que, embora a massa de A seja maior que a massa do bloco B, o atrito sobre o sistema não consegue impedir seu movimento. Aplicando a 2ª lei de Newton, temos:

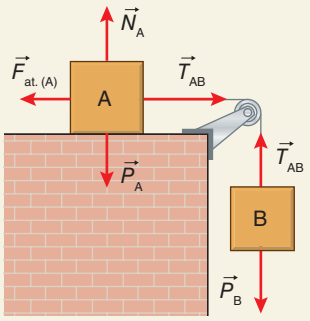
$F_R = M \cdot a \Rightarrow P_B - F_{at.(A)} = (m_A + m_B) \cdot a \Rightarrow$

$\Rightarrow 15 - 7 = 5 \cdot a \Rightarrow 8 = 5 \cdot a \therefore a = 1{,}6$ m/s²

e) Para o cálculo da força de interação entre os blocos, devemos analisar as forças internas do sistema. Nesse caso, existe força de tração no fio que une os blocos A e B. Aplicando a 2ª lei de Newton para cada um dos corpos separadamente, temos:

Bloco A: $T_{BA} - F_{at.(A)} = m_A \cdot a$ (I)

Bloco B: $P_B - T_{AB} = m_B \cdot a$ (II)



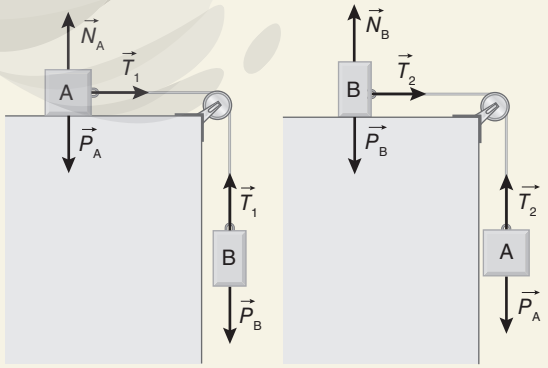
Qualquer uma das equações permite o cálculo do módulo da força de tração entre os blocos. Assim, da equação II temos:

$P_B - T_{AB} = m_B \cdot a \Rightarrow 15 - T_{AB} = 1{,}5 \cdot 1{,}6 \Rightarrow$

$\Rightarrow 15 - T_{AB} = 2{,}4 \therefore T_{AB} = 12{,}6$ N

7. a) Nas duas situações mostradas, a resultante das forças externas atuando nos sistemas é o peso do bloco que está pendurado.

Então, a resultante das forças que atuam sobre o sistema da situação 1 é menor que a resultante das forças que atuam sobre o sistema da situação 2; portanto, a aceleração do sistema na situação 1 é menor.



Situação 1 Situação 2

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

Situação 1:

$F_R = P_B = (m_A + m_B) \cdot a_1 \Rightarrow 5 = (4{,}5 + 0{,}5) \cdot a_1$

$\therefore a_1 = 1$ m/s²

Situação 2:

$F_R = P_A = (m_A + m_B) \cdot a_2 \Rightarrow 45 = (4{,}5 + 0{,}5) \cdot a_2$

$\therefore a_2 = 9$ m/s²

b) Aplicando a 2ª lei de Newton a cada um dos blocos, obtemos em cada situação a tração no fio.

Situação 1

Para o bloco A:

$T_1 = m_A \cdot a_1 \Rightarrow T_1 = 4{,}5 \cdot 1 \therefore T_1 = 4{,}5$ N

Para o bloco B:

$P_B - T_1 = m_B \cdot a_1 \Rightarrow 5 - T_1 = 0{,}5 \cdot 1 \therefore T_1 = 4{,}5$ N

Situação 2

Para o bloco B:

$T_2 = m_B \cdot a_2 \Rightarrow T_2 = 0{,}5 \cdot 9 \therefore T_2 = 4{,}5$ N

Para o bloco A:

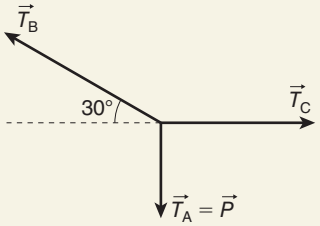
$P_A - T_2 = m_A \cdot a_2 \Rightarrow 45 - T_2 \cdot 4{,}5 \cdot 9 \therefore T_2 = 4{,}5$ N

Em ambas as situações, o módulo da força de tração no fio que une os blocos vale 4,5 N.

ATIVIDADES FINAIS (p. 38)

1. Alternativa **d**.

Considerando o ponto de junção entre as cordas um ponto material, temos o seguinte sistema de forças atuando sobre ele:



Pelo método de projeções de forças, temos:

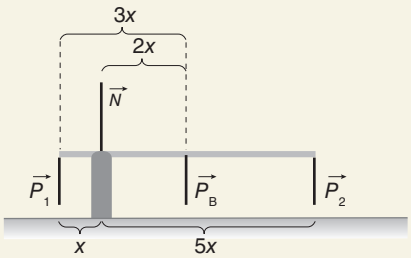
Eixo x: $T_{Bx} = T_C \Rightarrow T_B \cos \theta = T_C$

Eixo y: $T_{By} = T_A \Rightarrow T_B \operatorname{sen} \theta = P$

Como $P = 300$ N e $\theta = 30°$, temos:

$T_B \cdot \operatorname{sen} 30° = P \Rightarrow T_B \cdot \frac{1}{2} = 300 \therefore T_B = 600$ N

2. a) Se a distância do ponto de apoio à extremidade em que M_1 está amarrada é x, a distância do ponto de apoio à extremidade em que M_2 está amarrada é $5x$, e o comprimento da barra é $6x$.



MODERNA

A força peso atua no centro de gravidade da barra, que coincide com seu ponto médio; portanto, está a uma distância $2x$ do ponto de apoio.

No equilíbrio, a soma dos momentos dessas forças em relação ao ponto de apoio deve ser nula:

$\Sigma M = 0 \Rightarrow M_{P1} + M_N + M_{PB} + M_{P2} = 0$

Nessa equação, temos que:

$M_N = 0$. A força atua no ponto de apoio da barra ($d = 0$).

O sinal de M_{P1} é positivo, pois P_1 faz que a barra tenda a girar no sentido anti-horário.

O sinal de M_{PB} é negativo, pois P_B faz que a barra tenda a girar no sentido horário.

O sinal de M_{P2} é negativo, pois P_2 faz que a barra tenda a girar no sentido horário.

Então:

$P_1 \cdot d_1 - P_B \cdot d_B - P_2 - d_2 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow m_1 \cdot g \cdot x - m_B \cdot g \cdot 2x - m_2 \cdot g \cdot 5x = 0$

Dividindo a equação por $g \cdot x$, temos:

$m_1 - m_B \cdot 2 - m_2 \cdot 5 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 12 - m_B \cdot 2 - 1{,}5 \cdot 5 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 2m_B = 4{,}5 \therefore m_B = 2{,}25$ kg

b) A soma das forças que atuam no corpo deve ser nula; então:

$\Sigma F_x = 0$ e $\Sigma F_y = 0$

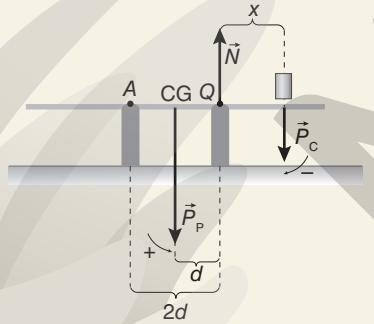
Na situação apresentada, não há forças na direção horizontal x. Na vertical y, temos:

$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow N = P_1 + P_2 + P_B \Rightarrow$

$\Rightarrow N = m_1 \cdot g + m_B \cdot g + m_2 \cdot g \Rightarrow$

$\Rightarrow N = 12 \cdot 10 + 2{,}25 \cdot 10 + 1{,}5 \cdot 10 \therefore N = 157{,}5$ N

3. Na iminência do movimento, a força que o primeiro apoio exerce sobre a prancha é nula, pois não há mais contato entre esses corpos. As forças que atuam sobre a prancha nessa situação são:



ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

$\vec{P}_P$ é o peso da barra, $\vec{P}_C$ é o peso do cilindro e $\vec{N}$ é a força que o segundo apoio exerce na prancha. Das condições de equilíbrio, sabemos que a soma das intensidades dos momentos em relação ao ponto O (polo) deve ser nula:

$\Sigma M = 0 \Rightarrow M_{P_P} + M_{P_C} + M_N = 0$

Note que $M_N = 0$. A força atua no ponto O ($d = 0$).

O sinal de M_{P_P} é positivo, pois $\vec{P}_P$ faz que a barra tenda a girar no sentido anti-horário.

O sinal de M_{P_C} é negativo, pois $\vec{P}_C$ faz que a barra tenda a girar no sentido horário.

$P_P \cdot d_P - P_C \cdot x = 0 \Rightarrow P_P \cdot d_P = P_C \cdot x \Rightarrow$

$\Rightarrow m_P \cdot g \cdot d_P = m_C \cdot g \cdot x \Rightarrow$

$\Rightarrow m_P \cdot d_P = m_C \cdot x \Rightarrow 3m \cdot d = m \cdot x \Rightarrow x = 3d$

A distância entre o polo O (segundo apoio) e o ponto em que a prancha começa a tombar é $3d$; portanto, em relação ao ponto A, a distância é igual a $5d$.

4. Alternativa **d**. Considerando que todas as forças aplicadas têm o mesmo módulo, o maior braço com uma força perpendicular exercerá o maior momento sobre a ferramenta.

5. Alternativa **b**. Para forças de mesma intensidade (F), aplicadas perpendicularmente nas extremidades das alavancas, para os três modelos, 1, 2 e 3, temos os respectivos momentos:

$M_1 = F \cdot 40$

$M_2 = F \cdot 30$

$M_3 = F \cdot 25$

Então: $M_1 > M_2 > M_3$

6. Alternativa **e**. A velocidade é constante, pois as forças na descida do escorregador sobre a criança se equilibram, obtendo uma resultante das forças igual a zero.

7. Alternativa **d**. A 1ª lei de Newton trata da inércia dos corpos. De acordo com essa lei, os corpos em repouso possuem uma tendência a permanecer em repouso e os corpos em movimento, a manter o movimento, a não ser que alguma outra força atue sobre eles.

A 2ª lei de Newton associa a força resultante atuando sobre um corpo com a sua massa e a sua aceleração.

A 3ª lei de Newton diz que toda força exercida sobre um corpo corresponde a uma força de reação de mesmo módulo e direção e em sentidos contrários que age no corpo que aplicou a força sobre o primeiro corpo.

Logo, as alternativas corretas são II e III.

8. Alternativa **d**. A tração no fio 1 é a soma da força peso dos blocos de 4 kg e 6 kg; dessa maneira:

$T_1 = P_4 + P_6 = 4 \cdot 10 + 6 \cdot 10 \Rightarrow T_1 = 100$ N

A tração no fio 2 é somente a força peso referente apenas ao bloco de 4 kg; logo:

$T_2 = P_4 = 4 \cdot 10 \Rightarrow T_2 = 40$ N

Assim, a razão é:

$\frac{T_1}{T_2} = \frac{100}{40} = \frac{5}{2}$

9. Alternativa **b**. Como o corpo A está apoiado sobre uma superfície plana, a força peso e a força normal se anulam e, pela segunda lei de Newton:

$F_{R,A} = T = m_A \cdot a$

Já para o bloco B não se anulam:

$P_B = m_B \cdot g \Rightarrow P_B = 6 \cdot 10 \Rightarrow P_B = 60$ N

As forças agindo em B são seu peso e sua tração na corda para cima. Como os blocos se movimentam em conjunto, temos, pela 2ª lei de Newton:

$F_{R,B} = P_B - T = m_B \cdot a$

$P_B \cdot g = (m_A + m_B) \cdot a \Rightarrow 60 = (4 + 6) \cdot a \Rightarrow$

$\Rightarrow 60 = 10 \cdot a \Rightarrow a = \frac{60}{10} = 6 \Rightarrow a = 6$ m/s²

MOBERNA

Capítulo 2

Equilíbrios químicos

Professor indicado

Recomenda-se que este capítulo seja trabalhado pelo professor de Química.

BNCC – competências e habilidades trabalhadas

Estão indicadas a seguir, a partir da BNCC, competências gerais, competências específicas e habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, assim como competências específicas de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, cujo desenvolvimento é favorecido no capítulo. Para isso, são apontados os momentos em que seu trabalho pode ser propício.

Competência geral	Justificativa	Página
1	O capítulo introduz discussões sobre diversos campos da construção histórica do conhecimento químico. Isso pode ser observado com a reflexão dos modelos explicativos associados ao desenvolvimento da produção industrial da amônia.	58
2	A competência é desenvolvida na seção **Atividade prática – Efeito da variação de temperatura e do acréscimo de ácido em solução do dióxido de carbono (CO_2) gasoso em água**, na qual os estudantes são incentivados a investigar a influência da temperatura e da adição de um ácido no equilíbrio químico da dissolução do gás carbônico em água, propor e executar procedimentos que permitam observar o que ocorre quando essas variáveis são alteradas, além de propor hipóteses relacionadas aos fenômenos investigados. O capítulo também apresenta atividades que conduzem os estudantes a exercitar a curiosidade intelectual, refletir sobre dados e informações e analisá-los criticamente e formular hipóteses para resolver diferentes situações-problema com base nos conhecimentos científicos; por exemplo, nas atividades da seção **Interligações – O teor de hemoglobina no sangue e a altitude**, em que os estudantes são incentivados a elaborar uma explicação sobre o fenômeno de hipóxia com base no foi estudado no capítulo.	47, 49, 53 e 58
4	O capítulo apresenta uma atividade que, ao descrever o processo histórico de obtenção da amônia, suscita a importância da esposa de Fritz Haber, Clara Immerwahr, levando os estudantes a refletir sobre a influência da cultura patriarcal e a temática de mulheres na Ciência e a produzir *podcasts* sobre suas reflexões. Dessa forma, eles podem utilizar linguagens para além da escrita para se manifestarem. Na seção **Comunicando ideias** os estudantes podem fazer uso de diferentes linguagens na produção de uma exposição sobre os problemas da divulgação de informações incorretas relacionadas à saúde.	59 e 68
5	O capítulo incentiva que os estudantes pesquisem e analisem criticamente as informações que podem ser obtidas na internet e produzam diferentes materiais, por exemplo, na atividade de produção de um *podcast* e na produção da exposição proposta na seção **Comunicando ideias**. Esses materiais podem ser produzidos em ferramentas digitais como plataformas *on-line* de compartilhamento de informações e com o uso de editores digitais de gráfico, vídeo e som.	59 e 68
6	O capítulo apresenta uma atividade que propõe a reflexão sobre a ética científica, o trabalho dos cientistas e questões de gênero. Isso pode ir ao encontro das perspectivas futuras dos estudantes.	59
7	Neste capítulo, os estudantes são levados a apresentar argumentos, ideias e pontos de vistas construídos com base no conhecimento científico e na análise crítica de informações obtidas por meio de pesquisas. Por exemplo, nas atividades da seção **Interligações – O teor de hemoglobina no sangue e a altitude**, eles devem apresentar explicações e justificativas com base nos estudos do capítulo; há também a atividade em que os estudantes participam de um debate ativo sobre ética na Ciência, em que suas opiniões são colocadas em xeque e a pluralidade dentro da sala de aula pode levar à construção de empatia e respeito. Outro exemplo é na seção **Comunicando ideias**, no qual os estudantes confrontam as *fake news* presentes no nosso país sobre pH e covid-19, sendo solicitados a argumentar com base nos seus conhecimentos, os erros encontrados no texto.	53, 59 e 68
9	O capítulo menciona a produção de insumos durante as guerras mundiais, o que possibilita aos estudantes uma reflexão sobre como os conhecimentos químicos foram primordiais para o delineamento de tais guerras e como isso, atualmente, pode ser consequência para atos em prol dos direitos humanos. Na seção **Comunicando ideias**, os estudantes refletem sobre como as *fake news* podem ser prejudiciais para a vida em sociedade e para o desenvolvimento da Ciência, e assim podem exercitar a empatia e o respeito ao outro. Nessas atividades os estudantes também exercitam o diálogo, a cooperação e o respeito na resoluções de possíveis conflitos.	59 e 68

continua

continuação

10	Na seção **Comunicando ideias** os estudantes são levados a refletir sobre os princípios éticos e a responsabilidade relacionados à disseminação de informações incorretas, por meio da produção de um material de divulgação para esclarecer a importância de se verificar a veracidade de uma informação antes de compartilhá-la.	68

Competência específica	Habilidade	Justificativa	Página
1	EM13CNT101	Durante o capítulo o estudante é conduzido a compreender os conceitos de reversibilidade das reações químicas e equilíbrio químico por meio de atividades que incentivam a análise das variáveis que alteram as transformações da matéria e influenciam no rendimento das reações químicas, por exemplo, as atividades que abordam a síntese de amônia, substância de grande importância na produção de fertilizantes.	47, 55 e 58
	EM13CNT104	O capítulo apresenta uma atividade na qual os estudantes são incentivados a analisar as informações sobre o caráter ácido das águas do rio Negro e avaliar seus riscos e benefícios (indiretos) à saúde.	70
2	EM13CNT205	O capítulo apresenta uma seção **Atividades** nas quais os estudantes são levados, por exemplo, a interpretar os resultados experimentais obtidos no processo e produção de amônia e expressos por meio de um gráfico e a realizar previsões sobre esse e outros sistemas com base nas noções em equilíbrio químico. Na **Atividade prática** proposta no capítulo, os estudantes realizam previsões sobre o equilíbrio químico da dissolução de gás carbônico em água com base em suas observações experimentais.	47 e 49
	EM13CNT207	O capítulo traz a reflexão e discussão sobre a exposição de informações falsas compartilhadas nas redes sociais e incentiva a divulgação de informações que promovam o combate a essa prática.	68
3	EM13CNT301	O capítulo apresenta atividades que conduzem os estudantes a refletirem sobre como características próprias das Ciências Naturais (construção de estimativas e hipóteses, interpretação e representação de modelos, equações químicas, gráficos etc.) podem ajudar na solução de problemas que desafiam a sociedade. Isso pode ser evidenciado nas atividades que tratam da síntese de amônia e outras reações químicas de aplicação tecnológica, como as presentes nas lentes fotocromáticas.	47, 49, 53, 55, 58, 65, 68 e 69
	EM13CNT302	Os estudantes esclarecem para o público da escola e da sociedade, por meio de um *podcast*, os resultados de suas pesquisas e reflexões sobre cientistas mulheres que se destacaram na Química, para promover a discussão e reflexão sobre o preconceito de gênero presente na história da Ciência que possibilita o entendimento da realidade atual. Na seção **Comunicando ideias**, os estudantes são incentivados a pesquisar informações incorretas divulgadas em redes sociais e alertar as pessoas, por meio de uma exposição, sobre os perigos das *fake news* e a importância de pesquisar em fontes confiáveis.	59 e 68
	EM13CNT303	Na pesquisa proposta na seção **Comunicando ideias**, os estudantes são levados a analisar criticamente as informações encontradas sobre pH e ingestão de alimentos e avaliar sua veracidade, para selecionar fontes confiáveis que permitam o confronto de dados incorretos e/ou incoerentes sobre o tema. O capítulo também apresenta outra atividade que solicita aos estudantes que façam a leitura de uma reportagem sobre o caráter ácido das águas do rio Negro e analisem os conceitos químicos envolvidos para identificar e corrigir o equívoco presente.	68 e 70
	EM13CNT305	Os estudantes são convidados a refletir sobre a vida de uma cientista mulher e a sua influência no meio científico e como ela foi discriminada em sua época.	59

Competência específica de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas	Justificativa	Página
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.	Na seção **Comunicando ideias**, os estudantes são incentivados a refletir sobre o processo de disseminação de informações falsas e seus possíveis impactos e produzir um material de combate a essa prática que apresente o confronto entre informações falsas e verdadeiras, sendo essas últimas obtidas de fontes confiáveis de natureza científica.	68
5. Identificar e combater as diversas formas de injustiça, preconceito e violência, adotando princípios éticos, democráticos, inclusivos e solidários, e respeitando os Direitos Humanos.	Ao mencionar a história de Clara Immerwahr, os estudantes podem refletir sobre os preconceitos de gênero presentes na história da Ciência.	59

Conhecimentos prévios para o melhor aproveitamento do conteúdo

Para melhor aproveitamento do capítulo espera-se que os estudantes conheçam alguns conceitos, como caráter **ácido e básico**, **dissolução**, **ionização**, **entalpia**, e saibam expressar **concentração de soluções** (mol/L e g/L). Caso necessário, retome alguns conceitos que julgar mais pertinentes

Neste capítulo são abordados conceitos envolvidos em processos químicos que são equalizados com base nas noções de equilíbrio químico. Em geral, qualquer mistura reacional sofre influências em diversos aspectos, como concentração dos reagentes, pressão exercida sobre a mistura e a temperatura do sistema, entre outros. Portanto, pensando no processo do conhecimento em espiral e na construção que aprofunda os conhecimentos dos estudantes por meio das habilidades da BNCC, a temática do presente capítulo converge para a habilidade já desenvolvida no Ensino Fundamental – Anos Finais, que será aprofundada.

- **EF09CI01**: Investigar as mudanças de estado físico da matéria e explicar essas transformações com base no modelo de constituição submicroscópica.

Objetivos do capítulo

O objetivo geral é compreender o conceito de equilíbrio químico, bem como a sua linguagem e contextualização, correlacionando processos químicos com fatores históricos e sociais.

Os objetivos específicos são:

- Diferenciar equilíbrio estático de equilíbrio dinâmico.
- Reconhecer a reversibilidade ou não de processos físicos e químicos.
- Identificar as modificações causadas em sistemas químicos com a adição de novos materiais e alteração da temperatura.
- Relacionar as alterações percebidas em reações químicas onde se alteram as concentrações dos reagentes.
- Compreender os mecanismos que alteram o equilíbrio químico de reações ao analisar o enunciado do princípio de Le Chatelier.
- Aplicar os conhecimentos sobre o princípio de Le Chatelier em outros contextos e processos.
- Aplicar o conceito de equilíbrio em reações ácido-base, identificando constantes de equilíbrio, ionização e dissociação e suas implicações.

Os sistemas químicos em equilíbrio estão presentes em diversas vivências do cotidiano. Por isso, é importante que os estudantes consigam identificá-los e interpretá-los. A ingestão de medicamentos, a poluição da água e do ar, as reações bioquímicas, enfim, todos esses contextos podem servir de ferramentas para a ampliação da visão de mundo dos estudantes.

Sugestões metodológicas

O trabalho pedagógico em torno do conceito de equilíbrio químico é um dos que requerem maior atenção por parte do professor. Para compreender a razão das dificuldades no ensino-aprendizagem desse assunto, diversas pesquisas foram feitas. Para Raviolo e colaboradores (2001), essas dificuldades se devem à elevada hierarquia conceitual apresentada aos estudantes: para compreender o conceito de equilíbrio químico, é necessário que eles tenham clareza quanto a uma série de conteúdos, como reação química, gases, estequiometria, concentração de soluções, noções de cinética e termoquímica. Ou seja, para compreender os conceitos deste capítulo, os estudantes terão de integrar e aplicar outros conceitos químicos.

Para compreender a situação de equilíbrio químico, é importante que eles entendam várias facetas próprias desse conceito que se inter-relacionam: a reversibilidade das reações; a igualdade das velocidades das reações de formação de produtos e de reconstituição de reagentes quando o equilíbrio é atingido; a coexistência de reagentes e produtos em um mesmo recipiente; o processo dinâmico que envolve a constante reorganização de reagentes e produtos da reação (átomos que faziam parte de algumas moléculas de um reagente passam a fazer parte de outras moléculas de produto, mas, logo em seguida, alguns desses átomos farão o processo inverso, migrando para moléculas da substância de partida).

Segundo pesquisas na área do ensino de Química, na aprendizagem de equilíbrio químico, podem ser destacadas como dificuldades:

- confusão entre equilíbrio químico e equilíbrio físico: as características dinâmicas do equilíbrio químico não são consideradas pelos estudantes, e, ainda, essa concepção traz como consequência a aceitação de que no equilíbrio as concentrações de produtos e reagentes se igualam; muitos estudantes confundem o equilíbrio químico com o equilíbrio resultante das forças que agem sobre um corpo, objeto de estudo da Física;
- não aceitação da coexistência de "produto" e "reagente" para reações reversíveis: a concepção da reversibilidade implica a aceitação da coexistência dos "produtos" e dos "reagentes" em um mesmo recipiente, e essa ideia parece ser de difícil assimilação pelos estudantes;
- compartimentalização dos "reagentes" e "produtos": os estudantes, em sua maioria, concebem o sistema em situação de equilíbrio químico como se ele ocorresse em dois compartimentos separados. Uma das possíveis causas dessa dificuldade seria a própria forma de representação das reações químicas. Assim, se o significado das equações químicas não estiver perfeitamente claro – elas representam apenas o processo que ocorre com a parte das substâncias em contato que, em dadas condições, se transformou –, os estudantes não conseguem conceber a coexistência de produtos e reagentes de uma reação.

Assim, para o planejamento das aulas sobre equilíbrio químico, é importante que o professor leve em conta aspectos como:

- as conclusões de pesquisas sobre concepções alternativas que os estudantes expressam ao estudar o tema: na apresentação dos conceitos relacionados a equilíbrio químico, o professor pode levantar questões que suscitem o aparecimento das concepções de seus estudantes sobre tais conceitos; será interessante reservar certo tempo para estabelecer esse diálogo e estimular os estudantes a expor todas as suas dúvidas;
- a linguagem: nem sempre o que o professor tem a intenção de expressar, em uma fala, é aquilo que os estudantes entendem, ou seja, os estudantes podem atribuir às palavras do professor

MODERNA

um sentido diferente daquele que ele pretendia exprimir – e certamente a palavra equilíbrio ilustra essa multiplicidade de sentidos, por isso é fundamental que o professor, fazendo perguntas aos estudantes, possa esclarecer tais ruídos de comunicação;

- o uso de analogias: trata-se de um recurso interessante para facilitar a assimilação de conceitos abstratos – como os envolvidos no tema equilíbrio químico –, desde que o professor estabeleça os limites para cada analogia, deixando claro até que ponto ela atende ao conceito em questão e explicando que nenhum conceito químico, do mundo microscópico, pode ter todos os seus aspectos contemplados por uma analogia que remete ao mundo macroscópico. Essa ressalva vale para todas as analogias inseridas no **Livro do Estudante**. Para mais esclarecimentos a esse respeito, sugerimos ao professor a leitura do artigo "Dificuldades de produção e exploração de analogias: um estudo no tema equilíbrio químico com estudantes/futuros professores de Ciências", de Luís Fabião e Maria da Conceição Duarte, indicado em *Bibliografia complementar*.

Cabe aqui um esclarecimento sobre a abordagem que utilizamos para introduzir a constante de equilíbrio (*K*). Tradicionalmente, sua introdução é feita com base na igualdade de velocidades da reação direta e inversa, igualdade essa que é obtida quando o equilíbrio é atingido; para isso, usam-se expressões genéricas para as velocidades. Nesse caso, a relação dessas expressões permite chegar à constante de equilíbrio.

Optamos por não usar esse caminho, tendo em vista que a determinação da constante de equilíbrio é obtida experimentalmente, aceitando algumas considerações de estudiosos do ensino de Química, como Sabadini e Bianchi, que destacam aspectos negativos dessa conduta indicados a seguir:

> [...] Para obter a expressão analítica da constante de equilíbrio, usa-se o artifício de igualar as velocidades das reações de "ida e volta". Assim, ao escrever as expressões referentes à lei de velocidade, assume-se que as reações possuem apenas uma etapa. A confusão de conceitos fica explícita em alguns livros, nos quais, ao usar o exemplo da reação de formação de amônia a partir de nitrogênio e hidrogênio, $N_2 + 3\ H_2 \rightarrow 2\ NH_3$, os autores apresentam a lei de velocidade para a reação direta sendo tetramolecular ($[N_2][H_2]^3$), o que acarreta em outro erro grave, agora do ponto de vista cinético, pois não existem registros de reações químicas com molecularidade maior que três.
>
> [...] O maior problema na abordagem cinética do equilíbrio químico está, em nosso ponto de vista, na não inserção das transformações químicas dentro de um conceito mais universal sobre as transformações da natureza.
>
> SABADINI, E.; BIANCHI, J. C. A. Ensino do conceito de equilíbrio químico: uma breve reflexão. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 25, maio 2007. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc25/ccd02.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2020.

Para começo de conversa (p. 40)

Sugerimos pedir aos estudantes que analisem a imagem e a legenda presentes na abertura do capítulo. Requisite que eles indiquem algumas das dificuldades encontradas pelos alpinistas na escalada do monte Everest e informe que seu pico está acima dos 8.800 metros de altitude. Na sequência, sugira que eles respondam às perguntas que são feitas nessa seção e posteriormente socializem suas respostas com o restante da turma, discutindo suas ideias. Aproveite esse momento para fazer um levantamento de concepções prévias dos estudantes, reconhecendo possíveis concepções alternativas a respeito dos temas que serão abordados no capítulo.

Sobre a adaptação do organismo humano em baixas concentrações de oxigênio no ar atmosférico, segundo a matéria "Doença da altitude: causas, sintomas e prevenção do problema de montanhistas":

> [...] à medida que a altitude aumenta, a pressão atmosférica diminui e menos moléculas de oxigênio estão disponíveis no ar mais rarefeito. Esta diminuição do oxigênio disponível afeta o corpo de muitas maneiras: a frequência e a profundidade da respiração aumentam, alterando o equilíbrio entre gases nos pulmões e no sangue, aumentando a alcalinidade do sangue e alterando a distribuição de sais, como potássio e sódio, nas células. Como consequência, a água é distribuída de modo diferente entre o sangue e os tecidos. [...]
>
> LEONARDI, A. Doença da altitude: causas, sintomas e prevenção do problema de montanhistas. *Eu Atleta*, 31 out. 2017. Disponível em: <https://globoesporte.globo.com/eu-atleta/saude/noticia/doenca-da-altitude-causas-sintomas-e-prevencao-do-problema-de-montanhistas.ghtml>. Acesso em: 30 ago. 2020.

Na segunda pergunta, espera-se que os estudantes respondam que os indicadores ácido-base são substâncias que mudam de cor conforme ocorre alterações de pH.

Pergunte aos estudantes se eles conhecem as hortênsias e se já perceberam diferenças na sua coloração. Espera-se que eles respondam que sim, mas que não saibam explicar como isso ocorre. Então, se possível, mostre fotos aos estudantes e explique as implicações da variação do pH do solo para essa planta.

A situação de equilíbrio químico (p. 41)

Ao iniciar o capítulo, você pode retomar as discussões do capítulo anterior sobre os tipos de equilíbrio. Neste momento é interessante que os estudantes falem bastante sobre esses conceitos e deem exemplos reais. Se possível, faça algumas analogias e utilize representações imagéticas na lousa.

Sugerimos recorrer a algumas situações bastante simples para ajudar os estudantes a entender o conceito de equilíbrio químico.

Peça aos estudantes que imaginem certa quantidade de água contida em um tanque fechado e em temperatura constante. A quantidade de água pode manter-se constante nas duas situações descritas a seguir.

Se não retirarmos água do tanque nem acrescentarmos mais água à já existente, o nível desse líquido permanecerá constante. Nesse caso, teremos um equilíbrio estático, e a água contida no tanque será sempre a mesma. Mas e se uma torneira verter água em um tanque, de modo que, a cada minuto, o volume de líquido que chega a ele seja idêntico ao volume de água que escoa pelo ralo existente no fundo do

EM PROVA

tanque? No caso, a quantidade de água no interior do tanque também permanecerá constante ao longo do tempo; porém, nesta segunda situação, teremos um equilíbrio dinâmico, e a água contida no tanque será constantemente renovada. Embora as unidades moleculares que constituem o líquido sejam invisíveis, é razoável supor que o total de moléculas que constituem a água do interior do tanque permaneça constante, pois o número de moléculas que chega ao tanque por minuto deve ser idêntico ao das que saem dele pelo ralo.

Em resumo, nos dois exemplos, o nível do líquido no tanque não varia; porém, em um caso, o equilíbrio é estático e, no outro, dinâmico.

O equilíbrio líquido-vapor (p. 41)

Sugerimos enfatizar que esse tipo de equilíbrio não acontece por reações químicas, ou seja, não há transformação na composição do material em questão, apenas no seu estado físico. A imagem apresentada sobre as velocidades de transformação deixa isso bem claro: as moléculas de água não se alteram.

Apresente outros exemplos, como frascos de álcool ou acetona. Esses materiais vaporizam mais rápido que a água e a compreensão disso pode ser favorecida ao se mencionar a entalpia envolvida nos processos.

Explore a curiosidade dos estudantes ao propor a reflexão sobre a analogia com as lixeiras. Escreva na lousa as hipóteses que lançarem e esclareça que se trata de uma analogia cujo objetivo é ajudar na compreensão dos conceitos do capítulo.

O equilíbrio químico em sistema homogêneo (p. 42)

Peça aos estudantes que observem as características representativas da equação química da reação entre magnésio e ácido clorídrico: o tipo de seta e os símbolos. Isso é importante para que eles possam diferenciar os processos reversíveis dos irreversíveis. Descreva o que ocorre macroscopicamente na reação: a desintegração do metal, a produção de gás e a liberação de calor. Dessa forma, o estudante conseguirá visualizar que a reversão do processo, mesmo em condições herméticas, é quase impossível.

Ao explanar sobre a reação, desdobre sua explicação falando da transformação química entre o gás amônia e a água. Diferencie as setas utilizadas das equações e mostre na lousa (ou verbalmente) os conceitos de reações reversíveis e reações irreversíveis.

Uma observação experimental (p. 43)

Explore diversos aspectos do equilíbrio químico entre os óxidos de nitrogênio com os estudantes. A característica visual é bastante intensa e isso pode ser de grande valia para a compreensão dos fenômenos.

O **Livro do Estudante** traz diversas representações que se complementam para indicar o processo de equilíbrio com base na concentração dos reagentes e produtos. Inicie mostrando aos estudantes como a diferença das cores indica o sentido da reação favorecida ao longo do tempo. Peça que comparem a representação macro com o modelo molecular.

Oriente os estudantes a correlacionarem as representações e os gráficos dispostos. Isso favorece a interpretação do fenômeno em diversas linguagens e diferentes formas de apresentação dos dados. Neste momento, formalize com os estudantes a situação de equilíbrio químico nos gráficos e a linguagem matemática envolvida nos cálculos de concentração e constantes de equilíbrio levando em consideração os dados experimentais.

Sobre o sistema em equilíbrio (p. 46)

Amplie os exemplos dos cálculos de constantes e de velocidades. Nesse momento, você pode sugerir aos estudantes que pesquisem em grupos exemplos em que é necessário regular as concentrações de materiais na indústria ou no cotidiano. Peça que socializem com os colegas e que pensem nas decorrências do não controle do equilíbrio. Outros bons exemplos são algumas reações bioquímicas fundamentais para o bom funcionamento do organismo humano. Os estudantes podem estudar esses mecanismos e fazer trabalhos voltados à divulgação científica na sociedade.

Para ajudá-los na resolução de cálculo da constante de equilíbrio, peça a eles que tentem resolver o exemplo presente nas páginas 47 e 48 do **Livro do Estudante**. Depois, esclareça possíveis dúvidas que os estudantes possam apresentar. A resolução do exemplo é indicada a seguir.

Organizando as informações dadas.

	$H_2(g)$	+ $CO_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$H_2O(g)$	+ $CO(g)$
Início	2,0 mol				0
Reagiram	1,8 mol		formando	1,8 mol	
Equilibrio final		3,2 mol		1,8 mol	

a) 5 mol.

b) 3,2 mol.

c) Se no início havia 5 mol de CO_2 e no final 3,2 mol, reagiram (5 − 3,2) mol, ou seja, 1,8 mol de CO_2.

d) De acordo com a equação, para cada 1 mol de CO_2 que reage, é consumido 1 mol de H_2. Então, para 1,8 mol de CO_2, gasta-se 1,8 mol de H_2.

e) 2 mol.

f) Se inicialmente havia 2 mol de H_2, e 1,8 mol reage, resta, no final, 0,2 mol de H_2.

g) e **h)** Por raciocínio semelhante ao feito no item **d**, obtemos 1,8 mol de cada produto.

	$H_2(g)$	+ $CO_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$H_2O(g)$	+ $CO(g)$
Início	2,0 mol	5,0 mol		0	0
Reagiram	1,8 mol	1,8 mol	formando	1,8 mol	1,8 mol
Equilibrio final	(2,0 − 1,8) mol ou 0,2 mol	(5,0 − 1,8) mol ou 3,2 mol		1,8 mol	1,8 mol

$$K = \frac{[H_2O] \cdot [CO]}{[H_2] \cdot [CO_2]} = \frac{\frac{1,8}{V} \cdot \frac{1,8}{V}}{\frac{0,2}{V} \cdot \frac{3,2}{V}} = 5$$

A constante desse equilíbrio é 5.

EM MODERNA

Influindo na situação de equilíbrio (p. 48)

Mais uma vez, explore com os estudantes a analogia dos peixes no aquário com os sistemas em situação de equilíbrio químico. Deixe bem claro que se trata de comparações. Enfatize os registros matemáticos e como isso é importante para se analisarem os equilíbrios que serão estudados posteriormente.

ATIVIDADE PRÁTICA (p. 49)

A atividade em questão sugere aos estudantes que elaborem o próprio roteiro; portanto, oriente-os a conduzir suas investigações considerando os materiais propostos. Incentive-os a explorar as possibilidades procedimentais com base nos fundamentos científicos, prezando sempre a fidelidade nos registros das observações.

Um algoritmo, um dos pilares do pensamento computacional, pode ser definido como uma sequência finita e clara de passos com os quais se resolve um problema ou se executa uma tarefa. Nessa atividade prática, os estudantes deverão escrever um roteiro detalhado o suficiente para que possa ser seguido, por exemplo, por outros estudantes, e os mesmos resultados possam ser observados, desde que o roteiro seja rigorosamente respeitado. Dessa maneira, podemos associar a função de um roteiro à de um algoritmo. Caso os estudantes tenham dificuldade na elaboração do roteiro ou se os passos não forem suficientemente claros, peça para que testem a descrição com colegas de outras turmas, mostrando a descrição e investigando, por exemplo, se os passos podem ser compreendidos, o que os colegas fariam em cada um deles (para confirmar a clareza) e o que esperam obter ao final do roteiro. Ao final dessa investigação, os estudantes devem refinar os pontos que identificaram como deficientes no roteiro apresentado inicialmente.

Após a realização da atividade, discuta o experimento com os estudantes. Eles devem perceber que (se tiverem colocado uma garrafa no sol e outra na geladeira ou no gelo) o aumento da temperatura reduz a solubilidade do gás na água e que o acréscimo de ácido (do limão) libera mais dióxido de carbono, ou seja, favorece a reação inversa à representada.

Amplie as discussões com base em experimentos que os estudantes gostam de ver, como a adição de balas ao refrigerante e quanto isso influencia no equilíbrio químico da dissolução do gás carbônico em água.

Princípio de Le Chatelier (p. 50)

Se julgar oportuno, antes de iniciar esse tema utilize o simulador disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/ideal-gas/latest/ideal-gas.html?simulation=reversible reactions&locale=pt_BR>. Acesso em: 10 set. 2020. Oriente os estudantes a explorar o simulador considerando a quantidade de moléculas que é formada nos dois sentidos da reação. Você pode sugerir a alteração de parâmetros como a temperatura e analisar as mudanças observadas.

Assim que levantarem diversos exemplos, faça perguntas como: o que aconteceria se modificássemos o sistema? E se adicionássemos mais um reagente? Aumentássemos a temperatura?

Dessa forma, será possível estimular os estudantes a pensar no que pode acontecer ao perturbar o equilíbrio químico. Além disso, é possível usar exemplos de situações macroscópicas que sejam análogas ao processo de equilíbrio. Uma indicação é o artigo "Analogias no ensino de equilíbrio químico", presente na *Bibliografia complementar*, mais adiante. Por ser um assunto com alta densidade abstrata, torna-se fundamental que modelos concretos representem os processos a serem estudados.

Ao abordar o tema "princípio de Le Chatelier" é importante destacar que as considerações feitas sobre o que ocorre com o equilíbrio químico quando ele é perturbado não são regras, mas generalizações feitas com base em observações experimentais. Em outras palavras, o princípio de Le Chatelier possui limitações e, algumas vezes, não é possível prever antecipadamente o comportamento de um sistema quando uma variável é alterada. Para saber mais sobre o tema, sugerimos a leitura do artigo "Princípio de Le Chatelier: o que tem sido apresentado em livros didáticos?", disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_2/09-PE-5708.pdf>. Acesso em: 14 set. 2020.

Como a temperatura influi na composição de um equilíbrio? (p. 50)

Neste momento, a discussão se dará pela análise da temperatura em um equilíbrio químico. O exemplo citado é a conversão de NO_2 em N_2O_4. Antes de discutir a imagem, indique para os estudantes as propriedades individuais de cada material, citando a cor, e faça a interpretação da equação química da reação presente neste tópico. Feito isso, discorra sobre como o aumento da temperatura altera o equilíbrio químico.

Sendo o NO_2 castanho e o N_2O_4 incolor, aumentando a temperatura, aumenta-se a formação do produto; portanto, a coloração castanha esmaece.

Explicite que os processos observados não acontecem isoladamente e que a grande responsável pelo fenômeno é a entalpia da reação. Discorra para os estudantes que o sentido direto é exotérmico, enquanto o inverso é endotérmico, ou seja, aumentando a temperatura do sistema, ambas as reações são aceleradas, mas a reação endotérmica é mais favorecida, que é evidenciada pelo aumento da intensidade da cor do NO_2. Quando a temperatura é diminuída, o sentido exotérmico é favorecido, aumentando-se a quantidade de N_2O_4, o que deixa a mistura mais incolor.

Para que os estudantes possam compreender melhor esse processo, se possível, projete em sala de aula o vídeo "Le Chatelier e a temperatura", sugerido no **Fique por dentro**.

Como a concentração das substâncias participantes influi na situação de equilíbrio? (p. 51)

Dando continuidade ao conteúdo do capítulo, retome o que ocorre com o equilíbrio químico quando são adicionadas ou retiradas as substâncias da reação química. Caso necessário, acesse novamente o simulador. Discorra com eles sobre a adição de base e ácido na solução cromato/dicromato. Represente os estágios e as quantidades além das formas macroscópicas, para que os estudantes entendam as diferenças

EDITORIA

de concentração e a posterior mudança de cor. Explique que, além das mudanças de cor, pode-se identificar o predomínio de cada íon graças à precipitação de alguns componentes, que neste caso é o íon bário.

Além dos exemplos descritos no **Livro do Estudante**, fale sobre como essas mudanças em sistemas em situação de equilíbrio químico são comuns à nossa volta. Explique a influência de bebidas ácidas no estômago, a necessidade de o soro fisiológico ter uma concentração fixa e o gosto do refrigerante em relação à quantidade de gás, entre outros exemplos. Aumente a gama de exemplos para que a formalização do conceito seja mais sólida.

Interligações (p. 53)

Para complementar o trabalho com essa seção, caso julgue pertinente, são propostas mais duas atividades.

1. Uma das dificuldades dos jogadores brasileiros ao disputar partidas de futebol em La Paz (Bolívia) e adaptarem-se à velocidade da bola. Uma falta cobrada da mesma forma numa região litorânea e em La Paz faz com que a bola atinja, na cidade boliviana, uma velocidade maior. Em sua opinião, por que isso ocorre?

2. A cidade de Potosí, na Bolívia, faz parte da lista da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) de Patrimônios Mundiais em Perigo (relação de bens tombados que sofrem alguma ameaça a sua integridade). No começo do século XVII, metade da prata que circulava no mundo saía de Potosí, explorada como uma das principais fontes de riqueza da Coroa Espanhola na América. Pesquise para responder às seguintes questões.

a) Que sintomas pode sentir uma pessoa que vive em Santos, SP, município ao nível do mar, ao viajar para Potosí? Qual é a explicação geográfica para esses sintomas?

b) Alguma cidade brasileira produziria nesse viajante os mesmos sintomas e pelo mesmo motivo? Explique.

c) Os colonizadores espanhóis enriqueceram com a prata boliviana, que era retirada de minas, em Potosí, por indígenas e por pessoas escravizadas vindas da África. Qual é a situação econômica e social dessa cidade hoje?

Respostas:

1. Com essa pergunta, espera-se que os estudantes relacionem o ar rarefeito de La Paz à diminuição do atrito da bola com o ar. Isso faz com que a bola sofra menor influência da resistência do ar.

2. a) Espera-se que os estudantes citem sintomas como falta de ar, dor de cabeça, enjoo, mal-estar. A explicação é que Potosí fica cerca de 4 mil metros acima do nível do mar.

b) Não, porque nenhuma cidade brasileira situa-se 3 mil metros ou mais acima do nível do mar.

c) Potosí é hoje uma das cidades mais pobres da Bolívia, por sua vez um dos países mais pobres da América do Sul. Se achar pertinente, peça aos estudantes que pesquisem como se deu a exploração da prata na Bolívia e ajude-os a notar a relação entre a violenta exploração do trabalho escravo de indígenas e africanos, o fato de o país ter sido privado de grande parte de sua riqueza natural e a situação econômica atual do país.

Sugerimos avaliar as respostas e os argumentos apresentados nas respostas das atividades propostas para identificar a necessidade de auxiliar os estudantes no desenvolvimento das competências gerais 2 e 7 da BNCC.

Alterando a pressão (p. 54) e Alterando a temperatura (p. 55)

Dando sequência ao estudo de alterações no equilíbrio, explique aos estudantes a importância da pressão e da temperatura no desenvolvimento das reações. Além de influenciar no número de entes submicroscópicos gasosos (lei de Clapeyron), é possível modificar o que se enxerga macroscopicamente, como cores e formação de gases e, também, na concentração dos materiais envolvidos.

Produção de amônia (p. 57)

Aprofunde com os estudantes as questões teóricas da produção de amônia e como o processo Haber-Bosch foi importante para a humanidade. Pode-se criar grupos de debate sobre a ética científica e a aplicação desse processo na produção de artefatos explosivos utilizados em guerras e na mineração e produção civil.

Além disso, problematize com os estudantes os impactos ambientais causados pelos fertilizantes nitrogenados. Pode-se mencionar também o ciclo do nitrogênio, que, após a produção em massa de amônia, foi modificado.

Sugestão de atividade complementar: síntese da amônia

Sugerimos o texto e as atividades a seguir que possibilitam o desenvolvimento da habilidade EM13CNT301 e da competência geral 2 da BNCC.

Síntese da amônia: a produção de alimentos e o poderio alemão na Primeira Guerra Mundial

O desenvolvimento da síntese industrial da amônia (NH_3) é bastante ilustrativo de como aspectos sociais, econômicos e políticos estão profundamente relacionados com o progresso científico e tecnológico.

No final do século XIX, os compostos nitrogenados naturais eram essenciais para a fertilização do solo. Nessa época, alguns cientistas previam para meados do século XX uma potencial catástrofe, decorrente do rápido esgotamento das reservas naturais desses compostos. Na América Latina, encontravam-se as principais fontes naturais dessas substâncias nitrogenadas: as de salitre do chile (nitrato de potássio impuro), no Chile, e os depósitos de guano (formado por excrementos de pássaros), no Peru.

A necessidade de produzir alimentos apontava para a urgência da criação de um processo industrial que permitisse fixar o nitrogênio, elemento químico disponível na atmosfera na forma de gás N_2. Esse processo também seria útil na produção de matéria-prima para a fabricação de explosivos.

Em 1914, quando a Primeira Guerra Mundial se iniciou, os inimigos da Alemanha imaginavam que o bloqueio britânico impediria os navios alemães de buscar compostos nitrogenados na América Latina. Assim, o país viveria um processo de escassez de alimentos e de explosivos que o forçaria a encerrar a guerra em tempo relativamente curto.

MODERNA

Porém, bem antes dessa época, o cientista alemão Fritz Haber (1868-1934) havia investigado a possibilidade de sintetizar NH_3 em laboratório. Em 1908, ele conseguiu aprimorar essa síntese, tornando a produção de NH_3 viável.

Em 1911, já estava em funcionamento na Alemanha a primeira indústria capaz de produzir esse composto. Assim, em 1914, com a construção de diversas fábricas, tinha fôlego para enfrentar um longo período de guerra.

Em 1908, apesar de ter recorrido ao uso de catalisadores a pressões e temperaturas elevadas, Haber conseguiu um rendimento ainda relativamente baixo, da ordem de 8% de NH_3. Na viabilização industrial do processo de Haber, foi fundamental a participação de outro químico alemão, Karl Bosch (1874-1940), que anteriormente havia estudado metalurgia e engenharia mecânica e que, com sua equipe, conseguiu encaminhar a solução de três problemas:

- criação de um reator: conseguiu fazer um reator resistente, recipiente dentro do qual os gases reagiam, com possibilidade de suportar pressão e temperaturas elevadas;
- produção de um catalisador: o melhor resultado conseguido foi aquele em que óxidos metálicos (como os de potássio, alumínio e cálcio) eram adicionados ao ferro;
- obtenção econômica de nitrogênio e hidrogênio: inicialmente se obtinha o H_2 por eletrólise da água, o que, em escala industrial, era muito caro.

Controverso, Haber esteve envolvido na criação de armas químicas devastadoras usadas durante a Primeira Guerra Mundial. Ainda assim, ganhou o Prêmio Nobel de Química em 1918 – sob o protesto de outros cientistas –, por suas contribuições à síntese de amônia, e Bosch recebeu o prêmio em 1931, por suas contribuições à Engenharia Química a altas pressões.

1. Por que, durante a Primeira Guerra Mundial, a Alemanha teve condições de sustentar o conflito por tempo bem maior do que o suposto por seus inimigos?

2. O nitrato de sódio ($NaNO_3$), principal componente do salitre do chile, é um sal bastante solúvel em água. Há relação entre essa característica e o fato de as maiores reservas naturais do composto encontrarem-se em região desértica? Explique.

Respostas:

1. A Alemanha tornou viável a produção de amônia em escala industrial. Com isso, foi capaz de fabricar explosivos e fertilizantes utilizando NH_3 em vez de salitre, material que, até então, era importado da América Latina.

2. Sim. Se as minas de salitre estivessem em uma região de chuvas frequentes, o nitrato de sódio seria dissolvido e arrastado pela água das chuvas.

Atividades (p. 58)

Se houver possibilidade, sugerimos que, antes de propor a atividade 4, o professor leia na íntegra o artigo abaixo indicado, tanto para preparar-se para a discussão com os estudantes como para conhecer um caso que exemplifica uma das formas de avanço da Ciência, às vezes ultrapassando os limites da ética. "Grandeza e decadência de Fritz Haber" (disponível em: <https://www.spq.pt/magazines/BSPQuimica/622/article/30001245/pdf>, acesso em: 17 jul. 2020).

a) Oriente a conversa sobre os dois tópicos. Em relação à responsabilidade pelo controle dos usos do conhecimento científico, os estudantes devem levantar hipóteses, mas é importante eles concluírem que, em uma sociedade democrática, em última instância, esse controle cabe à população, aos cidadãos.

Os equilíbrios ácido-base (p. 59)

Relembre com os estudantes as teorias sobre ácidos e bases. Enfatize como são formados e como acontecem suas ionizações ou dissociações, represente na lousa alguns exemplos de equações químicas e explique que são reações reversíveis. Enfim, demonstre os cálculos das constantes de ionização e dissociação.

Efeito do íon comum (p. 62)

Reflita com os estudantes como o equilíbrio químico é afetado ao se adicionarem íons já existentes no sistema. Descreva na lousa como as alterações no equilíbrio químico com essas adições. Se possível, represente esse efeito com modelos submicroscópicos, utilizando esferas coloridas para ajudar na visualização.

Produto iônico da água (p. 64)

Inicie a discussão desse tópico representando o processo de autoionização da água na lousa.

Explore o quadro **Concentração de íons H^+ e OH^- e K_w** presente neste tópico do **Livro do Estudante**, auxiliando os estudantes na interpretação da concentração dos íons em água "pura", soluções ácidas e soluções básicas.

Se julgar pertinente, retome as propriedades de materiais que se ionizam e dissociam, como condução de corrente elétrica.

pH e pOH (p. 66)

É interessante, ao introduzir o conceito de pH, explicar aos estudantes que o p, após ser usado na representação do pH pelo químico dinamarquês Søren Sørensen (1868-1939), adquiriu outros usos. Assim, a razão de se utilizar o p para referir-se à constante de um ácido, por exemplo (como pK_a), é a mesma pela qual Sørensen o usou: indicar log negativo para não ter de lidar com números muito pequenos, o que implicaria escrever vários zeros antes da vírgula ou, usando a notação científica, representar um valor em que o expoente de 10 é um número negativo.

Vale ressaltar a importância de rever com os estudantes as expressões que serão usadas quando lidarem com o logaritmo em base 10. A título de lembrete, inserimos essas propriedades necessárias na **Caixa de ferramentas** na abordagem numérica de pH e pOH.

Sugestão de atividade complementar: produção textual sobre a importância do pH

A atividade sugerida possibilita o desenvolvimento das habilidades EM13CNT104, EM13CNT203 e EM13CNT301 e das competências gerais 2, 4, 5 e 7 da BNCC. Sugerimos fornecer e requisitar aos estudantes a leitura do texto e das atividades a seguir.

Você já deve ter aprendido que o pH de um meio é importante para os seres vivos. Com base no que estudou até aqui, em seus conhecimentos sobre outras disciplinas e em fontes confiáveis de pesquisa, redija um texto expositivo sobre

MODERNA

a importância do pH para a agricultura, a piscicultura ou o organismo humano (escolha apenas um desses três temas). Tenha em mente um leitor não especialista no assunto.

- Para comprovar que o pH é importante para os seres vivos – dentro do tema que você escolheu –, dê exemplos de situações em que variações de pH são prejudiciais e exemplos de situações em que o pH adequado de uma solução traz benefícios. Mencione também formas de regular o pH de diferentes soluções, de modo que ele passe a ser favorável.
- Use a linguagem própria da Química, porém acrescente as explicações que considerar necessárias para que seu leitor (que é leigo) compreenda o assunto. Dê exemplos e faça comparações para tornar o texto ainda mais claro.
- Complemente o texto com fotos (acompanhadas de legenda), esquemas, gráficos e tabelas.
- Indique, no final, as fontes de pesquisa.

Alguns *sites* que podem ser sugeridos aos estudantes para a pesquisa:

Piscicultura

- EMBRAPA. Calagem e controle da acidez dos viveiros de aquicultura. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/12267/1/circular_14.pdf>.
- SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/>.

Agricultura

- EMBRAPA. Calagem no Brasil. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84194/1/CNPT-DOC.-22-00.pdf>.

Organismo humano

- UFRGS. Controle do pH em mamíferos. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/leo/site_ph/compensacao.htm>. Acessos em: 25 ago. 2020.

Como funcionam os indicadores ácido-base (p. 67)

Discuta com os estudantes como o pH influencia no equilíbrio químico das substâncias presentes nos indicadores. Esclareça que alguns extratos de flores e frutos podem ser usados como indicadores de variação de pH, porque mudam de cor de acordo com a acidez ou a basicidade do meio onde se encontram, podendo ser usados, por isso, para avaliar o pH de uma solução.

É interessante notar, porém, que em alguns casos as próprias plantas fornecem informações sobre a variação de pH do solo. É o caso das hortênsias (cujo nome científico é *Hydrangea macrophylla*, que significa "bebedora de água"), que têm a cor de suas pétalas associadas ao pH do meio onde são cultivadas.

O pH da solução do solo varia de acordo com a composição rochosa do seu entorno (concentração de sais, metais, óxidos etc.). Regiões ricas em calcário apresentam solo de caráter alcalino, enquanto o solo argiloso, como o de regiões pantanosas e beiras de rio, tem caráter ácido.

Comunicando ideias (p. 68)

Leve os estudantes a uma reflexão sobre como o compartilhamento de informações sem a análise crítica do conteúdo e a verificação de sua veracidade pode prejudicar a população, interferindo inclusive na saúde. Discuta com os estudantes atitudes pessoais e outras formas de combater essa prática. Para desenvolver a competência geral 4 da BNCC, sugerimos orientar os estudantes a produzir diferentes materiais (cartazes, vídeos, infográficos, áudios etc.) para compor a exposição sobre o tema. Dessa forma os estudantes são conduzidos a refletir e buscar soluções para as diferentes formas de divulgação científica. Se julgar oportuno, convide o professor de Língua Portuguesa que pode desenvolver um trabalho de gêneros de discurso e texto.

Soluções salinas são neutras? (p. 68)

Escreva na lousa outros equilíbrios químicos que se referem à dissolução de sais inorgânicos em água. Diferencie com os estudantes aqueles que produzem íons que alteram o pH da água. Esclareça que, além da dissociação, os íons formados reagem com os produtos iônicos da água.

Avaliação

Sugerimos que a avaliação seja feita ao longo das atividades presentes no capítulo. Com isso, espera-se que seja mais fácil de identificar obstáculos epistemológicos, concepções alternativas e, se necessário, reorientar o seu trabalho.

Nas atividades em grupo, avalie o envolvimento dos estudantes e a atitude deles em relação aos objetivos da atividade e aos colegas (se são colaborativos, ativos, criativos, planejadores etc.).

Como avaliação ao final do processo, sugerimos que os estudantes resolvam a lista de atividades propostas na seção **Atividades finais**. Analisar a resolução dessas, permitirá avaliar a aprendizagem dos estudantes e os conhecimentos que foram construídos ao longo do estudo do capítulo, determinando também a qualidade do processo de ensino.

Bibliografia complementar

- ANTUNES, M. *et al*. pH do solo: determinação com indicadores ácido-base no Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 4, p. 283-287, 2009.

  O artigo aborda a avaliação de uma proposta de atividade experimental envolvendo a análise do pH de solos para auxiliar os estudantes a relacionar o conceito de pH ao cotidiano.
- COUTO, A. B.; RAMOS, L. A.; CAVALHEIRO, E. T. G. Aplicação de pigmentos de flores no ensino de química. *Química Nova*, v. 21, n. 2, p. 221-227, 1998.

  Os autores apresentam uma proposta de abordagem do conceito de equilíbrio químico e indicadores de ácidos e bases por meio da aplicação de pigmentos de flores.
- FABIAO, L. S.; DUARTE, M. C. Dificuldades de produção e exploração de analogias: um estudo no tema equilíbrio químico com alunos/futuros professores de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n. 1, 2005. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART6_Vol4_N1.pdf>. Acesso em: 1º set. 2020.

  Esse artigo discorre sobre o uso de analogias no processo de ensino-aprendizagem das alterações do estado de equilíbrio, aponta as dificuldades de estudantes de um curso de

formação de professores de Ciências na produção e exploração de analogias e as possíveis razões dessas dificuldades.

- FRANCISCO JR., W. Analogias em livros didáticos de Química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio. *Ciências e Cognição*, Rio de Janeiro, v. 14, mar. 2009. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v14_1/m318350.pdf>. Acesso em: 1º set. 2020.

  O texto faz uma avaliação crítica dos livros didáticos de Química aprovados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), em 2007, quanto ao uso de analogias. É interessante porque alerta para alguns obstáculos à compreensão de analogias por parte dos estudantes – e é nesse contexto que o professor pode atuar, em sala de aula, minimizando os possíveis equívocos de entendimento.
- MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R.; FERREIRA, P. F. M. Analogias usadas no ensino de equilíbrio químico: compreensões dos alunos e papel na aprendizagem. *Enseñanza de las Ciencias*, n. extra, 2005. Disponível em: <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp193anausa.pdf>. Acesso em: 1º set. 2020.

  As autoras analisam, nesse artigo, de que modo os estudantes do Ensino Médio entendem determinadas analogias utilizadas no ensino de equilíbrio químico.
- PEREIRA, M. P. B. A. Equilíbrio químico: dificuldades de aprendizagem – II. Uso de analogias e modelos. *Química Nova*, v. 12, n. 2, 1989. Disponível em: <http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/Vol12No2_182_v12_n2_%2812%29.pdf>. Acesso em: 1º set. 2020.

  A autora faz um levantamento de analogias usadas para explicar conceitos relativos a equilíbrio químico.
- RAMOS, L. A. *et al*. Utilização do extrato bruto de frutos de *Solanum nigrum L* no Ensino de Química. *Eclética Química*, v. 25, n. 1, p. 229-240, 2000.

  Os autores apresentam propostas de experimentos simples e de baixo custo, utilizando-se de vegetais facilmente encontrados no Brasil, para o trabalho com conceitos básicos de equilíbrio químico, indicadores em titulação para cursos de química geral e até da Lei de Lambert-Beer e de Espectros de Absorção, para cursos de instrumentação.
- RAVIOLO, A. *et al*. Logros y dificultades de alumnos universitarios en equilibrio químico: uso de un test con proposiciones. *Educación Química*, v. 12, n. 1, jan. 2001.

  Os autores apresentam um estudo sobre as dificuldades dos estudantes em relação à compreensão do conceito de equilíbrio químico.
- RAVIOLO, A.; GARRITZ, A. Analogias no ensino do equilíbrio químico. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 27, fev. 2008. Disponível em: <http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc27/04-ibero-3.pdf>. Acesso em: 1º set. 2020.

  Os autores apresentam os resultados de uma revisão bibliográfica sobre analogias utilizadas para ensinar equilíbrio químico.
- SABADINI, E.; BIANCHI, J. C. A. Ensino do conceito de equilíbrio químico: uma breve reflexão. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 25, maio 2007. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc25/ccd02.pdf>. Acesso em: 1º set. 2020.

  A maioria dos livros didáticos de Química direcionados ao Ensino Médio recorre à igualdade das velocidades das reações direta e inversa para justificar o estado de equilíbrio das reações. Esse artigo faz uma breve reflexão sobre o ensino desse importante conceito do ponto de vista termodinâmico.

Resoluções

Atividades (p. 47)

1. As velocidades se igualam, de modo que os dois processos continuam com igual intensidade. Do ponto de vista macroscópico, as propriedades do sistema ficam constantes (cor e volume de cada uma das fases do sistema, por exemplo).
2. De modo geral, isso não acontece. As concentrações se mantêm constantes a partir do momento em que a situação de equilíbrio químico é atingida (as reações direta e inversa ocorrem com a mesma velocidade), o que não pode ser confundido com igualdade de concentrações.
3. O catalisador reduz a energia de ativação das reações direta e inversa. Isso porque a presença do catalisador altera as etapas intermediárias das reações. Com isso, a situação de equilíbrio químico é atingida em menor intervalo de tempo.
4. **a)** $N_2(g) + 3\ H_2(g) \rightleftharpoons 2\ NH_3(g)$

   b) K será calculado por:

   $$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \cdot [H_2]^3} = \frac{(1{,}35)^2}{0{,}325 \cdot (1{,}0)^3} \simeq 5{,}6$$

   c) Porque a constante de equilíbrio só pode ser calculada com base na concentração dos reagentes quando a situação de equilíbrio é atingida, e, para que essa condição seja atingida, é necessário que a concentração das substâncias participantes do processo não mais varie.
5. O catalisador provoca o aumento da velocidade da reação 1.
6. A energia de ativação da reação 1 diminui.
7. Sim. Assim como a energia de ativação da reação 1, ela também diminui.
8. Não, o catalisador não influi nas concentrações finais de C e D.
9. Porque os catalisadores reduzem o tempo necessário para que a situação de equilíbrio químico seja atingida (quando $v_1 = v_2$), por isso aumentam a produtividade industrial.
10. A 2.000 °C, pois nessa temperatura o valor de K_c é maior, o que indica que a concentração do produto, NO(g), é maior do que a 25 °C.

ATIVIDADE PRÁTICA (p. 49)

1. Reversível, pois o sistema volta à condição inicial após cessar a agitação ou quando se retorna à temperatura original.
2. A diminuição da temperatura favorece a dissolução do $CO_2(g)$ na água, portanto, ao agitarmos a garrafa com água mais gelada, há uma menor formação de bolhas. A alteração na temperatura inverte o observado.

REPRODUÇÃO PROIBIDA

3. Sugerimos ficar atento e observar se os estudantes consideram esse processo estático (explicação equivocada, mas que é possível que eles apresentem). Isso permitirá avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes e adequar, em suas aulas, o nível de exploração desse aspecto, um dos mais delicados do capítulo, e o tempo que dedicará a ele.
4. Como o líquido estomacal apresenta caráter ácido elevado, ao ingerirmos o refrigerante, é favorecida a formação de $CO_2(g)$, responsável pela eructação.

Interligações (p. 53)

1. Quando a pressão parcial do O_2 diminui, a concentração do O_2 em mol/L também se reduz. A pressão parcial é dada por:

   $p_x V = n_x RT$ ou $p_x = \frac{n_x RT}{V} \therefore p_{O_2} = [O_2]\,RT$

   Mas, de acordo com a expressão de K_c, se $[O_2]$ diminui, é necessário que o numerador ($[HbO_2]$) também diminua para que a constante se mantenha. Observe a expressão matemática abaixo.

   $$K_c = \frac{[HbO_2]}{[Hb] \cdot [HbO_2]}$$

   Quando uma menor quantidade de O_2 se une à hemoglobina, há o fenômeno da hipóxia, com a consequente sensação de mal-estar.
2. Sabemos que em altitudes elevadas a concentração de O_2 disponível é menor que a necessária para o eficiente transporte de oxigênio pela hemoglobina, isto é, para que se tenha $[HbO_2]$ adequada. De acordo com o raciocínio desenvolvido na questão anterior, quem chega a um desses locais sente falta de ar (hipóxia). Com o tempo, a adaptação do organismo levará a uma nova situação. Assim, quando a $[O_2]$ diminui, para que K se mantenha constante, [Hb] aumenta. Essa consequência não é somente matemática, mas também química, pois, de acordo com a equação $Hb(aq) + O_2(aq) \rightleftharpoons HbO_2(aq)$, quanto menor for a $[O_2]$, maior será a [Hb] que não vai reagir.

Atividades (p. 55)

1. a) Não. A quantidade de matéria de gases dos produtos é maior do que a dos reagentes. Nesse caso, portanto, um aumento da pressão diminuirá o rendimento da reação no sentido indicado.
   b) Não. O aumento da pressão provocaria um favorecimento do equilíbrio no sentido de formação dos reagentes, pois entre os produtos temos um gás.
   c) Sim. Nesse caso, a quantidade de matéria de gases é menor nos produtos da reação do que nos reagentes.
   d) Não, pois a quantidade de matéria de gases nos produtos é equivalente à quantidade de matéria de gases nos reagentes.
2. $N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$
3. O aumento da pressão favorece o equilíbrio no sentido em que há menor quantidade de matéria de gases, ou seja, de formação de amônia. Portanto, é mais interessante aumentar a pressão.
4. Como a variação de entalpia relativa à formação de amônia é negativa, essa reação é exotérmica. Assim, quanto menor a temperatura em que a reação ocorrer, maior será o rendimento em amônia; isso porque a redução da temperatura de um sistema em situação de equilíbrio químico favorece o processo no qual há liberação de calor.
5. a) O catalisador reduz o tempo necessário para que a situação de equilíbrio químico seja atingida.
   b) Sob baixas temperaturas, a situação de equilíbrio químico demora mais tempo para ser atingida, mas a quantidade de amônia obtida é maior, visto que a diminuição da temperatura favorece a reação exotérmica: a formação de amônia.

Atividades (p. 58)

1. A amônia é uma substância-chave para a obtenção de vários produtos economicamente importantes, como gases de refrigeração e adubos nitrogenados, e para a produção de ácido nítrico e explosivos (usados, por exemplo, pela engenharia civil na abertura de túneis em estradas).
2. O condensador permite que se retire gás amônia do sistema, uma vez que ela passa ao estado líquido, favorecendo assim a reação direta de formação de amônia.
3. a) Com o aumento da incidência de luz, é favorecida a reação em que a energia luminosa será absorvida, o que origina a prata metálica. De acordo com o princípio de Le Chatelier, se a reação que utiliza energia luminosa for favorecida, o sistema responderá no sentido de minimizar essa luminosidade.
   b) O raciocínio é inverso ao feito para o item **a**.
4. a) Resposta pessoal. Consulte as orientações nas *Sugestões metodológicas*.
   b)
   - Resposta pessoal. Exemplos: o governo federal, por meio de iniciativas do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, além do Ministério da Educação e Cultura; governos estaduais e municipais, por meio de iniciativas de Secretarias voltadas à Ciência e à Tecnologia; instituições como as Fundações de Amparo à Pesquisa (FAPs), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep); empresas privadas; e organismos internacionais de fomento à Ciência.
   - Algumas mulheres que se destacaram na Química: Tapputi Belatekallim (alquimista babilônica, c. 1.200 a.C.), Maria, a Judia (século I d.C.), Marie-Anne Pierrette Paulze (França, 1758-1836, esposa e auxiliar de Lavoisier), Jane Haldimand Marcet (Inglaterra, 1769-1858) e Marie Sklodowska Curie (Polônia, 1867-1934), além de Dorothy Hodgkin (Inglaterra, 1910-1994), Stephanie Kwolek (Estados Unidos, 1923-2014), Nancy Chang (China, 1950) e outras.

MODERNA

Atividades

(p. 65)

1. A representação do processo que ocorre quando o $NaCH_3COO$ (sal solúvel) é colocado em água:

(I) $NaCH_3COO \xrightarrow{\text{água}} Na^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$

acetato de sódio — íon sódio — íon acetato

(II) $HCH_3COO \rightleftharpoons H^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$

ácido acético — íon hidrogênio — íon acetato

O íon acetato proveniente da dissociação do acetato de sódio (I) aumenta a concentração de um dos produtos da ionização do ácido (II), os íons acetato. De acordo com o princípio de Le Chatelier, isso favorece a associação de parte desses íons H^+, originando mais ácido acético.

2. Como o hidróxido de sódio é uma base forte, temos:

$$\underset{0{,}01\ mol/L}{NaOH(aq)} \longrightarrow \underset{0{,}01\ mol/L}{Na^+(aq)} + \underset{0{,}01\ mol/L}{OH^-(aq)}$$

a) $[OH^-] = 0{,}01\ mol/L$

b) $[Na^+] = 0{,}01\ mol/L$

c) $K_w = [H^+] \cdot [OH^-]$

$10^{-14} = [H^+] \cdot (10^{-2})$

$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{10^{-2}} = 10^{-12}\ mol/L$$

3. Considerando o hidróxido de bário totalmente dissociado em íons, temos:

$$\underset{10^{-5}\ mol/L}{Ba(OH)_2(aq)} \longrightarrow \underset{10^{-5}\ mol/L}{Ba^{2+}(aq)} + \underset{2 \cdot 10^{-5}\ mol/L}{2\ OH^-(aq)}$$

a) $[Ba^{2+}] = 10^{-5}\ mol/L$

b) $[OH^-] = 2 \cdot 10^{-5}\ mol/L$

c) $[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$

$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{2 \cdot 10^{-5}} = 5 \cdot 10^{-10}\ mol/L$$

4. a) $[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{1 \cdot 10^{-5}} = 10^{-9}\ mol/L$$

b) $\underset{x\ mol/L}{H_2SO_4(aq)} \longrightarrow \underset{1 \cdot 10^{-5}\ mol/L}{2\ H^+(aq)} + SO_4^{2-}(aq)$

Como cada mol de H_2SO_4 se ioniza formando 2 mol de H^+, o valor de x será a metade da concentração de H^+ do sistema. Portanto, $x = 5 \cdot 10^{-6}\ mol/L$.

Para transformar a concentração em quantidade de matéria em grama por litro, pode-se utilizar a seguinte proporção:

1 mol de H_2SO_4 ——— 98 g

$5 \cdot 10^{-6}$ mol ——— y

$$y = \frac{5 \cdot 10^{-6}\ mol \cdot 98\ g}{1\ mol}$$

$y = 490 \cdot 10^{-6}$ g ou $4{,}9 \cdot 10^{-4}$ g

Logo, a concentração será igual a $4{,}9 \cdot 10^{-4}\ g/L$.

5. a) De acordo com os dados da tabela, o valor de K_w aumenta.

b) Endotérmica, pois o aumento da temperatura favorece a ionização, o que ocasiona o aumento da constante de ionização da água.

c) De acordo com a tabela, $[H^+] \cdot [OH^-] = 5{,}48 \cdot 10^{-14}$. Como as concentrações de H^+ e de OH^- são iguais na "água pura", ou seja, $[H^+] = [OH^-]$, temos:

$[H^+]^2 = 5{,}48 \cdot 10^{-14} \Rightarrow [H^+] > 1 \cdot 10^{-7}\ mol/L$.

Atividades

(p. 66)

1. a) O meio é ácido para uma solução aquosa de ácido clorídrico.

b) O meio é básico para uma solução aquosa de hidróxido de potássio.

MODERNA

c) Soluções aquosas cujo pH é inferior a 7 são consideradas ácidas.

d) Soluções aquosas cujo pOH é superior a 7 são consideradas ácidas. Lembre-se de que pH + pOH = 14; logo, se o pOH é igual a 8, o pH é igual a 6.

e) Soluções aquosas cujo pH é superior a 7 são consideradas básicas.

f) Soluções aquosas cujo pH é igual a 7 são consideradas neutras.

2. a) Se a solução apresenta pH igual a 2, a concentração de íons H^+ é 10^{-2} mol/L.
Como $[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$, a concentração de OH^- é igual a:

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-2}} = 10^{-12} \text{ mol/L}$$

b) A solução é ácida, pois o valor de pH da solução é inferior a 7.

c) Eles provêm da autoionização da água.

3. Para uma solução de pH = 1, a concentração de íons H^+ é 10^{-1} mol/L ou 0,1 mol/L. Para uma solução de pH = 4, a concentração de íons H^+ é 10^{-4} mol/L ou 0,0001 mol/L, ou seja, é 1.000 vezes menor que a solução de pH igual a 1.

4.

Sistema	$[H^+]$	$[OH^-]$	pH	pOH	Meio
$HClO_4$: 0,1 mol/L	10^{-1} mol/L	10^{-13} mol/L	1	13	ácido
água "pura"	10^{-7} mol/L	10^{-7} mol/L	7	7	neutro
KOH: 0,001 mol/L	10^{-11} mol/L	10^{-3} mol/L	11	3	básico
H_2SO_4: $5 \cdot 10^{-5}$ mol/L	10^{-4} mol/L	10^{-10} mol/L	4	10	ácido

Nota: $H_2SO_4 \rightarrow 2\ H^+ + SO_4^{2-}$, cada molécula de ácido sulfúrico gera duas moléculas de H^+; portanto, a concentração de H^+ é $2 \cdot 5 \cdot 10^{-5}$ mol/L = $1 \cdot 10^{-4}$ mol/L.

Comunicando ideias (p. 68)

1. Resposta variável. Espera-se que os estudantes respondam que na primeira frase não há comprovação científica dessa informação e que frutas cítricas, como as indicadas no texto, são ácidas, ou seja, possuem pH < 7.
2. O pH do estômago humano é ácido. O efeito "alcalino" dessa água seria neutralizado assim que entrasse em contato com o estômago. Se julgar pertinente, você pode levar para a sala de aula algumas publicações sobre o assunto para promover a discussão com os estudantes, disponíveis em:
   - <https://revistagalileu.globo.com/blogs/olhar-cetico/noticia/2014/11/onda-da-agua-alcalina-nao-passa-de-estrategia-de-vendas.html>.
   - <https://saude.abril.com.br/alimentacao/agua-alcalina-nao-cura-nada-e-nem-devolve-a-juventude/>.
   - <https://centrodeobesidadeediabetes.org.br/noticias/alerta-agua-alcalina-nao-traz-melhorias-para-seu-corpo-clique-aqui-e-saiba-tudo/>.
   - <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2018/11/30/propaganda-de-agua-alcalina-e-vetada-esse-produto-tem-beneficios.htm>.
   - <https://edition.cnn.com/2019/01/29/health/alkaline-water-benefits-explainer/index.html>.

   Acessos em: 1º set. 2020.
3. Resposta pessoal. Consulte as orientações nas *Sugestões metodológicas*.

Atividades (p. 69)

1. Uma solução de KOH cujo pH é 13 a 25 °C tem pOH = 1. Portanto, $[OH^-] = 10^{-1}$ mol/L. Ao ser diluída 10 vezes, a concentração de íons OH^- será 10^{-2} mol/L. Seu pOH será 2 e seu pH será 12.
2. a) O nitrato de potássio, que é derivado de uma base forte, hidróxido de potássio (KOH), e de um ácido forte, ácido nítrico (HNO_3), não sofre hidrólise e o meio fica neutro.

   b) O sulfeto de sódio, que é derivado de uma base forte, hidróxido de sódio (NaOH), e de um ácido fraco, sulfeto de hidrogênio (H_2S), por hidrólise, libera íons OH^- tornando o meio básico.
3. A existência de aftas provavelmente está associada a um meio com pH abaixo do normal. A utilização de $NaHCO_3$ (sal derivado de base forte, NaOH, e ácido fraco, H_2CO_3) diminui a acidez do meio, pois o ânion sofre hidrólise.

MODERNA

4. A deterioração de alimentos geralmente é causada por um processo de oxidação, que ocorre pelo contato do alimento com o oxigênio do ar, com a importante participação de microrganismos. É comum observarmos esse processo em frutas, alimentos facilmente perecíveis. Quando cortamos uma maçã ou uma banana, por exemplo, propiciamos a liberação de substâncias do interior de células do vegetal, as quais, ao se oxidarem, resultam em compostos responsáveis pelo escurecimento da fruta. Na aceleração desse processo, participam certas enzimas, as polifenol oxidases. Para que elas possam atuar, favorecendo a oxidação da fruta, o pH deve apresentar valores próximos de 6,0, portanto, ácido. A adição de ácidos, entre outras funções, torna essas enzimas inativas.

ATIVIDADES FINAIS (p. 70)

1. **a)** O erro está na conclusão, porque a diferença de 2 unidades no pH indica uma relação de 100 vezes; o certo seria dizer que o limão é 100 vezes (10^2) mais ácido que a água do rio Negro.
   b) A vantagem é que a acidez da água do rio Negro atua como controlador de vetores impedindo o desenvolvimento do vibrião colérico, bactéria causadora da cólera.
   c) Sugerimos oferecer aos estudantes um prazo para fazerem a pesquisa e, então, socializar os resultados. O engenheiro ambiental ou sanitário reduz ou evita danos causados ao ambiente pelas atividades humanas. Ele pode, por exemplo, construir e gerenciar a operação de sistemas de obtenção e distribuição de água, de coleta e tratamento de esgoto e de descarte ou reciclagem de resíduos sólidos. Também avalia e planeja ações de prevenção da poluição do ar, do solo ou da água causada por indústrias e pela construção de residências em áreas vulneráveis, como encostas e mananciais. Esse profissional precisa ter boas habilidades em Física, Química, Biologia e Matemática, mas também deve ter familiaridade com Sociologia, Geografia e História, já que vai lidar com pessoas e comunidades. Em: <https://guiadoestudante.abril.com.br/profissoes/engenharia-ambiental-e-sanitaria/> (acesso em: 10 ago. 2020), há um vídeo interessante com o depoimento de uma engenheira ambiental sobre seu trabalho.
2. Alternativa **d**. A reação atinge o equilíbrio quando a concentração de reagentes e produtos não mais se altera. No gráfico de Concentração × Tempo, observa-se que isso ocorre no instante t_3.
3. Alternativa **c**.
   I. Correta. A adição de reagente favorece a reação no sentido da formação dos produtos, pois aumenta a velocidade da reação direta.
   II. Incorreta. A adição de NaOH provocará o consumo dos íons H^+ (do ácido). Uma vez que essa base os neutraliza, o equilíbrio será favorecido no sentido da formação dos reagentes: entre eles o cromato, que é amarelo.
   III. Correta. A adição de HCl provoca o efeito do íon comum, pois o ácido clorídrico acrescenta íons H^+ ao sistema.
   IV. Incorreta. A adição de dicromato de potássio (produto) favorece a formação dos reagentes.
4. Alternativa **c**. O aumento de íons H^+ provenientes do HCl presente no suco gástrico tem como efeito favorecer a reação no sentido da formação dos reagentes, gerando mais gás carbônico. Ou seja, o HCl não atua como catalisador.
5. 0-0) Verdadeira. A adição de reagentes favorece o equilíbrio no sentido de formação dos produtos, uma vez que aumenta a velocidade da reação direta.
   1-1) Verdadeira. A diminuição da concentração do produto favorece a reação em que essa substância é formada, aumentando seu rendimento.
   2-2) Falsa. A adição de um catalisador diminui a energia de ativação das reações direta e inversa, mas não interfere no aumento de produção dessas reações.
   3-3) Falsa. O aumento da temperatura favorece a reação no sentido endotérmico, de acordo com o princípio de Le Chatelier.
   4-4) Verdadeira. A diminuição do volume favorece o equilíbrio no sentido da redução da quantidade de matéria, em mol; nesse caso, quando mais NH_3 é formado.
6. Alternativa **b**.
   I. Incorreta. Segundo o gráfico, B e C são consumidos e A é formado ao longo do tempo. Portanto, B e C são reagentes e A é produto.
   II. Correta. Segundo o gráfico, é consumido o dobro da quantidade de C em relação à que foi consumida de B. Portanto, a proporção estequiométrica entre C e B é de 2 : 1. A quantidade formada de A é igual à consumida de B, 1 : 1, portanto, a equação balanceada que representa a reação é: $B + 2\ C \rightarrow A$.
   III. Correta. Trata-se de um equilíbrio químico e não há consumo total de qualquer reagente.
   IV. Incorreta. De acordo com o gráfico, a reação favorecida é a de formação de A. Assim, a constante de equilíbrio será maior que 1.
7. Alternativa **d**. Os gases poluentes que provocam a chuva ácida podem ser neutralizados com soluções aquosas básicas. De acordo com a tabela, a solução de hidrogenofosfato de potássio tem a maior constante de ionização e, portanto, apresenta maior concentração de íons OH^- em solução, considerando que todas as substâncias formam soluções de mesma concentração.
8. Alternativa **e**. De acordo com o enunciado da questão, os íons de cloreto de sódio não são hidrolisados. Portanto, uma solução aquosa desse sal possui o pH de uma "água pura", ou seja, 7. Outra forma de resolver a questão seria:
   $[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$
   Como $[H^+] = [OH^-]$, a concentração de íons H^+ é igual a 10^{-7} mol/L
   $pH = -\log[H^+] = -\log 10^{-7} = 7$
9. Alternativa **d**. Utilizando os dados fornecidos no enunciado da questão:
   $pH = -\log[H^+] = -\log[2 \cdot 10^{-8}]$
   Aplicando a propriedade de produto dos logaritmos:
   $pH = -(\log 2 + \log 10^{-8}) = -(0{,}3 - 8) = 7{,}7$

Capítulo 3

Movimento circular e gravitação universal

Professor indicado

Recomenda-se que esse capítulo seja trabalhado pelo professor de Física.

BNCC – competências e habilidades trabalhadas

Estão indicadas a seguir, a partir da BNCC, competências gerais, competências específicas e habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias cujo desenvolvimento é favorecido no capítulo. Para isso, são apontados os momentos em que seu trabalho pode ser propício.

Competência geral	Justificativa	Página
1	A competência diz respeito à valorização do conhecimento historicamente construído, o que é promovido ao longo de todo o capítulo. As seções **Interligações – A constante de gravitação universal** e **Interligações – Conhecendo a vizinhança**, em especial, valorizam e apresentam a construção do conhecimento científico.	Todo o capítulo
2	Os estudantes trabalham essa competência: ao questionar sobre a ideia de força "*g*" e sua associação ao movimento circular; nos experimentos para determinação da constante universal da gravitação; investigando a relação das marés com as fases da Lua; relacionando o movimento planetário com a queda dos corpos e com buracos negros, discutindo e compreendendo a construção histórica de todos esses conceitos.	76, 79, 83 e 90

Competência específica	Habilidade	Justificativa	Página
1	EM13CNT101	A discussão sobre o que ocorre com os corpos em um movimento circular e o conceito de força "g" trabalha essa habilidade, na seção **Interligações – A força "*g*" e o movimento circular**.	76
2	EM13CNT201	A discussão sobre a determinação do valor da constante universal da gravitação na seção **Comunicando ideias** abrange o trabalho com essa habilidade.	79
	EM13CNT204	Contemplam essa habilidade a discussão sobre a influência da Lua nas marés; a análise da relação entre o movimento planetário e a queda dos corpos próximo à superfície da Terra; e a análise dos buracos negros, nas seções **Interligações – A Lua e as marés**, **Interligações – Conhecendo a vizinhança** e **Interligações – Buracos negros**.	83, 86 e 90
	EM13CNT205	A discussão sobre os buracos negros, na seção **Interligações – Buracos negros**, mostra como as leis da física são bastante limitadas quando aplicamos nosso conhecimento atual para entender os buracos negros, contribuindo para o desenvolvimento dessa habilidade.	90
	EM13CNT209	Os conceitos apresentados explicam as órbitas dos planetas e sistemas solares utilizando os modelos geocêntrico e heliocêntrico e as leis de Kepler.	86 a 90
3	EM13CNT301	A habilidade de elaborar questões e hipóteses e interpretar modelos explicativos para construir, justificar e avaliar conclusões é trabalhada nas seções **Comunicando ideias** e **Interligações – A Lua e as marés**.	79 e 83
	EM13CNT306	A discussão sobre o que ocorre com os corpos em um movimento circular e o conceito de força *g*, na seção **Interligações – A força *g* e o movimento circular**, possibilitam 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.	76

Conhecimentos prévios para melhor aproveitamento do conteúdo

O capítulo trata de conceitos relacionados à Dinâmica e à Astronomia. Alguns desses conceitos já foram discutidos no capítulo 1 e nos anos finais do Ensino Fundamental, sendo imprescindível retomá-los para que haja uma discussão mais aprofundada dos conteúdos que serão tratados aqui.

Os estudantes mobilizarão o que aprenderam sobre o conceito de força e as leis de Newton. Durante o 6º ano, os estudantes entram em contato com as características dos movimentos de rotação e translação da

Terra no trabalho com a habilidade EF06CI14. São abordados ainda elementos da habilidade EF06CI13, pois a Terra é tratada como um corpo esférico durante todas as discussões.

- (EF06CI13) Selecionar argumentos e evidências que demonstrem a esfericidade da Terra.
- (EF06CI14) Inferir que as mudanças na sombra de uma vara (gnômon) ao longo do dia em diferentes períodos do ano são uma evidência dos movimentos relativos entre a Terra e o Sol, que podem ser explicados por meio dos movimentos de rotação e translação da Terra e da inclinação de seu eixo de rotação em relação ao plano de sua órbita em torno do Sol.

No 8º ano, os estudantes entram em contato com as habilidades EF08CI12 e EF08CI13, analisando a Lua no céu, bem como a ocorrência das fases da Lua e dos eclipses, com base nas posições relativas entre Sol, Terra e Lua e representando os movimentos de rotação e translação da Terra.

- (EF08CI12) Justificar, por meio da construção de modelos e da observação da Lua no céu, a ocorrência das fases da Lua e dos eclipses, com base nas posições relativas entre Sol, Terra e Lua.
- (EF08CI13) Representar os movimentos de rotação e translação da Terra e analisar o papel da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à sua órbita na ocorrência das estações do ano, com a utilização de modelos tridimensionais.

No 9º ano, os estudantes expandem a compreensão sobre a composição do Universo, ao desenvolver as habilidades EF09CI14, EF09CI15 e EF09CI17.

- (EF09CI14) Descrever a composição e a estrutura do Sistema Solar (Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores), assim como a localização do Sistema Solar na nossa Galáxia (a Via Láctea) e dela no Universo (apenas uma galáxia dentre bilhões).
- (EF09CI15) Relacionar diferentes leituras do céu e explicações sobre a origem da Terra, do Sol ou do Sistema Solar às necessidades de distintas culturas (agricultura, caça, mito, orientação espacial e temporal etc.).
- (EF09CI17) Analisar o ciclo evolutivo do Sol (nascimento, vida e morte) baseado no conhecimento das etapas de evolução de estrelas de diferentes dimensões e os efeitos desse processo no nosso planeta.

Objetivos do capítulo

Ao final deste capítulo, o estudante deverá ser capaz de:

- Reconhecer a resultante centrípeta como responsável pela alteração do vetor velocidade nos movimentos circulares.
- Identificar a resultante centrípeta nas situações em que o movimento é circular ou semicircular.
- Resolver problemas que contenham corpos em movimento circular sob a ação de um conjunto de forças.
- Descrever o movimento dos corpos celestes com base nas três leis de Kepler.
- Aplicar as leis de Kepler em situações-problema, identificando as bases fenomenológicas que as sustentam.
- Perceber que os movimentos de corpos orbitando ao redor da Terra são regidos pelas mesmas leis vigentes no Sistema Solar.
- Estabelecer as relações entre as concepções de Universo ao longo da história e identificar o contexto em que estão inseridas.
- Apresentar a interferência da gravidade lunar sobre os fenômenos das marés.

A compreensão do conceito de força como causadora de aceleração e, portanto, agente capaz de alterar o vetor velocidade, além das ideias de atração gravitacional, é fundamental para entender o movimento dos astros e relacioná-lo com a queda dos corpos próximo à superfície. A análise histórica do desenvolvimento das teorias sobre o movimento dos astros contribui para compreender como se dá a produção do conhecimento científico.

Sugestões metodológicas

Para começo de conversa (p. 72)

Inicie a aula pedindo aos estudantes que observem a imagem de abertura do capítulo e leia a questão proposta. Aguarde as respostas e estimule a participação da turma. Em seguida, continue a leitura, sempre incentivando os estudantes a responder oralmente às perguntas que são feitas no decorrer do texto. É importante sensibilizar a turma para o tema e estimular a reflexão sobre ele para mostrar que a discussão deste capítulo está ligada a uma série de situações no nosso dia a dia.

Ouça atentamente as respostas e valorize o conhecimento prévio de cada um, corrigindo deslizes conceituais cometidos pela turma sem se aprofundar, o que será feito no andamento do capítulo. É provável que alguém fale sobre atração gravitacional durante a discussão. Aproveite para destacar que tal conhecimento será desenvolvido ao longo do capítulo.

O giro e a força centrípeta (p. 72)

Inicie a discussão perguntando aos estudantes se já perceberam que, quando giram um barbante com uma pedra (ou qualquer outro corpo) presa em uma das extremidades e o soltam repentinamente, a tendência da pedra é escapar pela tangente. Pergunte se já ouviram a expressão "sair pela tangente", usada quando um veículo perde o controle em uma curva. Explique que, para qualquer mudança de direção do vetor velocidade de um corpo, é necessário que uma força ou um conjunto delas atue perpendicularmente a esse vetor. É o que acontece quando um corpo faz curvas ou descreve um movimento circular, por exemplo. Se não houvesse essa força, a inércia faria o corpo seguir em linha reta, ou seja, "sair pela tangente". Comente que, pelo fato de essa força ser perpendicular ao vetor velocidade, ela terá direção radial e deverá apontar para o centro da curva – daí o nome **centrípeta** –, garantindo que o corpo percorra uma curva. Nomeie-a como força ou resultante centrípeta. Enfatize que, se um corpo está fazendo curva, deve haver uma força, um componente de força ou o efeito de um conjunto de forças apontando para o centro da curva. Sem esse agente, o vetor velocidade não varia em direção.

É provável que os estudantes citem o termo "centrífuga" em oposição a "centrípeta". Isso ocorrendo, convém destacar a importância do referencial, inercial ou não. Comente que em um carrossel girando a sensação é de sermos jogados para fora, de modo semelhante à água em uma lavadora centrifugando. Nesses casos, utiliza-se o termo "força centrífuga" tomando por base o referencial no objeto que gira, não fora dele, como ocorre na observação do movimento de automóveis que ficam presos à curva em função do atrito dos pneus com o piso.

MODELO

Em seguida, explique que uma das consequências possíveis da ação de uma força é o surgimento de aceleração. Relembre que a 2ª lei de Newton trata dessa situação e explore a expressão matemática correspondente. No caso da força centrípeta, haverá o surgimento de uma aceleração chamada também de centrípeta, com a mesma direção e o mesmo sentido da resultante centrípeta. Apresente a expressão da aceleração centrípeta e, em seguida, a da força ou resultante centrípeta, fazendo a relação com a 2ª lei de Newton. Chame atenção para o uso das unidades corretas, para que a força ou resultante seja calculada em newtons: massa em quilograma, velocidade em m/s e raio em metro, todas no SI.

Sugestão de atividade complementar

Se achar adequado e necessário, faça a demonstração da expressão da aceleração centrípeta, disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20021/MariaInes/tex04mcu.html>. Um trabalho mais detalhado está disponível em: <https://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2018_Ronaldo_Ayres/dissertacao_Ronaldo_Ayres.pdf> (acessos em: 5 ago. 2020), com demonstrações matemáticas de nível superior.

A força centrípeta em ação (p. 74)

Este tópico é importantíssimo, pois trata das três forças que normalmente aparecem como centrípetas na maioria das situações exploradas no Ensino Médio. Trabalhe-as detalhadamente para garantir que os estudantes não façam confusão entre elas.

A primeira análise é feita com a força de atrito. Explique que, quando um veículo precisa fazer uma curva, o volante é esterçado, e da interação dos pneus com o asfalto surge o atrito lateral citado no texto. Comente que os pneus "empurram" o asfalto, que reage "empurrando" os pneus e permitindo que o veículo faça a curva. Use o desenho do livro para mostrar que o atrito é a única força para o centro da curva e, por isso, é a resultante centrípeta.

Em seguida, destaque a influência da velocidade do corpo e do raio da curva. Incentive os estudantes a refletir sobre como cada um desses elementos interfere na resultante centrípeta e demonstre na expressão matemática. Comente que sempre é mais difícil fazer curvas mais fechadas (raio menor) e/ou em alta velocidade, por ser necessária uma resultante maior.

Resolva o exemplo do livro e comente que, se a velocidade do carro fosse maior do que aquele valor, a resultante necessária também seria maior, e o atrito não seria suficiente para que o veículo fizesse a curva. Se achar necessário, comente as influências dos pneus e o fato de o asfalto estar seco ou molhado.

A segunda análise é feita com a força de tração atuando como resultante centrípeta ou como uma das forças componentes dela. Discuta o primeiro exemplo do livro, sobre o corpo apoiado em uma superfície plana e horizontal, para mostrar que a tração é a única força para o centro da curva e, por isso, é a resultante centrípeta; discuta o equilíbrio entre normal e peso. Resolva o exemplo do livro, chamando atenção para a necessidade da conversão de unidades.

Em seguida, trate da ação da tração na vertical, usando os exemplos do texto. Discuta detalhadamente a diferença entre o que ocorre quando o corpo está no ponto mais alto e no ponto mais baixo da trajetória. Destaque que a resultante entre peso e tração é a resultante centrípeta e que não se trata de uma nova força. Resolva os exemplos numéricos e comente a diferença entre os valores de tração na parte mais alta e na parte mais baixa. Aponte que, nas duas situações, a tração é fundamental para que se possa alterar a direção do vetor velocidade, fazendo que o corpo gire.

A terceira análise é feita com a normal como parte da resultante centrípeta em um plano vertical. Discuta detalhadamente a diferença entre o que ocorre quando o corpo está no ponto mais alto e no ponto mais baixo da trajetória. Destaque que a resultante entre peso e normal é a resultante centrípeta e que não se trata, novamente, de uma nova força. Resolva os exemplos numéricos e comente a diferença entre os valores da normal na parte mais alta e na parte mais baixa. Relembre que a normal está associada à compressão exercida na superfície e, assim, quando o carro passa pelo ponto mais alto da curva, ela é diminuída, indicando que seu contato também diminui, e que o carro se "descola" um pouco da pista. No ponto mais baixo, essa normal se intensifica, aumentando o contato do carro com a superfície. Nesse caso, ela é fundamental para impedir que o carro "afunde" na curva. Resolva os exemplos do livro detalhadamente.

Em seguida, peça aos estudantes que avaliem o que aconteceria com pessoas no interior do carro. Relembre que a normal é a responsável pela sensação de peso percebida no nosso dia a dia, pois está relacionada à compressão exercida na superfície de apoio. Os exemplos do veículo mostram que ela pode variar, ao contrário do peso. Assim, nos corpos no interior do carro, a situação seria a mesma. Isso explica por que, quando o carro passa por uma lombada rapidamente, temos a sensação de leveza ou frio na barriga: nosso corpo se descola do banco, e a normal diminui. A situação de aumento da normal é mais perceptível se pensarmos no que acontece com um carrinho no trecho mais baixo quando uma montanha-russa está fazendo curva. Para que seja possível realizar essa curva, atua uma normal bem intensa, que altera o vetor velocidade e dá uma sensação de estarmos mais pesados, afundando no assento, pois a compressão aumenta. Há uma discussão detalhada sobre a variação das forças em um pêndulo disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=pendulo-no-ponto-mais-baixo-de-sua-trajetoria> (acesso em: 25 jul. 2020).

Sugestão de atividade complementar

Você pode incentivar os estudantes a realizar a simulação disponível em: <https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/carousel_pt.htm> (acesso em: 25 jul. 2020), para identificar as forças que atuam no carrossel e como a variação dos parâmetros pode influenciá-las.

Interligações (p. 76)

Faça a leitura do texto com os estudantes, parando sempre que achar necessário destacar alguma informação importante ou se surgirem dúvidas. Trata-se de uma oportunidade de um trabalho conjunto com o colega de Biologia para explorar mais detalhadamente a situação.

Destaque a importância da análise da força *g* para o automobilismo e para a aviação militar, chamando atenção para os efeitos no corpo dos pilotos. Comente também as estratégias que foram desenvolvidas ao longo dos anos para minimizar os efeitos. Mais informações sobre a força *g* podem ser encontradas em: <https://gizmodo.uol.com.br/por-que-o-corpo-humano-nao-consegue-suportar-aceleracoes-bruscas/> (acesso em: 25 jul. 2020).

Em seguida, peça aos estudantes que respondam às questões individualmente ou em grupo, de acordo com a conveniência. Depois, estimule a leitura das respostas e a troca de informações entre eles. Repita a mesma estratégia para as atividades na sequência.

A Lua cai mesmo? (p. 78)

Comece a discussão relembrando que a força peso é responsável por atrair os corpos para a superfície da Terra e, por isso, os corpos caem sempre que os abandonamos próximo à superfície do planeta. Faça um desenho de um corpo, nos moldes do que está no livro. Em seguida, discuta com os estudantes o que acontece se esse corpo for lançado horizontalmente, analisando a relação entre o valor da velocidade e seu alcance. Despreze a resistência do ar. Por fim, use o desenho da montanha e suponha um corpo sendo lançado do seu topo com velocidades cada vez maiores.

Destaque que, a partir de certo valor de velocidade, esse corpo entra em "órbita" e consegue se movimentar contornando o planeta. Comente que esse comportamento permitiu a Isaac Newton deduzir que a força com que a Terra atrai um corpo próximo à sua superfície tem a mesma natureza da força trocada entre astros no espaço. Essa unificação será tratada detalhadamente mais adiante.

Newton concluiu que a força trocada, por exemplo, entre a Terra e a Lua é uma resultante centrípeta que garante o movimento da Lua em torno da Terra e que essa força está relacionada à atração entre os corpos que possuem massa. A força gravitacional, funcionando como resultante centrípeta, tem o mesmo efeito das situações discutidas anteriormente no capítulo. A Lua, por inércia, tende a continuar seu movimento em linha reta, mas a força centrípeta a impede de fazer isso, alterando a direção do seu vetor velocidade e fazendo-a descrever um movimento circular.

Reforce a ideia de que massa atrai massa. Esse conceito pode causar alguma estranheza inicialmente em alguns estudantes, que podem perguntar algo como "Meu corpo está sendo atraído pelo livro?" ou "Minha caneta está sendo atraída pelo estojo?". Comente que essas forças existem de fato, mas são muito pequenas para serem perceptíveis. Destaque que o peso é a força de atração gravitacional trocada entre os corpos e os astros em que eles se encontram.

Faça um desenho como o da página 79 na lousa. Incentive os estudantes a deduzir do que depende a força de atração gravitacional. Direcione a discussão, questionando sobre a influência da massa e da distância. Por fim, escreva a expressão matemática e acrescente a constante universal da gravitação. Explique que as forças têm o mesmo valor nos dois corpos, pois elas são provenientes do par ação-reação. Chame a atenção para as unidades adequadas de massa, de distância entre os corpos e da constante. Resolva o exemplo do livro.

Em seguida, peça aos estudantes que realizem as atividades individualmente ou em grupo, de acordo com a conveniência. Depois, estimule a leitura das respostas e a troca de informações entre eles.

Sugestão de atividade complementar

Se achar adequado e necessário, faça a demonstração da unidade da constante universal da gravitação, isolando-a na expressão da força de atração gravitacional. Trata-se de um exercício interessante de manipulação de unidades, que pode ser útil aos estudantes sempre que precisarem determinar a unidade de uma constante desconhecida.

Explore a discussão sobre a dependência da força de atração gravitacional com a distância e a massa dos corpos. Use os exemplos do texto. Pode ser uma ótima oportunidade para um trabalho conjunto com o professor de Matemática. Uma estratégia possível é resolver a expressão da lei de atração gravitacional para duas situações, como as da página 80, e mostrar a influência da distância nesse caso. Repita o raciocínio para as massas.

Comunicando ideias (p. 79)

Faça a leitura com os estudantes, parando sempre que achar necessário destacar alguma informação importante ou se surgirem dúvidas. O texto trata de como Henry Cavendish determinou o valor da constante universal da gravitação. Em seguida, faça o cálculo da força de atração gravitacional sugerida no texto e mostre que seu valor é muito pequeno, por exemplo, se comparado ao peso de cada um. Faça ainda o cálculo com a expressão da 2ª lei de Newton, mostrando que a aceleração causada no corpo por aquela força é insignificante. Comente que estamos interagindo com diversos corpos ao nosso redor e que trocamos forças gravitacionais com todos eles.

O peso varia e a massa se conserva (p. 81)

Inicie a discussão comentando que os físicos criaram o conceito de campo para justificar a ação de forças que atuam a distância, como a gravitacional. Corpos que possuem massa alteram a região do espaço onde se encontram e criam em todos os pontos uma propriedade chamada de **campo gravitacional**, de modo que todo corpo que for colocado em um ponto onde existe campo gravitacional ficará sujeito à ação de uma força de atração gravitacional. Comente o exemplo do texto, sobre os campos da Lua e da Terra.

Em seguida, explique que o campo gravitacional é caracterizado pelo vetor campo gravitacional ou aceleração da gravidade (g). Faça a dedução da expressão matemática de g como feita no texto, usando o desenho da página 82. Chame a atenção para as unidades adequadas de massa, distância entre os corpos e da constante. Destaque que o campo gravitacional não depende da massa do corpo que foi colocado no ponto, e, consequentemente, sua queda dependerá de quem cria o campo, e não da própria massa. Incentive os estudantes a refletir sobre a relação do campo gravitacional em um ponto do espaço com a massa do corpo que o cria. Reforce que a distância utilizada é entre o centro do corpo que cria o campo e o ponto de interesse, por isso o uso de $R + h$ ou R no texto.

Resolva o exemplo numérico do texto e comente que obtemos o valor já conhecido para a gravidade. Ele mostra que um corpo que cai próximo à superfície da Terra, desprezando a resistência do ar, desenvolve essa aceleração. Outra interpretação possível para o vetor campo gravitacional é a de que cada quilograma de massa abandonado próximo à superfície ficará sujeito a uma força de 9,8 N. Assim, pode-se fazer a relação com a expressão do peso.

Na sequência, aproveite o esquema da página 82, com o valor da gravidade em diferentes astros do Sistema Solar, para comentar que cada um desses corpos possui valores

REPRODUÇÃO

diferentes de aceleração da gravidade, pois têm massas e raios diferentes. Isso leva a uma conclusão importantíssima, que é a de que o peso dos corpos pode variar em função do local onde se encontram no Universo. A massa permanece sempre a mesma, pois está relacionada à inércia dos corpos.

Aproveite os esquemas da página 83 para demonstrar os efeitos da Lua nas diferentes fases e discuta as tábuas de maré do texto. Destaque a diferença entre as alturas das marés altas e baixas e o impacto que isso causa na realização de atividades, como a pesca e o turismo.

Sugestão de atividade complementar

Você pode incentivar os estudantes a construir o próprio sistema planetário e entender as órbitas dos corpos pela simulação disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/my-solar-system/my-solar-system_pt_BR.html>. Para entender como a mudança de parâmetros influencia nas órbitas e nas forças gravitacionais, proponha o uso da simulação disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/gravity-and-orbits> (acessos em: 26 jul. 2020).

Interligações (p. 83)

Faça a leitura com os estudantes, parando sempre que julgar necessário destacar alguma informação ou se surgirem dúvidas. O texto trata da influência da Lua nas marés. Trata-se de uma excelente oportunidade para trabalhar com o professor de Geografia, pois permite uma relação entre a explicação do fenômeno das marés sobre o ambiente e a possibilidade da implantação de usinas maremotriz e seus impactos na sociedade e no ambiente.

Órbitas e imponderabilidade (p. 84)

Inicie a discussão falando sobre os astronautas que flutuam dentro de uma nave, dando a impressão de não estarem sujeitos à força de atração gravitacional. Explique que a força existe e que a nave está "caindo", assim como a Lua cai em direção à Terra. Esse efeito é conhecido como imponderabilidade e ocorre sempre que um corpo tem aceleração igual àquela que teria em queda livre. Desse modo, os corpos não pressionam a superfície em que estão apoiados, e há impressão de ausência de peso. Comente que os astronautas fazem treinamento na Terra antes de se submeter a esse tipo de situação, para que seu corpo possa se acostumar. Há mais informações disponíveis em: <https://fisicanaveia.blogosfera.uol.com.br/2017/06/17/imponderabilidade-ponto-pro-bial/> (acesso em: 26 jul. 2020).

Na sequência, trate dos satélites de diferentes tipos que orbitam nosso planeta. Explique que a força de atração gravitacional entre eles e a Terra é a resultante centrípeta e que o movimento deles é semelhante ao da Lua. Os satélites possuem velocidade e são atraídos pelo planeta. Faça a dedução do cálculo da velocidade, como demonstrado no texto. Chame atenção para o fato de que a velocidade de órbita não depende da massa do satélite, mas da altitude em que ele se encontra.

Destaque os satélites geoestacionários ou geossíncronos, os mais explorados em situações estudadas no Ensino Médio. Eles recebem essas denominações porque estão parados em relação a um ponto da Terra, tendo, portanto, o mesmo período de rotação que ela (cerca de 24 horas). Esses satélites são bastante utilizados para telecomunicações, por exemplo. A dedução da altitude em que eles se encontram pode ser obtida em <http://www.astronoo.com/pt/artigos/orbita-geoestacionaria.html> (acesso em: 26 jul. 2020). Resolva o exemplo numérico do livro para determinar a velocidade desses satélites.

Interligações (p. 86)

Faça a leitura com os estudantes, parando sempre que achar necessário destacar alguma informação ou se surgirem dúvidas. O texto trata da unificação de conceitos na Física e do movimento dos astros em torno do Sol. Trata-se de uma excelente oportunidade para trabalhar com o professor de Geografia, pois permite uma relação com discussões sobre o Universo.

Chame a atenção para o fato de que todos os astros do Sistema Solar trocam forças de atração entre si, e elas ajudam a definir a órbita de todos os corpos. Reforce a relação entre o movimento dos astros e a discussão proposta no início do capítulo com a resultante centrípeta. Enfatize que a órbita se dá em torno do Sol porque ele possui massa muito maior do que qualquer outro astro do Sistema Solar.

Em seguida, peça aos estudantes que respondam à questão proposta individualmente ou em grupo, de acordo com a conveniência. Depois, estimule a leitura das respostas e a troca de informações entre eles. Repita a mesma estratégia para as atividades na sequência.

Terra e Sol: sempre foi assim? (p. 87)

Esse tópico é de suma importância, pois a discussão dele envolve a evolução da Ciência ao longo do tempo: nunca com verdades absolutas. Além disso, mostra que a Ciência é uma construção humana, estando sujeita a interferências políticas, religiosas e sociais. Trata-se de uma excelente oportunidade para trabalhar com o professor de História, pois permite uma relação do tema com discussões sobre períodos históricos e desenvolvimento da sociedade.

Inicie a discussão comentando que hoje se sabe que nosso planeta e os outros do Sistema Solar orbitam o Sol, mas que esse fato nem sempre foi conhecido ou aceito. Explique o modelo geocêntrico, concebido por Aristóteles no século IV a.C., aproveitando a imagem da página 87, que mostra a Terra no centro e os outros astros orbitando ao seu redor. Comente que essa percepção está relacionada às ideias vigentes na época. O referencial estava em nosso planeta, e as pessoas acreditavam que todos os astros giravam ao redor da Terra. Comente o movimento de "laçadas" e os epiciclos propostos por Ptolomeu para justificar o movimento de alguns astros.

Depois, trate da proposta de modelo heliocêntrico realizada por Copérnico, com o Sol no centro do Universo e os outros astros descrevendo circunferências ao seu redor. Trate da importância de Galileu e de seus estudos para a validação desse modelo, além do aperfeiçoamento do telescópio realizado por ele, o que permitiu diversas observações mais aprofundadas. Discuta os problemas que Galileu teve por defender essa ideia, inclusive sua prisão domiciliar até o fim da vida. Para mais informações sobre o trabalho de Galileu, consulte: <http://www.sbfisica.org.br/v1/portalpion/index.php/artigos/26-galileu-galilei-o-mensageiro-das-estrelas> (acesso em: 27 jul. 2020).

EM MODERNA

Para entender melhor as narrativas desenvolvidas durante essa evolução de ideias, consulte o artigo "Narrativas históricas: gravidade, sistemas de mundo e natureza da ciência", disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/2175-7941.2014v32n1p99/29039> (acesso em: 27 jul. 2020).

Trate também das contribuições de Tycho Brahe para a Astronomia e sua importância para que Kepler pudesse avançar mais alguns passos e formular suas três leis. Discuta-as detalhadamente, aproveitando as imagens do livro. A 1ª lei trata do movimento elíptico dos planetas. Trata-se de uma excelente oportunidade para trabalhar com o professor de Matemática para melhor definição dessa forma geométrica. Destaque que, apesar de as órbitas serem elípticas, sua excentricidade é muito pequena, assemelhando-se a circunferências.

Nomeie afélio e periélio. Na sequência, trate da 2ª lei, a das áreas. Destaque o vetor que "varre" as áreas. Aproveite a figura do livro para discutir a maior velocidade do planeta no periélio e a menor no afélio. Comente que o deslocamento Δs_1 é maior que o deslocamento Δs_2, como mostrado na figura, e que o intervalo de tempo necessário para sua realização é o mesmo. Sendo assim, a velocidade de movimento do planeta na região mais próxima do Sol é maior do que na mais afastada. Por fim, trate da 3ª lei, comentando que, quanto mais afastado o planeta está do Sol, maior será seu período de translação. Apresente a expressão matemática e comente os dados da tabela da página 89, mostrando que, para todos os astros do Sistema Solar, a relação entre o quadrado do período e o cubo do raio médio da órbita é praticamente constante. Enfatize que esse valor é o mesmo, pois estamos tratando de planetas que giram ao redor do mesmo astro. Para qualquer outro astro definido como referência, o valor será diferente.

Se julgar conveniente, comente com os estudantes que na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias é comum encontrar leis como as de Kepler (ou de Newton), que descrevem fenômenos ou permitem resolver situações-problema as quais, quando abstraídas, apresentam características similares. Dessa maneira, as estratégias de resolução empregadas podem ser bastante próximas, ou até idênticas. Essa abordagem de estudo e resolução que permite o reaproveitamento de estratégias dialoga com o pilar do **reconhecimento de padrões** do pensamento computacional.

Sugestão de atividade complementar

A série documental "O Universo", do *The History Channel*, traz um episódio chamado "Além do *Big Bang*". Sua parte inicial trata da evolução dos modelos planetários e da contribuição dos diversos cientistas ao longo da história, sendo um excelente complemento para a aula. Esse vídeo pode ser indicado para os estudantes ou visto em sala, de acordo com as possibilidades.

Interligações (p. 90)

Faça a leitura do texto com os estudantes, parando sempre que achar necessário destacar alguma informação importante ou se surgirem dúvidas. Ele trata, primeiramente, da função de um acelerador de partículas para tratar dos buracos negros, próximo tema abordado na seção.

Aproveite para retomar o conceito de atração gravitacional e o de campo gravitacional para comentar os efeitos do buraco negro. Em seguida, peça aos estudantes que respondam à questão individualmente ou em grupo, de acordo com a conveniência. Depois, estimule a leitura das respostas e a troca de informações entre eles. Repita a mesma estratégia para as **Atividades** e as **Atividades finais** na sequência.

Avaliação

A avaliação deve ocorrer de forma contínua, com aspectos qualitativos sendo sempre preponderantes sobre os quantitativos. O desenvolvimento do capítulo ao longo das aulas permite que o professor avalie o aprendizado dos estudantes empregando as questões propostas nas seções **Atividades** e **Interligações**. A produção de cada estudante também deve ser levada em consideração de diferentes maneiras, contemplando, inclusive, a realização de provas finais, que devem ser analisadas e comentadas após a correção. Outra possibilidade seria a construção de um sistema planetário em grupos, para ser apresentado em uma feira de ciências ou outro espaço da escola. A relação entre os pares possibilita grande desenvolvimento intelectual.

Bibliografia complementar

- GALILEI, Galileu. *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano*. Tradução, introdução e notas: Pablo Rubén Mariconda. 3. ed. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia: Editora 34, 2011.
  É uma das obras mais importantes da história da Ciência, publicada em 1632 e proibida pela Inquisição. Galileu defende de modo corajoso a liberdade de pesquisa científica, contra todas as imposições da Igreja, e prova o modelo heliocêntrico de Copérnico por meio de uma elaborada teoria das marés, usando três personagens.

Resoluções

Interligações (p. 76)

1. Como a única resultante sobre ele será a resultante centrípeta, logo:
   $R_{cp.} = m \cdot a \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{R} = m \cdot a \Rightarrow v^2 = R \cdot a \Rightarrow$
   $\Rightarrow v = \sqrt{R \cdot a} = \sqrt{50 \cdot 1{,}25 \cdot 10} \Rightarrow v = 25 \text{ m/s}$
2. Como 180 km/h = 50 m/s, a aceleração na largada é:
   $v = v_0 + a \cdot t \Rightarrow 50 = 0 + a \cdot 5 \Rightarrow a = 10 \text{ m/s}^2$
   A aceleração na curva é:
   $R_{cp.} = m \cdot a \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{R} = m \cdot a \Rightarrow v^2 = R \cdot a \Rightarrow$
   $\Rightarrow a = \frac{v^2}{R} = \frac{50^2}{100} = 25 \Rightarrow a = 25 \text{ m/s}^2$
   Assim, a aceleração na largada é aproximadamente igual à gravidade, enquanto na curva ela é aproximadamente 2,5 vezes maior.

Atividades (p. 77)

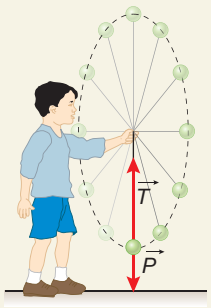
1. Caso não se segure ao fazer a curva, como está sem cinto, o motorista será lançado de encontro à porta do carro. O carro empurrará o motorista com uma

MODERNA

força que impedirá que este continue em linha reta por inércia. Se, por qualquer razão, a porta do carro se abrir, o motorista se moverá em uma direção tangente à curva. Logo, a resultante centrípeta sobre o motorista é a força com que a porta do carro o empurra para o centro da trajetória circular.

Relacione essa explicação com o que acontece com as pessoas principalmente ao viajarem no banco de trás de um carro.

2. a) Temos a seguinte representação no ponto mais baixo da trajetória:



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

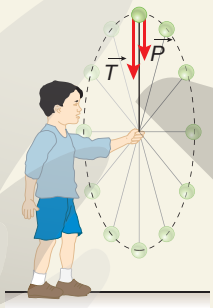
Observando a figura, temos as forças de tração e peso atuando na pedra no ponto mais baixo. Para que o movimento circular continue a ser executado, é necessário que haja uma resultante centrípeta. Isso quer dizer que a força que aponta para o centro, no caso, a tração, deve ter maior intensidade que a força que aponta no sentido contrário, no caso, o peso. Assim, temos:

$R_{cp} = T - P \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{R} = T - m \cdot g$

Logo:

$T = 0{,}2 \cdot 10 + \frac{0{,}2 \cdot 6^2}{0{,}3} \therefore T = 26 \text{ N}$

b) Temos a seguinte representação no ponto mais alto da trajetória:



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

No ponto mais alto, tanto o peso da pedra quanto a tração apontam para o centro da trajetória. Logo, a resultante centrípeta terá intensidade equivalente à soma dos módulos das duas forças. Assim, temos:

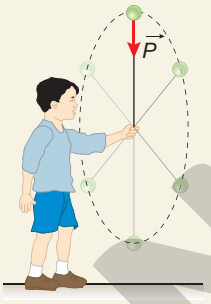
$R_{cp} = T + P \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{R} = T + m \cdot g$

Logo:

$T = \frac{0{,}2 \cdot 6^2}{0{,}3} - 0{,}2 \cdot 10 \therefore T = 22 \text{ N}$

Os valores da tração no fio diminuem conforme a pedra atinge o ponto mais alto da trajetória. Para a velocidade dada no problema, o menor valor de tração é 22 N, quando o peso da pedra atua inteiramente no sentido do centro da trajetória.

c) Conforme a velocidade diminui, a tração no ponto mais alto também fica menor. A trajetória se manterá circular enquanto houver alguma tração no fio. No limite, se a tração for nula, a pedra ficará na iminência de cair e estará na sua velocidade mínima. Note que a velocidade mínima não pode ser nula, pois, se fosse, a pedra pararia no ponto mais alto e certamente cairia.



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

No ponto mais alto, temos: $R_{cp} = P + T$

Na velocidade mínima, $T = 0$. Logo:

$R_{cp} = P \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{R} = m \cdot g \Rightarrow v = \sqrt{R \cdot g} \Rightarrow v = \sqrt{0{,}3 \cdot 10}$

$\therefore v \simeq 1{,}7 \text{ m/s}$

Destaque a conversão de unidades.

3. No ponto mais alto do *looping*, a resultante centrípeta sobre o passageiro será:

$R_{cp} = N + P \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{R} = N + m \cdot g$

Então:

$N = \frac{80 \cdot 12^2}{8} - 80 \cdot 10 \therefore N = 640 \text{ N}$

No ponto mais baixo do *looping*, a resultante centrípeta sobre o passageiro será:

$R_{cp} = N - P \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{R} = N - m \cdot g$

Como a velocidade linear é constante, temos:

$N = \frac{80 \cdot 12^2}{8} + 80 \cdot 10 \therefore N = 2.240 \text{ N}$

4. Nesse caso a força centrípeta é a responsável por manter a trajetória curvilínea do automóvel e, como o carro não derrapa, a reação para essa força será a força de atrito estática máxima nos pneus.

$R_{cp} = F_{at.} \Rightarrow \frac{80 \cdot 12^2}{R} = \mu \cdot m \cdot g \Rightarrow$

$\Rightarrow v = \sqrt{\mu g R} = \sqrt{0{,}6 \cdot 10 \cdot 120} \Rightarrow v = 12\sqrt{5} \text{ m/s}$

5. Velocidade do avião: $v = 504 \text{ km/h} = 140 \text{ m/s}$. No ponto mais baixo da trajetória, as forças que atuam sobre o piloto são o seu peso e a força normal, exercida pelo assento do avião. Então, a resultante centrípeta sobre o piloto é:

$R_{cp} = N - P = \frac{m \cdot v^2}{R} \Rightarrow N - 70 \cdot 10 = \frac{70 \cdot 140^2}{250}$

$\therefore N = 6.188 \text{ N}$

Sendo $P = 700 \text{ N}$, a força que o assento exerce é cerca de nove vezes maior que o peso do piloto, pois:

$\frac{6.188}{700} = 8{,}84$

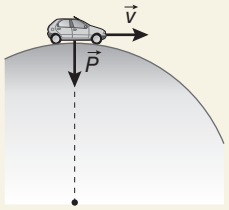
MODERNA

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

6. a) A resultante centrípeta sobre o carro tem intensidade dada por:

$R_{cp} = \frac{m \cdot v^2}{R}$

Assim, quando o carro tem velocidade máxima, a resultante centrípeta é máxima; isso ocorre quando $N = 0$, pois: $R_{cp} = P - N$

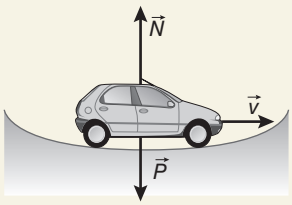


Se $N = 0$, $R_{cp} = P$, então:

$R_{cp} = \frac{m \cdot v^2}{R} = P \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{R} = m \cdot g \Rightarrow \frac{v^2}{R} = g \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{v^2}{250} = 10 \therefore v = 10 \therefore v = 50$ m/s

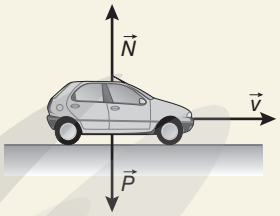
b) Na posição B, temos:



$R_{cp} = N - P = \frac{m \cdot v^2}{R} \Rightarrow N - 1.500 \cdot 10 = \frac{1.500 \cdot 50^2}{250}$

$\therefore N = 30.000$ N

No trecho retilíneo (ponto O):



$N = P \Rightarrow N = m \cdot g \Rightarrow N = 1.500 \cdot 10$

$\therefore N = 15.000$ N

Então, no ponto B a reação do piso da estrada sobre o carro tem intensidade duas vezes maior que no ponto O.

Comunicando ideias (p. 79)

$F = G\frac{M_1 \cdot M_2}{d^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{80 \cdot 80}{2^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow F \simeq 1{,}06 \cdot 10^{-7}$ N

A intensidade dessa força é baixa demais para deslocar as pessoas uma em direção à outra.

Atividades (p. 80)

Nessas atividades, os estudantes devem determinar, por meio da interpretação da situação e da aplicação dos dados na equação, o módulo da força gravitacional de interação entre duas massas separadas de uma distância e dispostas no espaço. O processo de identificação das variáveis e substituição de seus valores na equação para resolver um problema pode ser comparado à execução manual de um **algoritmo**, um dos pilares do pensamento computacional.

1. A força de atração gravitacional entre a pessoa e a Terra será:

$P = F = G \cdot \frac{M_{Terra} \cdot M_{pessoa}}{R^2} \Rightarrow P =$

$= 6{,}7 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6{,}0 \cdot 10^{11} \cdot 6{,}0 \cdot 10^{1}}{(6{,}4 \cdot 10^{6})^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow P = \frac{24{,}12 \cdot 10^{15}}{4{,}1 \cdot 10^{13}} \Rightarrow P \simeq 5{,}88 \cdot 10^2 \therefore P \simeq 588$ N

2. De acordo com a lei da gravitação universal, temos:

$F = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{R^2}$

Analisaremos cada uma das alternativas, comparando-as com esse resultado.

a) Incorreta.

$F_{(a)} = G \cdot \frac{3M_1 \cdot 2M_2}{d^2} \Rightarrow F_{(a)} = 6 \cdot G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{d^2} \Rightarrow F_{(a)} = 6F$

b) Correta.

$F_{(b)} = G \cdot \frac{\frac{M_1}{2} \cdot \frac{M_2}{2}}{d^2} \Rightarrow F_{(b)} = \frac{1}{4} \cdot G \cdot \frac{\frac{M_1}{2} \cdot \frac{M_2}{2}}{d^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow F_{(b)} = \frac{F}{4}$

c) Incorreta. A força que atua em cada corpo tem mesmo módulo e a mesma direção, mas sentido contrário, independentemente do valor da massa de cada corpo.

d) Correta.

$F_{(d)} = G \cdot \frac{4M_1 \cdot 2M_2}{d^2} \Rightarrow F_{(d)} = 8 \cdot G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{d^2} \Rightarrow F_{(d)} = 8F$

e) Correta.

$F_{(e)} = G \cdot \frac{\frac{M_1}{4} \cdot \frac{M_2}{5}}{d^2} \Rightarrow F_{(e)} = \frac{1}{20} \cdot G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{d^2} \Rightarrow F_{(e)} = \frac{F}{20}$

3. Situação inicial:

$F = G \cdot \frac{M_A \cdot M_B}{x^2}$

a) Multiplicando a distância por 10:

$F' = G \cdot \frac{M_A \cdot M_B}{(10x)^2} \Rightarrow F' = \frac{1}{100} \cdot G \cdot \frac{M_A \cdot M_B}{x^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow F' = \frac{F}{100}$

b) Aumentando a distância para $4x$, dobrando a massa de A e triplicando a massa de B:

$F'' = G \cdot \frac{2M_A \cdot 3M_B}{(4x)^2} \Rightarrow F'' = \frac{6}{16} \cdot G \cdot \frac{M_A \cdot M_B}{x^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow F'' = \frac{3}{8} \cdot G \cdot \frac{M_A \cdot M_B}{x^2} \Rightarrow F'' = \frac{3F}{8}$

4. a) Dado que o planeta atrai o corpo com uma força F, pela 3ª lei de Newton, então o corpo atrai o planeta por uma força F de mesma direção e mesmo módulo, mas sentidos contrários. O módulo dessa força será:

$F = G \cdot \frac{M_{planeta} \cdot M_{corpo}}{D^2}$

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

MODERNA

b) Afastando-se o corpo do planeta a uma distância 3*D*:

$$F' = G \cdot \frac{M_{planeta} \cdot M_{corpo}}{(3D)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F' = \frac{1}{9} \cdot G \cdot \frac{M_{planeta} \cdot M_{corpo}}{D^2} \Rightarrow F' = \frac{F}{9}$$

Destaque que a distância utilizada é entre os centros dos corpos.

Interligações (p. 83)

1. Pela tabela apresentada, aproximava-se da Lua nova, pois a maré alta ficou cada vez mais alta após o meio-dia e a baixa, mais baixa durante a noite. A Lua nova teve início no dia 21 de junho.

Atividades (p. 84)

1. Garfield poderia ir a qualquer planeta onde a gravidade fosse menor que a da Terra. Seu peso mudaria devido ao fato de a gravidade do outro planeta ser menor, mas sua massa corporal continuaria sendo a mesma.

2. Dado: $g = G \cdot \frac{M_{Terra}}{R^2} = 10\ m/s^2$

   a) Afastando o corpo para uma distância 3*R*:

   $$g' = G \cdot \frac{M_{Terra}}{(3R)^2} \Rightarrow g' = \frac{1}{9} \cdot G \cdot \frac{M_T}{R^2} \therefore g' = \frac{10}{9}\ m/s^2$$

   b) Afastando o corpo para uma distância 5*R*:

   $$g'' = G \cdot \frac{M_{Terra}}{(5R)^2} \Rightarrow g'' = \frac{1}{25} \cdot G \cdot \frac{M_T}{R^2} \Rightarrow$$

   $$\Rightarrow g'' = \frac{10}{25} \therefore g'' = 0{,}4\ m/s^2$$

3. Temos: $g = G \cdot \frac{M_{Terra}}{(R_{Terra})^2} = 10\ m/s^2$

   Assim:

   $$g_x = G \cdot \frac{M_x}{R_x} \Rightarrow g_x = G \cdot \frac{2M_{Terra}}{(2R_{Terra})^2} = \frac{1}{2} G \cdot \frac{M_{Terra}}{(R_{Terra})^2}$$

   $\therefore g_x = 5\ m/s^2$

4. A intensidade do campo gravitacional independe da massa do corpo que sofre sua ação, porém depende da massa do corpo que o gera e da distância a que um corpo é colocado do seu centro. Portanto, dois corpos colocados no mesmo ponto sofrerão a mesma aceleração gravitacional.

   Reforce que o campo gravitacional associado a um ponto não depende dos corpos que foram colocados lá.

5. Dados: $M_L = \frac{M_T}{81}$ e $R_L = \frac{R_L}{3{,}7}$

   Sabemos que:

   $$g_T = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2} \text{ e } g_L = G \cdot \frac{M_L}{R_T^2}$$

   Assim:

   $$g_L = G \cdot \frac{\frac{M_T}{81}}{\left(\frac{R_T}{3{,}7}\right)^2} \Rightarrow g_L = \frac{13{,}69}{81} \cdot G \cdot \frac{M_L}{R_T^2} \Rightarrow$$

   $$\Rightarrow g_L \simeq 0{,}17 \cdot g_T \therefore g_L \simeq 1{,}7\ m/s^2$$

Interligações (p. 86)

1. Força gravitacional recebida pela Terra do Sol:

   pelo enunciado: massa *M* da Terra e distância *d* até o Sol.

   $$F_{TS} = G \cdot \frac{M_{Terra} \cdot M_{Sol}}{d^2} = G \cdot \frac{M \cdot M_{Sol}}{d^2}$$

   Força gravitacional recebida por Netuno do Sol:

   pelo enunciado, a massa de Netuno é 18 vezes a massa da Terra, $M_{Netuno} = 18M$, e está 30 vezes mais distante que a Terra, $d_{netuno} = 30d$.

   $$F_{NS} = G \cdot \frac{M_{Netuno} \cdot M_{Sol}}{d^2} \Rightarrow F_{NS} = G \cdot \frac{18M \cdot M_{Sol}}{(30d)^2} \Rightarrow$$

   $$\Rightarrow F_{NS} = G \cdot \frac{18M \cdot M_{Sol}}{900d^2} \Rightarrow F_{NS} = G \cdot \frac{M \cdot M_{Sol}}{50d^2}$$

   Fazendo a relação:

   $$\frac{F_{TS}}{F_{NS}} = \frac{G\frac{M \cdot M_{Sol}}{d^2}}{G\frac{M \cdot M_{Sol}}{50d^2}} \Rightarrow \frac{F_{TS}}{F_{NS}} = 50 \Rightarrow F_{TS} = 50 \cdot F_{NS}$$

   Podemos concluir que a força gravitacional do Sol sobre a Terra é 50 vezes maior que a força gravitacional do Sol sobre Netuno.

Interligações (p. 90)

1. Para calcular a densidade, precisamos calcular primeiro o volume do Sol com base no raio dado no enunciado:

   volume do Sol: $V_S = \frac{4\pi R^3}{3} = \frac{4\pi\ (3.000)^3}{3} \Rightarrow$

   $$\Rightarrow V_S = 1{,}13 \cdot 10^{11}\ m^3$$

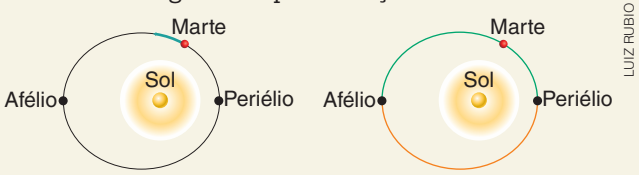
   Para o cálculo da densidade:

   $$d = \frac{m}{v} = \frac{2{,}0 \cdot 10^{30}}{1{,}13 \cdot 10^{11}} \Rightarrow d = 1{,}77 \cdot 10^{19}\ kg/m^3$$

Atividades (p. 91)

1. No modelo de Copérnico, as trajetórias dos astros são circulares. Apesar de procurar durante muitos anos fazer coincidir suas observações do movimento dos planetas com traçados circulares, Kepler constatou que as órbitas descreviam elipses de pequena excentricidade. Além disso, Copérnico acreditava que o movimento no céu era circular e uniforme. A 2ª lei de Kepler introduz a ideia de que o planeta executa um movimento variado, ora acelerando, quando mais próximo do Sol, ora retardando, quando mais afastado.

2. Temos a seguinte representação:



LUIZ RUBIO

MODERNA

a) Como a excentricidade da órbita de Marte é aproximadamente 0,09, sua trajetória ao redor do Sol é quase circular.

b) Supondo o movimento de Marte no sentido anti-horário, teremos: movimento acelerado – trecho do afélio para o periélio (laranja); movimento retardado – trecho do periélio para o afélio (verde).

c) Considerando que 1 ano na Terra tem 365 dias, vem: $\frac{560}{365} = 1{,}8$ ano terrestre.

3. A 3ª lei de Kepler pode ser aplicada a qualquer sistema de corpos que gravitam em torno de um corpo central. No caso, a Terra é o corpo central ao redor do qual giram o satélite artificial e a Lua. Assim:

Lua:

$T_{Lua} = 28$ dias

R_{Lua}

Satélite:

$T_{satélite} = ?$

$R_{satélite} = \frac{R_{Lua}}{4}$

Então:

$$\frac{T_{Lua}^2}{R_{Lua}^3} = \frac{T_{satélite}^2}{R_{satélite}^3} \Rightarrow \frac{28^2}{R_{Lua}^3} = \frac{T_{satélite}^2}{\left(\frac{R_{Lua}}{4}\right)^3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{784}{R_{Lua}^3} = \frac{T_{satélite}^2}{\frac{1}{64}R_{Lua}^3} \Rightarrow T_{satélite}^2 = 12{,}25$$

$\therefore T_{satélite} = 3{,}5$ dias

4. **a)** Quanto mais próximo estiver o ponto do Sol, maior será a velocidade do cometa; então:

$v_I > v_J > v_L > v_K$

b) No ponto I, a aceleração centrípeta é maior, pois o planeta está mais próximo do Sol e com uma velocidade linear maior.

5. Como a massa do satélite é pequena em relação à da Terra, o período de revolução do satélite não depende de sua massa, apenas do raio da órbita.

Pela 3ª lei de Kepler, sabemos que $\frac{T^2}{R^3}$ é constante.

Então, se a massa duplicar, o valor do período continuará sendo o mesmo.

6. Analisando cada uma das afirmativas:

I. Verdadeira. A afirmativa corresponde à 1ª lei de Kepler.

II. Falsa. A velocidade de cada um dos planetas não é constante. É maior quando o planeta está em um ponto da trajetória mais próximo do Sol e menor quando está mais afastado.

III. Verdadeira. A órbita de Urano é menor e, por ser entre os astros representados o mais próximo do Sol, sua velocidade orbital é maior; portanto, é o que gasta menos tempo para completar uma volta em torno do Sol.

7. Pela 3ª lei de Kepler, devemos ter:

$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T_2^2}{R_2^3} \Rightarrow \frac{2^2}{(2R)^3} = \frac{T_2^2}{(6R)^3} \Rightarrow \frac{4}{8R^3} = \frac{T_2^2}{216R^3} \Rightarrow$$

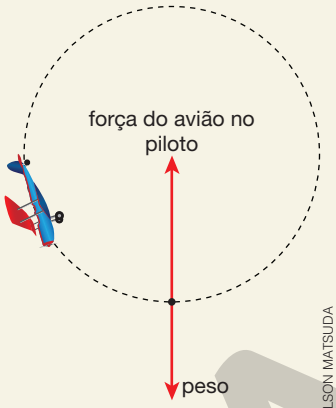
$$\Rightarrow T_2^2 = 108 \therefore T_2 \simeq 10{,}4 \text{ h}$$

ATIVIDADES FINAIS (p. 92)

1. Alternativa **b**.

Observe a figura ao lado.

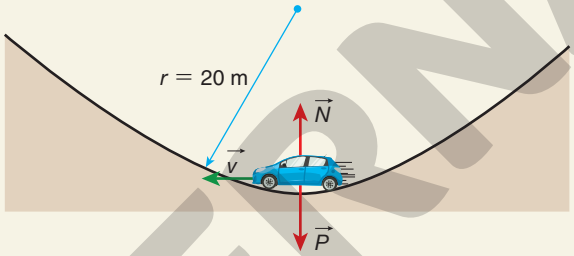
Como o movimento é circular, a resultante deve apontar para cima. Assim, a força exercida pelo banco deve ser maior do que o peso.



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

2. Alternativa **d**.

Observe a figura:



Dados: $v = 72$ km/h $= 20$ m/s; $m_{automóvel} = 800$ kg; $m_{motorista} = 60$ kg; $R = 20$ m e $g = 10$ m/s²

Como o movimento é circular, a resultante deve apontar para cima. Assim, a força de reação que a pista aplica no veículo deve ser maior do que o peso:

$$R_C = N - P \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{R} = N - m \cdot g \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{860 \cdot 20^2}{20} = N - 860 \cdot 10 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = 17.200 + 8.600 \Rightarrow N = 25.800$$

3. Dados: $m = 10$ g $= 0{,}01$ kg;

$x = 30 - 20 = 10$ cm $= 0{,}1$ m (deformação do elástico);

$R = 30$ cm $= 0{,}3$ m e $f = 2$ Hz.

Como $v = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot R \Rightarrow v = 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 0{,}3 \Rightarrow v = 3{,}6$ m/s.

Nesse caso, a resultante centrípeta é a força elástica.

$$R_C = F_{el} \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{R} = k \cdot x \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{0{,}01 \cdot 3{,}6^2}{0{,}3} = k \cdot 0{,}1 \Rightarrow k = 4{,}32 \text{ N/m}$$

4. Alternativa **b**.

Na Terra: $g_T = \frac{GM}{R^2} = 10$ m/s²

Em Netuno: $g_N = \frac{G(18M)}{(4R)^2} \Rightarrow g_N = \frac{18}{16}\left(\frac{GM}{R^2}\right) = \frac{9}{8} \Rightarrow$

$$\Rightarrow g_T = \frac{9}{8}(10) \Rightarrow g_N = 11{,}25 \text{ m/s}^2$$

5. Porque, ao chegar a algum ponto do espaço onde a interação gravitacional com qualquer astro seja desprezível, por inércia, ela continuará se movimentando com a mesma velocidade do instante em que os motores forem desligados.

MODERNA

Capítulo 4

A vida: origem e as moléculas orgânicas

Professor indicado

Recomenda-se que esse capítulo seja trabalhado pelo professor de Química.

BNCC – competências e habilidades trabalhadas

Estão indicadas a seguir, a partir da BNCC, as competências gerais, as competências específicas e as habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias cujo desenvolvimento é favorecido no capítulo. Para isso, são apontados os momentos em que seu trabalho pode ser propício.

Competência geral	Justificativa	Páginas
1	Ao longo do capítulo, valoriza-se o desenvolvimento histórico da Química Orgânica. Por exemplo, na seção **Atividades** (p. 98), os estudantes são incentivados a construir uma linha do tempo com os principais eventos e estudiosos que marcaram o início do desenvolvimento dessa área da Química e a resumir a dificuldade de abandonar o Vitalismo. Além disso, são estimulados a relacionar a Química e a origem da vida na Terra e, no **Interligações – Molécula orgânica inédita é encontrada na Via Láctea**, a descoberta de uma molécula orgânica e o surgimento da vida.	98 e 106
4	No **Comunicando ideias**, os estudantes são estimulados a produzir materiais explicativos sobre a diferença do adjetivo "orgânico" em situações distintas, envolvendo, assim, a comunicação verbal e/ou visual para se expressarem e compartilharem informações e ideias.	98
5	No **Comunicando ideias**, ao usarem diferentes modos de comunicação para se expressarem, os estudantes podem se valer de ferramentas digitais e sua incorporação no cotidiano.	98

Competência específica	Habilidade	Justificativa	Página
2	EM13CNT205	A abordagem histórica dos estudos científicos sobre a origem da vida e aqueles que culminaram no desenvolvimento da Química Orgânica permite a interpretação de experimentos e de fenômenos naturais (síntese abiogênica de compostos orgânicos e isomeria), bem como a discussão dos limites explicativos das Ciências.	106
	EM13CNT209	No **Interligações - Molécula orgânica inédita é encontrada na Via Láctea**, os estudantes são incentivados a relacionar a distribuição dos elementos químicos no Universo com as condições necessárias para existência de vida no planeta ao refletir sobre o texto e as questões propostas nessa seção que trata sobre a propargilimina.	106

Conhecimentos prévios para o melhor aproveitamento do conteúdo

Para o melhor aproveitamento do capítulo, é necessário que os estudantes estejam familiarizados com **ligações químicas** e **valência**.

A seguir, está listada uma habilidade do Ensino Fundamental – Anos finais que será resgatada e aprofundada durante o trabalho com este capítulo. Caso necessário, retome alguns conceitos que julgar mais pertinentes.

- **EF09CI03:** Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.

Objetivos do capítulo

Ao final deste capítulo, espera-se que o estudante seja capaz de:

- compreender os estudos científicos que levaram à formulação das teorias mais aceitas sobre surgimento e desenvolvimento da vida Terra;
- compreender a origem e o significado atual da Química Orgânica a partir de seu processo histórico;
- classificar cadeias carbônicas quanto ao tipo de estrutura;
- representar compostos orgânicos em suas fórmulas molecular e estrutural;
- identificar diferentes formas de representação estrutural dos compostos orgânicos;
- identificar aspectos estruturais dos compostos orgânicos a partir de características da sua nomenclatura.

MODERNA

O capítulo aborda a construção histórica da Química Orgânica e relaciona esse conhecimento às investigações sobre a origem da vida permitindo uma abordagem contextualizada e interdisciplinar, o que proporciona aos estudantes elaborarem modelos explicativos mais coerentes.

Sugestões metodológicas

Sobre a nomenclatura dos compostos orgânicos

A adoção de determinada nomenclatura para os compostos orgânicos requer muita cautela da parte dos autores de coleções didáticas, pois além da diversidade de nomenclaturas (as que já existiam antes do estabelecimento de regras e as de uso comercial), os nomes que foram estabelecidos pela União Internacional de Química Pura e Aplicada – IUPAC têm sofrido modificações ao longo do tempo. Muitas dessas alterações levam um longo tempo para serem publicadas em português – por exemplo, a de 1989 teve sua versão publicada em Portugal em 2002. Infelizmente, isso tem trazido dificuldades a professores e estudantes, inclusive pela falta de uniformidade nas versões adotadas por diferentes professores da área e pelos processos seletivos para o ingresso em universidades.

Assim, optamos por não enfatizar todas as regras de nomenclatura orgânica, mas informar os elementos básicos para nomear um composto orgânico e a indicação dos localizadores imediatamente antes da parte do nome que está relacionada a eles. Por exemplo, hex-2-eno (e não 2-hexeno) e pentan-2-ol (e não 2-pentanol). Oriente os estudantes quanto a essa nomenclatura antiga e informe-os que ainda poderão encontrá-la em artigos, textos de divulgação científica e exames de instituições de Ensino Superior.

Para começo de conversa (p. 93)

O termo "orgânico" é polissêmico e apresenta usos diferenciados no cotidiano dos estudantes. O trabalho com esta seção é uma oportunidade de mapear os sentidos que os estudantes dão a esse termo e diferenciá-lo do sentido que usaremos durante o estudo dos temas deste capítulo.

Peça aos estudantes que leiam as manchetes apresentadas no **Livro do Estudante** e questione-os sobre qual é a diferença entre compostos orgânicos e alimentos orgânicos. Utilize as respostas para levantamento de conhecimentos prévios sobre alimentos orgânicos e sobre a relação entre produtos orgânicos e Química Orgânica. Se possível, anote as respostas na lousa. É provável que alguns estudantes mencionem que os alimentos orgânicos não têm agrotóxicos, diferentemente do que ocorre com alimentos produzidos da forma convencional.

Nas manchetes, o significado do adjetivo "orgânico" refere-se aos alimentos cultivados sem a adição de agrotóxicos ou quaisquer outras substâncias sintéticas. Assim, no cultivo de produtos orgânicos também não se utilizam adubos ou fertilizantes químicos, hormônios e antibióticos. Além disso, as espécies cultivadas de modo orgânico não podem ser Organismos Geneticamente Modificados (OGM).

O cultivo desses alimentos promove uma outra relação com o ambiente e as comunidades ao entorno: o cultivo dos orgânicos deve contemplar o uso responsável e sustentável dos recursos naturais respeitando as relações sociais e culturais dessas comunidades.

Em outro sentido, quando nos referimos aos compostos orgânicos, o significado do termo está relacionado à Química Orgânica, área da Química que estuda os compostos do carbono.

Para ampliar a discussão, pergunte aos estudantes quais outros sentidos eles conhecem para o termo "orgânico". Pode ser que eles relacionem aos resíduos domésticos do tipo "orgânico", constituídos de restos de animais ou vegetais.

Sugestão de atividade complementar: consumo de alimentos orgânicos

Esta atividade pode propiciar o desenvolvimento das *competências gerais 5*, *7* e *8* e das habilidades EM13CNT207 e EM13CNT310 da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias da BNCC.

Apresente aos estudantes o texto da lei que traz uma definição para os alimentos produzidos de forma orgânica. De acordo com o Artigo 1º da Lei 10.831, de dezembro de 2003:

> Considera-se sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente.

BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.831.htm>. Acesso em: 27 ago. 2020.

A mesma lei determina que todos os produtos comercializados como orgânicos devem apresentar um certificado específico, obtido apenas se todos os critérios estabelecidos forem cumpridos. A este respeito, proponha aos estudantes as seguintes questões:

1. Qual é a importância dessa certificação para o consumidor?
2. Você tem o hábito de consumir alimentos orgânicos? Se sim, costuma prestar atenção ao selo de certificação?
3. Faça uma pesquisa em jornais e *sites* confiáveis sobre o consumo de produtos orgânicos. Utilize as informações pesquisadas para montar uma tabela com vantagens e desvantagens do consumo desse tipo de produto.

Peça que os estudantes socializem suas respostas com os colegas e discuta com eles a respeito da importância da mudança dos processos de produção dos alimentos visando à sustentabilidade.

A origem da vida (p. 94)

Neste tópico, a apresentação das hipóteses científicas sobre a origem da vida na Terra se inicia destacando a curiosidade como característica inerente ao ser humano e ainda como através dos tempos temos dado diferentes explicações às origens da vida e do Universo. É um momento oportuno para realizar, com os estudantes, uma discussão com o propósito de distinguir a Ciência das outras formas de conhecimento e de explicação da realidade. Deixe claro que não se trata de estabelecer uma hierarquia dos saberes, mas de ressaltar que utilizamos diversas

MODELO

narrativas para explicar o mundo natural e os fenômenos que ocorrem a nossa volta e que o conhecimento científico, com sua natureza e propósito específicos, é uma delas.

A seguir, o texto do **Livro do Estudante** apresenta uma linha do tempo da construção da hipótese de Oparin para a origem da vida e permite trabalhar a habilidade EM13CNT205 por meio da interpretação do experimento de Miller e Urey e do fenômeno natural da transformação de matéria inerte em matéria viva.

Essa habilidade também estipula o reconhecimento dos limites explicativos da Ciência. Nesse sentido, o texto aponta a impossibilidade de determinação da vida pré-biótica por falta de registros diretos dessa era. Aprofunde a discussão, destacando que, embora não se tenha certeza dos mecanismos e do ambiente da origem da vida, os modelos explicativos aceitos pela comunidade científica explicam de forma bastante embasada a origem abiótica dos compostos orgânicos essenciais à vida. Explique também que cientistas acreditam que podem ter havido contribuições de diferentes processos para a formação dos primeiros compostos orgânicos. Para isto, apresente a hipótese de que os compostos orgânicos podem ter chegado à Terra por meio de cometas e meteoritos.

> Alguns meteoritos (do tipo condrito), como o que caiu em Murchison na Austrália em 1969, contêm boa quantidade de aminoácidos (100 ppm – partes por milhão), e eles são dos mesmos tipos dos produzidos no experimento de Miller. Isso não é de estranhar, dado que esses corpos se formaram na região dos planetas gasosos, onde o disco protoplanetário era rico em hidrogênio. Os cometas são ricos em compostos orgânicos (50% H_2O, 1% HCN, 1% H_2CO_3, além de CO, CO_2 e aminoácidos) e poderiam ter trazido boa quantidade de aminoácidos nas últimas fases de formação da Terra.
>
> DAMINELI, A.; DAMINELI, D. S. C. Origens da vida. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 263-284, abr. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100022&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 ago. 2020.

No texto, o desenvolvimento da hipótese de Oparin é apresentado com base em seu contexto histórico. A abordagem dos conteúdos do ponto de vista da História da Ciência permite trabalhar também aspectos da natureza e construção do conhecimento científico. O descrédito da teoria da geração espontânea a partir dos trabalhos de Pasteur evidencia a superação de paradigmas e a constante evolução da Ciência. Além disso, esse episódio também permite discutir os aspectos sociais que levam à aceitação de uma hipótese ou teoria, uma vez que a tese de Pasteur foi mais bem aceita pela comunidade científica graças ao prestígio desse cientista na sociedade.

Outro aspecto que pode ser ressaltado na discussão do texto é a dinâmica coletiva da construção do conhecimento científico, já que a hipótese de Oparin é embasada nos trabalhos de Pasteur e foi comprovada experimentalmente por Miller e Urey. Esse tipo de abordagem ajuda a desmistificar impressões genialistas que os estudantes podem desenvolver acerca de figuras da Ciência.

Organizando as ideias: moléculas da vida e a complexidade de um organismo (p. 95)

Inicie a discussão deste tópico realizando a leitura da ilustração com os estudantes; ela apresenta um exemplo de organização hierárquica das estruturas biológicas, enfatizando a escala das estruturas representadas com base nas conversões de unidade sugeridas na legenda. Para isso, mapeie o domínio dos estudantes em notação científica e potência de base 10. Caso seja necessário, faça uma pequena revisão do assunto apresentando detalhadamente cada estrutura.

Um aspecto interessante para aproveitar o trabalho com essa ilustração é discutir com os estudantes a respeito da natureza da matéria. Questione-os sobre a dimensão do átomo comparada à das estruturas representadas na ilustração. Utilize as respostas para fazer um levantamento de concepções prévias e reconhecer possíveis concepções alternativas ou equivocadas.

Por causa do nível de abstração da natureza da matéria, os estudantes podem ter dificuldades na compreensão de que os átomos também constituem as estruturas biológicas. Diversos estudos revelam uma confusão entre os conceitos de células e átomos. No trabalho de França, Marcondes e Carmo (2009)[1], por exemplo, ao serem convidados a elaborar uma representação de como imaginavam ser a estrutura de um átomo, 5% dos estudantes representaram estruturas semelhantes às de uma célula, inclusive nomeando partes como núcleo e citoplasma. Essa dificuldade pode estar relacionada à compartimentalização do conhecimento de Ciências, pois muitas vezes, no ensino de Biologia, a célula é apresentada como a menor partícula constituinte dos seres vivos, enquanto no ensino de Química fala-se de átomos e partículas subatômicas. Assim, os estudantes podem ter dificuldade em elaborar um modelo mental da estrutura da matéria que seja coerente (GALIAZZI *et al.*, 1997)[2].

Elementos químicos constituintes da matéria viva (p. 96)

Neste tópico, apresenta-se quantitativamente a composição do corpo humano e da crosta terrestre em termos dos principais elementos químicos constituintes, com o objetivo de destacar a relação entre o carbono e a vida.

Analise com os estudantes o infográfico disponível no **Livro do Estudante** que apresenta as proporções em massa dos elementos químicos no corpo humano, destacando que a imagem representa quantidades que consideram a massa de água no organismo, por isso o oxigênio é o elemento mais abundante. Se desconsiderarmos a massa de água, teremos o carbono como o elemento químico com maior proporção em massa no corpo humano. Isso dá abertura para que você destaque a relação do carbono com a vida, o que será aprofundado no capítulo seguinte.

Destaque que o número de átomos apresentado em um corpo humano de 70 kg (7×10^{27} átomos) é uma estimativa calculada com as massas dos elementos químicos mais abundantes no corpo humano a partir da constante de Avogadro. É um momento para relembrar com os estudantes, caso julgue necessário, o conceito de mol, explicando brevemente como

[1]FRANÇA, A. C. G.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. Estrutura atômica e formação dos íons: uma análise das ideias dos alunos do 3º ano do Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 31, p. 275-282, 2009.

[2]GALIAZZI, M. C. *et al*. Perfis conceituais sobre o átomo. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 1997. *Anais* [...]. Águas de Lindoia, 1997.

o cálculo pode ser feito para que os números façam sentido para eles. O objetivo neste momento não é que os estudantes aprendam a fazer esses cálculos, mas sim que tenham ideia da quantidade dos átomos dos elementos químicos presentes no corpo humano.

Em seguida, explore o gráfico da porcentagem em massa dos principais elementos químicos constituintes da crosta terrestre. Peça aos estudantes que apontem as diferenças entre a constituição do corpo humano e a da crosta terrestre, para que percebam a distribuição dos elementos químicos nesses sistemas, contribuindo assim para o desenvolvimento da habilidade EM13CNT209 da BNCC.

A evolução da Química Orgânica (p. 97)

Este tópico continua a apresentar a Química Orgânica na perspectiva da História da Ciência e possibilita o desenvolvimento da habilidade EM13CNT205 por meio da interpretação dos experimentos e fenômenos naturais descritos.

Na discussão do texto em sala, aprofunde os apontamentos sobre a construção do conhecimento científico dos tópicos anteriores: superação de paradigmas e a constante evolução da Ciência; aspectos sociais que levam à aceitação de uma hipótese ou teoria; dinâmica coletiva da construção do conhecimento científico.

Além disso, durante a discussão, chame a atenção para a caracterização da Química como área de estudo sugerida no texto com base em seus objetos de estudo; metodologias – como síntese e análise –; e a utilização da sistematização como forma de organizar o conhecimento.

Organizando as ideias (p. 98)

Durante a discussão deste tópico em sala, sistematize as ideias abordadas nos tópicos anteriores. Neste momento é importante destacar que o desenvolvimento científico e tecnológico levou os cientistas a repensarem o termo "orgânico", ampliando-o aos compostos que têm como principal constituinte o carbono.

Para ampliar a discussão, ao apresentar os exemplos de materiais não naturais que são orgânicos – ácido acetilsalicílico, plásticos, fibras sintéticas –, pergunte aos estudantes quais outros materiais do seu cotidiano eles acreditam ser compostos orgânicos e peça-lhes que os classifiquem como natural ou sintético (não natural). Para atender à habilidade EM13CNT307, analise com os estudantes as propriedades desses materiais relacionando-as ao seu uso em diferentes aplicações.

Comunicando ideias (p. 98)

Para desenvolver o trabalho proposto nesta seção, peça aos estudantes que se dividam em duplas e pesquisem o significado de vegetais orgânicos e carnes orgânicas. Alguns *sites* que eles podem acessar são:

- ORGÂNIS. O que é produto orgânico? Disponível em: <https://organis.org.br/o-que-e-produto-organico/>.
- WWF-BRASIL. O que é carne orgânica? Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/o_que_e_carne_organica/>.
- VIEIRA, R. Carne vermelha, produção verde. *Secretaria de estado do meio ambiente, desenvolvimento econômico, produção e agricultura familiar*. Disponível em: <https://www.carnesustentaveldopantanal.semagro.ms.gov.br/carne-vermelha-producao-verde/>. Acesso em: 10 abr. 2021.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. O que define um produto orgânico? *Canal Rural*, 24 maio 2015. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/noticias/que-define-produto-organico-56619/>. Acessos em: 27 ago. 2020.

Peça a eles que busquem por informações confiáveis e registrem a fonte de pesquisa. Eles devem elaborar um material explicando essa diferença. Os formatos podem ser variados: textos informativos, HQs, vídeos, publicações em redes sociais etc. Esta atividade favorece o desenvolvimento das *competências gerais 4* e *5* da BNCC.

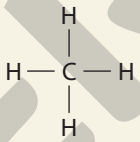
O desenvolvimento da Química no século XIX e o papel de Kekulé (p. 99)

Inicie a discussão deste tópico explicando aos estudantes que, com o avanço nos estudos dos compostos, surgiu a necessidade de novas representações das substâncias.

Represente na lousa as fórmulas moleculares e estruturais do metano, composto citado no texto. As fórmulas podem ser construídas com os estudantes a partir do conceito de valência, que também é apresentado neste tópico.

Fórmula molecular: CH_4

Fórmula estrutural:



Esclareça aos estudantes que, na época em que os cientistas começaram a elucidar a estrutura molecular dos compostos orgânicos, o modelo atômico conhecido e aceito até então era o modelo proposto por Dalton. Você pode mostrá-lo aos estudantes como forma de exemplificar as primeiras tentativas científicas de representação de fórmulas. Você encontra esse material no artigo intitulado "Duzentos anos da teoria atômica de Dalton", sugerido na *Bibliografia complementar*.

Ao discutir com os estudantes os aspectos da descoberta de um composto organometálico por Kekulé, apresente a diferenciação entre Química Orgânica e Inorgânica. Essa diferenciação foi criada para fins de estudo: muitas regras, como as de ligação apresentadas neste capítulo, se aplicam a todos os compostos químicos.

Novamente, é possível desenvolver a habilidade EM13CNT205 por meio da interpretação dos experimentos descritos no tópico e seus desdobramentos na construção dos modelos propostos por Kekulé.

As cadeias carbônicas: representações e classificações (p. 100)

Antes de abordar o tema dessa e das demais páginas, é interessante retomar com os estudantes os conceitos de ligação química, fórmula estrutural e fórmula de Lewis. Enfatize que, na Química Orgânica, é comum encontrar diversas formas de representar os compostos orgânicos e pode utilizar os exemplos apresentados no **Livro do Estudante** – e outros que julgar relevantes – para demonstrar essa diversidade aos estudantes.

Trabalhe o quadro "Representações do butano" da página 102 com representações adotadas na Química Orgânica, presente no **Livro do Estudante**, destacando suas melhores aplicações com base nas informações apresentadas. Com relação à fórmula estrutural plana, exemplo (**D**) na tabela,

MANUAL DO PROFESSOR

explique que essa representação explicita todas as ligações formadas naquela molécula e por isso é uma boa forma de começar a representar compostos orgânicos. Entretanto, essa representação não indica a configuração espacial da molécula.

É sabido que estudantes costumam ter dificuldade em imaginar estruturas tridimensionais das moléculas a partir de suas representações planas. Por isto, em aula anterior, você pode pedir aos estudantes que tragam palitos de madeira e massa de modelar ou esferas de isopor para a aula que abordará esse tópico. Com esses materiais, os estudantes podem representar as fórmulas estruturais planas em modelos "esfera e bastão" em três dimensões.

As contribuições de Le Bel e Van't Hoff (p. 103)

Nesta tópico, a importância do conhecimento das configurações espaciais das estruturas moleculares é reforçada. Sugerimos que continue o trabalho com os modelos em três dimensões para as moléculas ilustradas no tópico. Eles podem ser confeccionados por você com os estudantes ou pela classe, em grupos. Para essa última sugestão você pode trazer outros exemplos de moléculas a serem modeladas.

As bases da nomenclatura de compostos orgânicos (p. 104)

Para abordar esse conteúdo em sala, destaque, inicialmente, a importância do estabelecimento de uma nomenclatura sistematizada e universal: para fins de comunicação, é importante que toda a comunidade científica compartilhe das mesmas regras para dar nomes aos compostos. Além disso, explique que por meio da nomenclatura podemos deduzir informações sobre a estrutura da substância e, por isso, temos informações sobre suas propriedades e reatividade. O intuito dessa discussão inicial é dar sentido ao processo de aprendizagem de nomenclatura dos compostos orgânicos.

O texto do **Livro do Estudante** apresenta as regras de nomenclatura baseadas no estudo de diversas estruturas moleculares com perguntas que contextualizam a necessidade de aplicação das regras. Em sala, apresente esse conteúdo de forma dialogada como proposto.

Um pouco sobre os hidrocarbonetos (p. 104)

Para desenvolver a habilidade EM13CNT307, apresente aos estudantes as principais aplicações dos hidrocarbonetos relacionando-as com suas propriedades físico-químicas. Você também pode pedir aos estudantes que realizem uma pesquisa extraclasse sobre aplicações cotidianas e industriais desse grupo de compostos, apontando impactos sociais e ambientais sempre que necessário. Na aula seguinte, peça aos estudantes que socializem as informações que encontraram com o restante da turma.

Os hidrocarbonetos constituem o grupo de compostos orgânicos com o maior número de aplicações. Por isso, sugerimos que nem a classificação dos hidrocarbonetos (alcanos, alcenos, alcinos, cicloalcanos, aromáticos etc.) nem a nomenclatura sejam um fim em si mesmas. Pode-se fazer referência a esses compostos num contexto em que a ênfase sejam as aplicações; por exemplo, os alcanos presentes na gasolina, os alcenos usados como matéria-prima na fabricação de plásticos, as altas temperaturas alcançadas pela queima de etino (acetileno), o caráter tóxico de alguns hidrocarbonetos aromáticos etc. Sugerimos, sempre que possível, relacionar os conceitos químicos com a vivência dos estudantes.

Interligações (p. 106)

Para o desenvolvimento da habilidade EM13CNT205, faça a leitura do texto com os estudantes estimulando a interpretação dos resultados da investigação científica relatada na reportagem. Além disso, você pode retomar a discussão iniciada no tópico **A origem da vida** sobre os limites explicativos das Ciências e a determinação dos mecanismos pré-bióticos. Caso ache pertinente, você pode trabalhar esse texto no início do estudo deste capítulo.

Para contemplar o Tema Contemporâneo Transversal *Ciência e Tecnologia*, durante a discussão, você pode apresentar a astrobiologia como área interdisciplinar que propõe o estudo da origem e do desenvolvimento da vida na Terra e fora dela. Explique aos estudantes seu objeto de estudo e metodologias utilizadas. Sugerimos um texto de divulgação científica na *Bibliografia complementar* para sua introdução no assunto.

Sugestão de atividade complementar: conversando sobre origens

Esta atividade propicia o desenvolvimento das habilidades EM13CNT201, EM13CNT205 e EM13CNT302.

A temática origem da vida abordada de maneira geral neste volume abre possibilidades de discussões interdisciplinares e potencialmente de fácil engajamento pelos estudantes por ser recorrente em representações do cinema e televisão. Além disso, como dito, a curiosidade pelas nossas origens é inerente ao ser humano.

Metodologia

Proponha aos estudantes a gravação de um ou mais episódios de *podcast* – conteúdo em áudio, similar a um programa de rádio disponibilizado em plataformas digitais – sobre o tema. Caso a escola ou os estudantes não tenham recursos para essa atividade, ela pode ser adaptada para uma roda de conversa ou seminário, por exemplo. Em ambas as abordagens, alguns tópicos que podem ser discutidos são:

- **diferentes explicações para a origem da vida:** discussão sobre a inerente busca humana pelas origens abordando os mitos e as explicações que as mais diferentes culturas e religiões têm criado a respeito da origem da vida e do Universo. Neste momento, é importante discutir que, assim como a Ciência, essas outras explicações e formas de conhecimento têm contextos históricos e sociais, bem como objetivos específicos. Essa discussão não tem a pretensão de encontrar a resposta mais correta, mas, sim, refletir sobre as diferentes formas de saberes;
- **ciência em busca de explicações para a origem da vida:** neste tópico os estudantes podem comunicar de forma simples e objetiva as discussões abordadas durante o trabalho com os capítulos iniciais da unidade destacando a relação com a Química Orgânica;
- **ciência e tecnologia contemporânea e os desafios para a compreensão da vida:** discussão sobre os recentes avanços da ciência sobre as pesquisas de origem da vida. Os estudantes podem discutir artigos de divulgação científica como o apresentado no **Interligações – Molécula orgânica inédita é encontrada na Via Láctea**. Além disso, é oportuno trazer para a discussão possíveis investigações científicas da vida fora da Terra.

Organize os estudantes em grupos. Essa divisão pode ser feita em torno dos tópicos ou escolher um único deles sobre o qual todos os estudantes irão se debruçar. Os estudantes tam-

EM ABERTURA

bém podem propor tópicos afins ou subdivisões aos tópicos apresentados, por isso, ao expor a proposta, pergunte-lhes com quais tópicos eles gostariam de trabalhar.

Caso opte por trabalhar diversos temas com a classe, cada um dos tópicos pode ser um episódio de *podcast* elaborado por um grupo de 6 a 8 estudantes. Sugira aos estudantes que dividam as tarefas da forma apresentada a seguir.

- **Elaboração de roteiro** – elaboração de um roteiro simples, que divida a pauta em tópicos para que os apresentadores possam se orientar durante a discussão. Oriente os estudantes a construírem o roteiro baseados em pesquisas prévias sobre o tema. Esta etapa pode ser construída em colaboração com o professor de Língua Portuguesa. Os estudantes podem ter de 1 a 2 semanas para realizar uma prévia do roteiro a ser avaliada por você e/ou pelo professor de Língua Portuguesa, e mais 1 a 2 semanas para finalizá-lo a partir desses apontamentos iniciais.
- **Apresentação do episódio** – estudantes que irão apresentar o episódio com base no roteiro criado. Por isso, eles também deverão participar das pesquisas e discussões iniciais com a equipe de elaboração de roteiro.
- **Ajustes no episódio gravado e divulgação** – estudantes que irão editar ou fazer outros ajustes no episódio gravado e irão disponibilizá-los em plataformas digitais. O episódio pode ser divulgado em uma página eletrônica da escola ou em uma página em redes sociais criada para esse fim. O objetivo é atingir outros membros da comunidade escolar. Os estudantes podem ter de 1 a 2 semanas para realizar essa etapa.

Caso escolha trabalhar com um tópico para a toda a classe, organize os estudantes conforme as funções sugeridas acima. Observe que as etapas de pesquisa e apresentação também podem compor um seminário ou uma roda de conversa, podendo ser desenvolvidas por todo o grupo.

Durante a apresentação da proposta da atividade, você pode indicar um episódio de *podcast* para que os estudantes adquiram familiaridade com o formato, caso não conheçam. Sugerimos o episódio "Vida extraterrestre: estamos sós no Universo?" do *podcast* Fronteiras da Ciência produzido por professores do IF – UFRGS e disponível em diversas plataformas digitais e no *site* da instituição: <http://multimidia.ufrgs.br/conteudo/frontdaciencia/Fronteiras_da_Ciencia-E005-Vida_Extraterrestre-05.07.2010.mp3>. Acesso em: 14 ago. 2020.

Avaliação

Para elaborar critérios de avaliação da atividade, você pode se orientar pelos verbos das habilidades indicadas. Além disso, avalie os estudantes de acordo com a etapa pela qual estavam responsáveis pela elaboração. Para aqueles que escreveram o roteiro, avalie a qualidade das pesquisas, da sistematização dos dados mais relevantes no roteiro e as discussões selecionadas. Os estudantes apresentadores devem ser avaliados pela comunicação dos temas e habilidade de argumentação em discussões. Já aqueles responsáveis pelo tratamento digital dos áudios e divulgação, avalie-os pela edição – quais falas selecionaram como importantes no episódio – e comunicação por meio da divulgação do material elaborado.

Avalie também o desenvolvimento das competências socioemocionais durante o trabalho em grupo. Procure observar habilidades de relacionamento, tomada de decisões responsáveis a si e ao grupo e autogerenciamento.

Outro componente avaliativo pode ser a autoavaliação feita pelos próprios estudantes. Durante a proposição da atividade, explicite para os estudantes os critérios avaliativos. Após a finalização das atividades, peça aos estudantes que avaliem seu desempenho durante o projeto de acordo com esses critérios.

Avaliação

Para avaliar a aprendizagem dos estudantes com relação aos temas estudados neste capítulo, utilize as atividades propostas no **Livro do Estudante** e a atividade complementar sugerida, dando maior peso para esta última, pois envolve atividades como produção de materiais e trabalho em grupo.

Outro critério de avaliação que pode ser utilizado é a participação do estudante nas discussões em sala. Avalie o engajamento, a habilidade de construir questões, hipóteses e de elaborar conclusões sobre os temas apresentados. Também considere o respeito às opiniões dos outros estudantes, a escuta, a empatia e a disposição de ajudar outros estudantes durante essas discussões.

A avaliação contínua do estudante é essencial. Entretanto, você também pode utilizar uma ferramenta de avaliação no final da unidade: proponha aos estudantes que elaborem uma produção textual acerca dos tópicos estudados.

Bibliografia complementar

- ARAUJO NETO, W. N. A noção clássica de valência e o limiar da representação estrutural. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 7, dez. 2007. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/07/a04.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2020.

  O presente artigo aborda aspectos históricos do início do desenvolvimento do conceito de valência. É possível encontrar nesse texto algumas formas antigas de representação de substâncias, incluindo as de Kekulé, como a representação do gás metano na forma de salsicha.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. *Guia alimentar para a população brasileira*. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 156 p. ISBN 978-85-334-2176-9. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2020.

  Guia elaborado pelo Ministério da Saúde com diretrizes oficiais para a alimentação brasileira. No capítulo de escolhas alimentares, o documento define alimentos orgânicos e apresenta seus benefícios à saúde humana e ao ambiente.
- DAMINELI, A.; DAMINELI, D. S. C. Origens da vida. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 263-284, abr. 2007. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10222/11834>. Acesso em: 14 ago. 2020.

  O artigo apresenta a construção científica sobre a vida e sua evolução. Além disso, apresenta os novos estudos científicos sobre a vida fora da Terra.
- FIGUEIRAS, C. A. L. Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. *Química Nova na Escola*, n. 20, nov. 2004. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc20/v20a07.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2020.

  O artigo apresenta a trajetória de Dalton até a proposição de seu modelo atômico.

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Programa lixão zero. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/lixao-zero/Programa-Lixao-Zero.pdf/@@download/file/Programa-Lixao-Zero.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021.

  Texto do portal do Ministério do Meio Ambiente com a definição de resíduos orgânicos e apontamentos para sua gestão doméstica, bem como a legislação sobre a coleta e tratamento desses resíduos.
- MOLVIEW. Disponível em: <https://molview.org/>. Acesso em: 31 ago. 2020.

  Esta página da internet é um *software* gratuito que possibilita desenhar moléculas e visualizar modelos 3-D. Além das moléculas construídas pelo usuário, o software dispõe de uma biblioteca de moléculas que pode ser consultada. A plataforma também está disponível para aplicativos de celulares.
- PINTO, A. J. Conheça a Astrobiologia, a Ciência que busca vida extraterrestre. *Terra*, 02 dez. 2010. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/ciencia/conheca-a-astrobiologia-a-ciencia-que-busca-vida-extraterrestre,3508f9d4566ea310VgnCLD200000bbcceb0aRCRD.html>. Acesso em: 14 ago. 2020.

  O artigo de divulgação científica apresenta a astrobiologia como área interdisciplinar de estudo.
- SCHAFFER, D. Z. *Representações sociais de alunos universitários sobre o termo "orgânico"*. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-09092014-111541/publico/Deise_Zamboni_Schaffer.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2020.

  Nessa dissertação a autora realiza um estudo sobre as concepções sobre o termo "orgânico" em estudantes universitários. Em geral, elas são provenientes de conhecimentos escolares (estudo da Química Orgânica no Ensino Médio) e de termos populares em razão da polissemia do termo.
- WWF-BRASIL. O que é carne orgânica? Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/o_que_e_carne_organica/>. Acesso em: 14 ago. 2020.

  O texto da ONG WWF-Brasil sobre carne orgânica apresenta definições e vantagens no consumo desse tipo de alimento.
- ZARBIN, A. J. G. Carbono: essencial e versátil. *Ciência Hoje*. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/artigo/carbono-essencial-e-versatil/>. Acesso em: 14 ago. 2020.

  O artigo aborda a importância biológica do carbono e de suas propriedades para o surgimento da vida. Além disso, apresenta aplicações tecnológicas de substâncias formadas apenas por esse elemento.

Resoluções

Atividades (p. 98)

1. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes citem que Berzelius era um cientista renomado na época e que Wöhler não obteve a ureia de substâncias simples.
2. Resposta pessoal. Espera-se que nas respostas dos estudantes constem os seguintes eventos: VI a.C. – Teoria da geração espontânea.

   XVIII – Lavoisier – Trabalho de "destruir moléculas".

   XIX – Berthelot – Síntese de compostos de carbono.

   1825 – Liebig – Funda a primeira escola para químicos.

   1828 – Wöhler – Síntese da ureia.

   1845 – Kolbe – Obtenção de ácido acético em laboratório.

   1857 – Kekulé – Teoria das quatro valências do carbono.

   1860 – Produção industrial de compostos orgânicos.

   1864 – Pasteur – Refuta a teoria da geração espontânea.

   1873 – Le Bel e Van't Hoff – teoria que permitiu explicar inúmeros fatos experimentais e introdução de modelos espaciais para as moléculas orgânicas.

   1920 – Oparin – defendia que o aparecimento de tecidos vivos foi precedido por um longo e gradual processo de evolução de compostos nitrogenados ("azotados") e carbonados.

   1953 – Miller – Realizou experimentos que recriavam as condições nas quais a vida teria surgido, que revelavam reações abióticas.

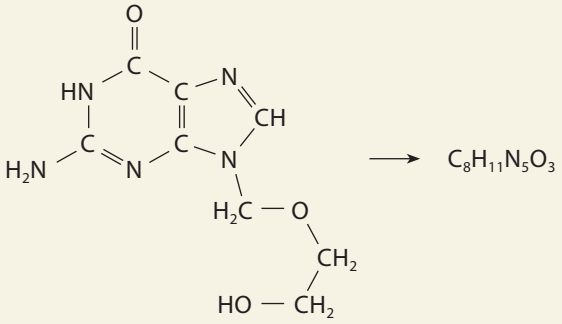
Comunicando ideias (p. 98)

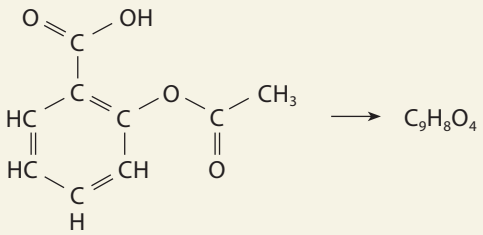
1. Como dito, alimentos orgânicos são aqueles que utilizam de forma responsável e sustentável os recursos naturais. Os vegetais orgânicos são cultivados sem a adição de produtos sintéticos para controle de pragas ou adubação do solo. Também não é permitido o uso de sementes transgênicas. Já a produção de carnes orgânicas garante a proteção das áreas naturais, proibindo a utilização de fogo no manejo das pastagens, a utilização de agrotóxicos nos pastos, não recebe antibióticos, quimioterápicos ou hormônios nem são alimentados com ureia. Além disso, a produção de alimentos orgânicos tem uma relação saudável com as comunidades locais uma vez que tem como princípio a promoção do respeito e do aperfeiçoamento dos saberes e formas de produção tradicionais.

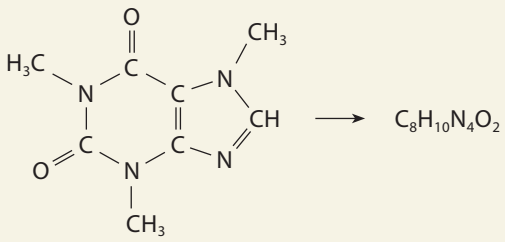
   Então, é esperado que os estudantes diferenciem o adjetivo "orgânico" usado nesses casos do que é usado em Química, apontando que, nesta última, "orgânico" se refere aos compostos de carbono, enquanto, para esses alimentos, à sua forma de produção.

Atividades (p. 102)

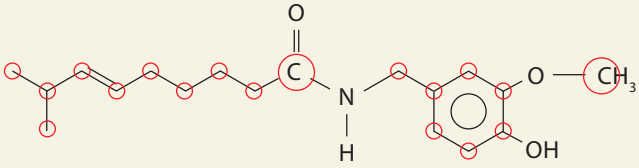
1. a)



b)  $C_9H_8O_4$

c)  $C_8H_{10}N_4O_2$

2. 18 átomos de carbono.

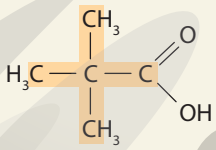


3. **a)** Incorreta. Cadeias normais não podem apresentar ramificações, ou seja, não podem ter átomo de carbono terciário ou quaternário.

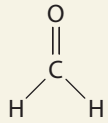
b) Incorreta. Substâncias orgânicas podem apresentar nitrogênio que não está entre os átomos de carbono da cadeia, por exemplo:

$$H_3C-CH_2-CH_2-NH_2$$

c) Incorreta. Uma substância que contenha ligações duplas entre átomos de carbono da cadeia não pode ser saturada, no entanto, se a ligação dupla ocorrer entre o carbono e um substituinte, isso não interfere quanto à saturação. Por exemplo:



Interligações (p. 106)

1. Segundo o texto, molécula pré-biótica é aquela que desempenha um papel nos processos pré-bióticos, ou seja, anteriores à origem da vida e que criaram condições para seu desenvolvimento.
2. Essa descoberta pode dar pistas sobre os processos do surgimento da vida na Terra, mecanismos ainda estudados por pesquisadores. Além disso, é um indicativo de condição de desenvolvimento de vida extraterrestre.
3. 

formaldeído

$HC \equiv C-CH=NH$

propargilimina

4. O composto é insaturado devido à tripla ligação entre átomos de carbono. De acordo com o astroquímico, essa insaturação e a ligação dupla entre o átomo de nitrogênio e o átomo de carbono conferem à propargilamina alta reatividade e, por isso, essa molécula não existe em condições ambientais terrestre.

Atividades (p. 106)

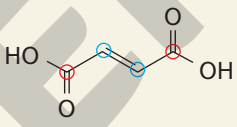
1. **a)** Propeno.
b) Etino.
c) Metanol.
d) Eteno.
e) Hept-3-eno.
f) Heptan-1-ol.
g) Hex-1-ino.
h) Decan-1-ol.
i) Hexan-3-ol.

2. $HC \equiv C-CH_2-CH_2-CH_3$ pent-1-ino

$H_3C-C \equiv C-CH_2-CH_3$ pent-2-ino

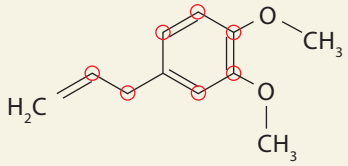
ATIVIDADES FINAIS (p. 107)

1. Alternativa **c**. A ligação dupla entre átomos de carbono classifica a cadeia carbônica como insaturada. De acordo com a fórmula estrutural indicada abaixo temos:



* dois átomos de carbono secundário (circulados em azul), pois fazem ligações com dois outros átomos de carbono; * dois átomos de carbono primário (circulados em vermelho), pois são ligados a apenas um átomo de carbono.

2. Alternativa **d**. Todos os átomos de carbono secundário estão circulados de vermelho na figura abaixo. O carbono secundário é aquele ligado a dois átomos de carbono.



3. Alternativa **c**. A cadeia é insaturada, porque existem duas ligações duplas entre átomos de carbono. A cadeia é homogênea, pois não existe heteroátomo ligado entre dois átomos de carbono. A cadeia é ramificada, porque existem dois radicais metil ligados na cadeia principal.

4. **a)** Os 12 POPs proibidos na Convenção de Estocolmo eram: DDT, aldrin, clordano, dieldrin, endrin, heptacloro, mirex, toxafeno, bifenilas policloradas, hexaclorobenzeno, dioxinas e furanos.

b) Ambos são organoclorados, aromáticos e pesticidas extremamente tóxicos.

DDT: $C_{14}H_9Cl_5$

HCB: C_6Cl_6

MODERNA

Capítulo 5

A evolução da vida

Professor indicado

Recomenda-se que esse capítulo seja trabalhado pelo professor de Biologia.

BNCC – competências e habilidades trabalhadas

Estão indicadas a seguir, a partir da BNCC, competências gerais, competências específicas e habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, assim como competências específicas de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, cujo desenvolvimento é favorecido no capítulo. Para isso, são apontados os momentos em que seu trabalho pode ser propício.

Competência geral	Justificativa	Página
1	A competência diz respeito à valorização do conhecimento historicamente. Ela é trabalhada durante todo o capítulo, que apresenta o desenvolvimento histórico do pensamento evolucionista.	Todo o capítulo
2	A competência é desenvolvida em atividades que solicitam pesquisa e análise de informações. Na seção **Comunicando ideias**, por exemplo, os estudantes devem elaborar hipóteses para explicar características marcantes de seres vivos.	113
4	A seção **Comunicando ideias** propõe a elaboração de um texto jornalístico sobre fósseis e dinossauros brasileiros, contribuindo para o desenvolvimento da competência.	118

Competência específica	Habilidade	Justificativa	Página
2	EM13CNT201	Todo o capítulo desenvolve saberes referentes à discussão de modelos e teorias propostos para explicar a evolução da vida, contribuindo para o desenvolvimento da habilidade.	Todo o capítulo
	EM13CNT202	A habilidade é desenvolvida sobretudo no tópico que discorre sobre a importância da anatomia comparada para os estudos evolutivos.	118
	EM13CNT208	O estudo da evolução, contemplando os mecanismos pelos quais ela ocorre, contribui para analisar a evolução humana e, consequentemente, para o desenvolvimento da habilidade.	Todo o capítulo
3	EM13CNT302	Essa habilidade é desenvolvida por meio de atividades que solicitam aos estudantes a produção de materiais de divulgação de informações científicas.	113 e 118
	EM13CNT305	A habilidade é trabalhada com a investigação de como a teoria da evolução foi utilizada para balizar diferentes formas de preconceito ao longo da história.	115 e 123

Competência específica de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas	Justificativa	Página
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.	O tópico **Interferência humana na evolução** permite avaliar como atividades humanas impactam o ambiente natural, interferindo no processo evolutivo.	122
6. Participar do debate público de forma crítica, respeitando diferentes posições e fazendo escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.	A seção **Interligações – Uso e abuso da teoria da evolução** favorece a desconstrução de noções incorretas e antiéticas relacionadas à aplicação de conhecimentos de evolução.	123

MODERNA

Conhecimentos prévios para melhor aproveitamento do conteúdo

O capítulo trata da teoria da evolução, mobilizando especialmente conhecimentos do Ensino Fundamental do objeto de conhecimento Vida e Evolução desenvolvidos no 9º ano.

A habilidade EF09CI08, que trata da associação entre os gametas e a transmissão das características hereditárias, é essencial para compreender a teoria sintética da evolução, evitando erros associados ao pensamento lamarckista. Já a habilidade EF09CI09 aborda as ideias de Mendel sobre hereditariedade (fatores hereditários, segregação, gametas, fecundação). A habilidade EF09CI10 trata de comparar as ideias evolucionistas de Lamarck e Darwin, identificando semelhanças e diferenças entre elas. Por fim, a habilidade EF09CI11 discute a evolução e a diversidade das espécies com base na seleção natural e também será tema de aprofundamento neste capítulo.

- (EF09CI08) Associar os gametas à transmissão das características hereditárias, estabelecendo relações entre ancestrais e descendentes.
- (EF09CI09) Discutir as ideias de Mendel sobre hereditariedade (fatores hereditários, segregação, gametas, fecundação), considerando-as para resolver problemas envolvendo a transmissão de características hereditárias em diferentes organismos.
- (EF09CI10) Comparar as ideias evolucionistas de Lamarck e Darwin apresentadas em textos científicos e históricos, identificando semelhanças e diferenças entre essas ideias e sua importância para explicar a diversidade biológica.
- (EF09CI11) Discutir a evolução e a diversidade das espécies com base na atuação da seleção natural sobre as variantes de uma mesma espécie, resultantes de processo reprodutivo.

Objetivos do capítulo

Ao final deste capítulo, o estudante deverá ser capaz de:

- Reconhecer a diversidade de vida na Terra.
- Compreender o conceito de teoria da evolução e como a seleção natural atua para a adaptação das espécies.
- Reconhecer argumentos que corroboram a teoria da evolução.
- Analisar usos impróprios do pensamento evolucionista.

O reconhecimento da diversidade da vida na Terra é condição essencial para compreender a teoria da evolução e valorizar a conservação da biodiversidade. A compreensão da teoria da evolução e dos mecanismos da seleção natural é base para entender toda a vida, evitando aplicações incorretas e mal-intencionadas desse conhecimento.

Sugestões metodológicas

Para entender e estudar a vida na Terra, é importante identificar e relacionar as características dos organismos e do ambiente que influem na persistência de uma espécie. Os organismos de uma espécie que possuem características mais vantajosas para determinado ambiente, por exemplo, conseguem se alimentar e se reproduzir com mais sucesso em relação a outros que não têm essa característica. A busca, a identificação e a relação de características de organismos e ambiente dialogam e compõem as habilidades do pilar **abstração** do pensamento computacional.

Para começo de conversa (p. 108)

A seção inicial do capítulo tem como objetivo sondar os conhecimentos prévios dos estudantes e retomar conceitos já trabalhados que são importantes para o andamento do trabalho. Inicie a aula solicitando aos estudantes que analisem a imagem de abertura. Peça que leiam a legenda e tentem explicar o que é uma árvore da vida. Não há necessidade de respostas corretas agora, deixe que tentem formular suas hipóteses a partir da imagem e de seus conhecimentos prévios. Faça perguntas para auxiliar no processo, por exemplo: Como essa árvore representa o parentesco dos organismos? Como podemos ver que organismos são mais "aparentados"?

Não há necessidade de rigor nas respostas nesse momento. A discussão tem como função sondar o conhecimento prévio dos estudantes e avaliar como eles entendem a evolução.

Caixa de ferramentas (p. 108)

Leia a seção com os estudantes e organize-os em duplas para debater o texto. Retome o que foi discutido no início do capítulo sobre o assunto.

Teorias da evolução (p. 109)

Evite entrar em polêmicas religiosas, esclarecendo que crenças e dogmas são assunto de outra esfera do saber e que, no momento, é importante analisar historicamente a evolução das ideias sobre a diversidade e a evolução da vida. É fundamental ressaltar, no debate com os estudantes, que não existem seres "mais evoluídos" ou "menos evoluídos", embora o grau de complexidade dos organismos varie bastante.

As ideias de Lamarck (p. 109)

Durante a leitura e o debate sobre as ideias de Lamarck, ressalte a importância delas. Mesmo superadas, o transformismo e a apresentação do conceito de adaptação foram essenciais para as construções teóricas subsequentes. Aproveite para debater como teorias científicas podem ser superadas com novas descobertas.

Utilize exemplos práticos para mostrar características não hereditárias. Por exemplo, mesmo que uma pessoa pratique fisiculturismo, seu filho não será mais musculoso que o de outras pessoas. Tingir o cabelo ou fazer uma plástica são outros exemplos. Nada disso será transmitido aos descendentes.

A teoria da evolução de Darwin e Wallace (p. 110)

A viagem do Beagle, passando por diferentes locais, foi essencial para que Charles Darwin desenvolvesse sua teoria. Converse com os estudantes sobre a diversidade que Darwin deve ter observado e como isso o auxiliou a questionar o fixismo. Compare a viagem do Beagle à viagem de Wallace, reforçando que a análise da diversidade é um fator preponderante para a teoria da evolução. Aproveite a discussão para mostrar que, em Ciência, pesquisadores distintos podem chegar às mesmas descobertas de maneira independente.

Se julgar necessário, aprofunde o debate por meio da leitura e da discussão da matéria a seguir, que trata da disponibilização integral dos trabalhos de Wallace na internet: <https://veja.abril.com.br/ciencia/obra-completa-de-alfred-wallace-cientista-que-desenvolveu-a-mesma-teoria-de-darwin-e-publicada-na-internet/> (acesso em: 10 ago. 2020).

MODERNA

Outro personagem interessante que pode ser apresentada aos estudantes é Thomas Huxley, que ficou conhecido à época como o "Buldogue de Darwin". O debate dele com o bispo Samuel Wilberforce é notável e tem muitas passagens que podem ser usadas para fomentar discussões com os estudantes. Mais informações podem ser encontradas em: <https://netnature.wordpress.com/2018/05/08/huxley-e-wilberforce-o-debate-que-foi-um-divisor-de-aguas/> (acesso em: 10 ago. 2020).

Os fundamentos da evolução por seleção natural (p. 112)

Leia o texto com os estudantes, parando a leitura para fazer explicações utilizando exemplos de situações com as quais eles estejam familiarizados. Use o exemplo do guepardo para ilustrar as premissas colocadas no debate. Compare com as ideias de Lamarck, pedindo aos estudantes que tentem relatar como ele explicaria a alta velocidade de guepardos.

Ao debater sobre ancestralidade comum, retome a árvore da vida da abertura e peça aos estudantes que observem como ela retrata que temos um ancestral comum.

Sugestão de atividade complementar

O documentário *Quando éramos répteis*, de Neil Shubin, trata da ancestralidade comum do ser humano com os répteis e apresenta uma série de explicações sobre evolução, fósseis, períodos geológicos e outros assuntos. Ele é facilmente encontrado na internet, em versões legendadas e dubladas, e pode auxiliar os estudantes a compreenderem a história evolutiva e a ancestralidade comum.

Teoria sintética da evolução (p. 113)

Explique aos estudantes que Darwin estudou hereditariedade, mas não conseguia explicar exatamente como agia a seleção natural. O trabalho de Mendel, que descrevia as leis da herança, foi publicado em 1866, com Darwin ainda vivo, mas ficou no esquecimento até 1900. Quando o trabalho de Mendel foi redescoberto, compreendeu-se como a hereditariedade se dava, e foi possível entender os mecanismos da seleção natural. Um dos principais cientistas responsáveis por unir os dois estudos foi Thomas Hunt Morgan, que conseguiu estabelecer teorias cromossômicas de herança e compreender as mutações por meio de estudos com a mosca-das-frutas (*Drosophila melanogaster*). Quem de fato une as **teorias** e é considerado o primeiro neodarwinista é Theodosius Dobzhansky. Ele era estudante de Morgan e aplicou as teorias de seu professor em estudos sobre genética populacional de diferentes organismos.

Comunicando ideias (p. 113)

Existem ferramentas na internet que podem auxiliar os estudantes a criarem a tirinha, como: <https://www.canva.com/pt_br/criar/tirinhas/> (acesso em: 10 ago. 2020). Se possível, ofereça essa alternativa, em especial àqueles que demonstrarem relutância em desenhar.

Conduza o debate mostrando o caráter pouco científico de muitas das críticas à teoria da evolução atuais. Pode surgir o debate sobre o conceito de teoria. Explore-o com os estudantes, indicando que teoria é diferente de opinião. Estimule-os a buscar textos que embasem seus argumentos.

Seleção natural e adaptação (p. 113)

Um modo de fixar as diferentes formas de seleção é buscando outros exemplos além dos citados no livro. Se julgar necessário, divida a turma em grupos para que cada um busque exemplos de um tipo de seleção a fim de apresentar aos demais. O material a seguir pode servir de aprofundamento para o professor se informar: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1699938/course/section/431074/Sele%C3%A7%C3%A3o%20Natural.pdf> (acesso em: 10 ago. 2020).

Sugestão de atividade complementar

Peça aos estudantes que pesquisem e analisem os gráficos que demonstram as seleções estabilizadora, direcional e disruptiva, explicando como funcionam. O aplicativo Phet Colorado oferece uma simulação para auxiliar na compreensão dos mecanismos de seleção natural e pode ser acessado no endereço: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/natural-selection> (acesso em: 10 ago. 2020).

Coevolução (p. 115)

Peça aos estudantes que pensem em outros casos, além dos citados. Explique que a coevolução é passível de acontecer quando há interações ecológicas, aproveitando para retomar esses conceitos.

O *site* sobre evolução do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo tem textos, estudos de caso e até atividades que podem ser explorados pelos estudantes como aprofundamento. Disponível em: <https://evosite.ib.usp.br/evo101/IIIFCoevolution.shtml> (acesso em: 10 ago. 2020).

Interligações (p. 115)

Auxilie os estudantes na busca por relatos ou materiais sobre o assunto, em especial se alguma situação foi vivida por eles ou por conhecidos, tomando cuidado para evitar a exposição dos envolvidos. Reforce o combate ao preconceito e demonstre que os argumentos empregados para justificar tais atitudes não condizem com o que a ciência mostra.

Evidências da evolução (p. 116)

O Museu Nacional de História Natural de Washington, nos Estados Unidos, conta com exposições virtuais sobre evolução. Ao clicar nas imagens, é possível fazer uma visita em três dimensões e ver a incrível coleção, que inclui muitos fósseis. Disponível em: <https://naturalhistory2.si.edu/vt3/NMNH/z_tour-022.html> (acesso em: 10 ago. 2020).

Interligações (p. 118)

Retome conceitos de Geologia, como a formação de rochas sedimentares, para auxiliar na compreensão dos estudantes sobre a formação de fósseis. Com o professor de Geografia, pode-se analisar mapas de formações geológicas brasileiras e debater com os estudantes onde eles esperam encontrar fósseis.

Sugestão de atividade complementar

O aplicativo Phet Colorado, já mencionado anteriormente, possui também uma simulação sobre datação radioativa que per-

MODERNA

mite aos estudantes compreender como os fósseis são datados. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/radioactive-dating-game> (acesso em: 10 ago. 2020).

Comunicando ideias (p. 118)

A produção do texto jornalístico pode ser feita com a disciplina de Língua Portuguesa, que tratará da forma do texto. Se julgar pertinente, pode-se solicitar aos estudantes que elaborem uma videorreportagem e a divulguem nas redes sociais da escola.

Biogeografia (p. 118)

Retome a importância das viagens de Alfred Wallace para relacioná-las à formação da teoria da evolução. Para seu aprofundamento, recomendamos o artigo "Biogeografia: a história da vida na Terra", disponível em: <http://www2.fct.unesp.br/docentes/geo/raul/biogeografia_saude_publica/aulas%202014/3-historia%20biogeografia.pdf> (acesso em: 10 ago. 2020).

Aproveite para retomar a biodiversidade dos biomas à luz da evolução, elegendo alguns biomas e suas características para que os estudantes reflitam sobre as possíveis pressões evolutivas para a fauna e a flora desses locais.

Anatomia comparada (p. 118)

Reforce a questão da ancestralidade comum ao debater homologia. Apesar de possuírem as mesmas origens embrionárias, os órgãos não necessariamente apresentam a mesma função em espécies distintas. Peça aos estudantes que pensem em outros exemplos de homologia que corroborem o da evolução.

Chame a atenção para as diferenças entre homologia e analogia, destacando que, na analogia, a função desempenhada pelas estruturas comparadas é a mesma, por terem surgido em meio a pressões seletivas parecidas.

Explique então aos estudantes que muitos órgãos que eram considerados vestigiais, sem função, foram descobertos como importantes. Em relação ao apêndice, por exemplo, descobriu-se que ele tem a função de armazenar bactérias benéficas.

Peça que pesquisem sobre semelhanças genéticas entre diferentes espécies. Debata os resultados encontrados, reforçando a ancestralidade comum.

ATIVIDADE PRÁTICA (p. 121)

A atividade prática visa trabalhar a capacidade argumentativa e a organização de ideias. Peça aos estudantes que leiam os objetivos. O debate não deve representar aquilo no que cada um acredita; o objetivo é representar os papéis designados a cada grupo. Comente que eles vão defender o criacionismo, orientando-os sobre a existência de novas vertentes desse pensamento, como o *design* inteligente. Auxilie-os a debater aspectos pouco explicados nas aulas, caso sejam citados na argumentação.

Interferência humana na evolução (p. 122)

Debata questões bem conhecidas de seleção artificial, dando exemplos de raças de cães e questionando características que devem ter sido selecionadas nos cruzamentos. Exemplos envolvendo plantas também podem ser explorados, como variedades de tomates e outros alimentos.

Tanto Darwin quanto Wallace conheciam bem a prática de seleção feita na agricultura e na criação de animais. Ambos os pesquisadores identificaram nessa prática os fundamentos da evolução por seleção natural. A diferença é que na seleção artificial o ser humano exerce o papel do meio, impondo a pressão seletiva sobre a espécie manipulada.

Nesse tema, Darwin concentrou-se especialmente no estudo de pombos (*Columba livia*), que apresentam muitas variedades domésticas produzidas por seleção artificial, realizada por criadores especializados. Segundo ele, se tantas mudanças foram geradas em um tempo relativamente curto por seleção artificial, a seleção natural também poderia produzir modificações suficientes para que, em um longo intervalo de tempo, ocorressem alterações capazes de originar espécies diferentes – ou seja, evolução biológica.

As diferentes raças de cães domésticos (*Canis lupus familiaris*) também são produto de seleção artificial, provavelmente a partir do lobo cinzento (*Canis lupus*), originalmente presente na América do Norte, na Eurásia e no norte da África. Seres humanos e lobos convivem nessas regiões há dezenas de milhares de anos. Acredita-se que, por causa dessa proximidade, alguns desses animais naturalmente mais dóceis passaram a viver próximo a grupos humanos, dos quais recebiam restos de comida. Ao favorecê-los, nossos ancestrais contribuíram para o surgimento do cão doméstico. Posteriormente, raças foram produzidas por meio da seleção de animais capazes de participar de caçadas, de corridas ou do salvamento na neve, além daquelas que serviam como companhia.

Trabalhe a relação do assunto com a área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, solicitando aos estudantes que avaliem o impacto econômico, ambiental e social do desenvolvimento de cultivares agrícolas, levando em conta a relação do ser humano com o ambiente e as dinâmicas de poder que são criadas a partir desse contexto.

Comunicando ideias (p. 122)

O debate dos estudantes deve conter tanto os danos dos pesticidas à saúde humana quanto a adaptação de espécies a esses pesticidas. Oriente os estudantes a não adotarem uma linguagem finalista no texto, vídeo ou *podcast*. No caso de escolherem um dos dois últimos, proponha a criação de um roteiro antes da gravação.

Interligações (p. 123)

O darwinismo foi utilizado de maneira enviesada em muitos momentos da história. Para enriquecer a abordagem do tema, explore a relação do assunto com a área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas; se possível, desenvolva o trabalho com o professor de História.

Se julgar necessário, peça aos estudantes que pesquisem sobre eugenia e "spencerismo", realizando um debate crítico a respeito do tema. O artigo a seguir pode ser utilizado para aprofundar o debate: <https://super.abril.com.br/ciencia/a-longa-historia-da-eugenia/> (acesso em: 10 ago. 2020).

MODELO

Processos de especiação (p. 124)

Discuta sobre o conceito de espécie reforçando a definição apresentada por Dobzhansky e Mayr para espécies sexuadas e relacione-a às novas tecnologias de sequenciamento do DNA. O tema é complexo e gera muito debate nas ciências biológicas. Caso queira buscar aprofundamento no tema, sugerimos o artigo de Solange Peixinho, da Universidade Federal da Bahia, disponível em: <http://www.zoo1.ufba.br/especie.htm> (acesso em: 10 ago. 2020).

Retome o debate sobre tipos de seleção natural para facilitar a compreensão dos conceitos de anagênese e cladogênese. Utilize a etimologia para tornar mais fácil o entendimento dos dois processos: *ana* significa "para cima", e *clado* significa "ramo". Assim, o estudante pode associar mais facilmente os nomes. O mesmo deve ser feito para os tipos de especiação: o radical *sim* vem do grego e significa "junto", e *alo* significa "outro". Ou seja, a simpátrica ocorre no mesmo território, e a alopátrica, em territórios diferentes.

Reforce que, em todos os tipos de especiação, o isolamento reprodutivo é essencial, pois cessa o fluxo genético entre as populações.

Avaliação

A avaliação deve ser contínua, em especial observando os debates dos estudantes durante o capítulo. Utilize as questões propostas em **Atividades**, **Comunicando ideias** e **Interligações** para avaliar o aprendizado ao longo do desenvolvimento do capítulo.

Caso julgue necessária uma avaliação final para além das seções e dos debates, pode-se sugerir aos estudantes que escolham diferentes biomas terrestres e tentem explicar as adaptações encontradas na fauna e na flora do local à luz da teoria da evolução, explicitando as pressões seletivas detectadas. Esse trabalho deve ser apresentado em um seminário avaliativo.

Bibliografia complementar

- RIDLEY, M. *Evolução*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. Livro que é referência no assunto, traz a história do pensamento evolutivo, trabalhando também temas atuais da evolução de maneira aprofundada.

Resoluções

Atividades (p. 113)

1. Lamarck e Darwin desafiaram a visão de mundo de sua época por terem rejeitado a ideia de que as espécies eram as mesmas desde a "origem dos tempos". Certos de que elas mudavam, ambos tentaram explicar de que maneira isso acontecia. Do ponto de vista científico, esse conflito não existe mais.
2. A resposta deve conter exemplos de características que são adquiridas durante a vida de um indivíduo, mas não são transmitidas para sua descendência, como é o caso de membros amputados.

Comunicando ideias (p. 113)

1. A característica escolhida deve variar; o importante é que os estudantes consigam usar a teoria da evolução por seleção natural para explicar a evolução dessa característica e que a representem em uma tirinha, tornando o trabalho mais lúdico.
2. Darwin passou cinco anos a bordo do Beagle visitando diferentes locais (inclusive o Brasil), coletando e analisando diversos animais, plantas e fósseis. Esse contato com várias regiões do mundo e diferentes espécies foi essencial para a formulação de sua teoria sobre a evolução das espécies. Abaixo, segue um modelo de mapa com a rota da viagem do Beagle.

FERNANDO JOSÉ FERREIRA

Fonte: DARWIN, Charles. *Viagem de um naturalista ao redor do mundo*. São Paulo: L&PM, 2008.

MODELO

3. Entre as possíveis polêmicas que podem aparecer nas respostas, a questão sobre o ensino do criacionismo nas escolas como uma teoria concorrente ao neodarwinismo pode ser mencionada. Nesse caso, aponte a necessidade de se ter clareza de que o criacionismo não constitui uma teoria científica, uma vez que não gera previsões que podem ser testadas ou refutadas por meio de experimentos.

Interligações (p. 115)

1. Resposta pessoal. Estimule os estudantes a pesquisarem em grupos algum exemplo. Caso tenham dificuldade, apresente alguns exemplos e/ou traga para a sala de aula materiais pesquisados.
2. Estimule a discussão entre os estudantes de modo a construírem os argumentos. Propicie um ambiente de troca de informação, em que cada grupo apresentará o exemplo pesquisado e apontará a apropriação de ideias darwinistas e suas incoerências.

Atividades (p. 116)

1. A charge mostra uma situação fictícia de evolução de uma espécie em que a pesca atuou como pressão seletiva, favorecendo uma espécie de peixe que apresenta grande semelhança com botas. Peixes semelhantes a botas teriam sido favorecidos porque sua forma incentiva os pescadores a jogá-los de volta à água, permitindo que sobrevivam e deixem mais descendentes. Essa característica morfológica poderia ser considerada uma adaptação.
2. A alteração climática favoreceria a sobrevivência de roedores brancos, que ficariam camuflados no ambiente. A camuflagem é um exemplo de seleção direcional.
3. Existem muitos exemplos que podem ser trazidos pelos estudantes. O importante é demonstrar a relação do bico da ave com o formato da flor polinizada.

Interligações (p. 118)

1. A formação de rochas sedimentares pode compactar vestígios de seres vivos e mineralizá-los.
2. A datação permite identificar o período em que cada indivíduo viveu.
3. O petróleo é formado a partir de matéria orgânica submetida a transformações ao longo do tempo geológico.

Comunicando ideias (p. 118)

1. Entre outros que podem ser mencionados, fósseis do gênero *Staurikosaurus* foram encontrados na Formação Santa Maria (RS) e estão datados em 225 milhões de anos. Exemplares dos gêneros *Irritator* e *Angaturama* foram encontrados na Formação Santana (CE, PE e PI) e estão datados em 110 milhões de anos.

Atividades (p. 121)

1. As asas de aves e insetos são exemplos de estruturas análogas, pois são semelhantes e desempenham a mesma função, mas apresentam origem evolutiva diferente.
2. Com a ausência de luz no ambiente de caverna, a visão torna-se um sentido que não oferece vantagem evolutiva ao indivíduo.

ATIVIDADE PRÁTICA (p. 121)

Não existem respostas-padrão para essas questões; elas servem apenas de guia para a discussão com os estudantes.

Atividades (p. 122)

1. Sim, esse é um exemplo que mostra como ações humanas podem interferir na evolução dos seres vivos. Ao reduzir a população dos elefantes-marinhos do Norte a apenas 20 indivíduos, a interferência humana fez com que toda a população fosse descendente desses 20 indivíduos.
2. As listas serão pessoais. Todas as partes de plantas (folhas, frutos, sementes, raízes, tubérculos etc.) consumidas atualmente são fruto de seleção artificial, seja recente ou antiga. Em geral, são selecionadas características que conferem maior sabor ou tamanho ao alimento.

Comunicando ideias (p. 122)

Estimule a pesquisa pelos estudantes para a elaboração do cartaz. Entre as alternativas de práticas agrícolas que podem aparecer, estão a agricultura orgânica, a agricultura biodinâmica e a permacultura. Todas se baseiam no respeito ao meio ambiente e aos seres humanos que produzem e consomem os alimentos.

Interligações (p. 123)

1. Os argumentos são pessoais, mas é importante que os estudantes compreendam que, hoje em dia, o darwinismo social é criticado e considerado violação dos direitos humanos, pois utiliza conceitos da teoria da evolução proposta por Darwin de maneira equivocada para justificar as desigualdades sociais.
2. A exploração de escravizados, o preconceito racial, a xenofobia e a diferença de privilégio entre ricos e pobres são alguns exemplos dessas práticas discriminatórias. A situação privilegiada de um grupo que detém o poder (político, econômico, militar) em relação a outro era considerada uma variação natural e justificada pela seleção natural, ou seja, corresponderia à "luta pela sobrevivência" apontada por Darwin em suas publicações.
3. Propicie um ambiente de discussão entre os estudantes e, caso julgue pertinente, contribua apontando diferenças entre argumentos científicos e morais

MODELO

ou religiosos, lembrando que a construção do conhecimento na Ciência é dinâmica e que nenhuma afirmação pode ser considerada verdade absoluta. Levante também a questão do respeito à divergência.

Atividades (p. 125)

1. Pelo conceito tipológico de espécie, que leva em conta a morfologia, as borboletas podem ser consideradas duas espécies. Pelo conceito biológico, que analisa a capacidade de cruzamento em condições naturais, essas borboletas podem ser consideradas duas populações de uma mesma espécie com algumas diferenças morfológicas.
2. a) As duas aves possuem diferenças morfológicas suficientes para não se reconhecerem como membros de um mesmo grupo e acasalarem; portanto, podem ser consideradas espécies diferentes.
   b) Podem ser realizados estudos comportamentais e moleculares, por exemplo, para evidenciar que se trata de espécies diferentes.

ATIVIDADES FINAIS (p. 126)

1. Alternativa **a**. A maior afinidade da hemoglobina das lhamas pelo oxigênio é uma característica que lhes permite viver no alto dos Andes, com baixa disponibilidade desse gás. Essa característica corresponde a um ajuste desses animais ao ambiente, ou seja, a uma adaptação.
2. Aves e seres humanos apresentam ancestrais que tinham caudas longas, por isso têm estruturas derivadas dessa região. A evolução dos grupos das aves e dos seres humanos resultou na transformação de parte da coluna vertebral, correspondente à longa cauda, em órgãos vestigiais.
3. Seres humanos, cachorros, porcos, carneiros e cavalos possuem um ancestral comum que apresentava uma versão dos ossos mostrados na ilustração. Com o tempo, diferentes populações ancestrais, apresentando variabilidade em sua anatomia, originaram os distintos grupos atuais em um processo chamado de divergência evolutiva, em que a seleção natural de ambientes diversos favorece diferentes características.
4. O animal é um sapo-de-chifres. Esse tipo de característica é chamado de camuflagem. A população ancestral dessa espécie continha indivíduos com variações morfológicas. Os indivíduos que se assemelhavam ao ambiente eram detectados mais dificilmente e, portanto, tinham mais chances de sobreviver e se reproduzir. Com o tempo, essas variações produziram a morfologia típica da espécie atual.
5. a) Esse é um exemplo de coevolução. Ao longo do tempo, foram selecionadas características na planta e na vespa que beneficiam ambas as espécies.
   b) A população ancestral de plantas apresentava pequenas variações, e os herbívoros eliminavam preferencialmente as plantas com características menos favoráveis à sobrevivência. A seleção pelos herbívoros explica a origem dessas características observadas atualmente.
6. A cauda dos cães surge durante o desenvolvimento embrionário e é uma característica hereditária. O corte da cauda é realizado quando os cães são filhotes e, portanto, não poderia ser transmitido aos descendentes. Essa observação demonstra a falha da hipótese de transmissão das características adquiridas, em que Lamarck acreditava.
7. Darwin se interessou pela diversidade de tipos de pombos porque imaginou que, se tantas mudanças puderam ser geradas em um tempo relativamente curto, por seleção artificial, então, em centenas ou milhares de gerações a seleção natural também poderia produzir modificações suficientes para que, em um longo intervalo de tempo, novas espécies surgissem. Darwin supôs que a seleção natural se assemelhava à seleção artificial, considerada uma das evidências da evolução.
8. Alternativa **b**. Estruturas homólogas apresentam a mesma origem evolutiva, portanto, os organismos que as contêm devem ter evoluído de um mesmo ancestral.
9. O poema é rico em descrições da paisagem seca e com poucas plantas e animais, por exemplo: "terra desertada", "calcinada", "onde só pedra é que ficava". Também indica alguns organismos típicos, como gaviões e urubus. A expressão "plantas bravas" pode se referir à presença de espinhos e galhos retorcidos, adaptações típicas em áreas secas.
10. As respostas podem variar. É possível que sejam mencionados organismos que apresentam adaptações fisiológicas ou em seus hábitos. Alguns animais, por exemplo, produzem menos urina ou fezes mais secas, evitando a perda de água. Outros contam com adaptações comportamentais, como hábitos noturnos ou redução da movimentação. Já as plantas sujeitas à falta de água podem reagir rapidamente fechando seus estômatos (estruturas presentes nas folhas para entrada e saída de gases e vapor de água). Os cactos, por exemplo, exibem folhas menores, cutícula impermeabilizante e caule suculento, que armazena água.
11. Conduza os estudantes a elaborarem explicações sem erros conceituais ou confusões entre o lamarckismo e o darwinismo. Além disso, devem ressaltar que a variação existe previamente na população, e os indivíduos com características mais vantajosas para lidar com o estresse hídrico são selecionados.
12. Alternativa **a**. A afirmação III está incorreta, pois apresenta o conceito de maneira finalista. A afirmação IV está incorreta, pois os anticorpos não são transmitidos ao longo das gerações.
13. Alternativa **c**. A seleção está favorecendo valores médios na população, o que caracteriza a seleção estabilizadora.
14. Alternativa **a**. A seleção está favorecendo valores extremos na população, o que caracteriza a seleção disruptiva.
15. Não. As condições ambientais em A estão favorecendo o valor médio da massa corpórea da população, enquanto as de B estão favorecendo valores extremos.
16. Alternativa **c**. Trata-se de especiação por alopatria, pois as espécies surgem como resultado de isolamento geográfico.

REPRODUÇÃO

Capítulo 6

Genética

Professor indicado

Recomenda-se que esse capítulo seja trabalhado pelo professor de Biologia.

BNCC – competências e habilidades trabalhadas

Estão indicadas a seguir, a partir da BNCC, competências gerais, competências específicas e habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, assim como competências específicas de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, cujo desenvolvimento é favorecido no capítulo. Para isso, são apontados os momentos em que seu trabalho pode ser propício.

Competência geral	Justificativa	Página
1	A competência diz respeito à valorização do conhecimento historicamente. Ela é trabalhada durante todo o capítulo, que apresenta o desenvolvimento histórico das ideias sobre a hereditariedade.	Todo o capítulo
2	As atividades propostas ao longo do capítulo envolvem a aplicação de conhecimentos e técnicas de raciocínio próprios da Genética, contribuindo para o desenvolvimento da competência.	136 a 148
8	A competência trabalha o autoconhecimento e o autocuidado, compreendendo a diversidade humana. Ela pode ser desenvolvida no estudo das genealogias.	142
10	O debate sobre organismos geneticamente modificados propicia o desenvolvimento dessa competência.	148

Competência específica	Habilidade	Justificativa	Página
2	EM13CNT201	A habilidade é trabalhada nos momentos em que se aborda o desenvolvimento do conhecimento no ramo da Genética.	136 a 142
	EM13CNT202	Ao estudar a organização dos cromossomos, o trabalho com essa habilidade é favorecido.	130 a 136
	EM13CNT205	A interpretação dos experimentos de Mendel oferece uma oportunidade para desenvolver essa habilidade.	136 a 142
3	EM13CNT302	A produção para divulgar as ideias de Mendel na seção **Comunicando ideias** favorece o desenvolvimento da habilidade.	141
	EM13CNT304	O debate sobre a criação de organismos geneticamente modificados e sobre Bioética favorece o desenvolvimento da habilidade.	148 a 150

Competência específica de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas	Justificativa	Página
5. Identificar e combater as diversas formas de injustiça, preconceito e violência, adotando princípios éticos, democráticos, inclusivos e solidários, e respeitando os Direitos Humanos.	A seção **Comunicando ideias** favorece a desconstrução de noções incorretas e antiéticas relacionadas à aplicação de conhecimentos de Genética.	150

Conhecimentos prévios para o melhor aproveitamento do conteúdo

O capítulo mobiliza conhecimentos do Ensino Fundamental, em especial conteúdos do objeto de conhecimento Vida e Evolução. A habilidade EF09CI08, que trata da associação entre os gametas e a transmissão das características hereditárias, e a EF09CI09, que discute as ideias de Mendel sobre hereditariedade, serão aprofundadas durante o estudo do capítulo.

- (EF09CI08) Associar os gametas à transmissão das características hereditárias, estabelecendo relações entre ancestrais e descendentes.
- (EF09CI09) Discutir as ideias de Mendel sobre hereditariedade (fatores hereditários, segregação, gametas, fecundação), considerando-as para resolver problemas envolvendo a transmissão de características hereditárias em diferentes organismos.

MODERNA

É retomada também a habilidade EF08CI07, pois os estudantes devem ter conhecimento sobre a reprodução de plantas para entender os experimentos de Mendel. O mesmo ocorre com a habilidade EF06CI05, que trabalha a organização celular.

- (EF08CI07) Comparar diferentes processos reprodutivos em plantas e animais em relação aos mecanismos adaptativos e evolutivos.
- (EF06CI05) Explicar a organização básica das células e seu papel como unidade estrutural e funcional dos seres vivos.

Objetivos do capítulo

Ao final deste capítulo, o estudante deverá ser capaz de:

- Compreender o histórico de descobertas da Genética, de Mendel aos dias atuais.
- Relacionar conceitos da Genética clássica a conceitos da Genética atual, explicando as leis da hereditariedade.
- Identificar as principais técnicas utilizadas em biotecnologia e relacioná-las aos conceitos teóricos.
- Debater de maneira crítica os limites éticos da Biotecnologia.

A compreensão do trabalho de Mendel e das leis da hereditariedade é essencial para o entendimento dos fundamentos da Genética. Ao compreender o conceito de Biotecnologia, o estudante poderá se posicionar de maneira embasada e responsável sobre questões atuais.

Sugestões metodológicas

Para começo de conversa (p. 129)

A seção inicial do capítulo tem como objetivo sondar os conhecimentos prévios dos estudantes e retomar conceitos já trabalhados que são importantes para o andamento do trabalho. Inicie a aula debatendo com os estudantes o que eles pensam quando escutam o termo "genética". Faça essa rodada de conversa observando as ideias que eles levantam e quais pontos devem ser mais bem trabalhados ao longo do capítulo.

Como se trata de um tema envolvendo tecnologia recente, muitas vezes os estudantes são imbuídos de alarmismo em relação ao conteúdo. Não há necessidade de corrigi-los nesse debate inicial, mas ele é fundamental para orientar pontos de vista que devem ser mais bem debatidos e aprofundados ao longo do trabalho, para garantir que os estudantes formem opiniões embasadas cientificamente, fugindo, assim, do senso comum e de teorias da conspiração.

Cromossomos eucariontes (p. 130)

Antes da leitura e da análise da imagem, retome o conhecimento que os estudantes já têm sobre macromoléculas e componentes celulares, detalhando os conceitos de material genético e de cromatina.

Relembre o processo de transcrição e tradução, mostrando aos estudantes que o DNA não pode estar compactado durante esse processo. Pode-se fazer analogias com novelos de lã, por exemplo. Quando estamos tricotando algo com o novelo, é essencial que ele esteja esticado. Porém, se há vários novelos juntos, é importante que sejam enrolados, para que seja possível separá-los.

Para facilitar a compreensão da homologia entre cromossomos, utilize exemplos de fenótipos comuns aos estudantes. Um deles pode ser o de Rh sanguíneo, sem se aprofundar no assunto. Dê o exemplo de indivíduos heterozigotos ou homozigotos. Esclareça que, nos cromossomos homólogos, haverá a informação para o Rh sanguíneo, mas que os pais podem transmitir informações diferentes para aquela característica, com um passando a informação para positivo e outro passando a informação para negativo.

Explique que o mesmo ocorre com o par de cromossomos sexuais; a mãe passa uma informação e o pai passa outra. Assim, essas características são determinadas por um par de informações.

Analise com os estudantes as diferentes morfologias dos cromossomos. Explique que existem anomalias no número ou na estrutura dos cromossomos que podem causar doenças congênitas, como as síndromes de Down, Patau e Edwards no caso das trissomias autossômicas; Klinefelter e Turner nas modificações do número de cromossomos sexuais; ou ainda as alterações estruturais, como as síndromes Cri du Chat, de Angelman, de Sotos e outras. Pode-se dividir os estudantes em grupos para que pesquisem as principais anomalias e seus fenótipos. Esse trabalho é importante para a compreensão de que mesmo pequenas alterações no cromossomo podem causar grandes alterações no fenótipo dos indivíduos.

Ao abordar a reprodução sexuada, aproveite a oportunidade para explorar conceitos de evolução. Explique que, em espécies sexuadas, há maior variabilidade entre os indivíduos. Isso é vantajoso evolutivamente, pois, no caso de uma ameaça à espécie, alguns organismos com determinada variante de uma característica podem ter mais facilidade em sobreviver.

Sugestão de atividade complementar

O *site* Biomedicina Padrão possui um cariótipo *on-line* para montagem e pode ser utilizado para que os estudantes compreendam melhor o conceito. Disponível em: <https://www.biomedicinapadrao.com.br/2012/08/monte-um-cariotipo-online.html> (acesso em: 10 ago. 2020).

Caso opte pela montagem padrão do cariótipo, pode-se recorrer ao exercício disponibilizado pelo Instituto de Biociências da USP, com foto dos cromossomos dispersos para recortar e colar. Disponível em: <https://www.ib.usp.br/biologia/bio230/Atividade_6_MontagemCromossomos.pdf> (acesso em: 10 ago. 2020).

Código genético (p. 131)

Os diferentes conceitos em Genética são importantes para a compreensão dos mecanismos de hereditariedade. Se julgar necessário, peça aos estudantes que organizem um glossário com a definição dos termos e exemplos.

Utilize exemplos também ao apresentar cada termo, de modo a tornar o conteúdo mais concreto. Ao falar de lócus gênico, retome o exemplo dado ao explicar homologia, dizendo que genes que têm informações para as mesmas características estão no mesmo lócus gênico e que cada versão da informação é chamada de alelo. Portanto, no exemplo do Rh do sangue, há um lócus gênico com o gene sobre a informação do Rh sanguíneo nos cromossomos homólogos. Esclareça então que a informação é passada através da sequência de bases nitrogenadas.

MODELO

Debata o conceito de código utilizando exemplos práticos. Por exemplo, pode-se criar um código com símbolos e letras, no qual cada símbolo corresponde a uma letra do alfabeto. Explique que o código genético também tem a mesma lógica, em que cada trinca de bases corresponde a um aminoácido. Relembre então que existem 20 aminoácidos e mostre aos estudantes que há 64 trincas possíveis para quatro bases nitrogenadas; portanto, existem trincas diferentes codificando o mesmo aminoácido.

O contrário, no entanto, não se verifica. Não há dois aminoácidos diferentes que correspondam a uma mesma sequência de bases. Peça aos estudantes que analisem a tabela com o código genético e explique que ele é padrão para praticamente todos os seres vivos. Essa informação será retomada na discussão sobre a Engenharia Genética.

Ciclo celular e mitose (p. 132)

Defina bem com os estudantes as etapas de interfase e divisão celular, analisando a imagem que mostra o ciclo celular e indicando que boa parte da vida celular é composta da fase de interfase. Analise as três fases da interfase, evidenciando que, embora a fase G1 tenha o nome de *gap* (intervalo), é nela que as funções celulares ocorrem. Células do fígado, por exemplo, podem passar muitos anos na fase G1.

Quando uma célula recebe o estímulo para se duplicar, ela inicia a fase S. Nessa fase, há a duplicação do DNA por meio de enzimas específicas, como a polimerase de DNA. Nela, a transcrição cessa. Esclareça aos estudantes que a duplicação é importante, pois garante que as células-filhas sejam idênticas à célula-mãe.

A fase G2 é a fase final da interfase, na qual os cromossomos já estão duplicados. Aproveite para debater que o exame de cariótipo é realizado durante essa fase celular exatamente por causa da condensação dos cromossomos, pois eles não são visualizados de modo individual quando estão nas fases G1 e S.

Durante o debate sobre a mitose, reforce os nomes das fases analisando o prefixo das palavras, de maneira a facilitar a memorização. Prófase: do grego *pro* (antes) e *phásis* (aparição, etapa, fase); metáfase: *metá* (depois, além); anáfase: *ana* (para cima, separação, em partes); e telófase: *telos* (fim). Observe as imagens com as etapas pedindo aos estudantes que descrevam cada uma.

Com o objetivo de facilitar o estudo, separa-se o processo de divisão celular por meio da mitose em quatro fases: prófase, metáfase, anáfase e telófase. Cada uma das fases possui características de modo que, a partir do esquema de uma célula em processo de divisão por mitose, pode-se dizer em qual dessas fases ela está. A decomposição do estudo da divisão celular em fases é uma estratégia que dialoga com o pilar da **decomposição** do pensamento computacional. Essa mesma estratégia pode ser aplicada para o estudo da divisão celular por meiose.

Sugestão de atividade complementar

Tanto as fases da mitose quanto as da meiose podem ser mais facilmente compreendidas por meio de representação com massa de modelar. A revista *Genética na Escola* tem um passo a passo completo de como ministrar essa aula, disponível em: <https://www.geneticanaescola.com/volume-4---n-1> (acesso em: 10 ago. 2020).

Meiose (p. 133)

Inicie o estudo da meiose apenas quando avaliar que os estudantes dominaram e compreenderam a mitose. Se julgar pertinente, realize uma pequena avaliação após o estudo da mitose para mapear a compreensão dos estudantes.

Explique que a meiose também é uma forma de divisão celular, porém de caráter reprodutivo sexual, ou seja, as células-filhas terão metade do material genético da célula-mãe.

Retome a discussão sobre cromossomos homólogos, lembrando aos estudantes que, em organismos diploides, cada cromossomo do par vem de um genitor. Esclareça que é esse processo que dá origem aos gametas e, assim, eles levam um cromossomo homólogo de cada par ao processo de reprodução.

Peça aos estudantes que analisem o esquema da primeira fase da meiose, ressaltando as diferenças em relação à mitose. Destaque que, na mitose, as cromátides-irmãs são separadas e, na meiose, são os cromossomos homólogos que se separam. Evidencie esse fato destacando o pareamento dos cromossomos homólogos durante a metáfase I.

Na meiose II há a separação das cromátides-irmãs. Comente que há apenas um cromossomo de cada tipo. A simulação com massa de modelar sugerida anteriormente pode ajudar na compreensão do processo.

Utilizando o esquema do livro e imagens coloridas na lousa, analise com os estudantes a variedade de gametas que um indivíduo pode gerar. Essa noção é muito importante para a compreensão da variabilidade genética da população e retoma a discussão já iniciada sobre a vantagem da reprodução sexuada. Mostre o esquema da célula diploide com seis cromossomos e faça o mesmo modelo para outros valores, de modo que os estudantes compreendam o caráter exponencial da variabilidade (2^n).

Após a compreensão da variabilidade produzida pela segregação independente, explore a questão do *crossing over*. Mais uma vez, os modelos de massa de modelar podem auxiliar na compreensão do processo. Debata com os estudantes que genes localizados mais nas pontas dos cromossomos têm mais chances de ter seus pedaços trocados.

Sugestão de atividade complementar

Se possível, analise a segregação independente dos cromossomos explorando o conteúdo curricular de Matemática, em especial de análise combinatória. A modelagem nesse momento é importante para a compreensão do processo biológico.

A Universidade Federal do Paraná disponibilizou um *site* com diversos modelos em 3D e interativos. A parte de divisão celular pode ser explorada para elucidar dúvidas sobre o assunto. Disponível em: <http://www.celuladidatica.ufpr.br/divisao-celular.php> (acesso em: 10 ago. 2020).

Comunicando ideias (p. 136)

Solicite aos estudantes que se baseiem nas discussões de aula e no livro didático. Caso julgue pertinente, a atividade também pode ser feita com apresentações *on-line* ou com os modelos de massa de modelar. Estimule os estudantes a verbalizarem as diferenças entre os processos, de modo a consolidarem os conceitos.

A primeira lei de Mendel (p. 136)

Explique aos estudantes que a compreensão dos mecanismos genéticos começou com Mendel. Em sua época, não se conhecia o DNA nem se sabia que a informação genética estava no núcleo da célula. Reforce que o mais inovador na

REPRODUÇÃO PROIBIDA

pesquisa de Mendel foi a modelagem matemática e a escolha do objeto de estudo. Até então, as suposições sobre os padrões de herança vinham mais de reproduções animais, que davam poucos descendentes em comparação às ervilhas de Mendel. Assim, com o estudo metódico de um grande número de cruzamentos, Mendel foi capaz de modelar matematicamente os padrões de herança.

As habilidades relacionadas à identificação de padrões de herança genética e as estratégias utilizadas podem ser reaproveitadas até os dias de hoje. Essas habilidades e estratégias dialogam com o pilar do **reconhecimento de padrões** do pensamento computacional.

A escolha da planta de ervilha (p. 136)

Durante a leitura e o posterior debate sobre as gerações, retome os conceitos do método científico discutindo as hipóteses elaboradas por Mendel. Reforce novamente a importância de Mendel contar as ervilhas, pois, de outra forma, não seria possível analisar as proporções.

Se possível, desenhe na lousa cromossomos homólogos com o mesmo gene em alelos dominantes e recessivos. Pode-se retomar o exemplo do Rh sanguíneo sugerido no começo do capítulo para que os estudantes consigam compreender melhor a relação entre as descobertas de Mendel e os conceitos atuais. Nesse momento, uma opção é utilizar os alelos como sinal de mais e menos e debater com os estudantes as proporções esperadas, para que assim eles consolidem o entendimento sobre dominância e recessividade. Pode-se trabalhar tanto por análise combinatória quanto pelo quadrado de Punnet.

Caixa de ferramentas (p. 137)

Ressalte a importância da escolha das linhagens puras durante o debate. Em dois anos, Mendel foi capaz de reproduzir inúmeras vezes tais ervilhas, até ter uma certeza razoável de que se tratava de linhagens puras. Se tivesse escolhido organismos com um ciclo de vida maior, não seria possível produzir tantas linhagens, e poderia haver problemas na hora da testagem.

A segunda lei de Mendel (p. 140)

Leia a primeira parte do texto e debata com os estudantes sobre como o rigor de Mendel em contar e quantificar as gerações foi essencial para a visualização dos padrões. Ao compreender que a segunda lei é um desmembramento da primeira, os estudantes conseguem aplicá-la a diferentes situações. Pode-se também analisar o quadrado de Punnet e suas proporções somando as proporções genéticas de fenótipos iguais.

Aproveite para retomar os conceitos debatendo com os estudantes que a segregação independente vale para genes em cromossomos diferentes.

Comunicando ideias (p. 141)

Espera-se que os estudantes debatam em função das proporções e do fato de as características serem determinadas por um par de fatores. Termos como "genes", "alelos", "gametas", entre outros modernos, estariam além da compreensão de pessoas naquela época.

Sugestão de atividade complementar

O Centro de Pesquisa sobre o Genoma Humano e Células-Tronco tem uma página com uma série de materiais didáticos para serem utilizados em sala de aula, dos princípios básicos em Genética até noções mais avançadas. Disponível em: <https://genoma.ib.usp.br/educacao-e-difusao/materiais-didaticos/atividades-interativas> (acesso em: 10 ago. 2020).

Conceitos importantes em Genética (p. 141)

Antes de iniciar, como muitos desses conceitos já foram utilizados, peça aos estudantes que tentem defini-los no caderno. Escreva na lousa os termos que aparecem em negrito e peça que leiam o texto e reavaliem suas definições. Esse tipo de exercício é importante para estimular o raciocínio, bem como para que os estudantes peguem o hábito de cotejar suas formulações com outras informações.

Reforce todos os termos com exemplos. Se julgar necessário, retome mais uma vez o exemplo do Rh sanguíneo.

Caixa de ferramentas (p. 142)

Esclareça aos estudantes que gene se refere à característica, e alelo, ao fenótipo. Dê exemplos de erros comuns, como dizer que alguém não tem o "gene da cor de olho X". Explique que todos têm os genes para todas as características (salvo deleções), o que varia são os alelos.

Estudo de genealogias (p. 142)

A compreensão da natureza dominante ou recessiva de determinado fenótipo passa pela genealogia, e, portanto, é essencial que a turma compreenda seus símbolos. Se julgar necessário, essa aula pode ter uma abertura mostrando os símbolos usados e solicitando a eles que tentem montar a genealogia de sua família até o terceiro grau, sem necessariamente colocar uma característica de estudo. A partir dos heredogramas familiares, eles se familiarizam com os símbolos, e o trabalho com heredogramas se torna mais fácil.

Após o trabalho introdutório, retome o conceito de cromossomo autossômico e sexual, relembrando a configuração do cariótipo humano, se necessário. Reforce a leitura do heredograma e a principal regra para se distinguir a recessividade ou a dominância em heranças autossômicas: procurar pais com o mesmo fenótipo que tenham filhos com fenótipo diferente.

Retome os cromossomos sexuais, lembrando aos estudantes que mulheres têm dois cromossomos X, enquanto homens têm um cromossomo X e um cromossomo Y. Os padrões para analisar as heranças ligadas ao X têm mais passos; assim, analise em conjunto os heredogramas de exemplo de cada um deles.

Por fim, utilize o quadrado de Punnet e solicite aos estudantes que tentem calcular as proporções de descendência de um dos heredogramas.

Outros tipos de herança (p. 145)

Analise os diferentes tipos de herança marcando bem a diferença entre fenótipo e genótipo, em especial da codominância e da dominância completa, fazendo o quadrado de Punnet e mostrando que o padrão é o mesmo.

No caso dos alelos múltiplos, também há o mesmo padrão, porém com mais alelos para a característica. Demonstre os resultados de cruzamentos de diferentes coelhos ou forneça genótipos e peça aos estudantes que tentem calcular a proporção de genótipos e fenótipos.

EM MODERNA

Para o debate de epistasia, retome a segunda lei de Mendel, esclarecendo novamente que o padrão de genótipo é o mesmo, mas o padrão fenotípico muda. Uma boa tática para o estudo de heranças epistáticas é escrever os genótipos possíveis e, ao lado, os fenótipos.

Herança dos grupos sanguíneos (p. 147)

Analise o sistema ABO com os estudantes pontuando as diferenças desse caso de alelos múltiplos com o caso dos coelhos, mostrando que os alelos I^A e I^B têm uma codominância entre si e uma dominância completa sobre o alelo i. Se possível, construa heredogramas hipotéticos evidenciando os cruzamentos, para que entendam o tipo de herança.

Leia então o texto sobre as aglutininas e esclareça aos estudantes que o tipo sanguíneo O não possui aglutinogênios. Aproveite para ressaltar a importância da doação de sangue para salvar vidas.

O sistema Rh já deve ter sido usado como exemplo durante o capítulo. Se for o caso, apenas retome o assunto com a turma, debatendo a nomenclatura correta dos alelos.

Caixa de ferramentas (p. 148)

Comente com os estudantes que a eritoblastose fetal só pode ocorrer em casos de pais Rh positivos e mães Rh negativas, uma vez que o filho deve ser Rh positivo. Explique que esse era um problema que aumentava muito a mortalidade infantil antes da elucidação dos mecanismos da transfusão e dos tipos sanguíneos, mas que, com o avanço da medicina, é possível contorná-lo.

Engenharia Genética (p. 148)

Explique aos estudantes que a Engenharia Genética permite que possamos inserir genes de um organismo em outro, relembrando que o código genético é o mesmo. Dê exemplos de bons usos da técnica, como a produção de insulina por bactérias, que barateou o custo do medicamento e salvou muitas vidas. Peça que leiam sobre os organismos geneticamente modificados e faça uma roda de conversa sobre os usos desses organismos, debatendo com os estudantes quais eles consideram ser os limites éticos para tal prática.

Analise com os estudantes o diagrama da clonagem, observando as características das ovelhas. Solicite que identifiquem a ovelha da qual Dolly herdou suas características.

Ressalte o termo "genoma" e diferencie-o de código genético. Debata a importância do Projeto Genoma Humano e do mapeamento genômico de outros organismos. Comente que esses estudos nos permitem ter uma compreensão muito mais profunda sobre características, doenças e utilizações de organismos, culminando em tecnologias como a da terapia gênica.

Comunicando ideias (p. 150)

Auxilie os estudantes a buscarem fontes seguras com argumentos científicos. Existem bons argumentos dos dois lados, porém há muita desinformação, em especial na internet, por ser um tema em disputa. Explore a relação dele com a área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, solicitando a participação do professor de Geografia, que pode abordar como o uso de transgênicos exerce influência econômica sobre a produção agrícola do Brasil.

Interligações (p. 150)

Se julgar pertinente, solicite aos estudantes uma pesquisa após a leitura do texto para qualificar o debate. Peça a eles que pesquisem os custos de tal técnica e procure fazer uma análise de casos famosos de retirada dos seios após a descoberta de uma propensão a desenvolver câncer de mama.

Avaliação

A avaliação deve ser contínua, em especial observando os debates dos estudantes durante o capítulo. Utilize as questões propostas em **Atividades**, **Comunicando ideias** e **Interligações** para avaliar o aprendizado ao longo do desenvolvimento do capítulo.

Caso julgue necessária uma avaliação final para além das atividades, das seções e dos debates, pode-se sugerir a proposta a seguir.

Inicie a aula explicando aos estudantes que eles realizarão apresentações sobre temas determinados. Divida a sala em cinco grupos. Os temas serão:

- Uso da biotecnologia na agricultura.
- Uso da biotecnologia em investigações forenses e testes de paternidade.
- Produção de fármacos com o uso da biotecnologia.
- Utilização da biotecnologia para problemas ambientais.
- Novas tecnologias: CRISPR/Cas9 e outras.

Após sortear os grupos, esclareça aos estudantes que eles deverão apresentar um produto final sobre o tema. Pode ser um jogo, um vídeo, uma animação etc. A criatividade será um dos elementos avaliados. Esclareça que a avaliação se dará por uma ficha na qual o estudante se autoavaliará, avaliará os outros grupos e também receberá a avaliação do professor. Essas três notas comporão a nota final.

Bibliografia complementar

- IZIQUE, Claudia. A batalha dos transgênicos. *Revista Fapesp*, ed. 93, nov. 2003. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-batalha-dos-transgenicos/>. Acesso em: 5 ago. 2020.

  Artigo sobre uma importante polêmica envolvendo o uso de OGMs na agricultura.
- TRIVELATO, S. L. F. *O ensino de genética em uma escola de segundo grau*. 1987. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

  Dissertação com considerações importantes sobre o ensino de Genética na Educação Básica.

Resoluções

Atividades (p. 136)

1. Esse processo é essencial para a manutenção da nossa vida, pois a mitose possibilita a formação de novas células, enquanto a meiose gera gametas.

CÓPIA

2. A célula original apresenta 10 cromossomos e 10 moléculas de DNA. Ao final da meiose I, as células formadas contam com 5 cromossomos distintos e 10 moléculas de DNA, já que, nessa divisão, os homólogos são separados, mas cada cromossomo ainda está duplicado. Ao final da meiose II, as células formadas apresentam 5 cromossomos e 5 moléculas de DNA, pois, ao final dessa divisão, ocorre a separação das cromátides-irmãs.
3. Enquanto na mitose são formadas duas células-filhas idênticas à célula-mãe, na meiose ocorre a distribuição aleatória dos homólogos maternos e paternos entre as células-filhas, que forma diversos gametas distintos, e também pode ocorrer a permutação cromossômica, que gera cromossomos diferentes dos da célula-mãe. Esses eventos promovem a variabilidade genética.

Comunicando ideias (p. 136)

Sugestão de quadro:

Característica	Mitose	Meiose
Número cromossômico das células-filhas.	Mantido em relação ao da célula-mãe.	Reduzido pela metade em relação ao da célula-mãe.
Semelhança entre as células-filhas.	Geneticamente idênticas.	Geneticamente distintas.
Ocorrência de permutação cromossômica.	Raramente ocorre.	Ocorre pelo menos uma permutação por par de cromossomos homólogos na prófase I.
Tecidos em que ocorre.	Todos.	Nos animais ocorre nas gônadas, mas em outros organismos também pode ocorrer no zigoto ou em tecidos que formam esporos.
Quantidade de eventos de duplicação do DNA e de divisões celulares.	Um evento de duplicação do DNA para uma divisão celular.	Um evento de duplicação do DNA para duas divisões celulares.
Quantidade de células produzidas a partir da célula-mãe.	Duas células-filhas.	Quatro células-filhas.
Emparelhamento dos cromossomos homólogos.	Não ocorre.	Ocorre na meiose I.
Duplicação do centrômero.	Ocorre na anáfase.	Ocorre na anáfase II.
Extensão da prófase.	Relativamente curta.	A prófase I é longa e complexa; a prófase II é mais curta.

Atividades (p. 140)

1. Todas devem ser altas, pois essa é a variedade dominante.
2. Aproximadamente 750 devem ser altas, e 250 devem ser baixas.

Atividade (p. 141)

1. São esperadas: 450 (ou 9/16) plantas com vagem inflada e flores violeta; 150 (ou 3/16) plantas com vagem inflada e flores brancas; 150 (ou 3/16) plantas com vagem comprimida e flores violeta; e 50 (ou 1/16) plantas com vagem comprimida e flores brancas.

Comunicando ideias (p. 141)

O objetivo é que a turma pratique a formulação de explicações e resolva dúvidas no processo. A exposição aos colegas pode explicitar algumas dúvidas. Trabalhe com os estudantes para resolvê-las.

Atividades (p. 145)

1. Pais que apresentam característica autossômica dominante podem ser homozigotos ou heterozigotos. Se forem homozigotos, todos os seus filhos receberão o alelo dominante e também apresentarão a característica. Se os dois pais forem heterozigotos, existe a chance de 1/4, ou 25%, de nascer um filho homozigoto recessivo. Esse caso está representado sombreado no quadrado de Punnett abaixo:

	Gametas masculinos	
Gametas femininos	***A***	***a***
A	*AA*	*Aa*
a	*Aa*	*aa*

2. Um casal que não apresenta uma doença genética com padrão de herança autossômica recessiva poderá ter um filho com essa doença se ambos forem heterozigotos.
3. Uma mulher afetada por uma característica recessiva ligada ao cromossomo X terá o genótipo X^aX^a. Como os filhos homens recebem um cromossomo X da mãe e um cromossomo Y do pai, todos os filhos homens terão o genótipo X^aY e serão afetados.

Atividades (p. 148)

1. Esperam-se 10 bezerros com pelagem branca. Afinal, do cruzamento de animais *Shorthorn* de pelagem branca (P^BP^B) com animais de pelagem ruão (P^BP^V), esperam-se 50% de descendentes com pelagem branca (P^BP^B) e 50% com pelagem ruão (P^BP^V).
2. A construção de heredogramas exige que os estudantes estejam atentos para que suas escolhas sejam coerentes com o conteúdo conceitual. Se desejar, ao final peça a cada grupo que avalie o heredograma produzido por outro grupo.

Comunicando ideias (p. 150)

Respostas pessoais. Aproveite essa atividade para contextualizar os assuntos vistos no capítulo, mostrando sua relevância e sua atualidade. Na internet, é possível localizar notícias e *sites* de grupos favoráveis e contrários ao cultivo de OGMs. Oriente os estudantes a identificar e compreender as principais ideias de cada grupo e deixe evidente que a abordagem científica não é capaz de contemplar, sozinha, todo o problema; muitos dos argumentos contrários ao OGMs levam em conta aspectos econômicos, sociais e culturais, por exemplo.

Interligações (p. 150)

1. Estimule a troca de opiniões entre todos os estudantes e a argumentação coerente. Se necessário, complemente apontando os aspectos menos positivos do uso de biotecnologia e que não são explícitos, de modo que a turma perceba as inúmeras questões éticas envolvidas no emprego dos conhecimentos e das técnicas da Biologia Molecular.

ATIVIDADES FINAIS (p. 151)

1. **a)** Fase G1.
   b) Fase G2.
   c) Fase S.
2. (A) 30; (B) 15; (C) 30; (1) meiose; (2) mitose.
3. **a)** As fases da interfase são G1, S e G2.
   b) Na mitose, a partir de uma única célula-mãe são produzidas duas células-filhas idênticas geneticamente.
   c) O ciclo celular pode ser dividido em duas fases: interfase e divisão celular.
   d) Na meiose são produzidas quatro células-filhas, distintas geneticamente e com metade do número de cromossomos da célula-mãe.
   e) Durante a anáfase I da meiose, ocorre a separação dos cromossomos homólogos, enquanto, na anáfase II, as cromátides-irmãs são separadas.
4. Prófase I: 92 moléculas de DNA, 46 cromossomos e 92 cromátides.
   Metáfase I: 92 moléculas de DNA, 46 cromossomos e 92 cromátides.
   Prófase II: 46 moléculas de DNA, 23 cromossomos e 46 cromátides.
   Telófase II: 23 moléculas de DNA, 23 cromossomos e 23 cromátides.
5. **a)** A variabilidade genética pode ser gerada durante o processo de meiose pela permutação cromossômica e pela segregação aleatória dos homólogos. Além disso, a reprodução sexuada permite uma mistura do material genético, promovendo a variabilidade genética. Ela ainda pode ser gerada por alterações espontâneas no DNA das células.
   b) Em monoculturas, a baixa variabilidade genética aumenta as chances de essas culturas serem atingidas por algum microrganismo ou por alguma alteração ambiental e toda a plantação ser afetada, pois são todas geneticamente muito parecidas, o que poderia ser evitado se houvesse maior variabilidade genética.
6. Alternativa **b**. Os dois fatores de uma característica são herdados cada um de um genitor, assim como os cromossomos do par de homólogos.
7. **a)** Forma apenas gametas com o alelo *A*.
   b) Pode formar gametas com o alelo *A* e gametas com o alelo *a*.
   c) Forma apenas gametas com os alelos *Ab*.
   d) Pode formar gametas com alelos *AB* ou com alelos *Ab*.
   e) Pode formar gametas com alelos *AB*, gametas com *Ab*, gametas com *aB* e gametas com *ab*.
8. **a)** Incorreta. A proporção 3 : 1 é observada nos descendentes de cruzamento entre dois heterozigotos.
   b) Correta. A proporção equivale à observação de 3 : 1.
   c) Correta. Cada genitor contribui com um conjunto completo de cromossomos.
   d) Incorreta. Em F1, os indivíduos híbridos apresentam as características dominantes.
9. É esperado que 25% dos filhotes sejam brancos e com olhos vermelhos; portanto, são esperados quatro filhotes com essa característica.
10. É dominante; isso é evidenciado no caso de pais que sentem o gosto e têm filhos que não sentem, enquanto quando os dois pais não sentem o gosto, eles só têm filhos que também não sentem.
11. Nesse caso, 100% dos filhos apresentam o fenótipo dos pais. Isso ocorre porque ambos os pais são homozigotos recessivos (*00*) e, portanto, só produzem gametas contendo o alelo recessivo.
12. As proporções encontradas são de aproximadamente 44% e 56%. Nesse caso, os indivíduos que sentem o gosto podem ser heterozigotos (*T0*) ou homozigotos (*TT*); por isso, os valores das proporções são diferentes. No caso em que um dos pais é homozigoto dominante e o outro, homozigoto recessivo, todos os filhos sentirão o gosto de PTC (genótipo *T0*). No caso em que um dos pais é heterozigoto dominante e o outro, homozigoto recessivo, 50% dos filhos sentirão o gosto (genótipo *T0*) e 50%, não (genótipo *00*). Pelos resultados apresentados na tabela, não é possível saber a quantidade de pais homozigotos dominantes e heterozigotos.
13. **a)** Sangue O, Rh^- e sangue O, Rh^+.
    b) Maria pode doar sangue para pessoas de qualquer tipo do sistema ABO, desde que Rh^+.
    c) iiRR ou iiRr.

MODERNA

d) Casal 3. A mulher e o homem desse casal devem ser heterozigotos para o sistema ABO. O casal 1 não poderia, pois a mulher é AB, e o casal 2 não poderia, pois ambos são Rh^-.

e) Mãe I^Airr e pai $I^BiR_$.

14. I-1; III-2; e III-5.

15. Alternativa **a**. Somente homens são afetados pela doença, e homens afetados não a transmitem para filhos homens.

16. I-1: X^aY; I-2: $X^AX_$; II-1: $X^AX_$; II-2: X^AY; II-3: X^AX^a; II-4: X^AY; III-1: $X^AX_$; III-2: X^aY; III-3: $X^AX_$; III-4: X^AY; III-5: X^aY; IV-1: X^AX^a.

17. I-2; III-1; III-3.

18. O indivíduo II-3, uma mulher que teve filhos homens afetados.

19. I-2; IV-1; IV-2.

20. I-1: *AA*; I-2: *aa*; II-1: *AA*; II-2: *Aa*; II-3: *Aa*; II-4: *AA*; III-1: *A*_; III-2: *A*_; III-3: *Aa*; III-4: *Aa*; III-5: *A*_; IV-1: *aa*; IV-2: *aa*; IV-3: *A*_.

21. O risco é de 1/4.

22. O risco é zero, pois todos os filhos serão heterozigotos.

23. Para nascer um filho albino, é necessário que (1) a mulher seja heterozigota e que (2) o filho herde os dois alelos recessivos: $1/2 \times 1/4 = 1/8$.

PONTO FINAL

O que é biotecnologia e como evoluiu nas últimas décadas? O que buscam os pesquisadores que atuam nessa área? Quais são os objetivos da produção de sementes de alimentos modificados? Quais são os alimentos transgênicos produzidos em nosso país e qual destino é dado a eles? Essas são algumas das questões cujas respostas poderão ser obtidas a partir da realização da proposta dessa seção.

Por se tratar de um trabalho com característica transdisciplinar, estruturado sobre percursos formados por diferentes contextos, sugere-se que o desenvolvimento seja conduzido por professores não apenas das disciplinas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, embora a orientação principal caiba ao professor de Biologia.

As características da proposta, notadamente por abordar um tema ainda polêmico, devem estimular a participação dos estudantes de maneira que possam expor as opiniões construídas, individual ou coletivamente. Nesse sentido, sugere-se que o trabalho seja desenvolvido de preferência com eles organizados em pequenos grupos, considerando que dessa forma a atividade será tanto mais proveitosa quanto forem as discussões nesses grupos.

Desenvolvimento do trabalho

A atividade pode ser iniciada com uma proposta de sensibilização para o tema que vai embasar todo o processo: a análise dos supostos benefícios e prejuízos da produção e distribuição de alimentos transgênicos. Para tanto, sugere-se que os estudantes tenham acesso, via texto impresso ou leitura realizada pelo professor, aos seguintes trechos retirados de documento produzido pela Secretaria de Educação do Paraná para o PDE (Programa de Desenvolvimento da Educação).

Trecho 1

> Com o crescimento da população e, consequentemente, da demanda por alimentos, o homem sentiu necessidade de aumentar a produção de gêneros alimentícios por meio de novas tecnologias. Ao mesmo tempo, que o homem precisava garantir mais alimentos as pessoas, com o mínimo de recursos disponíveis, tais como: terras férteis, custos de manutenção, combate as pragas, ele percebeu que necessitava de plantas mais resistentes que garantissem uma alta produtividade a baixos custos, o que garantia maior lucratividade ao produtor.
>
> Neste contexto, surge a biotecnologia. Segundo Morris (1992 apud QUIRINO, 2008), "A biotecnologia nada mais é que aplicação de técnicas biológicas na manufatura de produtos ou manejo ambiental". Com a evolução da biotecnologia, o homem pode melhorar as técnicas de plantio, de modo a superar as dificuldades de produção.
>
> PARANÁ. Secretaria de Educação do Paraná para o PDE (Programa de Desenvolvimento da Educação). *Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE – 2014*. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_uel_cien_artigo_celina_e_souza_pereira.pdf>. Acesso em: 7 set. 2020.

Trecho 2

> Outro caso verídico ocorreu em 1997 quando um rebanho de 70 vacas leiteiras foi intoxicado por consumir milho transgênico no Estado de Hessen (Alemanha). O produto consumido pelos animais continha toxinas acima do permitido ao consumo, o que resultou no sacrifício de todo o rebanho. Vale ressaltar que esse rebanho só apresentou problemas após dois anos de consumo desse milho, ou seja, muitas vezes os alimentos consumidos hoje pelas pessoas, só apresentarão malefícios à saúde depois de algum tempo, o que pode mascarar o uso de determinado produto, já que a alimentação humana é mais variada. Sobre o consumo do mesmo produto, existem relatos de borboletas e lagartas em contato com a mesma toxina que apresentaram perdas de partes do aparelho digestivo desses insetos (ANDRIOLI; FUNCHS; 2008, p. 10-17).

MODELINA

Esses acontecimentos levaram a discussões sobre o uso dos alimentos transgênicos na alimentação. (RODRIGUES, 2003, p. 116-121). De um lado existem os defensores que argumentam que a existência desses alimentos seria a solução para fome no mundo, devido ao aumento da produtividade. De outro lado, observa-se que os opositores afirmam a existência de interesses individuais de aumento da lucratividade, que o sistema capitalista tanto deseja.

PARANÁ. Secretaria de Educação do Paraná para o PDE (Programa de Desenvolvimento da Educação). *Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE – 2014*. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_uel_cien_artigo_celina_e_souza_pereira.pdf>. Acesso em: 7 set. 2020.

Ao final da leitura, questione os estudantes a respeito das informações que possuem sobre os alimentos transgênicos, antes de buscarem respostas às questões propostas na atividade. Oriente-os a realizar o trabalho em grupos, auxilie-os nessa organização e explique que os grupos serão, em determinado momento, separados em dois subgrupos: um para defender a produção e distribuição dos alimentos transgênicos, outro para apontar eventuais problemas que o consumo de alimentos modificados pode causar na saúde humana e animal. Comunique ainda que os resultados das pesquisas servirão para a produção de painéis a serem distribuídos pela escola, compartilhando com estudantes de outras turmas os conhecimentos sobre o assunto.

É importante destacar aos estudantes que a defesa embasada de uma posição deve envolver conhecimento técnico e teórico fundamentado em conceitos de natureza científica, sem desvios ideológicos, interesses econômicos ou justificativas com base no senso comum. Em função disso, peça a eles que fiquem atentos à identificação dos conceitos disciplinares aos quais recorreram, estudados neste ou em outros volumes. Não há necessidade de diferenciar conceitos entre as disciplinas, visto que o tema dos alimentos geneticamente modificados é notadamente transdisciplinar, como citado anteriormente.

Reforce aos grupos a necessidade de registrarem e organizarem as informações obtidas nas pesquisas, visando a apresentação que deverão fazer aos demais grupos da turma. Estimule-os a pensar antecipadamente nos tipos de veículos, de livre escolha, que utilizarão: desenhos, gráficos, textos, fotografias, depoimentos, *podcasts* etc.

Ao final do tempo destinado para os estudantes pesquisarem e elaborarem as respostas às questões propostas, intervalo que dependerá do acompanhamento do ritmo da turma, proponha aos grupos que organizem suas apresentações. Nessa etapa, é conveniente atentar para registros eventualmente relacionados a conceitos inadequados à situação, especialmente se não houver justificativas de natureza científica ou a identificação clara das fontes de origem.

Debates

Para a realização dos debates, divida a turma em dois grupos (um para criticar, outro para defender a produção e distribuição de alimentos transgênicos) e peça que os painéis produzidos sejam afixados na sala. Cada grupo deve eleger dois estudantes para a apresentação dos resultados obtidos pelo grupo, defendendo ou atacando a questão dos transgênicos.

Se possível, convoque um grupo de estudantes de outra turma, de outro ano, para fazer o papel de um júri que avaliará o resultado do debate. Não é o caso de emitirem um veredito para o grupo vencedor, mas de avaliarem quais foram as melhores justificativas na defesa da posição.

Terminada a etapa dos debates, proponha aos estudantes que selecionem, entre o material produzido, aqueles que serão disponibilizados em espaço da escola para o compartilhamento com outros estudantes.

Avaliação

No final do trabalho, é possível avaliar os estudantes quanto a aspectos cognitivos, atitudinais e comportamentais.

- Eles compreenderam o objetivo das pesquisas e buscaram informações dentro do tema proposto?
- Souberam buscar informações relevantes nas fontes indicadas?
- Demonstraram o nível de envolvimento esperado na atividade? Mostraram iniciativa e criatividade?
- Demonstraram ou desenvolveram as habilidades necessárias ao trabalho em grupo?
- O produto final estava adequado à proposta e continha, de fato, elementos para transmitir as principais ideias ao público-alvo?

Indicações para aprofundamento das informações

Informações a respeito das questões técnicas envolvendo a produção e a distribuição de alimentos transgênicos e, além disso, de indicações para a realização de trabalhos de natureza semelhante podem ser encontradas nas indicações a seguir.

- <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_uel_cien_artigo_celina_e_souza_pereira.pdf>

  Artigo intitulado "Alimentos transgênicos: um mal necessário?", produzido por dois educadores da Rede Pública de Ensino do Estado do Paraná, disponibilizando informações e uma proposta de trabalho com os estudantes para o tratamento do tema.
- <https://www.embrapa.br/tema-transgenicos/sobre-o-tema>

  No *site* da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), podem ser encontradas informações acerca dos tipos de alimentos geneticamente produzidos em nosso país, bem como a descrição de como são cultivados.
- <https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/02/130207_transgenicos_lista_tp.shtml>

  Página com informações complementares sobre transgênicos; caso especial do salmão.
- <https://www.unicamp.br/fea/ortega/agenda21/candeia.htm>

  Artigo de opinião com importantes referências a respeito do tema.

Acessos em: 7 set. 2020.

MODELO

MIGUEL THOMPSON
Doutor em Ciências (Área de concentração: Oceanografia Biológica) pela Universidade de São Paulo. Mestre em Ciências (Área de concentração: Oceanografia Biológica) pela Universidade de São Paulo. Bacharel em Ciências (Biologia) pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Professor.

ELOCI PERES RIOS
Doutora em Ciências (Área de concentração: Oceanografia Biológica) pela Universidade de São Paulo. Mestra em Ciências (Oceanografia Biológica) pela Universidade de São Paulo. Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professora.

WALTER SPINELLI
Doutor em Educação (Área de concentração: Educação – Opção: Ensino de Ciências e Matemática) pela Universidade de São Paulo. Mestre em Educação (Área de concentração: Educação – Opção: Ensino de Ciências e Matemática) pela Universidade de São Paulo. Professor.

HUGO REIS
Doutor em Ciências (Área de concentração: Física de Partículas Elementares) pela Universidade de São Paulo. Mestre em Ciências (Área de concentração: Física de Partículas Elementares) pela Universidade de São Paulo. Bacharel em Física pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professor.

BLAIDI SANT'ANNA
Licenciado em Física pela Universidade de São Paulo. Diretor, coordenador pedagógico e professor.

VERA LÚCIA DUARTE DE NOVAIS
Mestre em Educação (Área de concentração: Currículo) pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Bacharela e licenciada em Química pela Universidade de São Paulo. Professora.

MURILO TISSONI ANTUNES
Licenciado em Química pela Universidade de São Paulo. Professor.

CONEXÕES

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

Terra e equilíbrios

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

1ª edição

São Paulo, 2020

MODERNA

Coordenação geral: Maria do Carmo Fernandes Branco
Edição executiva: Glaucia Teixeira, Rita Helena Bröckelmann
Edição: Thiago Macedo de Abreu Hortêncio, Daniel Hohl, Luiz Alberto de Paula, Kátia Paulilo Mantovani, Juliana Albuquerque, Ana Carolina de Almeida Yamamoto, Lara Vieira Leite, Paula Hirata
Assistência editorial: Elizangela Gomes Marques
Gerência de *design* e produção gráfica: Everson de Paula
Coordenação de produção: Patricia Costa
Suporte administrativo editorial: Maria de Lourdes Rodrigues
Coordenação de *design* e projetos visuais: Marta Cerqueira Leite
Projeto gráfico: Bruno Tonel
Capa: Daniela Cunha
Ilustrações: Otávio dos Santos, Daniela Cunha
IhorZigor/Shutterstock; Sazhnieva Oksana/Shutterstock; A-spring/Shutterstock
Coordenação de arte: Aderson Oliveira, Wilson Gazzoni
Edição de arte: Marcel Hideki Yonamine, Eliazar Alves Cavalcanti Junior, Nilza Shizue Yoshida
Editoração eletrônica: Grapho Editoração
Edição de infografia: Giselle Hirata, Priscilla Boffo
Coordenação de revisão: Camila Christi Gazzani, Elaine Cristina del Nero, Maristela S. Carrasco
Revisão: Elza Doring, Denise Morgado, Márcio Della Rosa, Palavra Certa, ReCriar Editorial
Coordenação de pesquisa iconográfica: Sônia Oddi, Luciano Baneza Gabarron
Pesquisa iconográfica: Fabiana Nogueira, Enio Lopes, Vanessa Trindade, Márcia Mendonça, Camila D'Angelo, Renata Martins
Suporte administrativo editorial: Flávia Bosqueiro
Coordenação de *bureau*: Rubens M. Rodrigues
Tratamento de imagens: Joel Aparecido, Luiz Carlos Costa, Marina M. Buzzinaro
Pré-impressão: Alexandre Petreca, Everton L. de Oliveira, Marcio H. Kamoto, Vitória Sousa
Coordenação de produção industrial: Wendell Monteiro
Impressão e acabamento:

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

Conexões : ciências da natureza e suas tecnologias / Miguel Thompson ... [et al.]. -- 1. ed. -- São Paulo : Moderna, 2020.

Outros autores: Eloci Peres Rios, Walter Spinelli, Hugo Reis, Blaidi Sant'Anna, Vera Lúcia Duarte de Novais, Murilo Tissoni Antunes
Área do conhecimento: Ciências da natureza e suas tecnologias
Obra em 6 vol.
Conteúdo: Matéria e energia -- Energia e ambiente -- Saúde e tecnologia -- Conservação e transformação -- Terra e equilíbrios -- Universo, materiais e evolução

1. Biologia (Ensino médio) 2. Ciências (Ensino médio) 3. Física (Ensino médio) 4. Química (Ensino médio) I. Thompson, Miguel. II. Rios, Eloci Peres. III. Spinelli, Walter. IV. Reis, Hugo. V. Sant'Anna, Blaidi. VI. Novais, Vera Lúcia Duarte de. VII. Antunes, Murilo Tissoni

20-39324 CDD-373.19

Índices para catálogo sistemático:

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

Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964

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

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

APRESENTAÇÃO

A Ciência é uma poderosa ferramenta de análise da realidade. A partir das Ciências Naturais, é possível compreender os fenômenos da natureza e desenvolver tecnologias que contribuam para o bem-estar humano e que possam colaborar para um convívio harmônico entre nossa espécie e o planeta.

Desenvolvido de maneira fragmentada, porém, o conhecimento científico também pode ampliar diferenças sociais e até acelerar o processo de degradação do ambiente decorrente das ações humanas. Nesse sentido, desenvolver uma visão de área, conectando diferentes saberes científicos em torno dos desafios contemporâneos, contribui decisivamente para nossa formação integral.

Ao construir esta coleção, escolhemos eixos integradores capazes de agregar conceitos das diferentes áreas que compõem as Ciências da Natureza e suas Tecnologias (a Biologia, a Física e a Química) e de educar nosso olhar para entendermos a complexidade do mundo de hoje. Ideias estruturantes como Matéria, Energia, Ambiente, Saúde, Tecnologia e Evolução, entre outras, conduziram nosso trabalho, capítulo a capítulo, de maneira a facilitar o desenvolvimento de uma visão abrangente e crítica, apontando novas possibilidades educativas para conceitos tradicionalmente desenvolvidos de maneira isolada.

Dessa forma, entendemos que poderemos contribuir para a formação de indivíduos e de uma sociedade mais aberta, ética e consciente em busca de um entendimento maior do incrível mundo que nos cerca.

Bom trabalho!

Autores

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

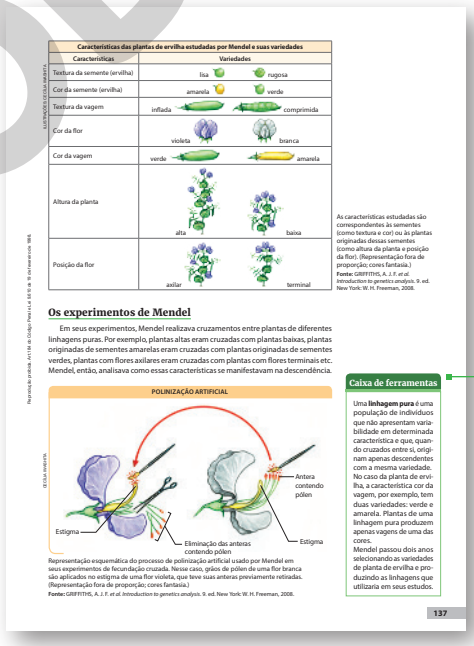
MODERNA

CONHEÇA SEU LIVRO

Videotutorial
- Assista ao videotutorial de apresentação do volume.

Ponto de partida
Envolve as três disciplinas e instiga os estudantes para o estudo do volume e suas temáticas.

Para começo de conversa
Imagem e questão(ões) contextualizadora(s) sobre um problema apresentado. Podem ser questões de levantamento de conhecimento prévio ou de hipóteses.



Caixa de ferramentas
Explicação de alguns termos ou conceitos essenciais para a compreensão do texto.

MODERNA

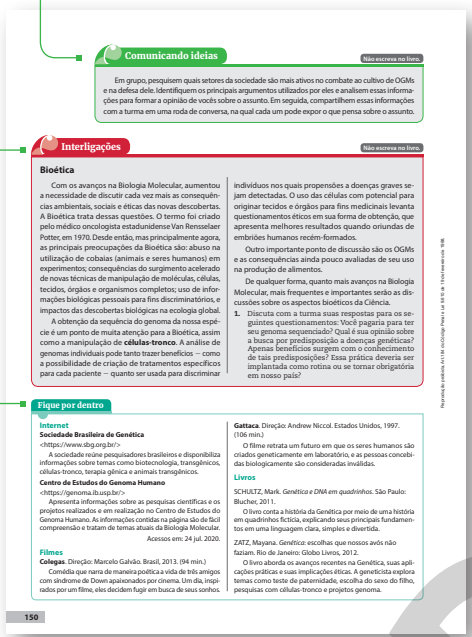
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

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

Comunicando ideias
Atividade que envolve o desenvolvimento de habilidades relacionadas à comunicação de conteúdos científicos, em suas várias formas, dirigida a diversos públicos e em vários meios.

Interligações
Apresenta texto e atividades como uma oportunidade de relacionar o conteúdo do capítulo com situações cotidianas ou outras áreas do conhecimento.

Fique por dentro
Traz indicações de *sites*, livros, revistas e artigos, além de sugestões de vivências em ambientes fora da escola.



Comunicando ideias

Não escreva no livro.

Em grupo, pesquisem quais setores da sociedade são mais ativos no combate ao cultivo de OGMs e na defesa dele. Identifiquem os principais argumentos utilizados por eles e analisem essas informações para formar a opinião de vocês sobre o assunto. Em seguida, compartilhem essas informações com a turma em uma roda de conversa, na qual cada um pode expor o que pensa sobre o assunto.

Interligações

Não escreva no livro.

Bioética

Com os avanços na Biologia Molecular, aumentou a necessidade de discutir cada vez mais as consequências ambientais, sociais e éticas das novas descobertas. A Bioética trata dessas questões. O termo foi criado pelo médico oncologista estadunidense Van Rensselaer Potter, em 1970. Desde então, mas principalmente agora, as principais preocupações da Bioética são: abuso na utilização de cobaias (animais e seres humanos) em experimentos; consequências do surgimento acelerado de novas técnicas de manipulação de moléculas, células, tecidos, órgãos e organismos completos; uso de informações biológicas pessoais para fins discriminatórios, e impactos das descobertas biológicas na ecologia global.

A obtenção da sequência do genoma da nossa espécie é um ponto de muita atenção para a Bioética, assim como a manipulação de **células-tronco**. A análise de genomas individuais pode tanto trazer benefícios — como a possibilidade de criação de tratamentos específicos para cada paciente — quanto ser usada para discriminar indivíduos nos quais propensões a doenças graves sejam detectadas. O uso das células com potencial para originar tecidos e órgãos para fins medicinais levanta questionamentos éticos em sua forma de obtenção, que apresenta melhores resultados quando oriundas de embriões humanos recém-formados.

Outro importante ponto de discussão são os OGMs e as consequências ainda pouco avaliadas de seu uso na produção de alimentos.

De qualquer forma, quanto mais avanços na Biologia Molecular, mais frequentes e importantes serão as discussões sobre os aspectos bioéticos da Ciência.

1. Discuta com a turma suas respostas para os seguintes questionamentos: Você pagaria para ter seu genoma sequenciado? Qual é sua opinião sobre a busca por predisposição a doenças genéticas? Apenas benefícios surgem com o conhecimento de tais predisposições? Essa prática deveria ser implantada como rotina ou se tornar obrigatória em nosso país?

Fique por dentro

Internet

Sociedade Brasileira de Genética
<https://www.sbg.org.br/>
A sociedade reúne pesquisadores brasileiros e disponibiliza informações sobre temas como biotecnologia, transgênicos, células-tronco, terapia gênica e animais transgênicos.

Centro de Estudos do Genoma Humano
<https://genoma.ib.usp.br/>
Apresenta informações sobre as pesquisas científicas e os projetos realizados e em realização no Centro de Estudos do Genoma Humano. As informações contidas na página são de fácil compreensão e tratam de temas atuais da Biologia Molecular.
Acessos em: 24 jul. 2020.

Filmes

Colegas. Direção: Marcelo Galvão. Brasil, 2013. (94 min.)
Comédia que narra de maneira poética a vida de três amigos com síndrome de Down apaixonados por cinema. Um dia, inspirados por um filme, eles decidem fugir em busca de seus sonhos.

Gattaca. Direção: Andrew Niccol. Estados Unidos, 1997. (106 min.)
O filme retrata um futuro em que os seres humanos são criados geneticamente em laboratório, e as pessoas concebidas biologicamente são consideradas inválidas.

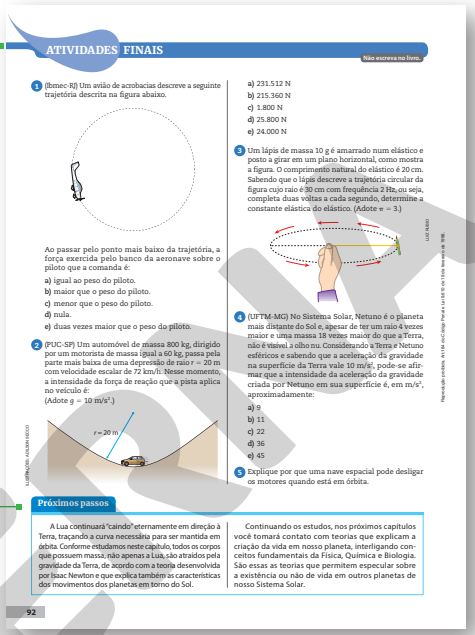
Livros

SCHULTZ, Mark. *Genética e DNA em quadrinhos*. São Paulo: Bucher, 2011.
O livro conta a história da Genética por meio de uma história em quadrinhos fictícia, explicando seus principais fundamentos em uma linguagem clara, simples e divertida.

ZATZ, Mayana. *Genética*: escolhas que nossos avós não faziam. Rio de Janeiro: Globo Livros, 2012.
O livro aborda os avanços recentes na Genética, suas aplicações práticas e suas implicações éticas. A geneticista explora temas como teste de paternidade, escolha do sexo do filho, pesquisas com células-tronco e projetos genoma.

150

Atividades finais
Conjunto de atividades e problemas sobre o conteúdo do capítulo, com aplicação dos conceitos ou sua mobilização em novas situações, dando continuidade às atividades presentes ao longo do tópico.



ATIVIDADES FINAIS

Não escreva no livro.

1 (Ibmec-RJ) Um avião de acrobacias descreve a seguinte trajetória descrita na figura abaixo.

Ao passar pelo ponto mais baixo da trajetória, a força exercida pelo banco da aeronave sobre o piloto que a comanda é:
a) igual ao peso do piloto.
b) maior que o peso do piloto.
c) menor que o peso do piloto.
d) nula.
e) duas vezes maior que o peso do piloto.

2 (PUC-SP) Um automóvel de massa 800 kg, dirigido por um motorista de massa igual a 60 kg, passa pela parte mais baixa de uma depressão de raio $r = 20$ m com velocidade escalar de 72 km/h. Nesse momento, a intensidade da força de reação que a pista aplica no veículo é:
(Adote $g = 10\ m/s^2$.)

ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

a) 231.512 N
b) 215.360 N
c) 1.800 N
d) 25.800 N
e) 24.000 N

3 Um lápis de massa 10 g é amarrado num elástico e posto a girar em um plano horizontal, como mostra a figura. O comprimento natural do elástico é 20 cm. Sabendo que o lápis descreve a trajetória circular da figura cujo raio é 30 cm com frequência 2 Hz, ou seja, completa duas voltas a cada segundo, determine a constante elástica do elástico. (Adote $\pi = 3$.)

LUIZ RUBIO

4 (UFTM-MG) No Sistema Solar, Netuno é o planeta mais distante do Sol e, apesar de ter um raio 4 vezes maior e uma massa 18 vezes maior do que a Terra, não é visível a olho nu. Considerando a Terra e Netuno esféricos e sabendo que a aceleração da gravidade na superfície da Terra vale 10 m/s², pode-se afirmar que a intensidade da aceleração da gravidade criada por Netuno em sua superfície é, em m/s², aproximadamente:
a) 9
b) 11
c) 22
d) 36
e) 45

5 Explique por que uma nave espacial pode desligar os motores quando está em órbita.

Próximos passos

A Lua continuará "caindo" eternamente em direção à Terra, traçando a curva necessária para ser mantida em órbita. Conforme estudamos neste capítulo, todos os corpos que possuem massa, não apenas a Lua, são atraídos pela gravidade da Terra, de acordo com a teoria desenvolvida por Isaac Newton e que explica também as características dos movimentos dos planetas em torno do Sol.

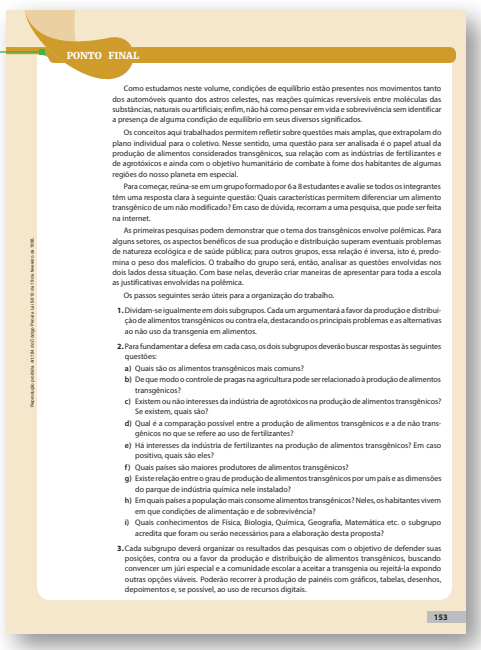
Continuando os estudos, nos próximos capítulos você tomará contato com teorias que explicam a criação da vida em nosso planeta, interligando conceitos fundamentais da Física, Química e Biologia. São essas as teorias que permitem especular sobre a existência ou não de vida em outros planetas de nosso Sistema Solar.

92

Próximos passos
Ao final do capítulo, com intenção de conectar os conhecimentos, estabelece uma relação entre o capítulo em que se encontra e o seguinte.

Atividades
Sequência de atividades ao longo do capítulo, que podem ser de aplicação mais direta de conceitos ou de questões abertas e dissertativas.

Ponto final
Recupera a abertura do volume e realiza um fechamento, que pode ser uma sequência de atividades, um projeto, uma proposta de ampliação ou outros.



PONTO FINAL

Como estudamos neste volume, condições de equilíbrio estão presentes nos movimentos tanto dos automóveis quanto dos astros celestes, nas reações químicas reversíveis entre moléculas das substâncias, naturais ou artificiais; enfim, não há como pensar em vida e sobrevivência sem identificar a presença de alguma condição de equilíbrio em seus diversos significados.

Os conceitos aqui trabalhados permitem refletir sobre questões mais amplas, que extrapolam do plano individual para o coletivo. Nesse sentido, uma questão para ser analisada é o papel atual da produção de alimentos considerados transgênicos, sua relação com as indústrias de fertilizantes e de agrotóxicos e ainda com o objetivo humanitário de combate à fome dos habitantes de algumas regiões do nosso planeta em especial.

Para começar, reúna-se em um grupo formado por 6 a 8 estudantes e avalie se todos os integrantes têm uma resposta clara à seguinte questão: Quais características permitem diferenciar um alimento transgênico de um não modificado? Em caso de dúvida, recorram a uma pesquisa, que pode ser feita na internet.

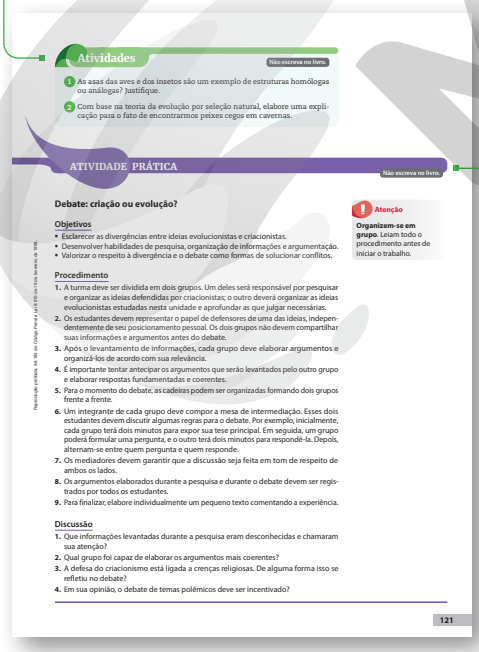
As primeiras pesquisas podem demonstrar que o tema dos transgênicos envolve polêmicas. Para alguns setores, os aspectos benéficos de sua produção e distribuição superam eventuais problemas de natureza ecológica e de saúde pública; para outros grupos, essa relação é inversa, isto é, predomina o peso dos maleficios. O trabalho do grupo será, então, analisar as questões envolvidas nos dois lados dessa situação. Com base nelas, deverão criar maneiras de apresentar para toda a escola as justificativas envolvidas na polêmica.

Os passos seguintes serão úteis para a organização do trabalho.

1. Dividam-se igualmente em dois subgrupos. Cada um argumentará a favor da produção e distribuição de alimentos transgênicos ou contra ela, destacando os principais problemas e as alternativas ao não uso da transgenia em alimentos.
2. Para fundamentar a defesa em cada caso, os dois subgrupos deverão buscar respostas às seguintes questões:
   a) Quais são os alimentos transgênicos mais comuns?
   b) De que modo o controle de pragas na agricultura pode ser relacionado à produção de alimentos transgênicos?
   c) Existem ou não interesses da indústria de agrotóxicos na produção de alimentos transgênicos? Se existem, quais são?
   d) Qual é a comparação possível entre a produção de alimentos transgênicos e a de não transgênicos no que se refere ao uso de fertilizantes?
   e) Há interesses da indústria de fertilizantes na produção de alimentos transgênicos? Em caso positivo, quais são eles?
   f) Quais países são maiores produtores de alimentos transgênicos?
   g) Existe relação entre o grau de produção de alimentos transgênicos por um país e as dimensões do parque de indústria química nele instalado?
   h) Em quais países a população mais consome alimentos transgênicos? Neles, os habitantes vivem em que condições de alimentação e de sobrevivência?
   i) Quais conhecimentos de Física, Biologia, Química, Geografia, Matemática etc. o subgrupo acredita que foram ou serão necessários para a elaboração desta proposta?
3. Cada subgrupo deverá organizar os resultados das pesquisas com o objetivo de defender suas posições, contra ou a favor da produção e distribuição de alimentos transgênicos, buscando convencer um júri especial e a comunidade escolar a aceitar a transgenia ou rejeitá-la expondo outras opções viáveis. Poderão recorrer à produção de painéis com gráficos, tabelas, desenhos, depoimentos e, se possível, ao uso de recursos digitais.

153

Atividade prática
Práticas, algumas de cunho investigativo, relacionadas não só à interpretação de resultados, mas ao planejamento de experimentos. Para isso, são apresentados procedimentos e questões que, com a mediação do professor, orientam e problematizam o trabalho.



Atividades

Não escreva no livro.

1 As asas das aves e dos insetos são um exemplo de estruturas homólogas ou análogas? Justifique.

2 Com base na teoria da evolução por seleção natural, elabore uma explicação para o fato de encontrarmos peixes cegos em cavernas.

ATIVIDADE PRÁTICA

Não escreva no livro.

Debate: criação ou evolução?

Objetivos
- Esclarecer as divergências entre ideias evolucionistas e criacionistas.
- Desenvolver habilidades de pesquisa, organização de informações e argumentação.
- Valorizar o respeito à divergência e o debate como formas de solucionar conflitos.

Procedimento
1. A turma deve ser dividida em dois grupos. Um deles será responsável por pesquisar e organizar as ideias defendidas por criacionistas; o outro deverá organizar as ideias evolucionistas estudadas nesta unidade e aprofundar as que julgar necessárias.
2. Os estudantes devem representar o papel de defensores de uma das ideias, independentemente de seu posicionamento pessoal. Os dois grupos não devem compartilhar suas informações e argumentos antes do debate.
3. Após o levantamento de informações, cada grupo deve elaborar argumentos e organizá-los de acordo com sua relevância.
4. É importante tentar antecipar os argumentos que serão levantados pelo outro grupo e elaborar respostas fundamentadas e coerentes.
5. Para o momento do debate, as cadeiras podem ser organizadas formando dois grupos frente a frente.
6. Um integrante de cada grupo deve compor a mesa de intermediação. Esses dois estudantes devem discutir algumas regras para o debate. Por exemplo, inicialmente, cada grupo terá dois minutos para expor sua tese principal. Em seguida, um grupo poderá formular uma pergunta, e o outro terá dois minutos para respondê-la. Depois, alternam-se entre quem pergunta e quem responde.
7. Os mediadores devem garantir que a discussão seja feita em tom de respeito de ambos os lados.
8. Os argumentos elaborados durante a pesquisa e durante o debate devem ser registrados por todos os estudantes.
9. Para finalizar, elabore individualmente um pequeno texto comentando a experiência.

Discussão
1. Que informações levantadas durante a pesquisa eram desconhecidas e chamaram sua atenção?
2. Qual grupo foi capaz de elaborar os argumentos mais coerentes?
3. A defesa do criacionismo está ligada a crenças religiosas. De alguma forma isso se refletiu no debate?
4. Em sua opinião, o debate de temas polêmicos deve ser incentivado?

Atenção
Organizem-se em grupo. Leiam todo o procedimento antes de iniciar o trabalho.

121

Objetivos

- Analisar o conceito de equilíbrio de um corpo, ou de um sistema de corpos, sob o ponto de vista da mecânica, de modo a permitir a identificação da presença de tal conceito em outras áreas do conhecimento científico.
- Relacionar as leis de Newton, da mecânica clássica, a situações cotidianas nas quais é possível identificar suas aplicações.
- Identificar e analisar as forças atuando sobre corpos em movimento circular, interpretando-o enquanto condição especial de equilíbrio dinâmico.
- Relacionar a lei da gravitação universal a situações envolvendo corpos em órbita e campos gravitacionais.
- Estabelecer as relações entre as concepções de Universo ao longo da história e identificar o contexto em que estão inseridas.
- Conjecturar sobre as características dos demais planetas do Sistema Solar comparando-as às do nosso planeta.
- Compreender as características macroscópicas que caracterizam um sistema em equilíbrio químico e a relação que elas mantêm do ponto de vista submicroscópico.
- Analisar como alterações de temperatura, pressão e concentração podem perturbar a situação de equilíbrio químico de sistemas homogêneos, sabendo aplicar tais conhecimentos em situações do cotidiano.
- Compreender o conceito de pH, aplicando-o a sistemas em equilíbrio envolvendo ácidos e bases fracos, incluindo os indicadores de pH.
- Compreender a Teoria sobre a Origem da Vida a partir de compostos orgânicos simples.
- Compreender as bases da nomenclatura orgânica, sendo capaz de decodificar os diversos tipos de representações de cadeias carbônicas e de classificá-las.
- Compreender o contexto histórico do desenvolvimento das principais teorias evolucionistas.
- Compreender diferentes maneiras pelas quais a seleção natural atua na evolução das espécies.
- Reconhecer evidências de evolução, compreendendo a relação entre distribuição geográfica e seleção natural.
- Distinguir entre estruturas homólogas e análogas, relacionando-as a distintos processos evolutivos.
- Reconhecer exemplos da interferência humana na evolução de diferentes espécies.
- Comparar diferentes conceitos de espécie, interpretando-os e avaliando a abrangência e as limitações de cada um deles.
- Compreender a organização do DNA nas células eucariontes, aplicando conceitos como cromossomos e cariótipo.
- Identificar as fases do ciclo celular, reconhecendo a importância e as etapas da mitose.
- Conhecer a importância da meiose na produção de gametas, compreendendo-a como um processo gerador de variabilidade genética.
- Compreender e aplicar as leis de Mendel, relacionando os fatores mendelianos a alelos de um gene.
- Construir modelos para estudar os principais padrões de herança, relacionando-os a fenômenos de interesse médico.
- Reconhecer a estrutura básica de um gene e a relação entre alelos e fatores mendelianos.
- Identificar diferentes aplicações dos conhecimentos de Genética, como clonagem e terapia gênica.
- Reconhecer a importância da Bioética para avaliar implicações ambientais, sociais e éticas das pesquisas e tecnologias ligadas ao campo da Genética.

MODERNA

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

Justificativa

A natureza se estabelece por um conjunto de interações que alternam desequilíbrios e equilíbrios que tornam as relações entre ambiente físico-químico e ambiente biológico dinâmicas e instigantes para curiosos e observadores. Apesar do ambiente aparentemente caótico, muitas leis foram depreendidas por estudiosos das ciências e permitem que possamos transformar muitas dessas descobertas em tecnologia, utilizadas a nosso favor.

Há milhares de anos, nossos ancestrais não entendiam o movimento dos planetas e atribuíam o comportamento dos astros a forças mitológicas. Foram muitos os astrônomos a propor teorias a respeito do movimento dos planetas, das interações físicas entre eles e da influência que essas interações e movimentações no céu exerciam sobre a vida na Terra. Sem as incríveis teorias formuladas por Newton jamais compreenderíamos as forças gravitacionais e a movimentação não só dos planetas, mas de todo o Universo e dos objetos na Terra. Algo semelhante às formulações sobre as teorias interplanetárias também ocorre em níveis moleculares; é o caso, por exemplo, da origem da vida, de processos de transformações submicroscópicos do equilíbrio de mudança de estado (líquido – vapor da água) ou de reações químicas em que acontecem equilíbrios dinâmicos. Muitos desses conhecimentos são transformados em tecnologia para benefício da humanidade. A produção de alimento em escala industrial só seria possível, entre outros avanços, pela obtenção da amônia e de seu emprego em fertilizantes. Também em nível celular foi possível entender uma série de processos de equilíbrio biológicos que permitem a transmissão de características hereditárias estáveis ao longo do tempo, preservando-as de geração a geração. No entanto, as espécies não teriam evoluído se pequenos desequilíbrios como as mutações gênicas, imperceptíveis ao longo de gerações, não causassem transformações, extinções e adaptações dos organismos ao longo do tempo geológico, promovendo o fenômeno de evolução e ampliando a diversidade dos seres dentro das próprias espécies vivas e entre as espécies vivas.

Assim, conhecer os fenômenos de permanência na natureza, descritos na forma de leis, princípios e teorias, e os desequilíbrios que promovem modificações e alterações na matéria orgânica e inorgânica, é fundamental para que possamos apreciar este admirável mundo, velho, novo e futuro, de maneira ética e respeitosa.

A BNCC neste volume

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento aprovado em 2018 que apresenta os conhecimentos mínimos que todos os estudantes do Brasil devem aprender durante a Educação Básica (Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio).

Esses conhecimentos estão estruturados em competências e habilidades. As habilidades são indicadas por seus códigos; veja a seguir como é composto o código da habilidade.

EM 13 CNT 103

O primeiro par de letras indica a etapa de **Ensino Médio**.

O primeiro par de números (13) indica que as habilidades descritas podem ser desenvolvidas em qualquer série do Ensino Médio.

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).

REPRODUÇÃO

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

MODERNA

Nos quadros a seguir, você pode conhecer quais competências e habilidades estão sendo mobilizadas no desenvolvimento de cada capítulo deste livro.

Competências gerais	Capítulos
1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.	1, 2, 3, 4, 5 e 6
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.	1, 2, 3, 5 e 6
3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.	1
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.	1, 2, 4 e 5
5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.	1, 2 e 4
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.	2
7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.	2
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.	6
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	2
10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.	2 e 6

Competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Capítulos
1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.	**(EM13CNT101)** Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.	1, 2 e 3
	(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.	2
2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.	**(EM13CNT201)** Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.	1, 3, 5 e 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 e 6

Continua na próxima página

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

	(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).	1 e 3
	(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.	1, 2, 3, 4 e 6
	(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.	2
	(EM13CNT208) Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.	5
	(EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).	3 e 4
3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).	**(EM13CNT301)** Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.	1, 2 e 3
	(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, 5 e 6
	(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.	2
	(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.	6
	(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.	2 e 5
	(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

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

COPIA

SUMÁRIO

Ponto de partida 12

Capítulo 1 Como se equilibrar? 14

Inércia não significa preguiça 14
Interligações – Galileu e o princípio da inércia 16
Forças de ação e reação 17
Pendurado em equilíbrio 20
Momento de uma força 23
Interligações – Arte e equilíbrio 25
Para começar ou continuar o movimento é preciso vencer o atrito 26
Vamos acelerar: 2ª lei de Newton 30
Onde a 2ª lei de Newton pode ser percebida? 33
Fique por dentro 37
Atividades finais 38
Próximos passos 39

Capítulo 2 Equilíbrios químicos 40

A situação de equilíbrio químico 41
Influindo na situação de equilíbrio 48
Atividade prática – Efeito da variação de temperatura e do acréscimo de ácido em solução do dióxido de carbono (CO_2) gasoso em água 49
Interligações – O teor de hemoglobina no sangue e a altitude 53
Os equilíbrios ácido-base 59
Produto iônico da água 64
pH e pOH 66
Como funcionam os indicadores ácido-base 67
Comunicando ideias 68
Fique por dentro 69
Atividades finais 70
Próximos passos 71

Capítulo 3 Movimento circular e gravitação universal 72

O giro e a força centrípeta 72
A força centrípeta em ação 74
Interligações – A força *g* e o movimento circular 76
A Lua cai mesmo? 78
Comunicando ideias 79
O peso varia e a massa se conserva 81
Interligações – A Lua e as marés 83
Órbitas e imponderabilidade 84
Interligações – Conhecendo a vizinhança! 86
Terra e Sol: sempre foi assim? 87
Interligações – Buracos negros 90
Fique por dentro 91
Atividades finais 92
Próximos passos 92

MODERNA

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

Capítulo 4 A vida: origem e as moléculas orgânicas 93

A origem da vida 94
Organizando as ideias: moléculas da vida e a complexidade de um organismo 95
A evolução da Química Orgânica 97
Comunicando ideias 98
O desenvolvimento da Química no século XIX e o papel de Kekulé 99
As contribuições de Le Bel e Van't Hoff 103
As bases da nomenclatura de compostos orgânicos 104
A nomenclatura dos compostos de cadeia ramificada 105
Interligações – Molécula orgânica inédita é encontrada na Via Láctea 106
Fique por dentro 106
Atividades finais 107
Próximos passos 107

Capítulo 5 A evolução da vida 108

Teorias da evolução 109
Comunicando ideias 113
Seleção natural e adaptação 113
Interligações – A teoria da evolução mal interpretada 115
Evidências da evolução 116
Interligações – Rochas sedimentares 118
Comunicando ideias 118
Atividade prática: Debate: criação ou evolução? 121
Interferência humana na evolução 122
Comunicando ideias 122
Interligações – Uso e abuso da teoria da evolução 123
Processos de especiação 124
Fique por dentro 126
Atividades finais 126
Próximos passos 128

Capítulo 6 Genética 129

Cromossomos eucariontes 130
Código genético 131
Ciclo celular e mitose 132
Meiose 133
Comunicando ideias 136
A primeira lei de Mendel 136
A segunda lei de Mendel 140
Comunicando ideias 141
Estudo de genealogias 142
Outros tipos de herança 145
Engenharia Genética 148
Comunicando ideias 150
Interligações – Bioética 150
Fique por dentro 150
Atividades finais 151

Ponto final 153
Respostas das atividades e atividades finais 154
Referências bibliográficas comentadas 160

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

MODERNA

Ponto de partida

JOSE LUIS STEPHENS/SHUTTERSTOCK

Representação 3D de satélite em órbita terrestre monitorando a noite de boa parte das cidades europeias.

Performance de acrobatas do Cirque du Soleil no espetáculo Kooza. Londres, 2015.

RAY TANG/SHUTTERSTOCK

TIAGO QUEIROZ/ESTADÃO CONTEÚDO

Grupo de pesquisadoras brasileiras do Instituto de Medicina Tropical da Universidade de São Paulo que, em 2020, sequenciou o genoma do coronavírus em apenas 48 horas: Ester Sabino, Jaqueline Goes, Ingra Morales, Flávia Salles e Erika Manuli. São Paulo (SP), 2020.

O equilíbrio perseguido pelas acrobatas da imagem não é de mesma natureza daquele que se busca na organização de gastos financeiros, para não gastar mais do que se tem, nem do equilíbrio harmonioso e desejado de nossa relação com o meio ambiente. Também são de naturezas diferentes os equilíbrios que podem ser observados no macrocosmo dos movimentos de satélites e de planetas do Sistema Solar e nas fontes de pesquisas microbiológicas, como a realizada pelo grupo de cientistas brasileiras da imagem, que sequenciou o genoma do coronavírus.

Como você terá oportunidade de estudar neste volume, a ideia de equilíbrio é, em função de seus diversos significados, condição básica para uma convivência produtiva com a Biologia, a Física, a Matemática, a Química, a Economia, a História, a Filosofia etc., sem falar no equilíbrio emocional, tão importante para enfrentar os desafios que a vida nos apresenta.

CAPÍTULO

1 Como se equilibrar?

BNCC:
EM13CNT101
EM13CNT201
EM13CNT204
EM13CNT205
EM13CNT301
EM13CNT302

Veja respostas e comentários para as atividades do capítulo no **Suplemento do Professor**.

Para começo de conversa

É sempre verdade que ficar parado não exige muito esforço? Se você acha que sim, talvez mude de ideia ao observar estas imagens.

BUDA MENDES/GETTY IMAGES

STRINGER/GETTY IMAGES

Nas imagens acima, podemos ter uma percepção da dificuldade do corpo humano em desafiar a gravidade. À esquerda, o atleta Arthur Zanetti compete na final da ginástica artística com argolas (Peru, 2019). À direita, as artistas fazem uma apresentação que demanda grande equilíbrio e força (China, 2020).

Ficar em posição de equilíbrio quase sempre significa desafiar a gravidade, e isso não é fácil, pois é preciso que a força gravitacional que puxa para baixo seja compensada com alguma outra força que atue para cima.

Partindo dessa ideia, você saberia dizer qual é a força necessária para que o ginasta consiga realizar a posição de equilíbrio mostrada acima? Ou explicar como as artistas circenses conseguem nos surpreender com a posição de equilíbrio executada?

Neste capítulo, buscaremos as respostas para essas perguntas.

Inércia não significa preguiça

O movimento de uma bicicleta em uma rua plana ocorre porque, em princípio, o ciclista exerce, por intermédio de seus pés, uma força nos pedais que mantém as rodas girando. O que ocorre com o movimento se o ciclista para de pedalar?

Quando o ciclista deixa de pedalar, a bicicleta tende a parar devido ao atrito entre as engrenagens e também entre os pneus e o solo. Em uma situação ideal, impossível de existir, se fossem eliminados todos os atritos, não haveria motivo para a diminuição da velocidade, e a bicicleta continuaria seu movimento em velocidade constante, até que viesse a sofrer a ação de alguma outra força.

A bicicleta, ou outro corpo qualquer, tem uma tendência natural de se manter em repouso quando está parada e de se manter em Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) quando tem velocidade não nula. Essa tendência natural é chamada de **inércia**, que Isaac Newton (1643-1727) enunciou e ficou conhecida como sua **1ª lei** ou **lei da inércia: Todo corpo permanece em estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar de estado pela ação de forças nele aplicadas.**

A lei da inércia está diretamente associada às condições de equilíbrio de um corpo.

Garfield **Jim Davis**

Algumas vezes, inércia é, equivocadamente, associada à preguiça, como representado na tirinha.

Os estados de repouso e de MRU caracterizam, respectivamente, o que chamamos de **equilíbrio estático** e **equilíbrio dinâmico**. Em ambas as situações, a resultante de forças sobre os corpos é nula.

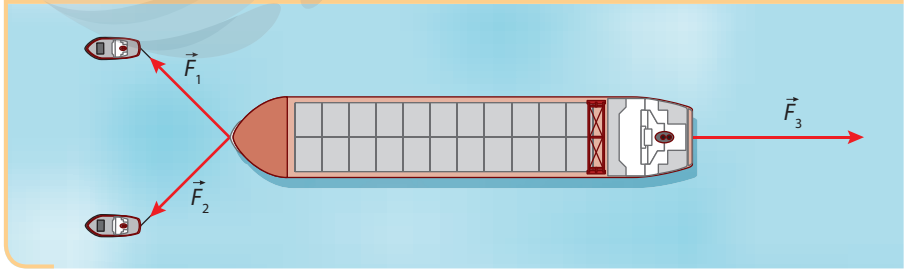
ALBERT GEA/REUTERS/FOTOARENA

ALEXANDRE TOKITAKA/PULSAR IMAGENS

(**A**) Equilíbrio estático na formação de uma torre humana, durante tradicional evento na Catalunha, Espanha, em 2018. (**B**) Equilíbrio dinâmico: patinete em velocidade constante (Brasil, SP, 2019).

Quando, por exemplo, dois rebocadores puxam um navio nas proximidades do porto, como representado na imagem, as forças $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ são aplicadas pelos rebocadores, e $\vec{F}_3$ é a força de resistência da água sobre o navio.

FORÇAS APLICADAS E FORÇA DE RESISTÊNCIA



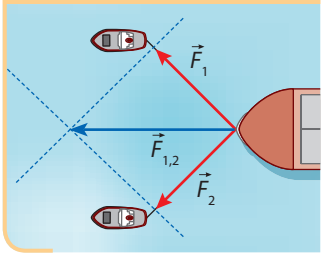
ADILSON SECCO

Barco sendo puxado pelas forças $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ e sofrendo resistência da força $\vec{F}_3$. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Caixa de ferramentas

Força é uma grandeza vetorial, pois é caracterizada por intensidade, direção e sentido. A indicação de uma força é feita por intermédio de uma seta orientada, um **vetor**.

REGRA DO PARALELOGRAMO



A soma vetorial das forças $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ resulta em $\vec{F}_{1,2}$. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

As forças $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ podem ser reunidas em uma única que produza igual efeito. Essa única força será a força $\vec{F}_{1,2}$ resultante de $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$, obtida de acordo com a **regra do paralelogramo**, representada na imagem ao lado.

Note, portanto, que não se trata de uma adição algébrica, mas de uma soma vetorial. Podemos escrever:

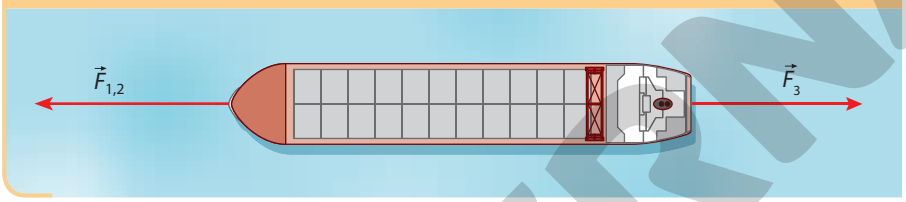
$$\vec{F}_{1,2} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

Note também que os vetores correspondentes às forças $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ podem ser considerados como dois lados de um paralelogramo que tem na diagonal o vetor que representa a força resultante $\vec{F}_{1,2}$.

Considerando que o barco se move com velocidade constante, temos uma condição de equilíbrio dinâmico em que a resultante de forças é nula. Isto é, $\vec{F}_{1,2}$ tem intensidade e direção iguais à $\vec{F}_3$, porém sentido oposto.

$$\vec{F}_{1,2} + \vec{F}_3 = 0$$

RESULTANTE NULA



A soma vetorial das forças sobre o navio é nula. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Interligações

Não escreva no livro.

Galileu e o princípio da inércia

Para Aristóteles (século IV a.C.), corpos em movimento caracterizavam estados não naturais: o repouso seria o estado espontaneamente buscado pelos objetos. Para que um corpo estivesse em movimento, seria necessária a existência de um agente externo atuando sobre ele. A concepção aristotélica de movimento está fundamentada na existência de um "motor" ligado ao corpo que se move. Esse "motor" é distinto do corpo, ou seja, "motor" e corpo em movimento não são a mesma unidade, não são um único objeto, porém não estão separados. Segundo a visão aristotélica, o movimento de um corpo cessaria a partir do momento em que esse motor, agente externo, não mais atuasse sobre ele. Essa ideia vigorou por um longo período, tendo atravessado a Idade Média.

No século XVII, o italiano Galileu Galilei (1564-1642) conseguiu contrapor as afirmações aristotélicas, lançando mão da observação dos fenômenos associada a experiências. Galileu apresentou suas ideias a respeito do movimento dos corpos em sua obra *Duas novas ciências*.

Embora seja impossível retirar completamente o atrito que sempre acompanha o movimento, Galileu, no caso da inércia, utilizou uma experiência de pensamento, uma extrapolação, para sugerir o que deveria ocorrer com um objeto em movimento caso não houvesse atrito algum sobre ele. Estava, assim, lançada a base para Newton estabelecer sua 1ª lei.

1. Em uma experiência de pensamento, podemos imaginar que soltamos verticalmente uma bola bastante elástica do topo de uma torre muito alta. A bola toca o solo e sobe até certa altura da torre; cai novamente, sobe mais uma vez e permanece durante algum tempo nesse movimento de sobe e desce até parar. No entanto, em nenhum momento, a bola se afasta da vertical em que foi solta inicialmente. Mas, se a Terra gira em torno do seu eixo, não seria razoável imaginar que a bola, por não estar grudada à Terra, deveria se afastar da torre, como sugerido na imagem a seguir?

SELMA CAPARROZ

(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

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

MODERNA

Atividades

Não escreva no livro.

1 Analise a afirmação, verificando se ela é verdadeira ou falsa, e justifique.

Em determinado instante de uma viagem de carro, percebe-se que a resultante das forças sobre o carro é nula. Necessariamente, nesse instante, o carro estará em repouso em algum ponto da estrada.

2 No interior de um avião deslocando-se a 1.000 km/h, um passageiro deixa cair seu telefone celular. Na ilustração estão indicados quatro pontos no piso do corredor do avião e a posição desse passageiro.

ADILSON SECCO

Em qual desses pontos cai o telefone celular?

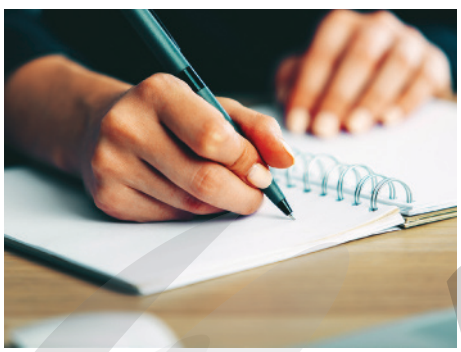
3 Por que, de acordo com a lei da inércia, é perigoso saltar de um veículo em movimento?

4 Analise as forças e justifique o equilíbrio da pessoa na imagem. Ela pratica o esporte denominado *slackline,* no qual se anda e faz manobras sobre uma fita de náilon esticada entre dois pontos fixos.

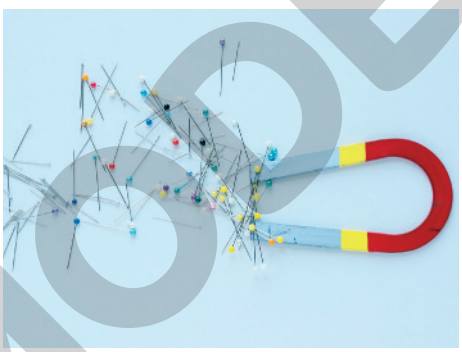
DEZPHOTO/SHUTTERSTOCK

Forças de ação e reação

As interações entre dois ou mais corpos podem ser de dois tipos: de **contato** ou de **campo**.



PESHKOVA/SHUTTERSTOCK



PICTUREPERFEKT/SHUTTERSTOCK

Entre o lápis e a mão da pessoa age uma força de **contato**.
Um ímã atrai objetos metálicos sem que, necessariamente, esteja em contato com eles. Nesse caso, a interação se dá por intermédio de uma força de **campo**.

A força de campo que atua sobre todos os corpos atraindo-os para o centro da Terra é a **força peso**, uma força de direção vertical, sentido para baixo e **intensidade** que depende de dois fatores: a massa (*m*) do corpo e a aceleração da gravidade (*g*).

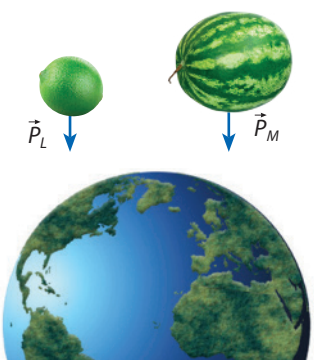
A massa é característica do corpo, cada um tem a sua. Uma melancia, por exemplo, tem massa 4 kg e um limão tem massa 45 g. Esses e todos os demais corpos, quando soltos de determinada altura, cairão em direção à Terra com o mesmo valor de aceleração, aproximadamente 9,8 m/s^2.

A unidade de medida de forças no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o newton (N). Assim, enquanto a massa de uma pessoa pode ser expressa, por exemplo, em quilograma (kg), o peso dessa pessoa será dado em newton (N).

A expressão matemática que relaciona o peso (*P*) de um corpo e sua massa (*m*), em um local de aceleração da gravidade (*g*), é:

$$P = m \cdot g$$

Assim, por exemplo, uma melancia de massa 4 kg é atraída para o centro da Terra por uma força peso de $P = 4{,}0 \cdot 10 = 40$ N quando aproximamos a aceleração da gravidade para $g = 10$ m/s^2.



LIMÃO: EGOR RODYNCHENKO/SHUTTERSTOCK; MELANCIA: JAMAKOSY/SHUTTERSTOCK

SELMA CAPARROZ

Apesar de terem pesos diferentes, limão e melancia caem juntos, se for desconsiderado o atrito. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

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

MODERNA

Seja uma força de campo ou de contato, esta necessariamente determina a interação entre dois ou mais corpos. A ideia de que, na natureza, nenhuma força existe isoladamente, isto é, sem seu par, é expressa pela 3ª lei de Newton:

Toda força (ação) que surgir em um corpo como resultado da interação com outro corpo faz surgir nesse primeiro corpo uma força, chamada de reação, cujas intensidade e direção são as mesmas da ação, mas de sentido oposto.

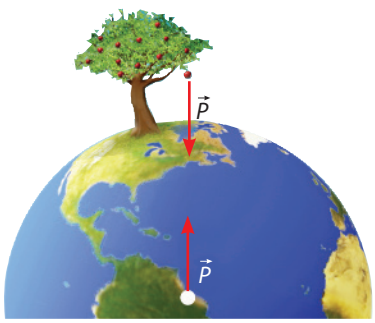
DAMIEN MEYER/AFP/GETTY IMAGES

Os atletas utilizam os remos, que empurram a água para trás e fazem o barco ir para a frente nos Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro, em 2016.

FEDERICO CAPUTO/ALAMY/FOTOARENA

Nosso pé dói quando chutamos uma bola com força, porque a bola reage à força aplicada sobre ela também exercendo uma força sobre nosso pé.

MANGA



Par de forças de atração entre a Terra e a maçã. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Outro par ação-reação que podemos analisar é o da força exercida entre a Terra e um objeto em queda. Haverá, como reação, uma força do objeto sobre a Terra, como mostra a figura ao lado, em que uma maçã é atraída para a Terra.

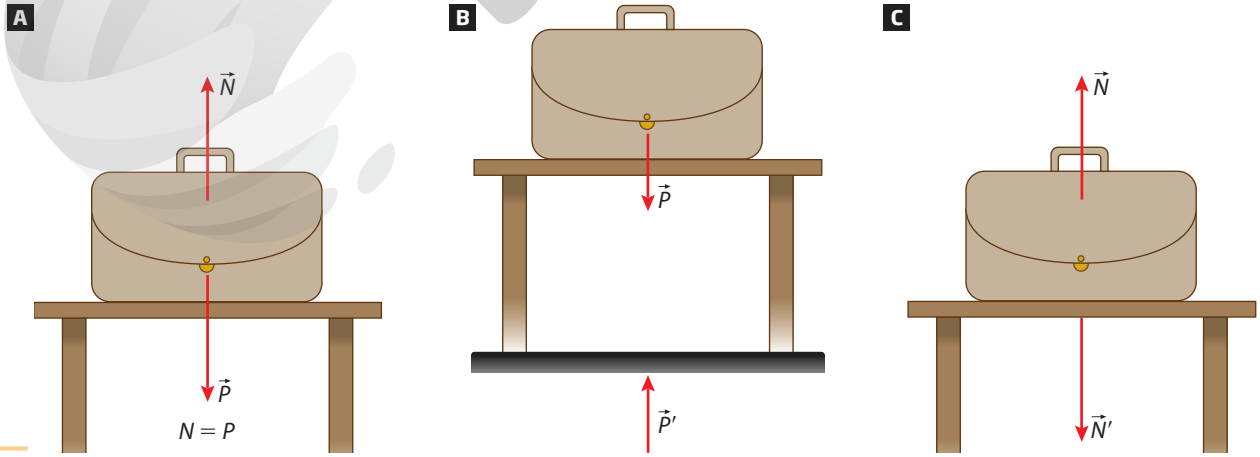
A maçã é atraída pela Terra com a força peso $\vec{P}$, que leva a maçã em direção ao centro do planeta. Pela 3ª lei de Newton, a maçã reage a essa força, atraindo a Terra com uma força $\vec{P}$ de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto, o que, porém, não causa sobre a Terra nenhum efeito perceptível, por causa da enorme massa do planeta.

Corpo apoiado: a força peso e a força normal

Um corpo apoiado sobre uma mesa está parado. Duas forças estão atuando sobre o corpo: a força **peso** ($\vec{P}$), da atração gravitacional da Terra, e a força **normal** ($\vec{N}$), de reação à força que o corpo faz no apoio. Em caso de equilíbrio, essas forças são de mesma intensidade, mas não se trata de um par ação-reação.

FORÇAS ATUANDO SOBRE UM CORPO

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO



(**A**) Objeto em equilíbrio sobre uma mesa. (**B**) $\vec{P}$ e $\vec{P}'$: par ação e reação, uma força no corpo e outra no centro da Terra. (**C**) $\vec{N}$ e $\vec{N}'$: par ação e reação, uma força atua na mesa e outra, no corpo apoiado. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

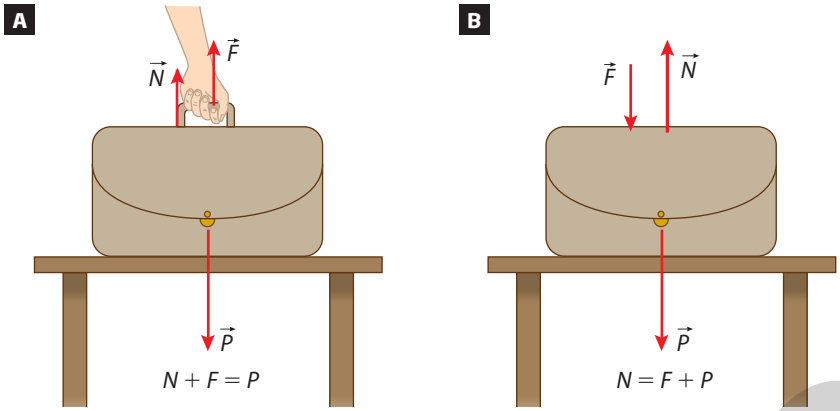
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Se alguém aplicar uma força vertical para cima e o corpo continuar apoiado (imagem **A**, abaixo), ou seja, se a força aplicada não for suficiente para erguer o corpo, a força no apoio diminuirá, e diminuirá também a reação do apoio, a força normal.

Por outro lado, se alguém aplicar no corpo uma força vertical para baixo (imagem **B**, abaixo), aumentará a força no apoio e, consequentemente, aumentará também a força normal.

FORÇA VERTICAL PARA CIMA E PARA BAIXO



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

(**A**) Aplicando uma força vertical para cima, diminuímos a força normal de interação do objeto com a mesa. (**B**) Aplicando uma força vertical para baixo, aumentamos a força normal de interação do objeto com a mesa. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Atividades

Não escreva no livro.

1 Provavelmente você já mediu sua massa subindo em uma balança em uma farmácia ou em sua casa (**A**). Observe as imagens e explique por que não podemos avaliar nossa massa procedendo como apresentado nas figuras **B** e **C**.

ILUSTRAÇÕES: SELMA CAPARROZ

Figura A | Figura B | Figura C

2 Quando um jogador de futebol chuta uma bola inicialmente em repouso, o pé exerce uma força sobre a bola e a bola exerce outra força sobre o pé.

A respeito dessa situação, podemos fazer as seguintes afirmações:

I. A bola altera seu estado de repouso para o de movimento, porque a resultante das forças que atuam sobre ela, durante o chute, não é nula.

II. Após o chute, a bola se move porque a força que o pé exerce sobre ela tem intensidade maior que a força que a bola exerce sobre o pé.

III. A força que a bola exerce sobre o pé tem a mesma intensidade da força que o pé exerce sobre a bola, porém elas não se anulam, porque estão aplicadas em corpos diferentes.

Avalie qual(is) das afirmações é (são) correta(s) e explique sua escolha.

3 Um garoto aguarda o início de um passeio de carroça (ver figura), observando os bois que vão puxá-la e refletindo sobre a 3ª lei de Newton. Então, ele elabora uma proposição sobre a situação.

"Pela lei da ação e reação, quando o boi puxar a carroça, esta também vai puxá-lo. Como as forças serão iguais e terão sentidos contrários, o boi não conseguirá mover a carroça, que, assim, jamais sairá do lugar."

LIGIA DUQUE

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

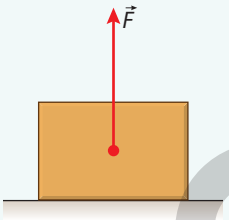
MODERNA

4 Patinadores sabem que devem colocar um dos pés na direção do movimento e o outro pé em certo ângulo em relação à direção do movimento para que possam se locomover.

STEFAN SCHURR/GETTY IMAGES

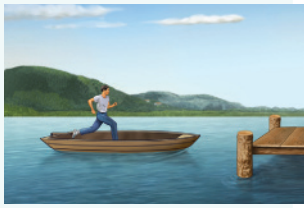
Como você explicaria essa condição dos pés do patinador à luz da 3ª lei de Newton?

5 Uma força $\vec{F}$ de módulo igual a 20 N é aplicada, verticalmente, sobre um corpo de 10 kg, em repouso sobre uma superfície horizontal, como indica a figura. Determine o módulo (em N) da força normal sobre o corpo.



LUIZ RUBIO

6 Uma pessoa colocada em uma extremidade de um pequeno barco vai correr em direção à outra extremidade (ver figura).



PAULO MANZI

a) Descreva o movimento do homem em relação a um ponto fixo na plataforma.

b) Descreva o movimento do barco em relação a um ponto fixo na plataforma.

7 Um pacote de massa 6 kg está apoiado sobre o piso. Qual é a intensidade da força normal, em newton, que atua sobre o corpo nos seguintes casos?

a) O corpo está parado sobre o piso, sem que nenhuma força externa além de seu peso atue sobre ele.

b) Uma pessoa aplica no corpo uma força de 20 N verticalmente para cima, sem conseguir retirá-lo do apoio no piso.

c) Alguém consegue levantar o corpo, retirando-o do apoio no piso.

8 Do ponto de vista da Física, a sequência apresentada na tirinha contraria a 3ª lei de Newton. Explique por quê.

GARFIELD, JIM DAVIS © 1991 PAWS, INC. ALL RIGHTS RESERVED/DIST. BY ANDREWS MCMEEL SYNDICATION

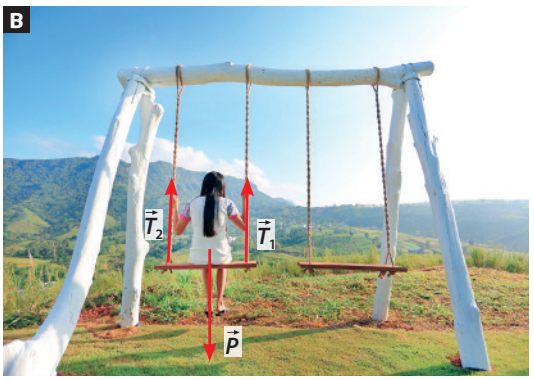
Pendurado em equilíbrio

Quando nos penduramos em uma corda, fazemos sobre ela uma força denominada **tração** ($\vec{T}$). Se estivermos parados, a intensidade da tração será igual à intensidade da força peso. Já em um balanço, ainda em repouso, a intensidade da força peso é dividida em duas cordas, isto é, a intensidade da tração em cada corda é equivalente, aproximadamente, à metade da intensidade da força peso da pessoa ali sentada.

(**A**) Pendurado em uma corda, temos que a intensidade da tração será igual à da força peso ($T = P$); (**B**) Em um balanço, a intensidade da força peso é dividida entre as duas cordas ($2T = P$).

ZHUKOVVLAD/SHUTTERSTOCK

$P = T$



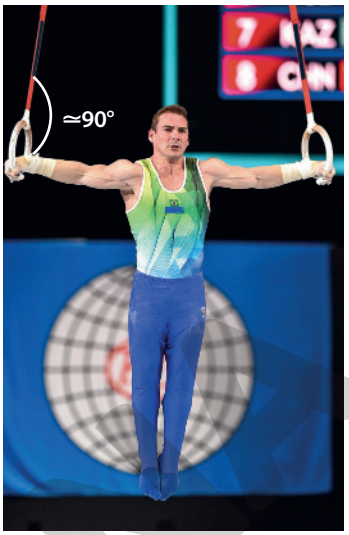
GOLFX/SHUTTERSTOCK

$T_1 = T_2; P = T_1 + T_2$

Alguns exercícios que ginastas olímpicos realizam nas argolas são mais difíceis do que outros. Quanto mais próximo de 90° é a medida do ângulo entre os braços e a corda das argolas, mais difícil é o exercício.

THE YOMIURI SHIMBUN/AP PHOTO/GLOW IMAGES

No início da apresentação, metade do peso do atleta é aplicada no esforço de cada braço. Campeonato mundial de ginástica artística (Alemanha, 2019).

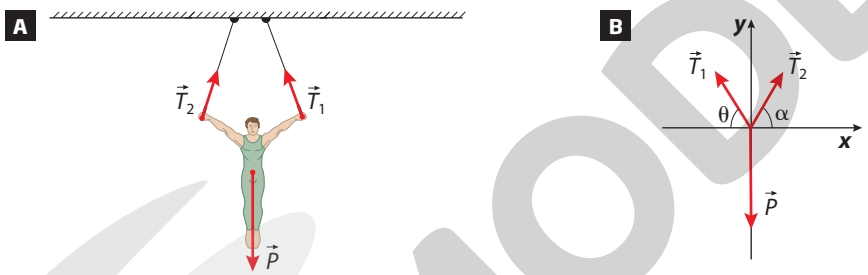


MINAS PANAGIOTAKIS/GETTY IMAGES

Na imagem, o brasileiro Arthur Zanetti em posição do crucifixo: movimento de maior dificuldade na ginástica artística (Canadá, 2017).

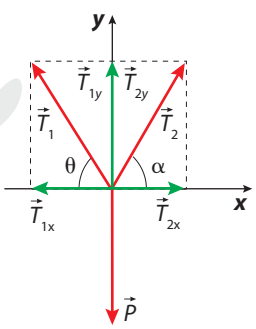
Em todos os casos de equilíbrio, a somatória das forças é nula. Quando as forças estão no mesmo plano e em mais de uma direção, podemos fazer a **decomposição** das forças em duas direções, horizontal e vertical. Havendo equilíbrio em cada direção, haverá, também, no plano. Observe a representação de um atleta suspenso por duas cordas e as forças que atuam sobre ele.

REPRESENTAÇÃO DO ATLETA E ESQUEMA DE FORÇAS



(**A**) Esquema de forças que atuam sobre o atleta. (**B**) As forças $\vec{T}_1$, $\vec{T}_2$ e $\vec{P}$ foram colocadas em um par de eixos cartesianos.

O peso do atleta é uma força vertical, mas as forças de tração podem não ser. Nesse caso, convém **decompor** cada força de tração ($\vec{T}$) em duas outras, uma na direção *x* ($\vec{T}_x$) e outra na direção *y* ($\vec{T}_y$), o que resulta na figura a seguir.

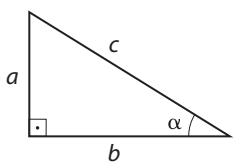


ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

Conhecido o peso do atleta, para determinar as intensidades das componentes *x* e *y* das forças de tração, recorremos às razões trigonométricas dos ângulos entre a horizontal e a direção de atuação das trações.

Caixa de ferramentas

Veja as razões trigonométricas de um ângulo agudo:



SELMA CAPARROZ

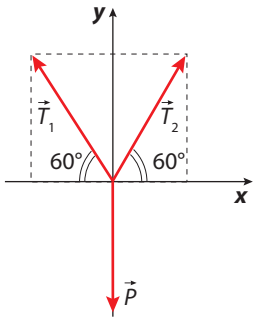
$$\text{sen } \alpha = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}} = \frac{a}{c}$$

$$\cos \alpha = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}} = \frac{b}{c}$$

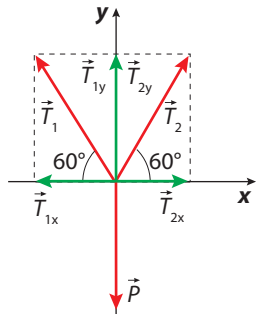
$$\text{tg } \alpha = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}} = \frac{a}{b}$$

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

Por exemplo, na situação em que a massa do atleta é de 90 kg e o ângulo entre a horizontal e a tração mede 60°, qual é a intensidade da tração em cada corda? Vamos calcular.



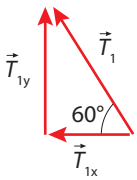
Esquema das forças.



Esquema da decomposição das forças.

Considerando que $P = T_{1y} + T_{2y} = 900$ N, e que tais trações são de mesma intensidade, visto que é igual a medida do ângulo (60°) nos dois lados da vertical, temos que $T_{1y} = T_{2y} = 450$ N.

Conforme mostra a figura a seguir, os vetores que identificam as forças $\vec{T}_{1y}$, $\vec{T}_{1x}$ e $\vec{T}_1$ formam um triângulo retângulo no qual podemos aplicar as razões trigonométricas para o ângulo de 60°.



$$\text{sen } 60° = \frac{T_{1y}}{T_1} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{450}{T_1} \Rightarrow T_1 \cdot \sqrt{3} = 2 \cdot 450 \Rightarrow T_1 = \frac{900}{\sqrt{3}} \Rightarrow$$

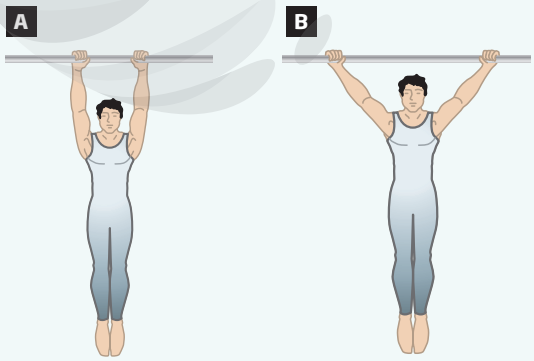
$$\Rightarrow T_1 = \frac{900\sqrt{3}}{3} \therefore T_1 \simeq 520 \text{ N}$$

Assim, na situação descrita, a força de tração em cada corda é de, aproximadamente, 520 N. Note que esse valor é maior do que a metade do peso do atleta, de 450 N. Portanto, na condição de equilíbrio descrita, o atleta faz, em cada braço, uma força maior do que a metade de seu peso.

Atividades

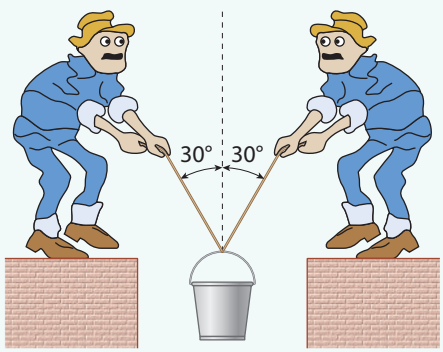
Não escreva no livro.

1 Uma pessoa de 70 kg de massa permanece suspensa e em equilíbrio, conforme representado na figura A. Se a pessoa abrir um pouco mais seus braços, como na figura B, precisará fazer mais, menos ou a mesma força que fazia anteriormente para continuar em equilíbrio? Justifique.



LUIZ RUBIO

2 Dois operários sustentam em equilíbrio um balde de massa 20 kg, conforme representado na figura seguinte.



ADILSON SECCO

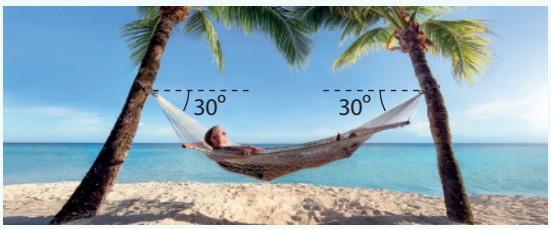
Sendo $\text{sen } 30° = \cos 60° = \frac{1}{2}$, e $\cos 30° = \text{sen } 60° = \frac{\sqrt{3}}{2}$, calcule a força exercida por um desses operários.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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

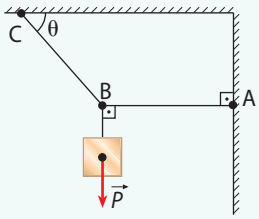
MODERNA

3 Uma pessoa de 60 kg de massa descansa em uma rede mantendo equilíbrio estático. Considere congruentes os ângulos formados entre as extremidades da rede e os pontos nos quais a rede está presa e determine as intensidades das forças aplicadas pela rede em cada um deles.



MAPMAN/SHUTTERSTOCK

4 Um bloco de massa m permanece em equilíbrio estático sustentado pelos fios ideais AB e BC. Calcule a massa do bloco e a força de tração no fio AB, sabendo que a intensidade da tração no fio BC é igual a 240 N, sen $\theta = 0{,}6$ e cos $\theta = 0{,}8$. (Considere $g = 10\ m/s^2$.)



ADILSON SECCO

Momento de uma força

Quando é necessário trocar o pneu de um automóvel, o primeiro passo é soltar os parafusos que prendem a roda ao eixo. Observando as imagens a seguir, em qual você acha que será mais fácil soltar os parafusos?

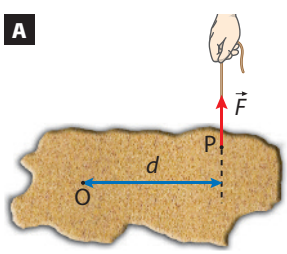
FOTOGRAFIAS: EDUARDO SANTALIESTRA

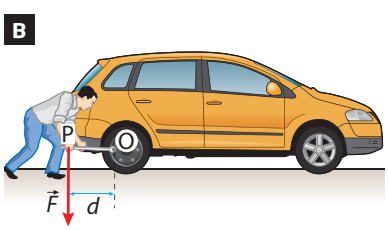
Para afrouxar os parafusos podem ser utilizados vários tipos de chaves, curtas ou longas.

Quanto maior for a distância entre a linha de aplicação da força (mão da pessoa) e o eixo de rotação do sistema (parafuso), menor será a força aplicada para a realização da tarefa. Assim, será mais fácil soltar os parafusos com uma chave longa do que com uma curta.

A grandeza física que mede a capacidade de uma força de provocar rotação sobre um corpo rígido é denominada **momento** ou **torque da força**. O cálculo do momento (M) é dado pelo produto entre o módulo da força (F) e o chamado **braço**, que é a distância (d) entre o ponto de aplicação da força e o eixo de rotação.

$$M = F \cdot d$$





Nos casos **A** e **B**, a força $\vec{F}$ aplicada no ponto P produz efeito de rotação em relação ao ponto O. A linha de ação da força é a reta na direção dessa força que passa pelo ponto P. A distância d é sempre medida perpendicularmente à reta suporte da força $\vec{F}$. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

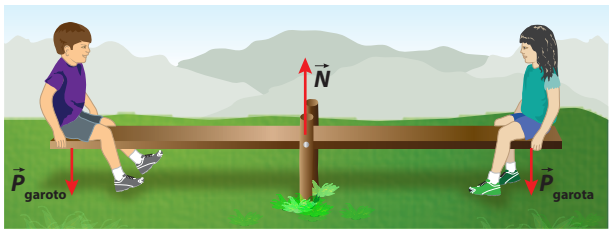
ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

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

MODERNA

No SI, a unidade de momento ou torque de uma força é o newton vezes metro (N · m).

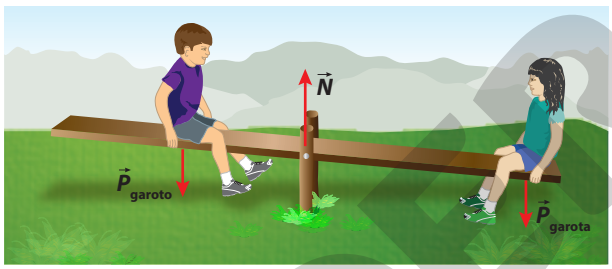
O cálculo do momento da força ajuda a entender o equilíbrio de uma gangorra quando duas pessoas estão sobre ela, uma em cada ponta. Se as pessoas tiverem massas iguais e sentarem-se a iguais distâncias do ponto de apoio, a gangorra fica em equilíbrio.



LUIZ RUBIO

Pesos iguais e distâncias iguais ao ponto de apoio. A resultante de forças é nula e a soma dos momentos também. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

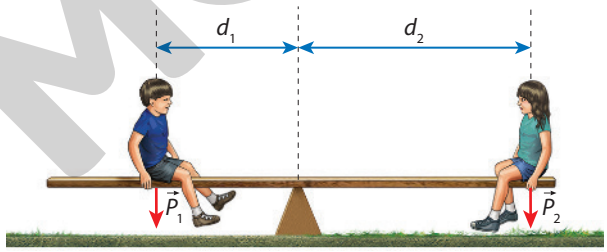
Quando não são iguais as distâncias de cada pessoa ao ponto de apoio, a gangorra tende a rodar na vertical. Nesse caso, a resultante de forças continua a ser nula, mas a soma dos momentos é diferente de zero.



LUIZ RUBIO

Pessoas com massas iguais sentadas a distâncias diferentes do ponto de apoio não permitem condição de equilíbrio; a gangorra tende a rotacionar. A soma das forças é zero, mas a soma dos momentos é diferente de zero. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Quando as distâncias ao ponto de apoio são diferentes, ocorrerá equilíbrio apenas se os pesos também forem diferentes. Será preciso que a pessoa com maior peso fique mais próxima do ponto de apoio do que a pessoa de menor peso, a fim de que seja nula a soma dos momentos.



SELMA CAPARROZ

Para que a gangorra permaneça em equilíbrio, a soma dos momentos deve ser nula. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Considerando um eixo numerado colocado sobre a gangorra, com a origem coincidindo com o ponto de apoio, o equilíbrio existirá quando

$$P_1 \cdot d_1 = P_2 \cdot d_2$$

Se as massas das pessoas forem, por exemplo, 65 kg e 45 kg, e esta última estiver sentada na gangorra a 1,2 m do ponto de apoio, a distância da outra pessoa ao apoio poderá ser assim obtida:

$$P_1 \cdot d_1 = P_2 \cdot d_2$$
$$450 \cdot 1{,}2 = 650 \cdot d_2 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow 540 = 650 \cdot d_2 \therefore d_2 \simeq 0{,}83 \text{ m} = 83 \text{ cm}$$

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

MODERNA

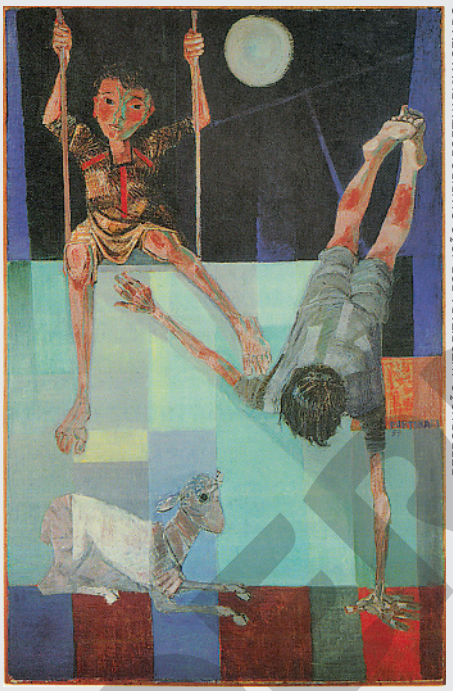
Não escreva no livro.

Arte e equilíbrio

As condições de equilíbrio de um corpo já foram utilizadas como contexto para a produção de obras de arte e para apresentações circenses, como podemos observar nas imagens a seguir.

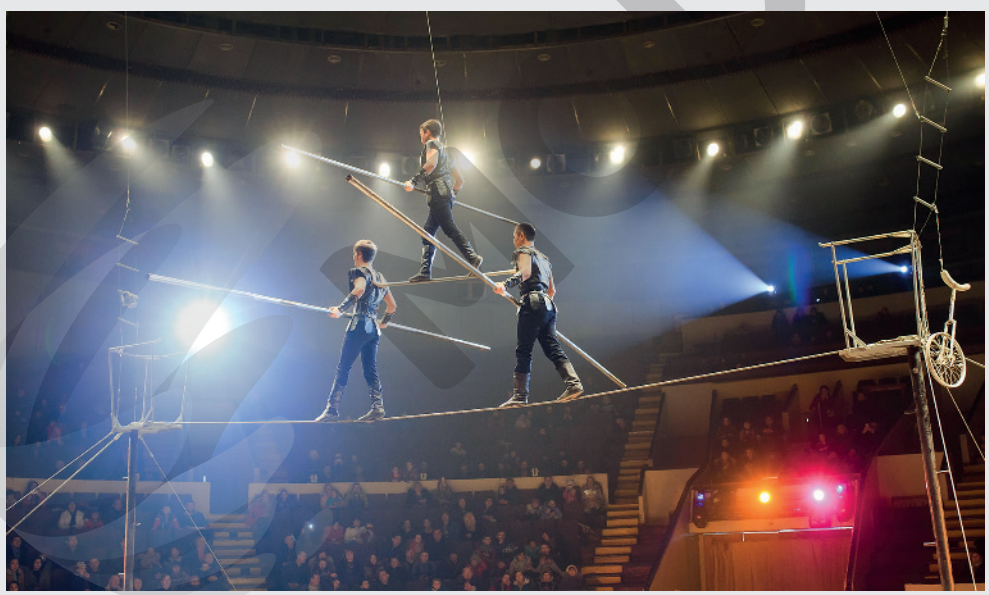
VICENTE DE MELLO/CORTESIA CARLA GUAGLIARDI - ACERVO DA ARTISTA

Carla Guagliardi, *O lugar do ar*, 2012.



REPRODUÇÃO AUTORIZADA POR JOÃO CANDIDO PORTINARI/IMAGEM DO ACERVO DO PROJETO PORTINARI - COLEÇÃO PARTICULAR

Candido Portinari, *Meninos com carneiro*, 1959.



DAVID TADEVOSIAN/ALAMY/FOTOARENA

Equilibristas em espetáculo circense (Ucrânia, 2018).

1. Na obra de Portinari, se o garoto sentado na balança tiver massa de 42 kg, qual será, em newton, a força de tração em cada corda quando o garoto não se balança?

2. Na imagem do equilibrista sobre a corda, vamos supor que as medidas dos ângulos de inclinação da corda às costas e à frente dele sejam iguais a 45°. Nessa condição, o que é possível afirmar a respeito da força de tração a que a corda está sendo submetida se comparada ao peso do equilibrista?

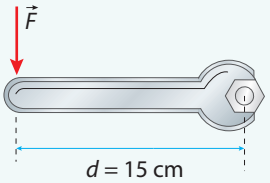
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

EM BRANCO

Atividades

Não escreva no livro.

1 Uma força ($\vec{F}$) deve ter, no mínimo, módulo de 400 N para que, ao ser aplicada em um ponto distante 15 cm do centro de uma chave de boca, possibilite desatarraxar a porca de uma roda de automóvel.



Se for acoplado um extensor a essa chave, de modo que a força seja aplicada a 75 cm de distância do centro da chave, qual será o módulo mínimo capaz de desatarraxar a porca?

2 Observe na figura I um rapaz forçando a extremidade de uma chave a fim de soltar um parafuso, tendo êxito apenas quando apoia todo o seu peso de 75 kgf sobre a chave. Simultaneamente, a fim de soltar outro parafuso, uma moça coloca todo o seu peso de 51 kgf sobre uma chave igual à anterior (figura II). Se os dois parafusos estão, no início, igualmente apertados, responda justificando: a moça vai conseguir soltar o parafuso?

Figura I

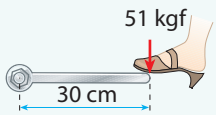
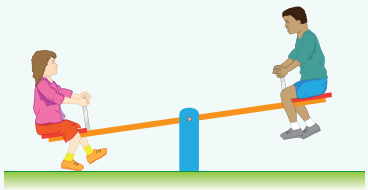


Figura II

(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

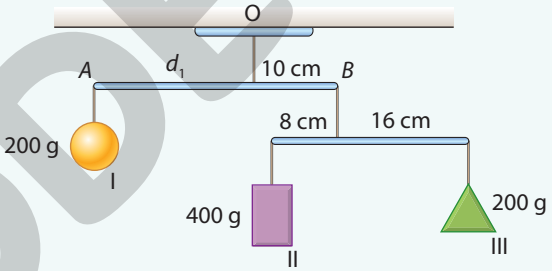
3 Maria e João brincam em uma gangorra. Ela tem massa de 38 kg, e ele tem massa de 46 kg. Quando João se posiciona a 1,2 m do ponto de apoio da gangorra, ocorre equilíbrio e a gangorra permanece parada. Nesse momento, a que distância Maria está do ponto de apoio da gangorra?



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

4 O móbile esquematizado na figura é composto de três peças suspensas.

Os enfeites estão presos por meio de fios e barras cujas massas são desprezíveis. O móbile foi fixado ao teto em um único ponto. Os comprimentos das barras e as massas dos corpos suspensos estão indicados na figura. Calcule o comprimento da haste *AB* para que ela permaneça em equilíbrio estático na horizontal.



ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

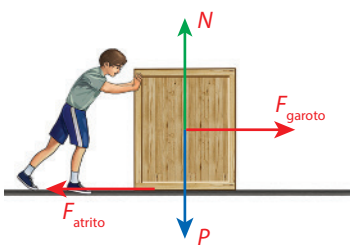
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Para começar ou continuar o movimento é preciso vencer o atrito

Observe na figura ao lado que o garoto empurra a caixa para a frente, depois a puxa para trás, e a caixa não se mexe em nenhum dos casos. O fator responsável por impedir o movimento é o **atrito** da caixa com o chão.

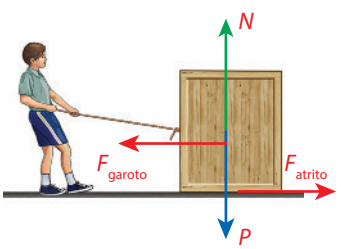
Se a caixa não se move, ela está em equilíbrio e, nesse caso, deve ser nula a soma de todas as forças que agem sobre a caixa. Nas figuras a seguir, podemos observar quais são essas forças.

O atrito é uma força que atua no sentido contrário à tendência do movimento. No caso em que a caixa não se move, as forças que agem nela se anulam. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)



$\vec{F}_{garoto} = \vec{F}_{atrito}$

$\vec{P} = \vec{N}$



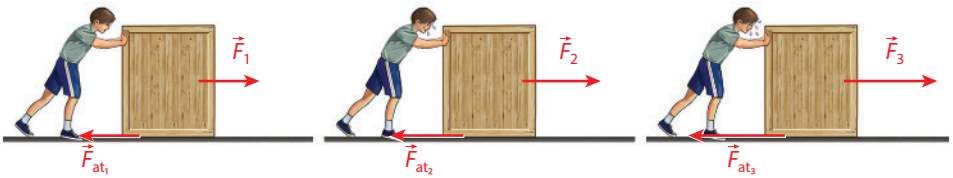
$\vec{F}_{garoto} = \vec{F}_{atrito}$

$\vec{P} = \vec{N}$

ILUSTRAÇÕES: SELMA CAPARROZ

MODERNA

O que ocorrerá com a força de atrito se o garoto aumentar a força que faz e, mesmo assim, a caixa não se mover? Nesse caso, o fato de não haver movimento significa que a intensidade da força de atrito também aumentou.



ILUSTRAÇÕES: SELMA CAPARROZ

Enquanto não houver movimento, o módulo da força exercida sobre o corpo será igual ao módulo da força de atrito. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Dá-se o nome de **força de atrito estático** à força de atrito que atua sobre o corpo enquanto parado. O módulo dessa força é sempre igual ao da força externa aplicada ao corpo.

Se o garoto conseguir aumentar ainda mais a força que faz sobre a caixa, chegará um momento em que a intensidade dessa força será tal que a caixa ficará na **iminência** de se mover. Isto é, qualquer adicional na força do garoto, por menor que seja, tirará a caixa do repouso. Nesse momento, ainda em repouso, atua sobre a caixa a **força de atrito estático máxima**.

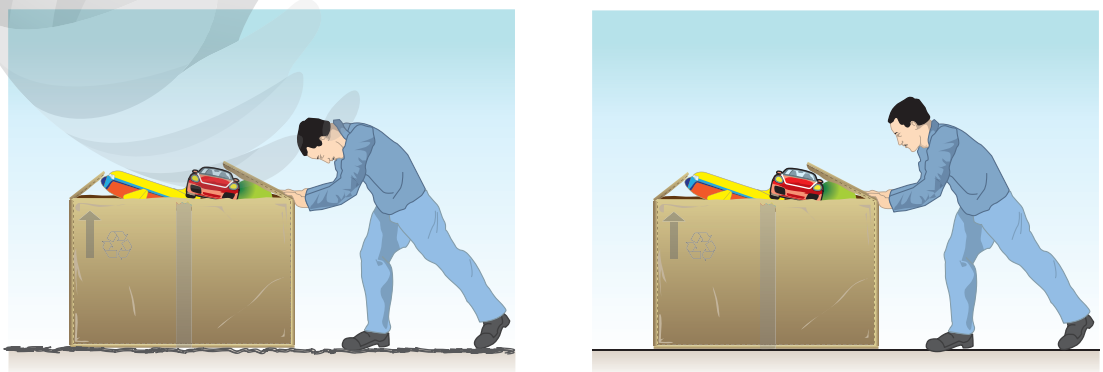
O módulo da força de atrito estático máxima pode ser calculado; para isso, devemos considerar os dois fatores que interferem no atrito entre o corpo e seu apoio: a força que o corpo exerce no apoio e o tipo de piso em que o corpo se apoia.

Percebemos que uma caixa de maior massa resiste mais a se movimentar do que uma caixa de massa menor.

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

As duas caixas apoiam-se sobre o mesmo tipo de piso. A caixa cuja força de interação com o piso é maior exige mais esforço para ser arrastada horizontalmente. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Percebemos também que caixas de mesma massa podem resistir mais ou menos ao movimento, dependendo do tipo de piso onde se apoiam.



ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

No caso de duas caixas de mesma massa e feitas do mesmo material, uma delas pode ser mais facilmente arrastada do que a outra. Nessa situação, a caixa que mais resiste ao movimento está apoiada sobre um piso que causa mais atrito do que o outro. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

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

MODERNA

O maior ou menor valor da força de atrito estático máxima depende do tipo de material das superfícies em contato. Superfícies notadamente mais lisas, como gelo ou madeira encerada, permitem menor valor para a força de atrito estático, enquanto os pisos de asfalto ou cimento rústico conduzem a valores mais elevados.

Assim, a intensidade da força de atrito estático máxima depende de dois fatores:

- das características das superfícies em contato;
- da interação entre o corpo e o apoio, cuja reação, sabemos, é denominada força normal, $\vec{N}$.

Para quantificar as características das superfícies em contato, mais lisas ou menos lisas, adota-se o **coeficiente de atrito estático**, indicado por μ_e. Dessa forma, a força de atrito estático máxima, $F_{at(e)máx}$ é dada por:

$$F_{at(e)máx} = \mu_e \cdot N$$

O coeficiente de atrito estático, $\boldsymbol{\mu_e}$, é uma grandeza adimensional, isto é, não possui unidade. Por exemplo, para o contato entre madeira e asfalto, temos $\mu_e = 0{,}5$ e, para o contato entre borracha e asfalto, $\mu_e = 0{,}7$.

Por exemplo, para que um bloco de madeira de massa 5 kg, apoiado em um piso asfáltico, seja retirado do repouso, será preciso vencer a força de atrito estático máxima que, nesse caso, será:

$$F_{at(e)máx} = \mu_e \cdot N \Rightarrow F_{at(e)máx} = 0{,}5 \cdot 50 \therefore F_{at(e)máx} = 25\ \text{N}$$

Vencido o atrito estático máximo, o corpo entra em movimento, e, nesse caso, surge o **atrito cinético**.

A partir do instante em que o movimento é iniciado, a força de atrito continua a atuar sobre o corpo, no sentido contrário ao do movimento, porém com valor menor do que o da força de atrito estático máxima. O módulo da força de atrito, a partir daí, é praticamente constante, independentemente da velocidade do corpo. Essa força é então denominada **força de atrito cinético**, ou **dinâmico**, $\boldsymbol{F_{at(c)}}$, e é dada por:

$$F_{at(c)} = \mu_c \cdot N$$

Nessa expressão, N é o módulo da força normal de reação do apoio, e μ_c é o **coeficiente de atrito cinético**, ou **dinâmico**, normalmente menor do que o coeficiente de atrito estático.

A tabela seguinte apresenta valores aproximados de coeficientes de atrito estático (μ_e) e cinético (μ_c) entre as superfícies de alguns materiais.

Coeficiente de atrito estático e cinético

Superfícies em contato	μ_e	μ_c
Cobre sobre aço	0,53	0,36
Aço sobre aço	0,74	0,57
Alumínio sobre aço	0,61	0,47
Borracha sobre concreto	1,0	0,8
Madeira sobre madeira	0,4	0,2
Madeira encerada sobre gelo	0,14	0,1
Teflon sobre teflon	0,04	0,04
Articulações dos ossos humanos	0,01	0,003
Vidro sobre vidro	0,94	0,4

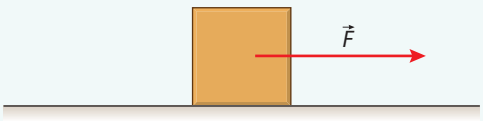
Fonte: SERWAY, R. A.; JEWETT JR., J. W. *Física para cientistas e engenheiros.* São Paulo: Cengage Learning, 2012.

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

Atividades

Não escreva no livro.

1 Um corpo de massa igual a 20 kg está apoiado sobre uma superfície horizontal, conforme representado na figura. Uma força horizontal, para a direita, de módulo 80 N, é aplicada sobre o corpo, mas ele não se move.



a) Qual é o módulo da força normal nesse caso?

b) Quais são a direção, o sentido e o módulo da força de atrito?

2 Em relação à questão anterior, aumentando gradativamente o módulo da força que puxa o corpo, observa-se que, ao atingir 120 N, o corpo está na iminência de se movimentar, isto é, qualquer acréscimo ao valor da força, por menor que seja, colocará o corpo em movimento. Qual é, nesse caso:

a) o módulo da força normal?

b) o módulo da força de atrito estático máxima?

c) o valor do coeficiente de atrito estático entre as duas superfícies em contato?

3 Uma pessoa de 70 kg é colocada em uma caixa de massa desprezível. Outra pessoa tenta empurrar a caixa aplicando sobre ela uma força horizontal de módulo 300 N, mas a caixa não se move. Nessa condição, classifique em verdadeira ou falsa cada afirmação, justificando sua escolha com base nos princípios físicos estudados.

LUIS ALVAREZ/E+/GETTY IMAGES

a) A caixa só se moverá se a força aplicada tiver módulo maior do que o peso da caixa adicionado ao peso da pessoa que está dentro dela.

b) A força de atrito entre a caixa e o piso é a razão pela qual a caixa não se move.

c) Se a força aplicada for aumentada até se igualar à força de atrito estático, a caixa estará na iminência de se movimentar.

d) A força de atrito estático é igual a 700 N.

e) Aumentando a força aplicada na caixa, o atrito estático tende a diminuir.

4 O módulo da força de atrito estático máxima que atua sobre um corpo de massa 5 kg, em repouso sobre uma superfície horizontal, é igual a 40 N. Qual é, nesse caso, o valor:

a) do peso do corpo?

b) do coeficiente de atrito estático?

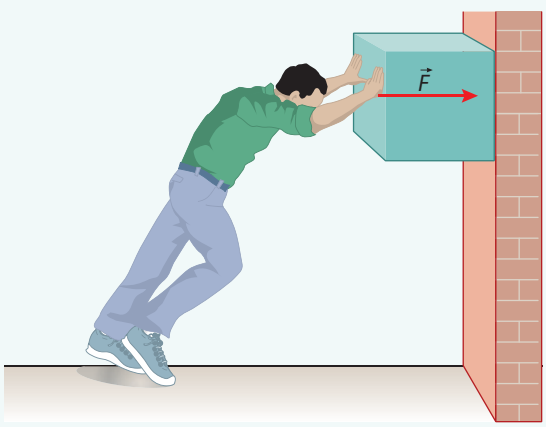
c) da força horizontal capaz de colocar o corpo em movimento?

5 Uma pessoa arrasta um caixote de massa 80 kg sobre um piso horizontal aplicando sobre ele uma força constante de 200 N. Se a velocidade do caixote é horizontal e constante, qual é o valor:

a) da força de atrito cinético?

b) do coeficiente de atrito cinético entre o caixote e o piso?

6 Uma pessoa comprime um corpo de massa 2 kg contra uma parede vertical, exercendo sobre ele uma força F de módulo 40 N, perpendicular à parede, conforme representado na figura. Se o corpo está em repouso, qual é o valor:



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

a) do peso do corpo?

b) da força que o corpo exerce no apoio?

c) da força que o apoio exerce no corpo?

d) da força de atrito que atua sobre o corpo?

e) do coeficiente de atrito estático entre as superfícies em contato, supondo que o corpo está na iminência de descer deslizando?

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

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

MODERNA

Vamos acelerar: 2ª lei de Newton

Para que a velocidade do automóvel aumente de um valor v_1 para outro v_2, em determinado intervalo de tempo, de t_1 a t_2, é preciso que o motorista "pise" no acelerador.

SELMA CAPARROZ

Nessa etapa dizemos que o automóvel desenvolveu uma **aceleração**.

Aceleração é a medida da taxa de variação da velocidade. Algebricamente, temos:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Por exemplo, se em uma ultrapassagem o automóvel passa de 70 km/h para 106 km/h em 5,0 segundos, sua aceleração escalar média (a) nesse período é:

$$a = \frac{106 \text{ km/h} - 70 \text{ km/h}}{5 \text{ s}} = \frac{36 \text{ km/h}}{5 \text{ s}} = 7{,}2 \frac{\text{km/h}}{\text{s}}$$

Então, em média, o automóvel aumentou sua velocidade na razão de 7,2 km/h a cada segundo.

No SI, a unidade de medida de aceleração é "metro por segundo ao quadrado (m/s²)". Vamos escrever o valor anterior de aceleração nessa unidade, lembrando que 1 km = 1.000 m e 1 h = 3.600 s. Observe:

$$a = 7{,}2 \frac{\text{km/h}}{\text{s}} = 7{,}2 \frac{\left(\frac{1.000 \text{ m}}{3.600 \text{ s}}\right)}{\text{s}} = \frac{7.200}{3.600} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$$

Esse valor significa que a velocidade do automóvel aumentou, em média, 2 m/s a cada segundo.

Para obter, caso seja necessário, a distância (D) percorrida pelo automóvel com velocidade inicial (v_o), durante o intervalo (t) em que manteve aceleração (a), podemos fazer:

$$D = v_o \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

No exemplo em que $v_o = 0$, $t = 5{,}0$ s e $a = 2$ m/s², teremos:

$$D = 0 \cdot 5 + \frac{2 \cdot 5^2}{2} \therefore D = 25 \text{ m}$$

Para que um corpo acelere, em qualquer situação, é preciso que exista uma força resultante não nula atuando sobre ele. A 2ª lei de Newton diz respeito ao movimento acelerado dos corpos, isto é, corpos que mudam de velocidade.

Para um corpo de massa constante, a força resultante é diretamente proporcional à aceleração que ele adquire.

SELMA CAPARROZ

Dado $m_1 = m_2$, $F_2 > F_1$, a aceleração do corpo 2 é maior do que a do corpo 1.

Caixa de ferramentas

Um corpo em Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) parte de uma velocidade inicial v_o e acelera a um valor constante (a) durante um intervalo (t). Nesse tempo, o corpo percorre uma distância (D) que pode ser obtida através da equação:

$$D = v_o \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

Caixa de ferramentas

Para transformar diretamente um valor de velocidade dado em km/h para o equivalente em m/s, basta efetuar a divisão por 3,6, conforme mostram os cálculos.

dividir por 3,6

km/h → m/s

multiplicar por 3,6

$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1.000 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} =$$

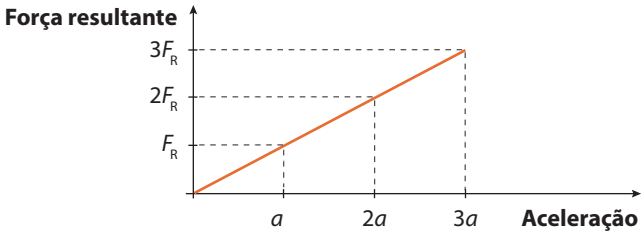
$$= \frac{1}{3{,}6} \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ ou}$$

$$3{,}6 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

MODERNA

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

A constante de proporcionalidade entre força resultante e aceleração é a massa do corpo.



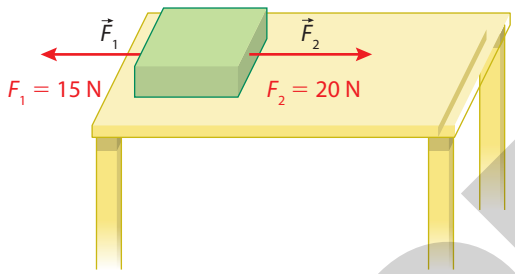
$$\frac{F_R}{a} = \frac{2F_R}{2a} = \frac{3F_R}{3a} = \ldots = m$$

A força resultante é diretamente proporcional à aceleração do corpo.

A 2ª lei de Newton, também denominada **princípio fundamental da Dinâmica**, trata dos corpos acelerados e afirma a proporcionalidade entre força e aceleração, como no seguinte enunciado:

A força resultante $\vec{F}_R$ que atua sobre um corpo de massa (m) produz uma aceleração $\vec{a}$, de mesma direção e sentido de $\vec{F}_R$, de acordo com $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$.

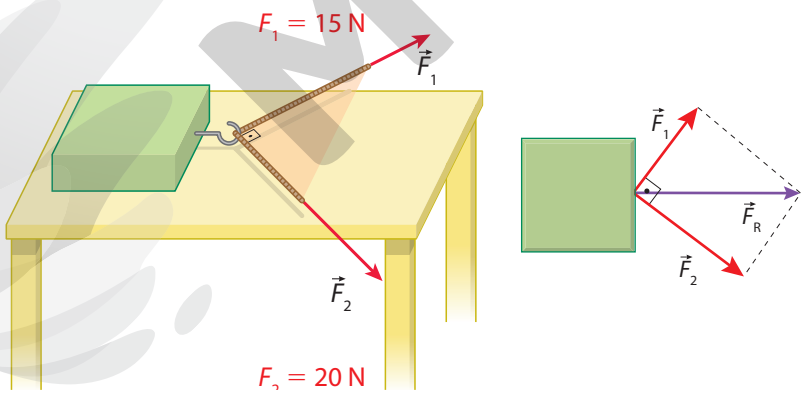
No caso, por exemplo, de um corpo de massa 20 kg apoiado sobre o tampo de uma mesa, e agindo sobre ele duas forças de mesma direção e sentidos contrários, o movimento ocorrerá no sentido da força de maior intensidade (para a direita da imagem).



A resultante de forças terá módulo 5 N, igual à diferença entre os módulos de $\vec{F}_2$ e $\vec{F}_1$. A aceleração adquirida pelo corpo será de 0,25 m/s², de acordo com os seguintes cálculos:

$$F_R = m \cdot a \Rightarrow 20 - 15 = 20 \cdot a \Rightarrow a = \frac{5}{20} \therefore a = 0{,}25 \text{ m/s}^2$$

No caso de duas forças de direções perpendiculares atuarem sobre o corpo, o cálculo da resultante exigirá a aplicação do teorema de Pitágoras.



$$(F_R)^2 = (F_1)^2 + (F_2)^2 \Rightarrow (F_R)^2 = 15^2 + 20^2 \Rightarrow (F_R)^2 = 225 + 400 \Rightarrow (F_R)^2 = 625$$

$$\therefore F_R = 25 \text{ N}$$

A aceleração do corpo, de mesma direção e mesmo sentido da força resultante, terá módulo de 1,25 m/s², de acordo com os cálculos:

$$F_R = m \cdot a \Rightarrow 25 = 20 \cdot a \Rightarrow a = \frac{25}{20} \therefore a = 1{,}25 \text{ m/s}^2$$

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

Atividades

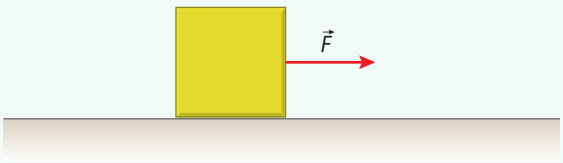
Não escreva no livro.

1 Um corpo de massa 5 kg é acelerado constantemente, a partir do repouso, durante 5 s, atingindo a velocidade de módulo 15 m/s. Nesse intervalo, calcule o módulo da:

a) aceleração;

b) força resultante que atuou sobre o corpo.

2 Uma caixa de massa 40 kg é arrastada sobre uma superfície com atrito por uma força constante de módulo 120 N, que atua na direção horizontal, conforme representado na figura.



LUIZ RUBIO

Sendo o coeficiente de atrito cinético entre as superfícies de contato igual a 0,25, calcule a intensidade da força de atrito, da resultante de forças e da aceleração da caixa.

3 A figura representa um corpo de massa 4 kg em movimento uniforme entre os pontos A e B, desenvolvendo velocidade v_1 de módulo 8 m/s. Ao atingir o ponto B, o corpo passa a acelerar a 1,6 m/s^2, mantendo-se assim até chegar a C.

ADILSON SECCO

Dados AB = 40 m e BC = 60 m, calcule:

a) o módulo da velocidade v_2 com que o corpo chega ao ponto C;

b) o módulo da força resultante que age sobre o corpo entre os pontos A e B;

c) o módulo da força resultante que atua sobre o corpo entre os pontos B e C;

d) o tempo decorrido durante o deslocamento do corpo entre os pontos A e C.

4 O motorista de um carro de massa 1,5 tonelada, inicialmente a 126 km/h, aciona os freios ao avistar um obstáculo à sua frente. No processo de frenagem, as rodas são travadas até parar. Considere $g = 10$ m/s^2 e o coeficiente de atrito entre o piso e os pneus igual a 0,8.

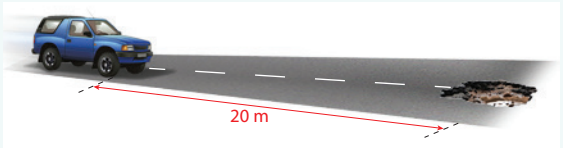
a) Represente graficamente as forças que atuam no carro durante a frenagem.

b) Qual é o módulo da força resultante sobre o carro?

c) Qual é o módulo da aceleração de retardamento, supostamente constante, à qual o carro é submetido?

5 Quando o motorista do automóvel pisa firme no freio tentando parar o mais rápido possível, a única força que age sobre o automóvel é a força de atrito entre os pneus e o piso.

A imagem a seguir representa o momento exato em que o motorista do automóvel viu o buraco adiante e pisou fundo no freio. Se a velocidade do automóvel nesse momento era de 15 m/s e o coeficiente de atrito cinético (μ) entre pneus e pista era de 0,6, calcule se o motorista conseguiu ou não parar antes de atingir o buraco. Considere $g = 10$ m/s^2.



SELMA CAPARROZ

(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

MODERNA

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

Onde a 2ª lei de Newton pode ser percebida?

Plano inclinado

Para subir a ladeira pedalando, é preciso fazer força nos pedais da bicicleta. Já para descer, basta abandonar-se à ação da gravidade e tomar cuidado, porque esse movimento será acelerado.

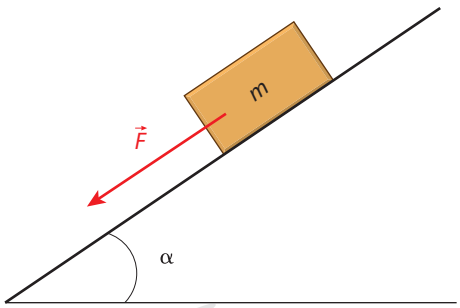
FLYSTOCK/SHUTTERSTOCK

RAFAL OLKIS/SHUTTERSTOCK

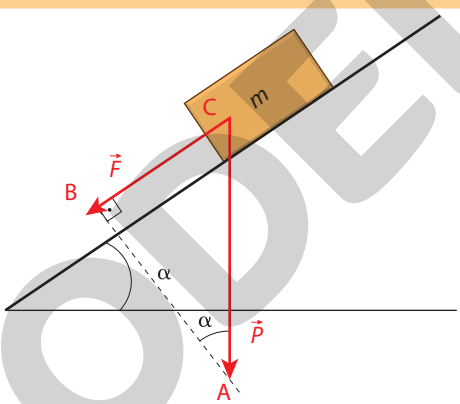
Uma rua em aclive ou declive é um exemplo de plano inclinado.

Quando um corpo cai livre, sob a ação da gravidade e sem qualquer resistência, sua aceleração é, aproximadamente, 10 m/s^2. Na descida de um plano inclinado, entretanto, a aceleração é menor e seu valor depende do grau de inclinação do plano. Observe como podemos obter o valor dessa aceleração.

FORÇAS EM UM PLANO INCLINADO



A força que "puxa" o corpo para baixo é uma componente da força peso que atua sobre o corpo.



No triângulo retângulo ABC, o peso é a hipotenusa, e o ângulo interno α é congruente ao ângulo α de inclinação do plano.

Supondo que não haja qualquer tipo de atrito, a força $\vec{F}$ assinalada na imagem é a força resultante sobre o corpo. Aplicando a razão trigonométrica seno do ângulo agudo α no triângulo ABC, teremos:

$$\text{sen } \alpha = \frac{\text{medida do cateto oposto a } \alpha}{\text{medida da hipotenusa}} = \frac{F}{P} \Rightarrow F = P \cdot \text{sen } \alpha$$

Então, se F é a força resultante, calculamos a aceleração pela aplicação da 2ª lei de Newton. Assim:

$$F_R = m \cdot a \Rightarrow P \cdot \text{sen } \alpha = m \cdot a$$

Sendo $P = m \cdot g$, temos:

$$m \cdot g \cdot \text{sen } \alpha = m \cdot a \Rightarrow a = g \cdot \text{sen } \alpha$$

Portanto, o valor da aceleração em um plano inclinado de inclinação α em relação à horizontal, desprezando os atritos, é igual ao produto da aceleração da gravidade (g) pelo seno do ângulo α.

Por exemplo, dado um plano inclinado cujo ângulo é de 30°, temos sen 30° $= \frac{1}{2}$, e a aceleração de descida de um corpo em um plano com essa inclinação, desprezando os atritos, será:

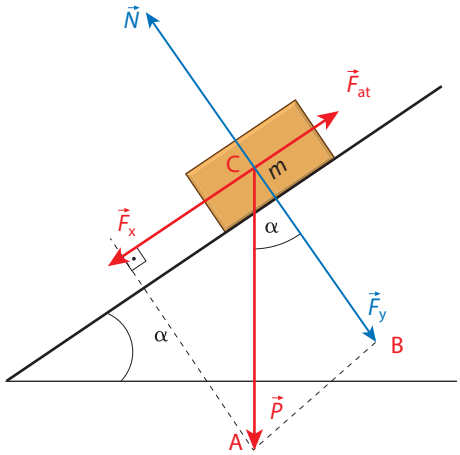
$$a = g \cdot \text{sen } \alpha \Rightarrow a = 10 \cdot \frac{1}{2} \therefore a = 5{,}0 \text{ m/s}^2$$

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: SELMA CAPARROZ

DECOMPOSIÇÃO DAS FORÇAS EM UM PLANO INCLINADO



SELMA CAPARROZ

A resultante de forças sobre um corpo descendo o plano inclinado com atrito é a diferença entre a componente do peso ($\vec{F}_x$) e a força de atrito ($\vec{F}_{at}$), ambas na direção do plano. Já na vertical, a componente ($\vec{F}_y$) do peso, perpendicular ao plano, é anulada nessa direção pela reação normal do apoio.

Caso exista atrito entre o corpo e o plano, é possível que o corpo não se mova, mas, se ele se move, a força resultante será obtida pela diferença entre a componente da força peso e a força de atrito cinético.

No caso em que o corpo está apoiado no plano inclinado, a força normal ($\vec{N}$) de reação do plano é igual à componente do peso na direção perpendicular ao plano ($\vec{F}_y$).

Observe na imagem o triângulo ABC, e note que $\vec{F}_y$ é o cateto adjacente ao ângulo α de inclinação do plano. Aplicando a razão trigonométrica cosseno para esse ângulo, teremos:

$$\cos \alpha = \frac{\text{medida do cateto adjacente a } \alpha}{\text{medida da hipotenusa}} = \frac{F_y}{P} \Rightarrow F_y = P \cdot \cos \alpha$$

No caso em que, por exemplo, $\alpha = 30°$ e $\mu_c = 0{,}3$, podemos calcular a aceleração de descida do corpo no plano inclinado usando a 2ª lei de Newton, assim:

$$F_R = F_x - F_{at} \Rightarrow F_R = P \cdot \text{sen } \alpha - \mu_c \cdot N \Rightarrow$$
$$\Rightarrow F_R = P \cdot \text{sen } 30° - \mu_c \cdot P \cdot \cos 30°$$

Fazendo $P = m \cdot g$ e $F_R = m \cdot a$, teremos:

$$m \cdot a = m \cdot g \cdot \text{sen } 30° - \mu_c \cdot m \cdot g \cdot \cos 30°$$

A aceleração não depende da massa do corpo e, simplificando, ficamos com:

$$a = g \cdot \text{sen } 30° - \mu_c \cdot g \cdot \cos 30°$$

Fazendo $g \simeq 10 \text{ m/s}^2$, temos:

$$a = 10 \cdot \frac{1}{2} - 0{,}3 \cdot 10 \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \therefore a \simeq 2{,}4 \text{ m/s}^2$$

Resistência do ar

Em algumas situações, além do atrito de arrastamento, isto é, o atrito entre as superfícies em contato, é preciso considerar outra força de oposição ao movimento. Trata-se da força de **resistência do ar**. Essa força é consequência da interação entre as moléculas do ar com a superfície do corpo em movimento e depende da velocidade do corpo em contato com o ar. Quanto maior o módulo da velocidade e da área do corpo voltada para o movimento, maior será a oposição exercida pelo ar. Além disso, a resistência do ar depende do formato do corpo, relacionado ao **coeficiente de arrasto aerodinâmico** (c_x).

Um valor maior de coeficiente de arrasto (c_x) indica um formato menos aerodinâmico, ou seja, que oferece maior resistência ao ar. Na tabela, podemos entender por que os carros de passeio atuais têm formas mais arredondadas.

Valores médios dos coeficientes de arrasto aerodinâmico (c_x) para corpos com diferentes formatos

Formato	Descrição	c_x	Formato	Descrição	c_x
	Gota (formato mais aerodinâmico)	0,08		Caminhão	0,90
	Carro esporte	0,25		Ciclista em competição	0,90
	Carro de passeio	0,40		Ônibus	0,70

ILUSTRAÇÕES: ALEX ARGOZINO E MÁRIO KANNO

Fonte dos dados: GREF. Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. *Leituras em Física*: mecânica. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mecanica.htm>. Acesso em: 21 jul. 2020. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

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

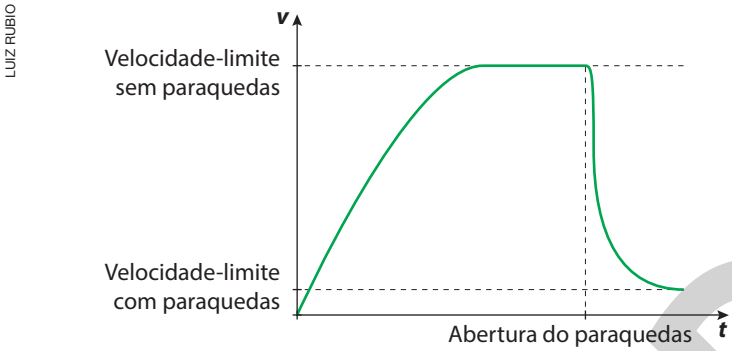
MODERNA

Por meio dos elementos densidade do ar, área de contato e coeficiente aerodinâmico, podemos entender por que paraquedistas, apesar de saltarem de uma grande altura em relação ao solo, conseguem aterrissar com segurança, na maior parte das vezes.

Imediatamente após o salto, a velocidade vertical inicial do paraquedista é nula e, portanto, ainda não há resistência do ar sobre ele. No decorrer da queda, à medida que cai, o paraquedista fica sujeito à força de resistência do ar, que é variável, pois depende do valor da velocidade. Quanto maior o valor da velocidade, maior o valor da resistência do ar. Isso causa uma diminuição do módulo da força resultante sobre o paraquedista e, em consequência, a aceleração da queda se torna cada vez menor.

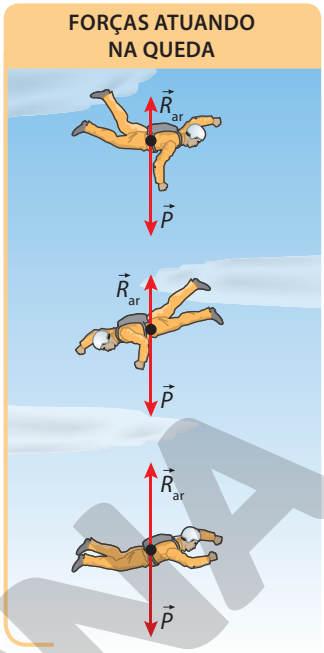
Quando o peso e a força de resistência do ar se igualam, o módulo da velocidade vertical atinge seu valor máximo, ou limite. No caso de um salto em que o paraquedas não abre, esse valor é de, aproximadamente, 200 km/h, muito elevado para uma aterrissagem segura.

Ao abrir o paraquedas, a força de resistência torna-se bruscamente muito maior devido ao aumento da área de contato com o ar e do efeito do formato côncavo do paraquedas. Nova velocidade-limite é atingida e a queda continua em velocidade constante, cerca de 10 km/h.



LUIZ RUBIO

Gráfico da variação da velocidade de um paraquedista, incluindo os momentos anteriores e posteriores à abertura do paraquedas.



ILUSTRAÇÕES: ALEX ARGOZINO E MÁRIO KANNO

Ao cair, duas forças atuam sobre o paraquedista: o peso, que não muda no decorrer da queda, e a força de resistência do ar, que aumenta com a velocidade adquirida. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Sistema de corpos interligados

Dois ou mais corpos podem mover-se conjuntamente, unidos por cordas, correntes ou outras formas.

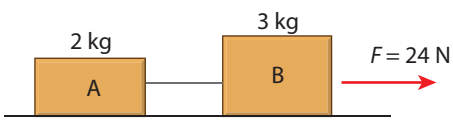
MEDIAWORLDIMAGES/ ALAMY/FOTOARENA

JOHN TRAX/ALAMY/FOTOARENA

À esquerda, o automóvel puxa o *trailer* (Reino Unido, 2020). À direita, o arado é puxado pelos cavalos (Estados Unidos, 2019). Assim como na ilustração do elevador, todos são exemplos de sistemas de corpos interligados.

Embora a força resultante em um sistema de corpos seja única para todos, será importante considerar a intensidade da força nos elementos que ligam os corpos no sistema.

A 3ª lei de Newton, de ação e reação, auxilia na representação das forças em um sistema de corpos, como no exemplo seguinte, em que dois corpos apoiados sobre um piso são puxados por uma força de 24 N, considerando que há atrito e que $\mu_c = 0{,}2$.

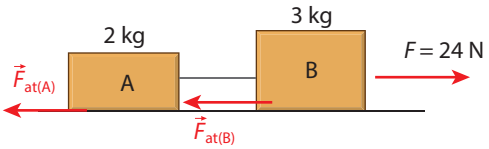


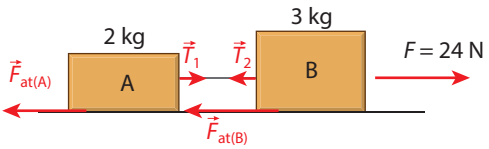
(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: SELMA CAPARROZ

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

MODERNA





ILUSTRAÇÕES: SELMA CAPARROZ

Os corpos exercem uma força sobre o piso, tentando arrastá-lo para a direita, e este resiste aplicando nos corpos a reação ($\vec{F}_{at}$) no sentido contrário, para a esquerda.

A resultante de forças sobre o sistema é a diferença entre a força $\vec{F}$ e as forças de atrito. Assim:

$$F_R = m \cdot a \Rightarrow F - F_{at(A)} - F_{at(B)} = (m_A + m_B) \cdot a$$

Atribuindo os valores às grandezas, teremos:

$$24 - 0{,}2 \cdot 20 - 0{,}2 \cdot 30 = 5 \cdot a \Rightarrow 24 - 4 - 6 = 5 \cdot a \therefore a = 2{,}8 \text{ m/s}^2$$

Temos, portanto, a aceleração de todo o sistema. Coloquemos, agora, o foco na força de interação entre os corpos, na **tração** no elemento que une A e B.

As forças $\vec{T}_1$ e $\vec{T}_2$ formam um par de ação e reação: A puxa B e B puxa A, portanto elas têm a mesma intensidade.

Escrevendo a resultante de forças sobre o corpo B, temos:

$$F_R = m \cdot a \Rightarrow F - T_2 - F_{at(B)} = m_B \cdot a \Rightarrow 24 - T_2 - 6 = 3 \cdot 2{,}8 \therefore T_2 = 9{,}6 \text{ N}$$

Assim, a força de tração no elemento que une os corpos tem intensidade 9,6 N.

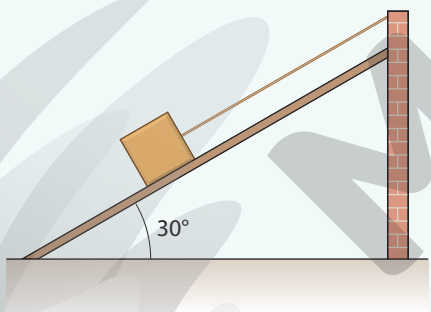
Caso tivéssemos escrito a resultante de forças que atuam no corpo A, em vez de no corpo B, obteríamos o valor de T_1, também 9,6 N, como mostram os cálculos:

$$F_R = m \cdot a \Rightarrow T_1 - F_{at(A)} = m_A \cdot a$$
$$T_1 - 4 = 2 \cdot 2{,}8 \therefore T_1 = 9{,}6 \text{ N}$$

Atividades

Não escreva no livro.

1 Um corpo de massa 10 kg está em repouso apoiado em um plano inclinado de 30° e preso a uma corda, conforme representado na figura.



ILUSTRAÇÕES: ALEX ARGOZINO E MÁRIO KANNO

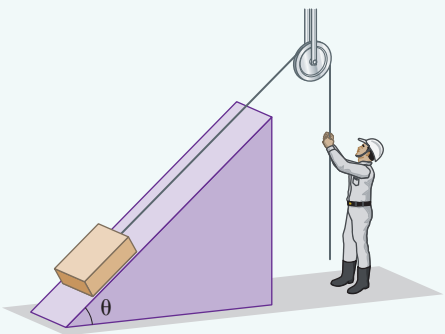
Se não houver atrito entre o corpo e o plano, qual será o valor da força de tração na corda?

2 Uma criança de massa 30 kg desce um escorregador de madeira em movimento uniforme. Considere a inclinação do escorregador em relação ao chão igual a 40°. (Dados: sen 40° = 0,64, cos 40° = 0,77 e $g = 10 \text{ m/s}^2$)

a) Há ou não atrito entre a criança e o piso do escorregador? Por quê?

b) Qual é o valor da força de atrito entre a criança e a superfície do escorregador?

3 Um homem segura a extremidade de uma corda que tem a outra extremidade unida a um corpo de massa m, apoiado em um plano inclinado, como representado na figura.



LUIZ RUBIO

$\left(\text{Dados: } m = 20 \text{ kg, sen } \theta = \frac{3}{5}, \cos \theta = \frac{4}{5}.\right)$

(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Considerando que não exista atrito entre o corpo e o plano, calcule o módulo da força de tração na corda quando o corpo:

a) fica em repouso no plano;

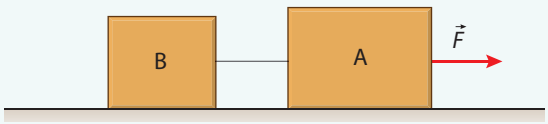
b) sobe o plano em movimento uniforme;

c) sobe o plano acelerando a $0{,}5 \text{ m/s}^2$.

MODERNA

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

4 Uma força F horizontal de módulo 112 N puxa o sistema de corpos representado na figura, em que as massas dos blocos A e B são, respectivamente, 10 kg e 6 kg, e o coeficiente de atrito entre os corpos e o piso é igual a 0,5.

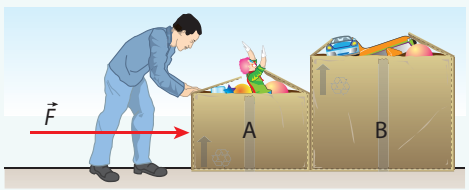


Nessas condições, qual é:

a) a aceleração do sistema?

b) o valor da força de tração no fio que une os blocos A e B?

5 Duas caixas, A e B, são empurradas por uma pessoa. A intensidade da força aplicada na caixa A é de 60 N. As massas das caixas são, respectivamente, 5 kg e 10 kg. Considere desprezível o atrito das caixas com o piso e calcule:

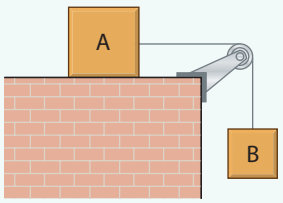


(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

a) a aceleração do sistema;

b) a intensidade da força que a caixa A exerce na caixa B, e vice-versa.

6 Sobre um plano horizontal, repousa um bloco A de massa 3,5 kg. Um bloco B de massa 1,5 kg está preso ao bloco A por meio de uma corda inextensível e de massa desprezível, que passa por uma polia. Em determinado instante, os blocos A e B começam a se deslocar. Considere que a polia pode girar sem atrito com seu eixo, que há atrito de coeficiente igual a 0,2 entre o plano horizontal e o bloco A e $g = 10\ m/s^2$.



a) Calcule o módulo da força de atrito existente entre o corpo A e o plano.

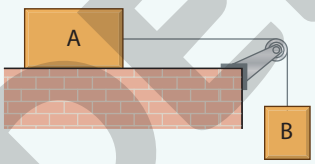
b) Qual é a força que tenta impedir o bloco B de descer?

c) Qual é intensidade da força resultante sobre esse sistema de dois corpos?

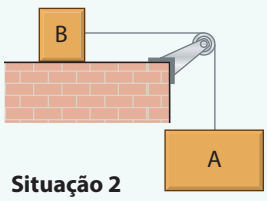
d) Calcule a aceleração com que o sistema se move.

e) Determine o módulo da força de tração no fio que liga os blocos A e B.

7 Nas situações 1 e 2 representadas a seguir, considere os fios ideais, despreze os atritos nas roldanas e entre os blocos e as superfícies que os apoiam. As massas dos blocos são $m_A = 4{,}5$ kg e $m_B = 0{,}5$ kg. (Adote: $g = 10\ m/s^2$.)



Situação 1



Situação 2

a) A aceleração do sistema representado na situação 1 é maior, menor ou igual à aceleração do sistema representado na situação 2? Justifique sua resposta.

b) Calcule o módulo da tração no fio que liga os blocos A e B nas situações 1 e 2.

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

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

MODERNA

Fique por dentro

Internet

Simulador de situações de equilíbrio

<https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/balancing-act>

Brinque com objetos em uma gangorra para aprender sobre equilíbrio. Teste o que você aprendeu ao tentar o jogo "Desafio do equilíbrio".

Acesso em: 9 jul. 2020.

Documentário

O equilibrista. Direção: James Marsh. Estados Unidos, Reino Unido, 2008. (1 h 31 min.)

Em 7 de agosto de 1974, Philippe Petit se equilibra, de forma ilegal, em uma corda bamba estendida entre as torres gêmeas, em Nova York. Na época, eram os prédios mais altos do mundo. Após uma hora no local, ele foi levado para um exame psicológico e, posteriormente, preso.

Lugares para visitar

Estação Ciência

São Paulo, SP

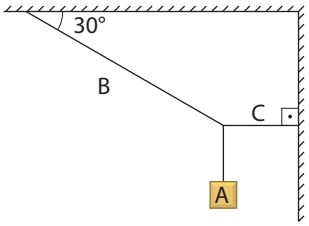
<https://prceu.usp.br/centro/estacao-ciencia/>

Nessa exposição, os estudantes poderão visualizar diversos experimentos que utilizam princípios estudados neste capítulo.

Acesso em: 9 jul. 2020.

Não escreva no livro.

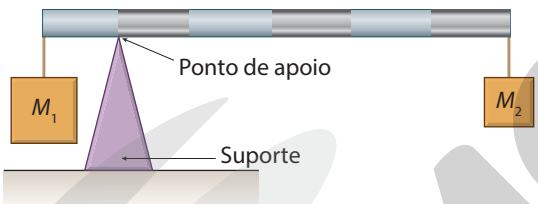
1 (IFsul) Uma caixa A, de peso igual a 300 N, é suspensa por duas cordas B e C, conforme a figura abaixo.



O valor da tração na corda B é igual a:

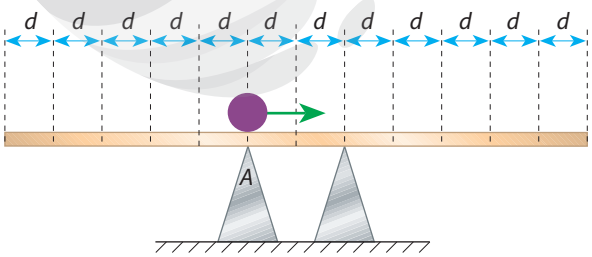
a) 150,0 N
b) 259,8 N
c) 346,4 N
d) 600,0 N

2 Dois blocos de massas $M_1 = 12$ kg e $M_2 = 1{,}5$ kg estão amarrados a fios ideais e suspensos, presos às extremidades de uma barra homogênea, conforme representado na figura. A distância entre uma extremidade da barra e o ponto onde esta se apoia é 5 vezes maior do que a distância do ponto de apoio à outra extremidade, e o sistema está em equilíbrio estático.



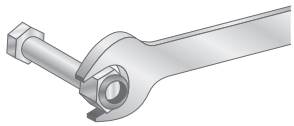
a) Calcule a massa da barra.
b) Dado $g = 10$ m/s², calcule a força que o suporte exerce sobre a barra.

3 Um cilindro de massa m rola sobre uma prancha homogênea de massa 3 m, apoiada livremente sobre duas hastes verticais, conforme representado na figura.

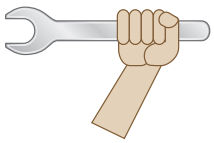


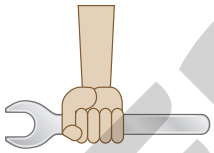
Calcule, em função da distância d, a distância entre a posição inicial A do cilindro e o ponto onde a prancha começa a tombar. (Considere $g = 10$ m/s².)

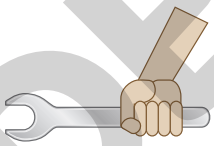
4 (Uerj) A figura abaixo ilustra uma ferramenta utilizada para apertar ou desapertar determinadas peças metálicas.

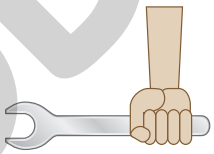


Para apertar uma peça, aplicando-se a menor intensidade de força possível, essa ferramenta deve ser segurada de acordo com o esquema indicado em:

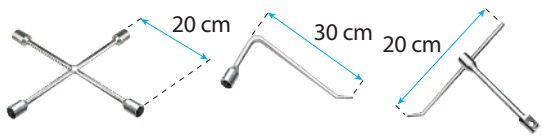
a)


b)


c)


d)


5 (Enem) Retirar a roda de um carro é uma tarefa facilitada por algumas características da ferramenta utilizada, habitualmente denominada chave de roda. As figuras representam alguns modelos de chaves de roda:



DOMINGOS AQUINO

Em condições usuais, qual desses modelos permite a retirada da roda com mais facilidade?

a) 1, em função de o momento da força ser menor.
b) 1, em função da ação de um binário de forças.
c) 2, em função de o braço da força aplicada ser maior.
d) 3, em função de o braço da força aplicada poder variar.
e) 3, em função de o momento da força produzida ser maior.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

6 (Uema) Um estudante analisou uma criança brincando em um escorregador, o qual tem uma leve inclinação. A velocidade foi constante em determinado trecho do escorregador em razão de o(a):

a) aceleração ter sido maior que zero.

b) atrito estático ter sido igual a zero.

c) atrito estático ter sido menor que o atrito cinético.

d) atrito estático ter sido igual ao atrito cinético.

e) aceleração ter sido igual a zero.

7 (Udesc) Com relação às leis de Newton, analise as proposições.

I. Quando um corpo exerce força sobre o outro, este reage sobre o primeiro com uma força de mesma intensidade, mesma direção e mesmo sentido.

II. A resultante das forças que atuam em um corpo de massa *m* é proporcional à aceleração que este corpo adquire.

III. Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que uma força resultante, agindo sobre ele, altere a sua velocidade.

IV. A intensidade, a direção e o sentido da força resultante agindo em um corpo é igual à intensidade, à direção e ao sentido da aceleração que este corpo adquire.

A alternativa correta é:

a) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.

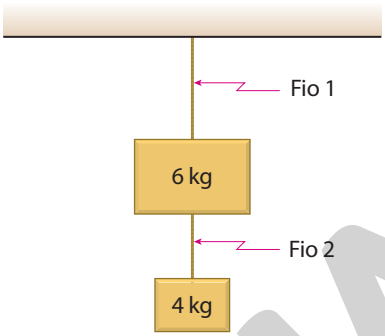
b) Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.

c) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.

d) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.

e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

8 (IFSul-RS) O sistema abaixo está em equilíbrio.



A razão T_1/T_2 entre as intensidades das trações nos fios ideais 1 e 2 vale:

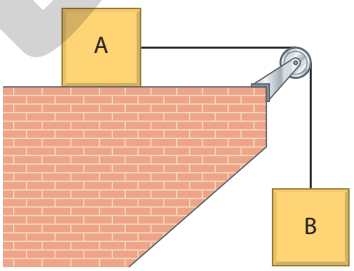
a) 2/5

b) 2/3

c) 3/2

d) 5/2

9 (IFCE) Na figura abaixo, o fio inextensível que une os corpos A e B e a polia têm massas desprezíveis. As massas dos corpos são $m_A = 4{,}0$ kg e $m_B = 6{,}0$ kg. Desprezando-se o atrito entre o corpo A e a superfície, a aceleração do conjunto, em m/s², é de: (Considere a aceleração da gravidade 10,0 m/s².)



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

a) 4,0

b) 6,0

c) 8,0

d) 10,0

e) 12,0

Próximos passos

Estudamos neste capítulo o equilíbrio estático, o equilíbrio dinâmico e também alguns casos em que o equilíbrio é rompido e os corpos aceleram. A ideia de que a quebra de situações de equilíbrio implica uma nova configuração do sistema, com novos conceitos envolvidos, estará presente também no próximo capítulo, quando o estudo será ampliado para a análise das condições de equilíbrio nos modelos químicos.

Assim, ao transitar deste capítulo ao seguinte, você viajará no estudo das condições de equilíbrio entre os níveis macro e microscópico.

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

MODERNA

CAPÍTULO

2 Equilíbrios químicos

Professor, neste capítulo recorre-se ao uso de várias analogias. Todas elas merecem um diálogo com os estudantes, muitas vezes recorrendo a outras analogias, para que fiquem claras as semelhanças e diferenças entre as propriedades de sistemas distintos - um do mundo macroscópico, outro do submicroscópico. Vários textos têm sido publicados sobre a importância das analogias no Ensino de Química e os riscos de compreensão. No **Suplemento do Professor** são sugeridos textos em que o professor pode se aprofundar nessa questão.

BNCC:
EM13CNT101
EM13CNT104
EM13CNT205
EM13CNT207
EM13CNT301
EM13CNT302
EM13CNT303
EM13CNT305

Para começo de conversa

No capítulo anterior, foram abordados os conceitos de equilíbrio estático e dinâmico. Neste capítulo, você estudará um tipo de equilíbrio dinâmico, os equilíbrios químicos, e, portanto, vários fatores que interferem na fisiologia de seres vivos, na obtenção de insumos básicos usados na produção industrial de inúmeros materiais e em fatos corriqueiros de nosso cotidiano, mas nem por isso menos importantes.

WESTEND61 GMBH/ALAMY/FOTOARENA

Alpinistas no monte Everest, localizado na fronteira entre o Nepal e a China, 2018.

Veja respostas e comentários para as atividades deste capítulo no **Suplemento do Professor**. Sempre que julgar necessário, retome conceitos como: interpretação de equações químicas, cálculo estequiométrico, concentração em mol/L, velocidade de reação e conceitos básicos de Termoquímica (variação de entalpia).

Além de enfrentar as intempéries, alpinistas que escalam montanhas muito altas, como o Everest, também precisam vencer a baixa pressão do ar.

Como o organismo deles reage para se adaptar à baixa concentração de gás oxigênio no ar?

Outro fato, relacionado ao que vamos estudar neste capítulo, diz respeito aos indicadores ácido-base, substâncias presentes, por exemplo, nas pétalas das hortênsias. Você sabe o que são os indicadores ácido-base? Como eles funcionam?

No Brasil, são mais comuns as hortênsias azuis, embora também sejam cultivadas as cor-de-rosa. A coloração das pétalas das flores das hortênsias depende da forma como são cultivadas pelos floricultores. Você sabe como eles fazem para obter hortênsias da cor desejada?

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

MODERNA

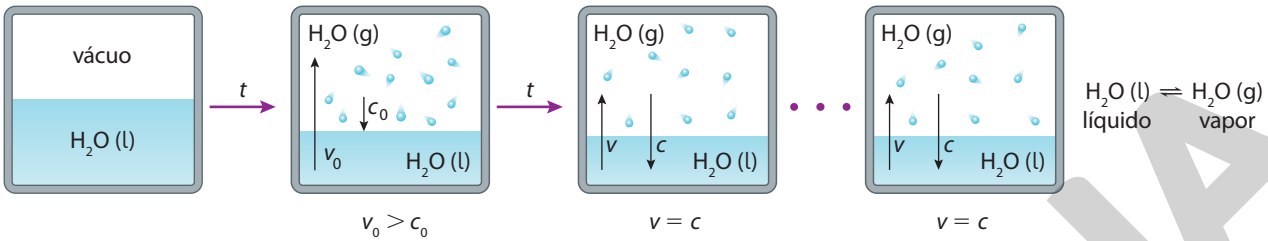
A situação de equilíbrio químico

Vamos começar analisando uma transformação física, descrita a seguir.

O equilíbrio líquido-vapor

O que ocorre com um líquido em um sistema fechado, em que há um espaço vazio sobre a superfície desse líquido? O esquema a seguir evidencia do ponto de vista submicroscópico o que ocorre:

REPRESENTAÇÃO DO EQUILÍBRIO LÍQUIDO-VAPOR



Representação esquemática, em um nível submicroscópico, do equilíbrio líquido-vapor. (Fora de proporção; cores fantasia.)

O líquido começa a vaporizar com velocidade v_0. Com o tempo, parte do vapor se condensa, inicialmente com velocidade baixa, c_0. À medida que o tempo passa, a velocidade de vaporização diminui e a de condensação aumenta, até ser atingido o equilíbrio, em que $v = c$. Repare que, quando a situação de equilíbrio químico é atingida, o número de unidades que representam as moléculas constituintes do vapor de água permanece constante.

Lembre-se: as figuras representam um processo em nível submicroscópico, envolvendo unidades invisíveis formadas por átomos.

Nesse caso, estão envolvidos processos inversos:

$$\underset{\text{água líquida}}{H_2O(l)} \xrightarrow{\text{vaporização}} \underset{\text{vapor de água}}{H_2O(g)} \qquad \Delta H > 0 \text{ (endotérmico)}$$

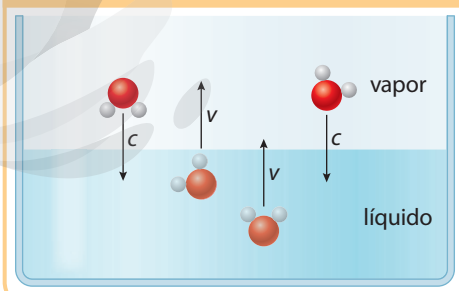
$$\underset{\text{vapor de água}}{H_2O(g)} \xrightarrow{\text{liquefação}} \underset{\text{água líquida}}{H_2O(l)} \qquad \Delta H < 0 \text{ (exotérmico)}$$

O equilíbrio dinâmico final é assim representado:

$$\underset{\text{água líquida}}{H_2O(l)} \rightleftharpoons \underset{\text{vapor de água}}{H_2O(g)}$$

Do ponto de vista submicroscópico, esse processo poderia ser assim representado:

REPRESENTAÇÃO DO EQUILÍBRIO VAPORIZAÇÃO-CONDENSAÇÃO



Representação submicroscópica do equilíbrio vaporização-condensação. (Fora de proporção; cores fantasia.)

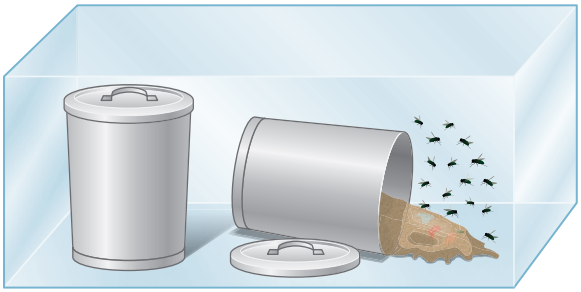
Na figura está representada a situação de equilíbrio vaporização-condensação. Com a utilização de modelos moleculares, ilustra-se que o número de moléculas que deixa o líquido é igual ao número de moléculas que volta a ele. O modelo é coerente com a constância de propriedades macroscópicas do sistema, situação em que o nível do líquido e a pressão de vapor não mais se alteram (pressão a 20 °C; 17,5 mmHg).

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Para que você possa entender melhor esse processo, vamos recorrer a uma analogia envolvendo, no caso, moscas e lixo.

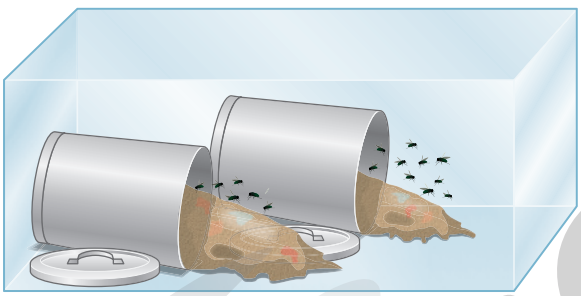


(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

A figura acima representa uma grande caixa transparente, fechada, com duas lixeiras e algumas moscas; como uma das lixeiras está virada, o conteúdo se espalha, e as moscas se aglomeram em torno do lixo.

Como você pode observar, as moscas representadas na figura são atraídas na direção do lixo derramado.

O que acontecerá se a outra lixeira também virar nas proximidades da primeira?



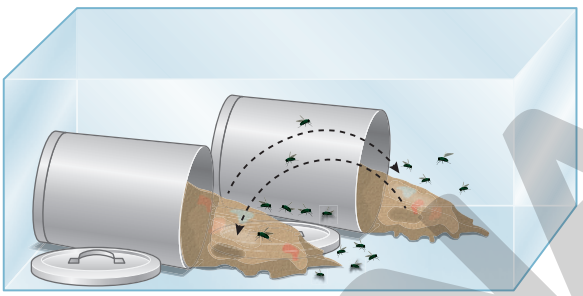
(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Quando a outra lixeira é virada, as moscas começam a se deslocar da que já estava virada em direção à que acabou de virar. Logo começa a haver o movimento contrário; porém, após algum tempo, o número de moscas que se deslocam para o lixo recém-esparramado é maior que o número de moscas que se deslocam em sentido contrário.

As moscas começam a se dirigir ao local onde o lixo acabou de se espalhar. O número de moscas tende a decrescer na região próxima da primeira lixeira e a crescer no entorno da segunda.

Observação: nessa situação **hipotética**, não estamos levando em conta como as moscas, seres vivos, se comportariam na prática. Nosso único objetivo é que você compreenda que, quando a segunda lixeira vira, uma suposta situação de equilíbrio **dinâmico** será alterada. Embora após esse fato as moscas continuem moscas e o lixo continue lixo, podemos pensar sobre essa situação e compreender o que acontece em sistemas em que novas substâncias se formam.

O que pode acontecer se o processo continuar? Imagine que se atinja uma situação hipotética de equilíbrio: como ela se daria? O equilíbrio teria de ser dinâmico, já que as moscas continuam a se movimentar, isto é, continuam a sair de uma das porções de lixo e chegar à outra. Nesse caso, o número de moscas em cada porção se torna constante, porque o número desses insetos que saem de uma porção é igual ao número de moscas que voltam.



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

A figura acima representa o processo em que moscas se deslocam entre duas porções de lixo. Em uma situação fictícia de equilíbrio, as moscas são atraídas para cada uma das superfícies com velocidades iguais. Já a quantidade de insetos em cada superfície não será necessariamente a mesma. Por exemplo, se uma das porções de lixo for maior, haverá maior concentração de moscas sobre ela.

Não se esqueça de que aqui estamos nos valendo de uma analogia, associando o que poderia acontecer quando moscas interagem com lixo em um processo invisível, de transformação química, em nível molecular, que conduz a uma situação de equilíbrio.

O equilíbrio químico em sistema homogêneo

Vamos estudar o equilíbrio químico em sistemas homogêneos, ou seja, aqueles em que todos os participantes estão em uma mesma fase.

Reações reversíveis e irreversíveis

Até aqui, quase na totalidade das vezes, no estudo que você tem feito sobre reações químicas, tem encontrado equações químicas com apenas uma seta apontada para a direita, indicando um único sentido de transformação: de reagentes para produtos. Vamos retomar um exemplo em que esse tipo de equação é adequado para representar um processo de transformação – a reação de um metal (magnésio, Mg) com um ácido (ácido clorídrico, HCl):

$$\underset{\text{magnésio}}{Mg(s)} + \underset{\substack{\text{ácido}\\\text{clorídrico}}}{2\,HCl(aq)} \longrightarrow \underset{\substack{\text{cloreto}\\\text{de magnésio}}}{MgCl_2(aq)} + \underset{\text{hidrogênio}}{H_2(g)}$$

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Nesse caso, se colocarmos um pedaço de magnésio metálico em contato com o excesso de ácido clorídrico em solução, notaremos a saída de gás (o hidrogênio) e, depois de algum tempo, notaremos que o magnésio "some", ou seja, é totalmente consumido, restando uma solução incolor (de cloreto de magnésio aquoso).

Dizemos que reações desse tipo são **irreversíveis**, ou seja, não se consegue inverter esse processo de modo **espontâneo**: cloreto de magnésio exposto a gás hidrogênio não origina naturalmente magnésio e ácido clorídrico; é preciso que se forneça energia ao sistema em que se encontram. Isso acontece, por exemplo, em processos que envolvem transferência de elétrons reversíveis; nesses casos é possível inverter o processo dado como exemplo recorrendo a uma fonte de energia elétrica.

No entanto, em algumas equações químicas, você já teve a oportunidade de encontrar uma dupla seta (⇌) separando reagentes de produtos. Vamos relembrar a equação em que amônia em água origina íons amônio e hidróxido:

$$\underset{\text{amônia}}{NH_3(g)} + \underset{\text{água}}{H_2O(l)} \rightleftharpoons \underset{\text{íons amônio}}{NH_4^+(aq)} + \underset{\text{íons hidróxido}}{OH^-(aq)}$$

Como se pode interpretar a dupla seta? O que ela indica é que o gás amoníaco pode reagir com água, originando os íons $NH_4^+(aq)$ e $OH^-(aq)$, assim como o processo inverso pode ocorrer.

Se, em determinadas condições, tanto é possível acontecer uma reação quanto sua inversa, dizemos que essas reações são **reversíveis**.

Agora, vamos analisar o que ocorre com a velocidade e com a concentração dos reagentes de uma reação e de sua inversa em um processo reversível.

Uma observação experimental

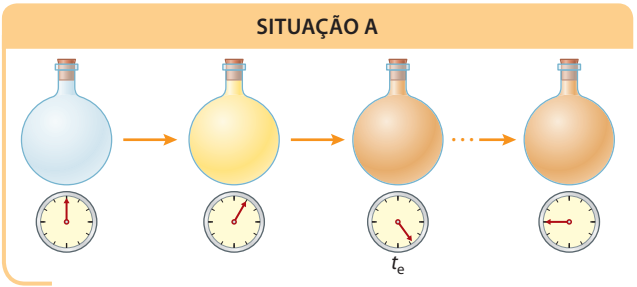
Vamos começar analisando os resultados experimentais de transformações químicas reversíveis (**1** e **2**) representadas por:

$$\underset{\substack{\text{tetróxido de dinitrogênio}\\\text{(gás incolor)}}}{N_2O_4(g)} \xrightarrow{1} \underset{\substack{\text{dióxido de nitrogênio}\\\text{(gás castanho)}}}{2\ NO_2(g)}$$

$$\underset{\text{dióxido de nitrogênio}}{2\ NO_2(g)} \xrightarrow{2} \underset{\text{tetróxido de dinitrigênio}}{N_2O_4(g)}$$

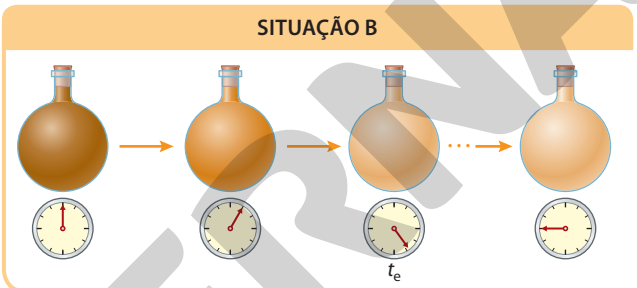
Observe as ilustrações a seguir, atentando para a representação das mudanças que ocorrem ao longo do tempo nas situações **A** e **B**. O t_e representa o tempo necessário para que a situação de equilíbrio químico seja atingida.

Na situação **A**, o gás N_2O_4, incolor, é inicialmente colocado em um balão, a temperatura constante. O sistema muda de aspecto à medida que o tempo passa.



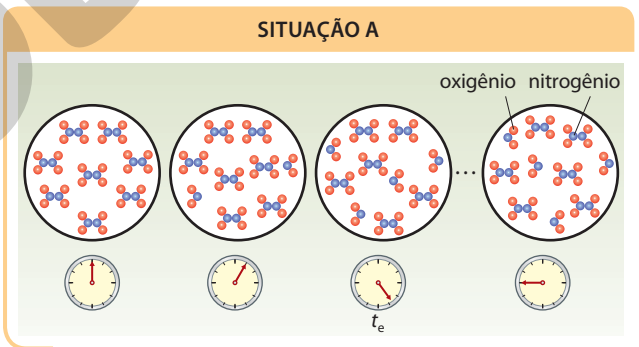
A intensificação da cor evidencia que a transformação de N_2O_4 (gás incolor) em NO_2 (gás castanho-avermelhado) é favorecida em relação à reação inversa. (Representações fora de proporção; cores fantasia.)

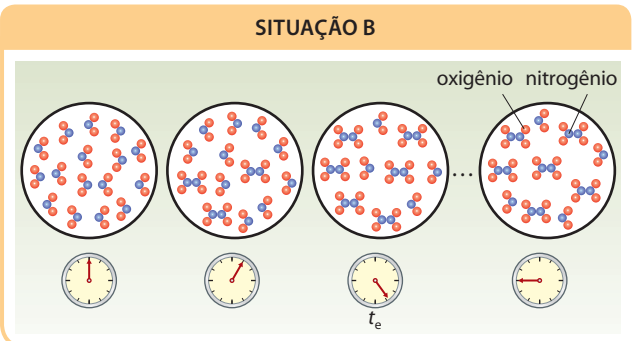
Na situação **B**, o gás NO_2, de coloração castanha, é inicialmente colocado em um balão, a temperatura constante. O sistema muda de aspecto à medida que o tempo passa.



O clareamento da coloração no interior do balão mostra que a transformação de NO_2 (gás castanho-avermelhado) em N_2O_4 (gás incolor) é favorecida em relação à reação inversa. (Representações fora de proporção; cores fantasia.)

O modelo submicroscópico abaixo pode representar esses processos apresentados nas situações **A** e **B**.





As ilustrações representam, a nível submicroscópico, a transformação de parte do N_2O_4 em NO_2 (**situação A**) e a transformação de parte do NO_2 em N_2O_4 (**situação B**). (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

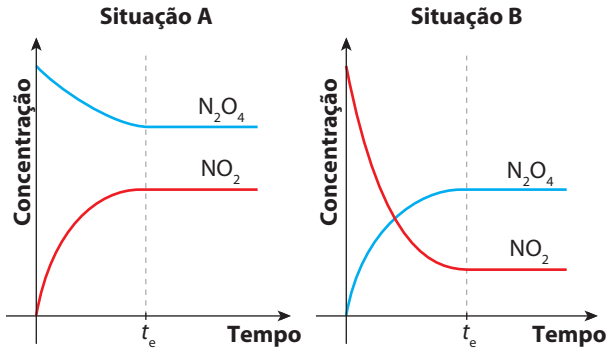
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

Para representar as situações **A** e **B** que acabamos de analisar, valemo-nos dos gráficos abaixo, sem levar em conta valores extraídos da prática.

CONCENTRAÇÃO DE N_2O_4 E NO_2 EM FUNÇÃO DO TEMPO

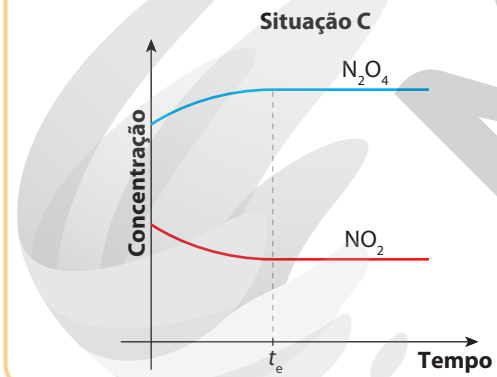


Fonte: CHANG, R.; GOLSDBY, K.A. *Chemistry*. 12th. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.

Os dois gráficos representam as concentrações de N_2O_4 e NO_2 em função do tempo. Na situação **A**, a concentração do N_2O_4 diminui com o tempo, e a de NO_2, inicialmente igual a zero, aumenta, até que ambas fiquem constantes decorrido o tempo t_e (tempo necessário para que a situação de equilíbrio químico seja atingida); na situação **B**, ocorre exatamente o contrário: a concentração de N_2O_4, inicialmente igual a zero, aumenta com o tempo, e a de NO_2 diminui, até o instante em que o equilíbrio é estabelecido (após o tempo t_e), a partir do qual as concentrações de ambos ficam constantes.

Há ainda a possibilidade de uma situação **C**, em que colocamos inicialmente no balão uma mistura de NO_2 com N_2O_4. Representando graficamente o que ocorre na situação **C**, temos:

CONCENTRAÇÃO DE N_2O_4 E NO_2 EM FUNÇÃO DO TEMPO



Fonte: CHANG, R.; GOLSDBY, K. A. *Chemistry*. 12th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.

O gráfico anterior representa as concentrações de N_2O_4 (reagente) e NO_2 (produto) em função do tempo: a concentração de N_2O_4 aumenta com o tempo até se estabilizar, após t_e, e a de NO_2 diminui com o tempo, até ficar constante, decorrido o tempo t_e.

Mantidas as condições de temperatura e pressão do sistema, as concentrações das substâncias não mais variam após o equilíbrio ser atingido, como você pôde observar nos três gráficos anteriores. A IUPAC, por convenção, recomenda o uso das setas para indicar uma situação de equilíbrio químico.

Assim, podemos representar a situação de equilíbrio químico em **C** por:

$$N_2O_4 \rightleftharpoons 2\ NO_2\ (g)$$

Como a concentração dessas substâncias no equilíbrio não se altera, deve haver alguma relação constante que envolva essas concentrações.

O cálculo das relações entre as concentrações, elevadas a diferentes expoentes, permite verificar qual delas se mantém constante na situação de equilíbrio químico. Observe as tabelas a seguir.

Tabela com alguns valores experimentais obtidos a 25 °C, referentes ao sistema $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\ NO_2(g)$

Experimento	Concentrações ao atingir o equilíbrio	
	$[NO_2]$	$[N_2O_4]$
(I)	0,0547	0,643
(II)	0,0475	0,491
(III)	0,0523	0,594
(IV)	0,0457	0,448

Relação entre as concentrações de $NO_2(g)$ e $N_2O_4(g)$ no equilíbrio

Experimento	$\frac{[NO_2]}{[N_2O_4]}$	$\frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$
(I)	$\frac{0,0547}{0,643} = 0,0851$	$\frac{(0,0547)^2}{0,643} = 4,65 \cdot 10^{-3}$
(II)	$\frac{0,0475}{0,491} = 0,0967$	$\frac{(0,0475)^2}{0,491} = 4,60 \cdot 10^{-3}$
(III)	$\frac{0,0523}{0,594} = 0,0880$	$\frac{(0,0523)^2}{0,594} = 4,60 \cdot 10^{-3}$
(IV)	$\frac{0,0457}{0,448} = 0,102$	$\frac{(0,0457)^2}{0,448} = 4,66 \cdot 10^{-3}$

Fonte das tabelas: CHANG, R.; GOLSDBY, K. A. *Chemistry*. 12th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.

Lembre-se de que a representação de uma substância entre colchetes, [ ], indica a concentração em mol/L. A análise dos dados dessas tabelas permite verificar que a relação $\frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$ mantém-se aproximadamente igual a $4,6 \cdot 10^{-3}$.

Dizemos que, a 25 °C, para o equilíbrio $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\ NO_2(g)$:

$$K = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$

K ou K_c é a constante desse equilíbrio a 25 °C.

A seguir, vamos fazer algumas generalizações sobre os equilíbrios químicos.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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

MODERNA

A constante de equilíbrio expressa em concentração: K_c

Até aqui, analisamos dois sistemas reversíveis: um físico, relativo à mudança de estado: $H_2O(l) \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} H_2O(g)$; outro químico: $N_2O_4(g) \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} 2\ NO_2(g)$.

Nos dois casos, após atingir a situação de equilíbrio químico, há algumas constatações experimentais em comum:

- visualmente, os sistemas não mais se modificam (volume da fase líquida e coloração, por exemplo);
- a concentração das espécies químicas presentes não mais se altera.

Tudo isso pode ser explicado com base na igualdade das velocidades dos processos direto e inverso:

Equilíbrio químico: $v_1 = v_2$

v_1: velocidade da transformação 1
v_2: velocidade da transformação 2

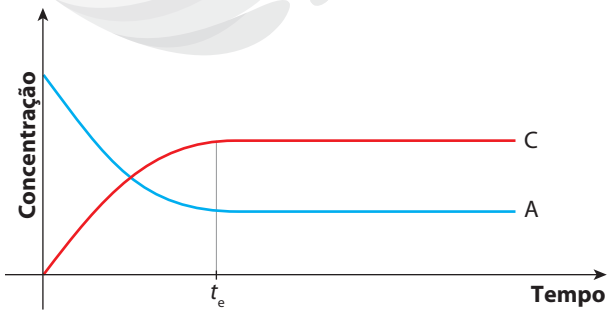
A situação de equilíbrio químico é análoga à que analisamos para a vaporização e a condensação do líquido: trata-se de um **equilíbrio dinâmico**. Ou seja, após o equilíbrio ser atingido, as propriedades macroscópicas do sistema (o aspecto, por exemplo) não se alteram. No entanto, do ponto de vista submicroscópico, das unidades invisíveis que constituem as substâncias, as mudanças continuam a ocorrer com igual velocidade. Embora o total de átomos de cada elemento químico presente no sistema permaneça constante, a todo instante algumas moléculas (ou íons) de um ou mais reagentes desaparecem, dando origem a moléculas (ou íons) de um ou mais produtos, e vice-versa, de modo que o número total de moléculas pode variar.

Considere a reação reversível genérica a seguir.

$$a\ A + b\ B \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} c\ C + d\ D$$

Se inicialmente ($t = 0$) tivermos **somente as espécies A e B** no sistema, poderemos representar o que ocorre pelo gráfico a seguir. Lembre-se que t_e representa o tempo necessário para que a situação de equilíbrio químico seja atingida.

CONCENTRAÇÃO DE REAGENTE × PRODUTO EM FUNÇÃO DO TEMPO



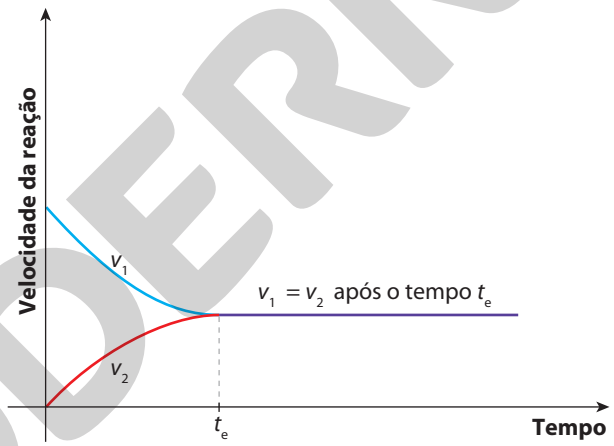
O gráfico evidencia que, a partir do início da reação, a concentração do produto (C) vai aumentando e a do reagente (A) diminuindo, até que o equilíbrio seja estabelecido, decorrido o tempo t_e. A partir desse instante, desde que não se alterem as condições do sistema, as concentrações permanecem constantes.

Lembre-se: **o equilíbrio é dinâmico**, ou seja, as reações continuam ocorrendo, mas com velocidades iguais: $v_1 = v_2$.

Resumindo, podemos afirmar que:

- A situação de **equilíbrio químico** é atingida por um sistema reversível em reação quando, em consequência da igualdade entre a velocidade de uma reação e a de sua inversa (veja o gráfico a seguir), suas propriedades macroscópicas permanecem constantes:

VELOCIDADE DE UMA REAÇÃO E DE SUA INVERSA EM FUNÇÃO DO TEMPO



Observe no gráfico que, com o tempo, v_1 diminui e v_2 aumenta; a partir do momento em que o sistema entra em uma situação de equilíbrio (após o tempo t_e), as velocidades das reações direta e inversa se igualam.

- Para relacionar a expressão da constante desse equilíbrio genérico, anteriormente representado, com a expressão da velocidade das reações nos dois sentidos, vamos considerar que as reações direta e inversa desse sistema homogêneo sejam processos elementares (que ocorrem em uma só etapa):

$$a\ A + b\ B \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} c\ C + d\ D$$

$$v_1 = k_1 \cdot [A]^a \cdot [B]^b$$

$$v_2 = k_2 \cdot [C]^c \cdot [D]^d$$

No equilíbrio químico, $v_1 = v_2$; então:

$$k_1 \cdot [A]^a \cdot [B]^b = k_2 \cdot [C]^c \cdot [D]^d$$

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Como k_1 e k_2 são constantes, a relação $\frac{k_1}{k_2}$ também é constante. Tal relação, representada por K_c, é a **constante de equilíbrio**, expressa em termos das concentrações em mol/L.

$$K_c = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

em que:

[C] e [D]: concentração em mol/L dos produtos **C** e **D**;

c e **d**: coeficientes dos produtos **C** e **D** na equação química;

[A] e [B]: concentração em mol/L dos reagentes **A** e **B**;

a e **b**: coeficientes dos reagentes **A** e **B** na equação química.

Note que, da forma como foi definida, K_c corresponde a uma expressão em que, no numerador, aparecem as concentrações, em quantidade de matéria, dos produtos; no denominador, as dos reagentes.

Sobre o sistema em equilíbrio

Vamos destacar agora alguns aspectos da situação de equilíbrio químico aos quais você deve ficar atento.

- O valor de K_c depende da reação considerada e da temperatura e independe das concentrações das espécies presentes no meio reacional.
- Quanto maior for o valor numérico de K_c, maior será o numerador da expressão, ou seja, maior a concentração dos produtos e, portanto, maior o rendimento em produtos.
- Quanto menor for o valor de K_c, menor será a concentração dos produtos, ou seja, menor o rendimento da reação direta e mais alto o da reação no sentido dos reagentes.
- A constante de equilíbrio K_c recebe nomes particulares, de acordo com o sistema ao qual se refere (constante de ionização, K_i, constante de hidrólise, K_h, e outros).
- É comum que se trate a constante de equilíbrio como um número puro, isto é, sem unidades, caso contrário, para cada equilíbrio, os expoentes das unidades de concentração iriam variar bastante. Observe a expressão de K_c para os equilíbrios abaixo, supostamente elementares:

$$\underset{\text{hidrogênio}}{H_2(g)} + \underset{\text{iodo}}{I_2(g)} \rightleftharpoons \underset{\text{iodeto de hidrogênio}}{2\,HI(g)} \qquad K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2] \cdot [I_2]}$$

$$\underset{\text{nitrogênio}}{N_2(g)} + \underset{\text{hidrogênio}}{3\,H_2(g)} \rightleftharpoons \underset{\text{amônia}}{2\,NH_3(g)} \qquad K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \cdot [H_2]^3}$$

- Os valores de concentração em mol/L que aparecem na expressão de K_c correspondem às concentrações das substâncias presentes após o equilíbrio químico ser atingido. Isto é, a constante refere-se ao equilíbrio, e não a qualquer situação anterior em que as velocidades das reações direta e inversa ainda não se igualaram.
- Líquidos e sólidos puros, que não fazem parte de uma solução em situação de equilíbrio, não constam da expressão da constante de equilíbrio.

Por exemplo, se em um sistema tivermos um componente sólido e uma mistura de gases, não poderemos pensar em uma "concentração" da substância sólida, uma vez que a substância nem sequer está dissolvida (não está em solução). Ou seja, o sólido não faz parte da fase em que se encontra(m) o(s) gás (gases). Considere o processo equacionado abaixo:

$$\underset{\substack{\text{carbonato de}\\ \text{cálcio (sólido)}}}{CaCO_3(s)} \rightleftharpoons \underset{\substack{\text{óxido de}\\ \text{cálcio (sólido)}}}{CaO(s)} + \underset{\substack{\text{dióxido de}\\ \text{carbono (gás)}}}{CO_2(g)} \qquad K_c = [CO_2]$$

Observe que $CaCO_3(s)$ e $CaO(s)$ não aparecem na expressão da constante de equilíbrio da reação. A concentração do $CO_2(g)$ em equilíbrio com os dois sólidos só dependerá da temperatura. Lembre-se de que a constante de equilíbrio varia com a temperatura.

Os catalisadores no equilíbrio químico

A velocidade de uma reação pode ser acelerada pela adição de um catalisador, ou seja, de uma substância que é capaz de alterar a velocidade de uma reação química, sendo recuperada ao final do processo. Os mecanismos de catálise não são totalmente conhecidos. De qualquer modo, o acréscimo de um catalisador a um sistema em reação propicia que essa reação aconteça com energia de ativação mais baixa do que se ocorresse sem o catalisador, como você pode perceber no gráfico mais adiante.

Em um equilíbrio químico, o uso do catalisador aumenta a velocidade das reações direta e inversa:

$$a\,A + b\,B \underset{\text{sentido 2}}{\overset{\text{sentido 1}}{\rightleftharpoons}} c\,C + d\,D$$

v_1 (com catalisador) $> v_1$ (sem catalisador)

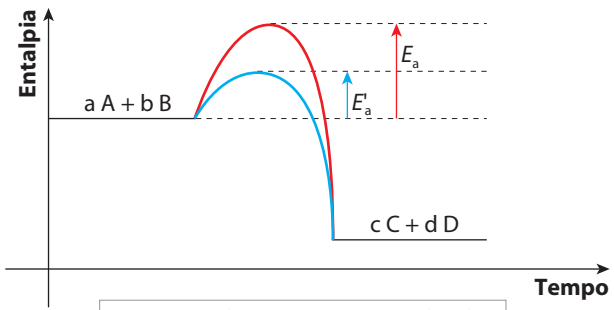
v_2 (com catalisador) $> v_2$ (sem catalisador)

Assim, podemos concluir que o catalisador:

- permite que a situação de equilíbrio químico seja atingida em um tempo menor;
- não afeta a constante de equilíbrio ou a concentração dos participantes na situação de equilíbrio.

Observe a seguir o esboço de gráfico mostrando a diminuição da energia de ativação de uma reação quando se usa catalisador.

DIAGRAMA COMPARATIVO DE ENTALPIA: REAÇÃO CATALISADA × NÃO CATALISADA



ERICSON GUILHERME LUCIANO

E_a: energia de ativação sem catalisador

E'_a: energia de ativação com catalisador

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

Atividades

Não escreva no livro.

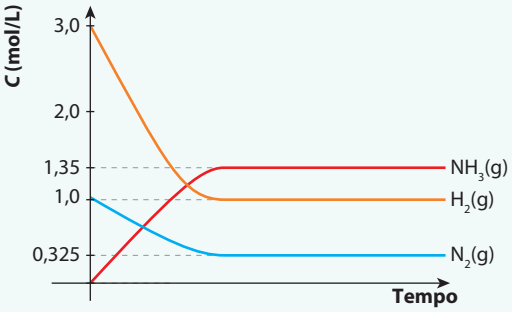
1. O que ocorre com a velocidade da reação direta e inversa quando um sistema atinge o equilíbrio químico? Do ponto de vista macroscópico, como se pode caracterizar um sistema nessas condições?

2. Na situação de equilíbrio químico, a concentração de um reagente fica igual à de um produto? Explique.

3. Que papel tem um catalisador em um sistema no qual ocorrem reações reversíveis? Como ele atua?

4. Uma das substâncias mais importantes produzidas pela indústria química é a amônia (NH_3), utilizada na produção de fertilizantes. Considere o gráfico de concentração (mol/L) que representa o processo de síntese desse composto, a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio, em determinadas condições experimentais.

CONCENTRAÇÃO DE NH_3, H_2 E N_2 EM FUNÇÃO DO TEMPO



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Fonte: Gráfico elaborado para fins didáticos.

Baseie-se nesses dados e:

a) escreva a equação química que representa essa síntese;

b) calcule a constante desse equilíbrio nas condições fornecidas;

c) explique por que não se pode calcular essa constante utilizando a concentração obtida quando a concentração de gás hidrogênio fica igual à da amônia.

- Reflita sobre a seguinte situação e tente responder às questões 5 a 8:

Suponha um sistema fechado com as substâncias **A** e **B**, capazes de reagir até atingir o equilíbrio homogêneo, genericamente representado por:

$$a\,A + b\,B \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} c\,C + d\,D$$

Um catalisador é colocado no sistema em reação.

5. O que ocorre com a velocidade da reação **1**?

6. E o que ocorre com a energia de ativação da reação **1**?

7. A adição do catalisador vai alterar a energia de ativação da reação **2**?

8. A presença do catalisador vai influenciar nas concentrações de **C** e **D** finais?

9. Os catalisadores são muito úteis em processos industriais que se valem de equilíbrios químicos. Por quê?

10. Considere a equação abaixo e os valores de K_c.

$$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,NO(g)$$

$K_c = 1 \cdot 10^{-30}$ (a 25 °C) e $K_c = 0{,}10$ (a 2.000 °C)

Em que temperatura se obtém maior quantidade de óxido de nitrogênio (NO) ao ser atingido o equilíbrio químico? Suponha que se tenha partido de concentrações em mol/L iguais às dos reagentes nas duas situações.

Atenção: algumas questões clássicas sobre o cálculo da constante de equilíbrio (*K*) levam os estudantes a equívocos, talvez porque eles não tenham bem claro o significado de equação química. Lembre-se de que ela representa apenas os reagentes que são consumidos, cujas quantidades ou concentrações (no caso de soluções) são reduzidas com o tempo; e os produtos que, ao contrário, se formam.

Para ajudá-lo, vamos analisar o exemplo a seguir. Procure responder a algumas perguntas simples que lhe ajudarão a entender o raciocínio.

Exemplo: 2 mol de $H_2(g)$ e 5 mol de $CO_2(g)$ são colocados em um balão fechado e aquecidos a uma temperatura constante. A equação que representa o equilíbrio químico dessa reação é apresentada a seguir:

$$H_2(g) + CO_2(g) \rightleftharpoons H_2(g) + CO(g)$$

Ao ser estabelecido o equilíbrio químico, verifica-se que existem ainda 3,2 mol de CO_2. Calcule a constante desse equilíbrio na mesma temperatura. As perguntas que seguem podem ajudá-lo a resolver esse exercício. Em seu caderno, preencha um quadro com as respostas obtidas, indicando a quantidade de reagentes e de produtos: no início da reação, a dos que reagiram, e a do equilíbrio químico final.

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

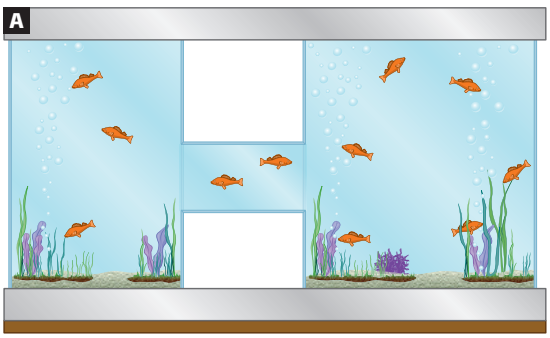
MODERNA

Preste atenção para o fato de algumas dessas respostas já constarem do enunciado.

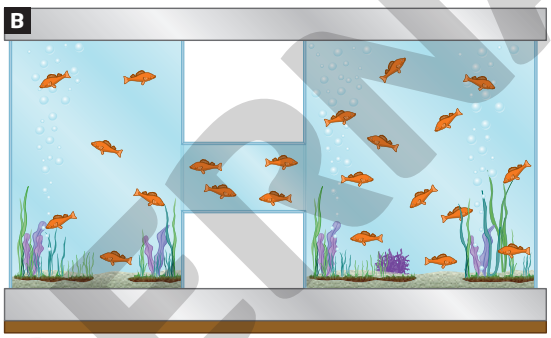
a) Qual é a quantidade inicial de CO_2 em mol?
b) Qual é a quantidade final de CO_2 em mol?
c) Qual é a quantidade, em mol, de CO_2 que sofreu alteração química (reação) no processo?
d) Que quantidade de matéria de H_2 deve ter reagido com o CO_2?
e) Qual é a quantidade inicial de H_2 em mol?
f) Qual é a quantidade final de H_2 em mol?
g) Que quantidade de matéria de CO deve ter se formado?
h) Que quantidade de matéria de H_2O deve ter se formado?

Influindo na situação de equilíbrio

Para auxiliá-lo na compreensão do que ocorre quando se interfere na situação de equilíbrio, acompanhe o exemplo a seguir, que supõe um sistema em **equilíbrio dinâmico**.



Representação da distribuição de 11 peixes, em espaço aproximadamente constante, em um aquário. (Fora de proporção; cores fantasia.)



Representação da distribuição de 22 peixes, em espaço aproximadamente constante, em um aquário. (Fora de proporção; cores fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Imagine um aquário com 11 peixes (figura **A**). Os peixes estão constantemente passando do compartimento da esquerda para o da direita, e vice-versa. Nessa condição, o equilíbrio é dinâmico porque os peixes estão continuamente mudando de lado, no entanto o número de peixes em cada parte do aquário se mantém constante: 3 à esquerda, 6 à direita e 2 na conexão que une as duas partes.

Suponha agora que se acrescentem 11 peixes do lado esquerdo, mantendo-se as quantidades de alimento, gás oxigênio e temperatura adequadas à vida.

O equilíbrio anterior será perturbado, e o sistema buscará uma nova situação de equilíbrio. Como haverá disputa por alimento, espaço e oxigênio, a tendência é que, inicialmente, passem mais peixes da esquerda para a direita do que da direita para a esquerda, até que um novo equilíbrio se estabeleça.

Embora essa seja uma nova situação de equilíbrio, diferente da anterior – no compartimento menor, passamos de 3 para 6 peixes e, no maior, de 6 para 12 (figura **B**) –, a relação entre o número de peixes do lado direito e o número de peixes do lado esquerdo permanece a mesma: $\frac{3}{6} = \frac{6}{12}$. Além disso, por se tratar de uma situação de equilíbrio dinâmico, análoga à anterior, o número de peixes que vão da esquerda para a direita é igual ao número de peixes que fazem o percurso inverso, no mesmo intervalo de tempo. Essas situações são análogas à do equilíbrio químico, em que a velocidade da reação no sentido direto é igual à velocidade da reação no sentido inverso.

Evidentemente, o equilíbrio inicial poderia ser rompido de outras maneiras, por exemplo, acrescentando-se mais alimento em um dos lados do aquário; mas, apesar dessa alteração, o sistema poderia chegar a uma nova situação de equilíbrio.

Vale relembrar que a situação descrita é hipotética, uma vez que peixes, sendo seres vivos, poderiam não se comportar exatamente dessa forma. O que se pretendeu foi fazer uma analogia que ajude a compreender o que ocorre em dimensões bem diferentes, no nível molecular, conforme veremos ao estudar o princípio de Le Chatelier.

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

Não escreva no livro.

Efeito da variação de temperatura e do acréscimo de ácido em solução do dióxido de carbono (CO_2) gasoso em água

Na produção de água gaseificada, para que o dióxido de carbono seja dissolvido no líquido, ele é submetido a uma pressão elevada, da ordem de 4 atm. Nessas condições, a garrafa que contém água é então tampada; desse modo, o gás é mantido em equilíbrio com o líquido, uma solução do gás em água.

Quando giramos um pouco a tampa da garrafa, deixando que parte do seu interior entre em contato com o ambiente, podemos observar uma grande formação de bolhas. Ou seja, com essa ação sobre a água contendo o gás dissolvido, influenciamos o equilíbrio entre a água gaseificada e o gás não dissolvido (lembre-se de que o líquido nunca preenche o volume total da garrafa), causando a liberação de gás na forma de bolhas no líquido.

OLEGSAM/SHUTTERSTOCK

Garrafa de água gaseificada artificialmente.

Objetivo

Investigar a influência da temperatura e da adição de um ácido no equilíbrio químico.

Materiais

- 2 garrafas de água com gás em embalagem PET idênticas (de preferência de $V = 1$ L)
- 1 seringa de injeção de 2 mL (sem a agulha)
- Sumo de um limão
- 1 tampa de garrafa PET com orifício de tamanho aproximado ao do bico da seringa de injeção (essa saída da seringa deverá ser capaz de vedar tal orifício, impedindo que entre ou saia ar, permitindo apenas que entre líquido da seringa na garrafa)

Atenção

Lavem bem as mãos após manipular o sumo de limão para evitar queimaduras na pele pela exposição solar.

Procedimento

1) Forme um grupo de estudantes e elaborem um roteiro de atividade prática que lhes permita verificar:

a) como a temperatura influi no equilíbrio de dissolução de dióxido de carbono em água;

b) como a adição de um ácido influi no equilíbrio químico:

$$CO_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

2) Apresentem o roteiro para o professor e, após discutirem sobre sua viabilidade, executem a parte experimental.

3) Anotem suas observações, analisem e façam um resumo de suas conclusões em relação aos dois fatos observados.

Questões

1. Com base nas informações dadas, diga se o sistema fechado constituído da mistura de $CO_2(g)$ e $H_2O(l)$ é reversível ou irreversível. Justifique.

2. Quando abrimos e agitamos uma garrafa de água com gás que foi exposta ao sol, a quantidade de bolhas formadas é diferente da que observamos ao abrir e agitar uma garrafa de água com gás bem gelada. Como você justifica essa diferença? Se invertermos as condições de temperatura em que se encontram as garrafas, colocando na geladeira a que estava no sol e no sol a que estava na geladeira, o que acontecerá?

3. Quando você olha uma garrafa fechada de refrigerante, por exemplo, em um local onde a temperatura se mantém constante, consegue observar alguma diferença na concentração de gás ao longo do tempo? Como você poderia explicar isso do ponto de vista das unidades que constituem essas substâncias?

4. Tendo em mente o que ocorre após a adição de sumo de limão à água com gás, responda: por que beber um copo de refrigerante pode provocar a eructação (arroto)?

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

MODERNA

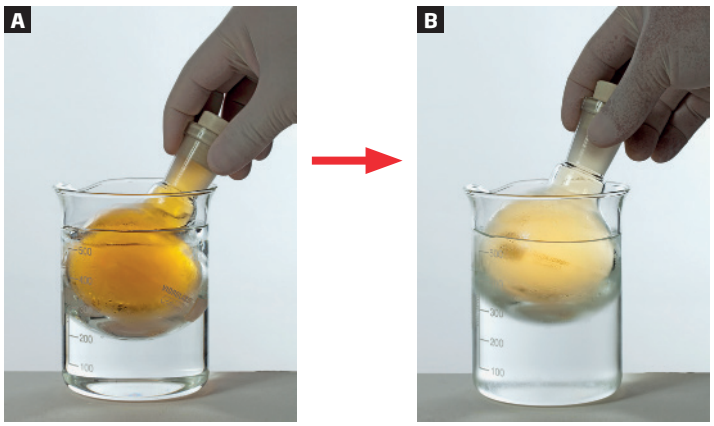
Princípio de Le Chatelier

Analogamente ao que descrevemos no exemplo do sistema hipotético peixes-aquário, é possível provocar alterações em um equilíbrio químico por meio de variações de temperatura ou da adição de uma substância, entre outras formas.

Para compreender como um sistema químico em situação de equilíbrio responde a mudanças, vamos discutir as duas questões a seguir.

Como a temperatura influi na composição de um equilíbrio?

FOTOS: DOTTA2/ARQUIVO



(**A**) Balão contendo NO_2 em temperatura próxima a 100 °C.

(**B**) O mesmo balão após o resfriamento a 0 °C. Se a coloração inicial é bastante atenuada a 0 °C, é porque nessa temperatura a concentração do NO_2 está bem baixa.

O gás dióxido de nitrogênio (NO_2), de coloração castanha, contido em um balão de vidro, é colocado em dois banhos de diferentes temperaturas, como vemos nas imagens ao lado.

Nessa experiência, está em jogo o equilíbrio de dimerização (processo em que a fórmula molecular do produto é o dobro da do reagente) do NO_2.

$$2\,NO_2(g) \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} N_2O_4(g)$$

dióxido de nitrogênio (castanho) — tetróxido de dinitrogênio (incolor)

O abaixamento da temperatura favorece a reação de transformação do dióxido de nitrogênio (gás de coloração castanha) em tetróxido de dinitrogênio (gás incolor).

Pela observação experimental, conclui-se que o aumento de temperatura favorece a reação química no sentido **2**, enquanto a redução favorece a reação no sentido **1**. Isso significa que, de acordo com a temperatura, o equilíbrio é favorecido mais no sentido da produção de N_2O_4 ou no da produção do NO_2. Vamos agora analisar a variação de entalpia (ΔH) das reações químicas:

$$2\,NO_2(g) \xrightarrow{1} N_2O_4(g) \qquad \Delta H_1 < 0 \text{ (exotérmica)}$$

dióxido de nitrogênio (castanho) — tetróxido de dinitrogênio (incolor)

$$N_2O_4(g) \xrightarrow{2} 2\,NO_2(g) \qquad \Delta H_2 > 0 \text{ (endotérmica)}$$

tetróxido de dinitrogênio (incolor) — dióxido de nitrogênio (castanho)

Concluímos, então, que o aumento de temperatura favorece a reação endotérmica, isto é, aquela que absorve o calor fornecido pelo ambiente; por outro lado, a redução de temperatura favorece a reação exotérmica.

$$2\,NO_2(g) \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} N_2O_4(g) \qquad \Delta H < 0 \text{ (exotérmica)}$$

dióxido de nitrogênio — tetróxido de dinitrogênio

redução de temperatura ⟶ sentido **1** ⟶ **reação exotérmica**

aumento de temperatura ⟶ sentido **2** ⟶ **reação endotérmica**

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

MODERNA

Como a concentração das substâncias participantes influi na situação de equilíbrio?

Vamos analisar a influência da adição de um ácido ou de uma base em um sistema em situação de equilíbrio, dicromato-cromato:

$$\underset{\text{íons dicromato}}{Cr_2O_7^{2-}(aq)} + \underset{\text{água}}{H_2O(l)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{íons cromato}}{2\,CrO_4^{2-}(aq)} + \underset{\text{íons hidrogênio}}{2\,H^+(aq)}$$

A fotografia **A** (imagem ao lado) mostra que a solução de um dicromato ($Cr_2O_7^{2-}$) é alaranjada, enquanto a do cromato (CrO_4^{2-}) é amarela.

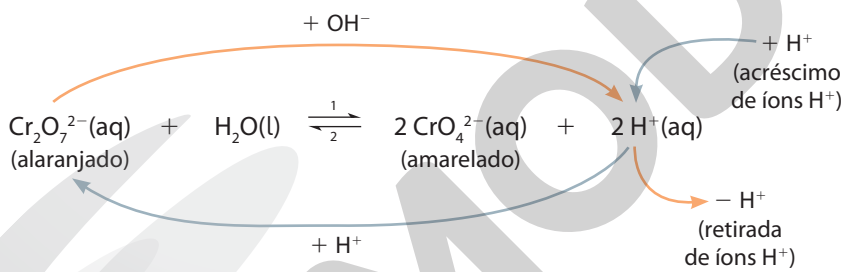
No entanto, o acréscimo de uma base a essas soluções as torna amareladas, sugerindo a predominância de íons CrO_4^{2-} (fotografia **B**). Isto é, a adição de base favorece a reação no sentido **1** (à direita), formando mais íons cromato.

Se adicionarmos íons H^+ ao CrO_4^{2-} em meio básico, a cor mudará para laranja, tubo à esquerda da fotografia **C**.

Em resumo:

Mudança de cor por influência da perturbação do equilíbrio pela alteração da concentração		
	$Cr_2O_7^{2-}(aq)$	$CrO_4^{2-}(aq)$
Solução inicial	alaranjada	amarelada
Acréscimo de base	amarelada	amarelada
Acréscimo de ácido	alaranjada	alaranjada

Esquematizando, temos:



Os íons OH^- reduzem a acidez do meio, já que reagem com íons H^+, neutralizando-os para formar água:

$$\underset{\text{íons hidrogênio}}{H^+(aq)} + \underset{\text{íons hidróxido}}{OH^-(aq)} \longrightarrow \underset{\text{água}}{H_2O(l)}$$

Então:

- retirando H^+, favorecemos o sentido **1**, o que implica a formação de mais H^+ e mais CrO_4^{2-};
- acrescentando H^+, favorecemos o sentido **2**, o que implica o consumo de parte desse H^+, originando mais $Cr_2O_7^{2-}$.

A rigor, a mudança de cor, por si só, não prova que boa parte do dicromato se transformou em cromato, ou vice-versa. A comprovação pode ser feita com base na reação de precipitação equacionada por:

$$\underset{\text{íons bário}}{Ba^{2+}(aq)} + \underset{\text{íons cromato}}{CrO_4^{2-}(aq)} \longrightarrow \underset{\substack{\text{cromato de bário}\\ \text{(precipitado amarelo)}}}{BaCrO_4(s)}$$

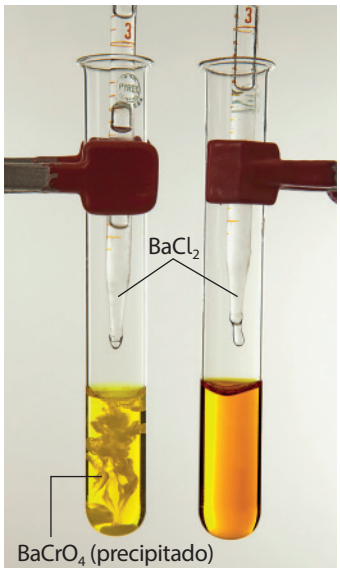
FOTOS: DOTTA2/ARQUIVO

Em função da acidez do meio, o equilíbrio entre as espécies cromato-dicromato pode ser perturbado, favorecendo o aumento da concentração de um ou outro íon.

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

MODERNA

DOTTA2/ARQUIVO



Adição de solução aquosa de cloreto de bário em solução com predominância de íons cromato (tubo da esquerda) e em solução com predominância de íons dicromato (tubo da direita).

Observe na imagem ao lado que, quando há predomínio de íons CrO_4^{2-}, a adição de pequenas amostras de solução de Ba^{2+} ocasiona a precipitação de $BaCrO_4$ (precipitado amarelo); no caso do predomínio de $Cr_2O_7^{2-}$, nas mesmas condições, não há precipitação, pois só os íons CrO_4^{2-} formam $BaCrO_4$ e apenas no tubo à esquerda há concentração desses íons suficiente para tal precipitação.

Mudança de aspecto por influência da perturbação do equilíbrio pela alteração da concentração

	Acréscimo de base	Acréscimo de ácido	Acréscimo de Ba^{2+}
CrO_4^{2-}	amarelado	alaranjado	precipitado amarelo ($BaCrO_4$)
$Cr_2O_7^{2-}$	amarelado	alaranjado	nada ocorre

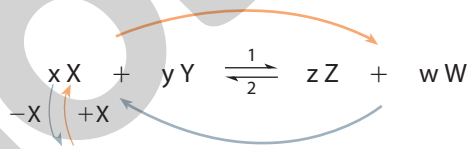
Por intermédio da interpretação de experimentos como o que acabamos de descrever, o químico francês Henry-Louis Le Chatelier (1850-1936) propôs em 1888 a generalização a seguir.

Princípio de Le Chatelier: "Se um sistema em situação de equilíbrio for submetido a uma perturbação, o sistema responderá no sentido de minimizar o efeito da mudança provocada por ela".

Com base nesse princípio, podemos prever as alterações que um sistema sofre ao ser perturbado. A seguir, vamos aplicá-lo em variações de: concentração, pressão e temperatura.

Alterando a concentração

As conclusões a que acabamos de chegar para o equilíbrio entre os íons cromato e dicromato podem ser estendidas para o equilíbrio genericamente indicado:



Vamos supor algumas variações na concentração de **X**:

- Se aumentarmos a concentração de **X**, o sistema aumentará a taxa da reação no sentido **1**, consumindo parte da substância **X** acrescentada, até que uma nova situação de equilíbrio seja estabelecida. Consequentemente, obteremos maior concentração de produtos (**Z** e **W**).
- Se reduzirmos a concentração de **X**, como reação a essa ação, o sistema responderá gastando parte de **Z** e **W** – sentido **2** –, originando mais **X**, de modo que as condições de equilíbrio sejam restabelecidas.

A oposição à ação externa pode ser verificada pela expressão da constante de equilíbrio:

$$K_c = \frac{[Z]^z \cdot [W]^w}{[X]^x \cdot [Y]^y}$$

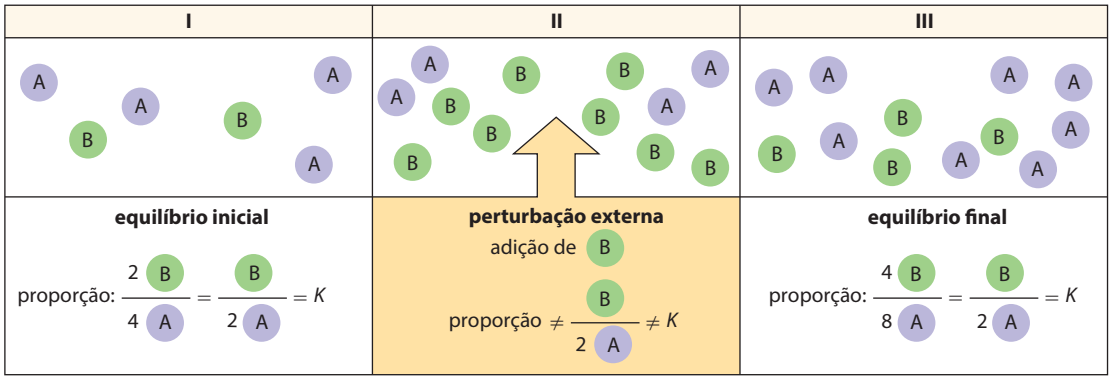
Aumentar a concentração de X, representado por [**X**], significa aumentar o valor numérico do denominador.

Para que K_c permaneça constante, [**Y**] diminui, aumentando [**Z**] e [**W**]. Se diminuirmos [**X**], ocorrerá o contrário: estaríamos diminuindo o denominador da fração. Para que K_c permaneça constante, [**Y**] aumenta e [**Z**] e [**W**] diminuem.

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

Analise o esquema referente ao sistema representado pela equação genérica:

$$A(g) \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} B(g) \qquad K_c = \frac{[B]}{[A]}$$



Observe no esquema acima que as unidades de B acrescentadas ao sistema (**II**) propiciam maior número de colisões, aumentando a velocidade da reação no sentido **2**. Com isso, parte das unidades B é convertida em A (**III**), de modo que a relação inicial entre moléculas (1 B : 2 A) é mantida na nova situação de equilíbrio.

Interligações

Não escreva no livro.

O teor de hemoglobina no sangue e a altitude

Quando acompanhamos a seleção brasileira de futebol em um jogo numa cidade situada a grande altitude, em geral percebemos que o rendimento dos atletas é inferior ao habitual. Por que isso acontece?

Se uma pessoa vive em uma cidade localizada ao nível do mar ou em outros lugares de baixa altitude e vai para um local alto, situado, por exemplo, 3 km acima do nível do mar, ela fica sujeita a indisposições, tais como dor de cabeça, cansaço e náusea.

Essas indisposições são consequência de uma redução da concentração de oxigênio (O_2) no sangue.

A redução da concentração de O_2 no sangue interfere no equilíbrio que envolve a seguinte reação:

$$\underset{\text{hemoglobina}}{Hb(aq)} + \underset{\text{oxigênio}}{O_2(aq)} \rightleftharpoons \underset{\text{oxiemoglobina}}{HbO_2(aq)}$$

$$K_c = \frac{[HbO_2]}{[Hb] \cdot [O_2]}$$

Ao nível do mar, onde a pressão é 1 atm, a pressão parcial do O_2 nessa mistura é aproximadamente 0,20 atm.

No entanto, a 3 km de altitude, a pressão parcial cai para cerca de 0,12 atm. Essa queda de pressão força o sistema (constituído por hemoglobina, oxigênio e oxiemoglobina) a uma situação de equilíbrio diferente da estabelecida ao nível do mar; para minimizar a queda de pressão, o sistema responde no sentido de favorecer a reação que propicia o aumento da pressão parcial do O_2 – e, portanto, também de sua concentração –, ou seja, no sentido de formação dos reagentes, **reduzindo a quantidade de oxiemoglobina**; esse processo é chamado de **hipóxia** e explica os sintomas sentidos por uma pessoa cujo organismo não esteja adaptado a esse local.

R.M. NUNES/SHUTTERSTOCK

Vista da cidade de La Paz, na Bolívia (2020), que fica mais de 3.600 m acima do nível do mar; ao fundo, a cordilheira dos Andes. Em grandes altitudes, a menor concentração de O_2 no ar pode causar hipóxia.

La Paz, na Bolívia, e Cuzco, no Peru, são exemplos de cidades situadas em altitudes superiores a 3.000 m, nas quais a concentração de O_2 no ar é baixa. Como o organismo das pessoas que vivem nesses locais ou que permanecem nele por algum tempo se adapta à situação? O metabolismo produz naturalmente mais hemoglobina, o que favorece o aumento do teor de oxiemoglobina no organismo. Estudos mostram que pessoas que vivem em lugares altos podem ter até 50% a mais de hemoglobina do que as que moram em zonas litorâneas. Para quem não é morador dessas regiões, a adaptação leva de duas a três semanas.

1. Redija uma explicação para o fenômeno de hipóxia com base na expressão da constante K_c. Use a linguagem própria da Química.
2. Justifique, com base no princípio de Le Chatelier, a afirmação de que a altitude influi no teor de hemoglobina no sangue.

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

MODERNA

Alterando a pressão

Alterações de pressão são especialmente importantes em sistemas nos quais participam substâncias na fase gasosa. De acordo com o princípio de Le Chatelier, um aumento de pressão força o sistema a uma nova condição de equilíbrio em que essa ação externa seja minimizada; isso acontece quando é favorecida a reação no sentido em que há redução da quantidade de moléculas presentes na fase gasosa e, portanto, da quantidade de matéria das substâncias nessa fase; com menor número de moléculas no sistema, a interferência externa que provocou o aumento de pressão será reduzida.

Lembre-se: a pressão é proporcional à quantidade de matéria, isto é, $p \propto n$, pois: $p = \frac{nRT}{V}$.

Ou seja, o efeito do fator externo – **aumento de pressão** – sobre o sistema em situação de equilíbrio será minimizado, favorecendo a reação no **sentido da redução do número de moléculas**.

$$2\,X(g) \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} 3\,Y(g)$$

redução de pressão → sentido 1 **maior quantidade de matéria**

sentido 2 **menor quantidade de matéria** ← aumento de pressão

Um exemplo da influência da pressão no equilíbrio químico de um sistema gasoso é o da síntese do gás amoníaco a partir de hidrogênio e nitrogênio gasosos, como mostra a equação abaixo.

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} 2\,NH_3(g)$$

nitrogênio + hidrogênio ⇌ amônia

INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NO EQUILÍBRIO QUÍMICO

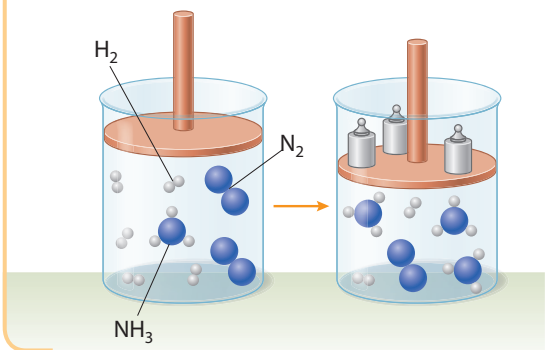


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Fonte consultada: CHANG, R.; GOLSDBY, K. A. *Chemistry*. 12th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.

O aumento da pressão favorece a reação em que há formação de menor número de moléculas de substâncias no estado gasoso. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Pela equação, podemos notar que, para cada 4 moléculas de reagentes (1 de nitrogênio e 3 de hidrogênio), formam-se 2 moléculas de amônia. Um aumento de pressão favorece o sentido em que há diminuição do número de moléculas, isto é, o sentido **1**, o da síntese do $NH_3(g)$, aumentando o rendimento em $NH_3(g)$. Isso porque a redução da quantidade de matéria (síntese) provoca a redução da pressão total da mistura; consequentemente, o efeito perturbador do aumento da pressão sobre o sistema será atenuado.

Analise o equilíbrio equacionado a seguir:

$$N_2(g) + O_2(g) \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} 2\,NO(g)$$

nitrogênio + oxigênio ⇌ monóxido de nitrogênio

Esse equilíbrio químico não será afetado por mudanças de pressão, pois para cada 2 moléculas de reagentes formam-se 2 de produtos.

Alguns esclarecimentos:

- Todo o raciocínio feito só é válido se a variação de pressão da mistura decorrer de gases que participem do processo. Por exemplo, se em um balão onde ocorre a reação entre N_2 e H_2 houver aumento da pressão total por causa de introdução de moléculas de gás neônio, não haverá perturbação do equilíbrio de síntese do NH_3. Isso acontece porque as pressões parciais do N_2, do H_2 e do NH_3 não sofreram alteração.
- Para prever se haverá alterações, por causa da pressão, em reações nas quais participam líquidos ou sólidos, além de gases, devemos considerar apenas a fase gasosa. Assim, por exemplo, considere o sistema:

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CO_2(g) + CaO(s) \qquad K_p = p_{CO_2}$$

carbonato de cálcio ⇌ dióxido de carbono + óxido de cálcio

A decomposição do carbonato de cálcio por aquecimento é favorecida a baixas pressões. Evidentemente, a pressão alta perturba o equilíbrio favorecendo a reação no sentido de que o gás CO_2 seja consumido, formando mais $CaCO_3$, um dos componentes sólidos desse sistema.

MODERNA

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

Alterando a temperatura

Agora vamos generalizar o que se observa no experimento descrito na página 52, relativo à mudança de temperatura de um sistema em situação de equilíbrio:

$$a\,A + b\,B \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} c\,C + d\,D \qquad \Delta H < 0 \text{ (exotérmica)}$$

Segundo o princípio de Le Chatelier, temos:

Ação sobre o sistema	Reação favorecida
aumento de temperatura	sentido **2** (**endotérmica**)
redução de temperatura	sentido **1** (**exotérmica**)

O aquecimento favorece o equilíbrio no sentido da reação endotérmica, já que esta absorve parte do calor, anulando parcialmente o efeito desse fator externo – o aquecimento – que atua sobre o sistema.

É bom relembrar que um aumento de temperatura acelera qualquer reação química; porém, em um equilíbrio, as reações (nos sentidos **1** e **2**) são desigualmente alteradas.

É por essa razão que a constante de equilíbrio depende da temperatura. Para que você possa entender melhor, considere o equilíbrio da síntese do NO(g):

$$\underset{\text{nitrogênio}}{N_2(g)} + \underset{\text{oxigênio}}{O_2(g)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{monóxido de nitrogênio}}{2\,NO(g)} \qquad \Delta H = +180{,}5\ kJ$$

Como a síntese do NO é endotérmica, ela é favorecida pelo aumento da temperatura, o que explica o fato de o valor da constante de equilíbrio ser mais alta a temperatura mais alta:

- a 25 °C, $K = 4{,}5 \cdot 10^{-31}$;
- a 627 °C, $K = 6{,}7 \cdot 10^{-10}$.

O baixíssimo valor de K à temperatura ambiente explica o fato de N_2 e O_2 coexistirem no ar sem reagir. No entanto, o aquecimento do ar a temperaturas elevadas, como no motor de um automóvel, leva à produção do NO, um dos componentes do *smog* fotoquímico que polui os grandes centros urbanos, causando problemas à saúde.

GREG BAKER/AFP/GETTY IMAGES

Smog em Beijing, na China, em 2016. Muitos países desenvolvidos já passaram pelas crises de poluição atmosférica que os chineses enfrentam atualmente.

Atividades

Não escreva no livro.

1 Avalie as reações abaixo representadas e diga se podem ter seu rendimento aumentado ao elevar a pressão. Justifique suas respostas.
Obs.: a temperatura é mantida constante.

a) $CaCO_3(s) \longrightarrow CaO(s) + CO_2(g)$

b) $2\,HgO(s) \longrightarrow 2\,Hg(l) + O_2(g)$

c) $N_2(g) + 3\,H_2(g) \longrightarrow 2\,NH_3(g)$

d) $H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2\,HCl(g)$

- Leia as informações a seguir para responder às questões **2** a **5**.

O salitre do chile ($NaNO_3$ impuro) e outras fontes naturais de nitrogênio, até o final do século XIX, representavam tanto os melhores fertilizantes de solo quanto a melhor matéria-prima para a fabricação de explosivos – como a pólvora ou a dinamite. O cientista alemão Fritz Haber (1868-1934) conseguiu viabilizar um processo de laboratório que permite obter amônia (NH_3) do N_2 do ar e de H_2, gás que poderia ser preparado facilmente. Partindo de NH_3, a fabricação de fertilizantes e nitratos tornava-se simples e dispensava o uso do salitre do chile.

Continua

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

MODERNA

Continuação

2. Escreva a equação da síntese do $NH_3(g)$.

3. A formação do NH_3 envolve um processo que atinge uma situação de equilíbrio químico. Do ponto de vista da síntese do NH_3, você supõe que seja interessante realizar essa síntese a baixa ou a alta pressão? Por quê?

4. Levando em conta as informações da pergunta anterior e o fato de a entalpia de formação do NH_3 ser – 41,3 kJ/mol, você supõe que para aumentar o rendimento em NH_3 seja melhor fazer a reação em temperaturas altas ou baixas?

5. No que diz respeito ao tempo necessário para atingir a situação de equilíbrio químico, diretamente influenciada pela velocidade das reações direta e inversa, analise as vantagens e desvantagens do uso de:

   a) catalisador; **b)** baixas temperaturas.

Driblando o equilíbrio para produzir mais amônia

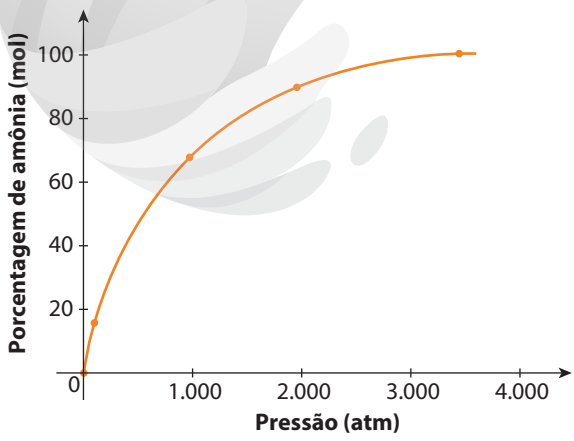
Na produção industrial da amônia (NH_3), é importante conciliar dois aspectos: o **rendimento** em NH_3 e o **tempo** necessário para que a situação de equilíbrio químico seja atingida. Com base nas questões propostas nas atividades acima, é possível chegar às conclusões a seguir.

- Pressões elevadas são úteis, tendo em vista que a síntese do NH_3 envolve a redução do número de moléculas em fase gasosa (veja o gráfico abaixo, à esquerda).

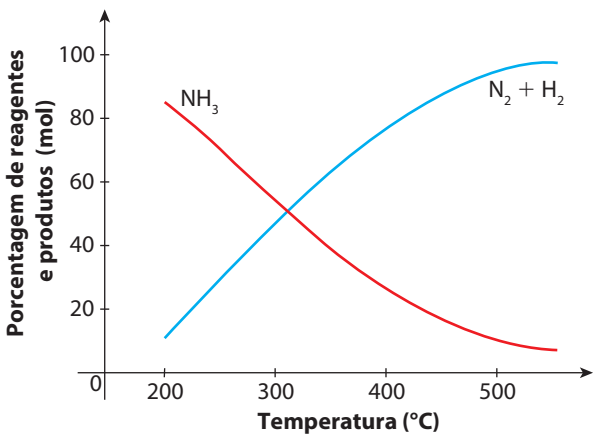
$$\underset{\text{nitrogênio}}{N_2(g)} + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons \underset{\text{amônia}}{2\,NH_3(g)}$$
$$\text{hidrogênio}$$

- A opção de trabalhar com pressões mais ou menos altas depende da análise de condições técnicas e econômicas.
- São empregadas temperaturas razoavelmente altas. Do ponto de vista do rendimento em NH_3 (observe o segundo gráfico abaixo, à direita), seria interessante manter a temperatura baixa; no entanto, dessa forma a situação de equilíbrio químico demoraria mais tempo para ser atingida. Isso porque tanto a velocidade da reação de síntese do NH_3 quanto a de sua inversa diminuiriam (ambas são afetadas por alterações de temperatura).
- O uso de catalisadores reduz o tempo necessário para que a situação de equilíbrio químico seja atingida. A retirada de NH_3 do sistema, à medida que esse composto se forma, aumenta o rendimento em NH_3, se for possível fazê-lo.

VARIAÇÃO DA PORCENTAGEM DE AMÔNIA EM FUNÇÃO DA PRESSÃO



VARIAÇÃO DA PORCENTAGEM DE REAGENTES E PRODUTOS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA



Fonte: CHANG, R.; GOLSDBY, K.A. *Chemistry*. 12th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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

Produção de amônia

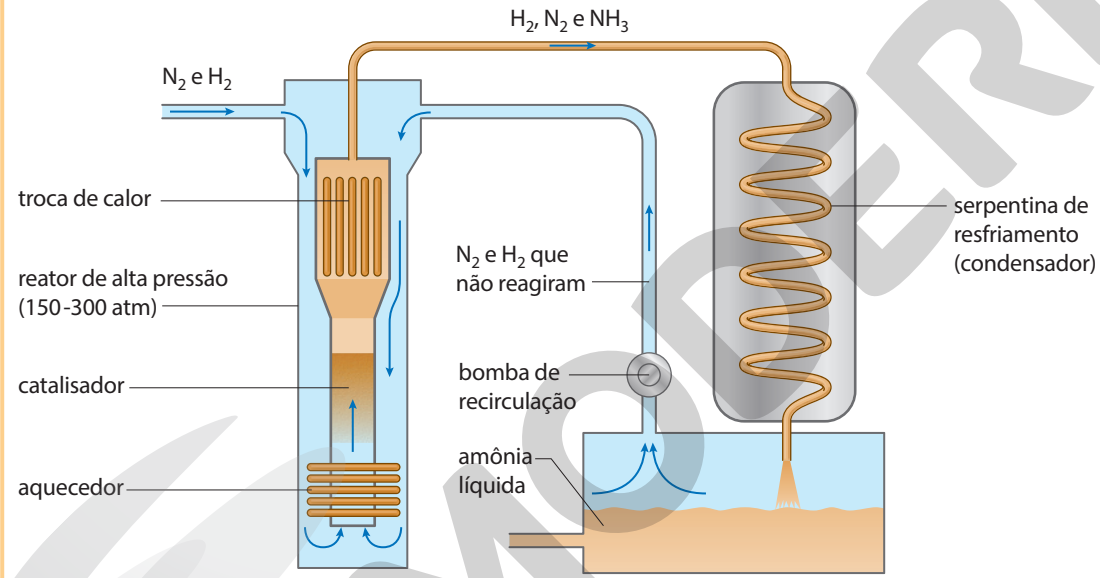
Para entender as condições adotadas em processos industriais de produção de amônia, é importante analisar algumas questões, como a influência da temperatura no valor da constante de equilíbrio da síntese dessa substância. Analise os valores da tabela a seguir.

Variação da constante de equilíbrio da síntese de amônia em função da temperatura	
t (°C)	K_c
25	$4{,}2 \cdot 10^8$
127	$4{,}5 \cdot 10^4$
227	62

Fonte: ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. *Chemical principles*: the quest for insight. 6th ed. New York: W. H. Freeman and Company, 2013.

Apesar de os valores de K_c serem tanto maiores quanto menor for a temperatura, torna-se impossível, como estudamos, o trabalho a baixas temperaturas por causa do tempo necessário para se atingir a situação de equilíbrio químico.

ESQUEMA DE PROCESSO DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE AMÔNIA



ADILSON SECCO

Fonte: JOESTEN, D. M.; CASTELLION, M. E.; HOGG, J. L. *World of Chemistry*: essentials. 4th ed. California: Thomson Brooks/Cole, 2007.
(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Importância econômica e social da síntese de Haber-Bosch

A síntese de Haber-Bosch representou uma importante contribuição para a solução da fome de bilhões de pessoas, em todo o mundo, graças ao papel que teve, e continua tendo, na produção de NH_3, essencial para a produção de fertilizantes em larga escala.

A produção da amônia é relativamente barata, em especial tendo em vista suas aplicações e sua relevância para que outros produtos importantes sejam obtidos. Além de a amônia ser usada como gás refrigerante em geladeiras e na fabricação de fertilizantes, também é empregada na produção de ácido nítrico e de sais dele derivados, plásticos, fibras, resinas e explosivos. Vale destacar que explosivos como o 2,4,6-trinitrotolueno (TNT) e a nitroglicerina (na forma de dinamite) são de grande utilidade quando empregados na mineração e na engenharia civil, poupando trabalho braçal; entretanto, infelizmente, também são empregados com fins bélicos.

Por tudo isso, um dos indicadores do desenvolvimento industrial de um país relaciona-se a sua produção e consumo de amônia, uma vez que a partir dela muitas substâncias podem ser fabricadas.

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

MODERNA

Um pouco sobre o impacto ambiental dos fertilizantes nitrogenados

A síntese de amônia desenvolvida por Haber-Bosch permitiu a produção em escala mundial de fertilizantes nitrogenados, o que aumentou em 30% a 50% a produtividade da agricultura em grande parte do planeta. E a importância dos fertilizantes nitrogenados vem se ampliando: hoje, cerca de metade da humanidade tem, possivelmente, sua subsistência alimentar associada ao processo de fixação de nitrogênio de Haber-Bosch.

Porém, esses benefícios implicam efeitos nocivos ao ambiente. Por exemplo, boa parte do nitrogênio usado em fertilizantes e desperdiçado por práticas agrícolas incorretas retorna à sua forma atmosférica não reativa, mas a maior parte desse elemento químico contamina ambientes terrestres e aquáticos e a atmosfera, contribuindo para diminuir a biodiversidade. O nitrogênio perdido também altera o balanço dos gases do efeito estufa, influencia o ozônio atmosférico e acidifica o solo, entre outros efeitos.

Atividades

Não escreva no livro.

1 A quantidade de amônia (NH_3) produzida por um país pode ser um indicador de sua importância econômica. Por quê?

2 Observe a ilustração que esquematiza o processo de produção industrial de amônia (página anterior). Qual é a vantagem do uso do condensador na síntese de Haber-Bosch?

3 Existem óculos cujas lentes ficam tanto mais escuras quanto mais expostas à luz solar. O inverso também acontece, isto é, as lentes clareiam à medida que o ambiente fica mais escuro. Como funcionam algumas dessas lentes fotocromáticas?

Nessas lentes, que chegam a reduzir em 80% a luminosidade que atinge os olhos, ocorre um processo de oxirredução que é reversível, o que possibilita a inversão do processo:

$$\text{luz} + \text{AgCl(s)} \rightleftharpoons 2\,\text{Ag(s)} + \text{Cl}_2\text{(g)} + \text{luz}$$

Essas lentes são obtidas pela incorporação de uma mistura de cloreto de prata (AgCl) e cloreto de cobre(I), CuCl, ao vidro, de modo que a equação acima representada corresponde à soma de dois processos:

Semiequação de oxidação: $2\,Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2\,e^-$

Semiequação de redução: $2\,Ag^+ + 2\,e^- \longrightarrow 2\,Ag$

a) Quanto mais prata é produzida (escurecendo as lentes), mais os olhos ficam protegidos da luz. Recorrendo ao princípio de Le Chatelier, explique como a exposição ao sol se relaciona com a produção do espelho de prata.

b) Por que a baixa luminosidade favorece o clareamento das lentes?

4 Fritz Haber é um cientista que desperta debates sobre a ética na Ciência. Leia estas informações sobre ele, depois faça o que se pede.

No início do século XX, membros da comunidade científica e da elite econômica despertaram para o risco da falta de alimentos para atender a uma população que crescia descontroladamente, diante da perspectiva de esgotamento das reservas naturais e do alto preço dos nitratos importados do Chile e do Peru, usados, entre outras coisas, para a produção de fertilizantes agrícolas.

Sob incentivo do governo alemão, uma eficiente associação entre industriais, banqueiros e universidades permitiu que cientistas fizessem pesquisas científicas, e, em 1908, Fritz Jacob Haber já conseguira aprimorar a síntese de amônia, tornando sua produção viável.

Quando a Primeira Guerra Mundial começou, Alemanha e Áustria-Hungria uniram-se contra França, Inglaterra e Rússia. Nessa época, apesar dos tratados entre países pelo fim do uso de gases venenosos e outros recursos violentos em batalhas, o chefe do Estado Maior alemão propôs uma pesquisa sobre gases irritantes e lacrimogêneos, a fim de obrigar as tropas inimigas a sair de suas trincheiras. Haber coordenou o trabalho de pesquisadores e, em 1915, sob seu comando pessoal, foram soterrados centenas de barris de cloro, ao longo de uma linha de cerca de 6 quilômetros. Quando o gás cloro foi liberado, os danos físicos aos soldados franceses foram terríveis: corrosão de partes do corpo, hemorragia e asfixia, entre outros.

Os alemães acabaram perdendo a guerra, mas Haber continuou suas pesquisas em relação às armas químicas, além de aumentar a produção de amônia, que também foi útil na produção de material bélico.

Com o fim do império alemão e a proclamação da república, em 1918, Haber passou a ser procurado como criminoso da guerra e refugiou-se na Suíça; quando, em 1918, recebeu o Nobel de Química, a repercussão negativa foi enorme.

Continua

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

Continuação

De volta à Alemanha, ele retomou as pesquisas alegando o objetivo de produzir substâncias para combater pragas da agricultura – e prosseguiu na busca por novas armas químicas.

Fonte consultada: SIMAAN, A. Grandeza e decadência de Fritz Haber. Disponível em: <https://www.spq.pt/magazines/BSPQuimica/622/article/30001245/pdf>. Acesso em: 3 jul. 2020.

a) Discuta com os colegas e o professor:
- O trabalho científico de Fritz Haber ajudou simultaneamente a vida e sua destruição. Vocês concordam com essa afirmação? Por quê?
- Considerando a participação ativa de Fritz Haber na guerra, reflitam: a quem cabe a responsabilidade por controlar os usos que são feitos das descobertas e invenções científicas e tecnológicas?

b) Forme um grupo com alguns colegas e pesquisem:
- Segundo informações do texto acima, foi a associação entre industriais, banqueiros e universidades que tornou possível, na época, fazer as pesquisas que resultaram na síntese da amônia, ou seja, indústrias e bancos contribuíram com dinheiro para que cientistas se dedicassem às pesquisas e inventos. Que instituições são responsáveis por financiar as pesquisas científicas no Brasil atualmente? Como ampliar esses recursos?
- Fritz Haber foi casado com Clara Immerwahr (1870-1915), que era doutora em Química – título raro para uma mulher naquela época –, porém as competências dessa química brilhante foram abafadas após seu casamento. Façam uma pesquisa sobre mulheres que se destacaram na Química ao longo da história, superando obstáculos – entre eles o preconceito de gênero – para conseguir estudar e executar suas pesquisas.

Ao final, preparem um *podcast* sobre suas reflexões.

WIKIMEDIA FOUNDATION, INC.

Clara Immerwahr (c. 1890), primeira mulher alemã a obter doutorado em Química.

Os equilíbrios ácido-base

O conceito de Arrhenius

Apesar de usualmente não se fazer referência ao químico sueco Svante August Arrhenius (1859-1927) ao se falar em ácido ou base, o conceito de ácido e base elaborado por ele tem sido utilizado em várias situações de seu estudo de Química. De fato, é esse conceito que está subentendido quando, por exemplo, em uma situação corriqueira, nos referimos a um ácido.

Tendo em vista o amplo uso desse conceito, até mesmo fora do âmbito científico, e sua importância no estudo do conteúdo deste capítulo, vamos retomá-lo agora.

Ácidos segundo Arrhenius

Ácidos como o clorídrico, o nítrico e o acético são exemplos de ácidos de Arrhenius que você conhece. Agora, vamos analisar a ionização de um ácido genérico, HA, em água:

$$\underset{\text{ácido}}{HA(g) \text{ ou } (l)} + \underset{\text{água}}{H_2O(l)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} \underset{\substack{\text{íons}\\\text{oxônio}}}{H_3O^+(aq)} + \underset{\substack{\text{ânions do}\\\text{ácido}}}{A^-(aq)}$$

Ou, por simplificação, podemos escrever:

$$HA(aq) \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} H^+(aq) + A^-(aq)$$

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

***K_a*: constante de ionização de um ácido**, também chamada constante de acidez.

Em vez de K_a, podemos usar K_i (**i** indica ionização).

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

MODERNA

Para ácidos cuja constante de ionização é alta, como no caso do ácido clorídrico, HCl, a formação de íons é favorecida (sentido **1**). Nesse caso, em soluções diluídas, a maior parte das moléculas HCl é convertida em íons H^+ e Cl^-, e o ácido é considerado forte. A equação química a seguir pode representar esse processo:

$$\underset{\text{ácido clorídrico}}{HCl(aq)} \longrightarrow \underset{\text{íons hidrogênio}}{H^+(aq)} + \underset{\text{íons cloreto}}{Cl^-(aq)}$$

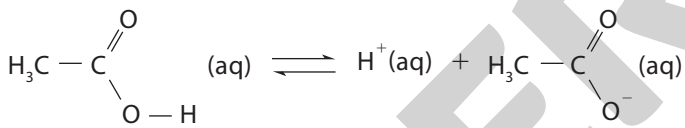
Podemos diferenciar um ácido forte de um fraco comparando as condutibilidades elétricas de suas soluções aquosas.

Soluções aquosas de ácidos fortes conduzem relativamente bem a corrente elétrica, ao passo que soluções de ácidos fracos a conduzem mal. Isso porque, no caso do ácido forte, há grande concentração de íons livres relativamente à concentração de moléculas que não se ionizaram:

$$[H^+] \cdot [A^-] > [HA]$$

Quando um ácido apresentar constante de acidez, K_a, baixa, ele será considerado fraco, e, evidentemente, teremos na situação de equilíbrio muito mais moléculas HA do que íons H^+ e A^-. Isso justifica o fato de os ácidos fracos serem maus condutores de eletricidade quando comparados aos fortes.

Entre os exemplos de ácido fraco que você conhece, vamos nos valer do ácido acético, um composto orgânico presente no vinagre; a ionização desse ácido, em água, produz um número relativamente baixo de íons quando comparado ao de moléculas não ionizadas do ácido, $H(H_3CCOO)$, e deve ser assim equacionada:



ácido acético — cátions hidrogênio (hidrônio) — ânions acetato

	No equilíbrio predominam
K_a alta → ácido forte	**íons H^+** em relação a moléculas HA
K_a baixa → ácido fraco	**moléculas HA** em relação a íons H^+

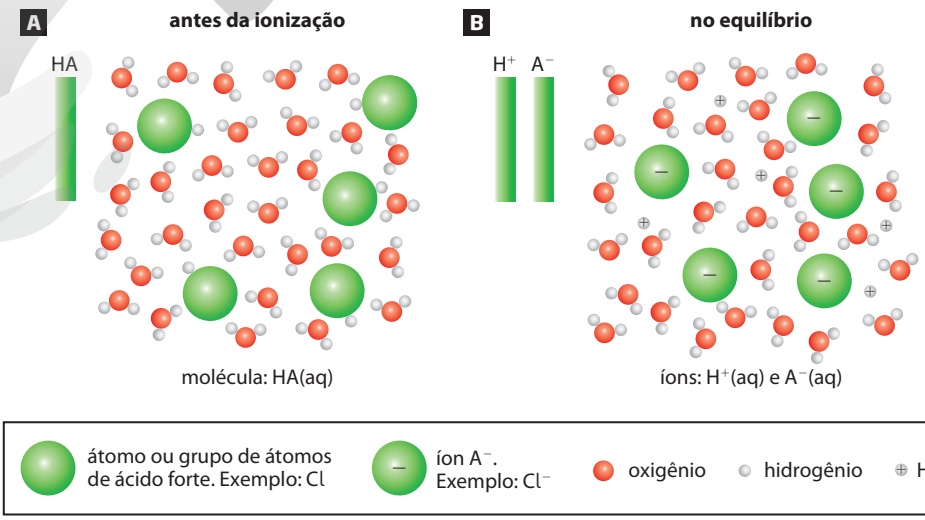
Exemplo de ácido forte:

- ácido perclórico

$$\underset{\text{ácido perclórico}}{HClO_4(aq)} \rightleftharpoons \underset{\text{íons hidrogênio}}{H^+(aq)} + \underset{\text{íons perclorato}}{ClO_4^-(aq)}$$

$$K_a = \frac{[H^+] \cdot [ClO_4^-]}{[HClO_4]} \simeq 10^{-10}$$

REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA IONIZAÇÃO DE UM ÁCIDO FORTE



Fonte consultada: CHANG, R.; GOLSDBY, K. A. *Chemistry*. 12th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.

(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

A figura anterior representa, em nível molecular, o processo de ionização de um ácido forte (**A**: o ácido antes da ionização; **B**: os produtos desse processo). As barras verdes das ilustrações **A** e **B** evidenciam que o total de moléculas de ácido forte (HA) que havia antes do processo de ionização transforma-se em íons H^+ e A^-.

Exemplo de ácido fraco:

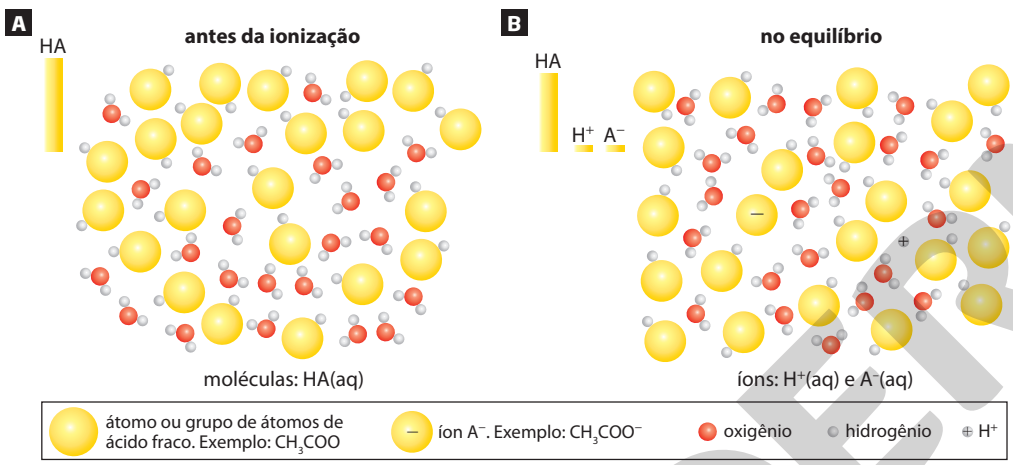
- ácido cianídrico

$$\underset{\text{ácido cianídrico}}{HCN(aq)} \rightleftharpoons \underset{\text{íons hidrogênio}}{H^+(aq)} + \underset{\text{íons cianídrico}}{CN^-(aq)}$$

$$K_a = \frac{[H^+] \cdot [CN^-]}{[HCN]} \simeq 4{,}0 \cdot 10^{-10}$$

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA IONIZAÇÃO DE UM ÁCIDO FRACO



Fonte consultada: CHANG, R.; GOLSDBY, K. A. *Chemistry*. 12th. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.

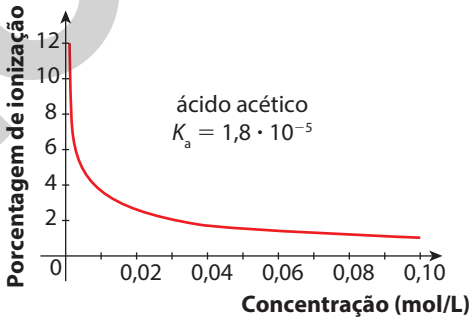
(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

A figura anterior representa, em nível molecular, o processo de ionização de um ácido fraco (**A**: o ácido antes da ionização; **B**: os produtos desse processo). As barras amarelas evidenciam que a quantidade de moléculas de ácido fraco (HA) que havia antes do início do processo não é muito diferente da quantidade de moléculas ao final dele; por isso o número de íons produzidos é relativamente pequeno e, quando a situação de equilíbrio é atingida, temos a maior parte das espécies na forma HA e íons H^+ e A^- em pequena quantidade.

A **diluição** de uma solução de um ácido fraco implica o **aumento de seu grau de ionização**, como você pode observar no gráfico ao lado.

ERICSON GUILHERME LUCIANO

PORCENTAGEM DE ÁCIDO IONIZADO EM FUNÇÃO DA CONCENTRAÇÃO



Fonte consultada: BROWN, T. L. *et al. Química*: a ciência central. 13. ed. Trad. Eloiza Lopes *et al*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

Professor, vale esclarecer que o grau de ionização (expresso em fração das moléculas que se ionizam) multiplicado por cem, exprime a porcentagem da moléculas que se ionizam.

As bases de Arrhenius

O hidróxido de sódio (NaOH) é um exemplo típico de base forte. Trata-se de um composto iônico, sólido nas condições ambientes e que, ao se dissolver em água, sofre dissociação.

$$\underset{\text{hidróxido de sódio}}{NaOH(s)} \xrightarrow{\text{água}} \underset{\text{íons sódio}}{Na^+(aq)} + \underset{\text{íons hidróxido}}{OH^-(aq)}$$

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

MODERNA

No caso das bases inorgânicas, não costumamos falar da constante de basicidade, pois, com exceção da amônia, $NH_3(g)$, a força de uma base está diretamente relacionada a sua solubilidade em água. Ou seja, com exceção da amônia, as bases inorgânicas fracas são as pouco solúveis; por isso, em água, constituem equilíbrios heterogêneos, os quais apresentam reagentes e produtos em diferentes estados de agregação.

Quanto à amônia, substância molecular, gasosa nas condições ambientes (chamada, nesse caso, de gás amoníaco), como já estudamos em outras oportunidades, ioniza-se em água, de acordo com o equilíbrio equacionado por:

$$\underset{\text{amônia}}{NH_3(g)} + \underset{\text{água}}{H_2O(l)} \rightleftharpoons \underset{\text{íons amônio}}{NH_4^+(aq)} + \underset{\text{íons hidróxido}}{OH^-(aq)}$$

Essa relação de equilíbrio também pode ser representada por:

$$\underset{\text{hidróxido de amônio}}{NH_4OH(aq)} \rightleftharpoons \underset{\text{íons amônio}}{NH_4^+(aq)} + \underset{\text{íons hidróxido}}{OH^-(aq)}$$

DOTTA2/ARQUIVO

Em um circuito elétrico fechado por uma solução de $NH_3(aq)$, uma base fraca, a lâmpada acende com pequena intensidade em comparação às bases fortes, pois a quantidade de íons livres é pequena.

A constante dessa ionização, K_b **(constante de basicidade)**, é baixa, indicando que o hidróxido de amônio é uma **base fraca**. A solução dessa base contém $NH_3(g)$, $H_2O(l)$ e uma baixa concentração de íons $NH_4^+(aq)$ e $OH^-(aq)$.

$$K_b = \frac{[NH_4^+] \cdot [OH^-]}{[NH_3]}$$

K_b tem valor baixo (poucos íons OH^- livres em relação a NH_3).

Vale relembrar que, apesar de serem usados o nome hidróxido de amônio e a fórmula NH_4OH, efetivamente não existe um composto que atende a essas características.

Observações:

- As constantes de ionização (dissociação) dos ácidos fortes normalmente são omitidas, pois é possível considerar que esses ácidos estejam totalmente ionizados.
- Para representar a constante de ionização, é comum usar K_a para ácidos, K_b para bases ou K_i tanto para ácidos quanto para bases.
- O valor de K_i varia com a temperatura e com o grau de ionização, α.
- Na mesma temperatura, quanto maior for o valor de K_a, maior será a força de um ácido.
- A representação $[A^-]$ indica concentração em mol/L dos íons A^-.

Lembre-se: os íons H^+ fornecidos por um ácido reagem com os íons OH^- de uma base para formar água:

$$\underset{\substack{\text{íons}\\\text{hidrogênio}}}{H^+(aq)} + \underset{\substack{\text{íons}\\\text{hidróxido}}}{OH^-(aq)} \longrightarrow \underset{\text{água}}{H_2O(l)}$$

Efeito do íon comum

O princípio de Le Chatelier pode ser aplicado para analisar os efeitos da adição de íons que também participam do equilíbrio de ionização de um ácido fraco a uma solução desse ácido.

Pode-se usar como exemplo de ácido fraco o acético, presente no vinagre, ao qual será adicionado um acetato solúvel, como o acetato de sódio ($NaCH_3COO$). O que acontecerá em decorrência da adição de $NaCH_3COO$ à solução do ácido acético?

MODERNA

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

Vamos analisar inicialmente o equilíbrio de ionização desse ácido. Lembre-se de que, apesar de possuir quatro átomos de H por molécula, trata-se de um monoácido; por isso, para facilitar, vamos representar esse processo por:

$$\underset{\text{ácido acético}}{H(CH_3COO)(aq)} \rightleftharpoons \underset{\substack{\text{íons}\\\text{hidrogênio}}}{H^+(aq)} + \underset{\substack{\text{íons}\\\text{acetato}}}{(CH_3COO)^-(aq)}$$

Se a uma solução desse ácido adicionarmos um sal solúvel contendo íons acetato, como o acetato de sódio, teremos que considerar o processo de dissociação iônica que resulta na liberação de íons acetato:

$$\underset{\text{acetato de sódio}}{Na^+(CH_3COO)^-(aq)} \longrightarrow \underset{\text{íons sódio}}{Na^+(aq)} + \underset{\text{íons acetato}}{(CH_3COO)^-(aq)}$$

Perceba que no equilíbrio de ionização do ácido acético já existem íons $(CH_3COO)^-$. Dessa forma, os íons $(CH_3COO)^-$ acrescentados com a adição do sal causam um aumento momentâneo da concentração desses íons, provocando uma "resposta" do sistema no sentido de reduzir a intensidade da ionização, ou seja, no sentido de regenerar moléculas do ácido.

Teremos, portanto, o favorecimento do processo contrário à ionização:

$$H(CH_3COO)(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + (CH_3COO)^-(aq)$$

$$(CH_3COO)^-(aq)$$

Generalizando, se adicionarmos um sal solúvel, B^+A^-, à solução de ácido fraco HA, o que ocorrerá?

$$B^+A^-(s) \longrightarrow B^+(aq) + A^-(aq) \quad \textbf{A}^-\textbf{(proveniente do sal BA)}$$

$$HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq)$$

A adição de íon comum reduzirá a acidez do ácido fraco.

E se adicionarmos à solução de uma base fraca, como o hidróxido de amônio (NH_4OH), um sal solúvel com íon comum, como o cloreto de amônio (NH_4Cl), o que ocorrerá?

Vamos considerar agora o equilíbrio de dissociação de uma base fraca BOH:

$$NH_4^+Cl^-(aq) \longrightarrow NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$$

$$NH_4OH(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

No exemplo analisado anteriormente, teremos o favorecimento do equilíbrio químico no sentido da formação de NH_4OH. Isso ocorre porque o sal NH_4Cl fornece íons NH_4^+ decorrentes do processo de dissociação e interfere nesse sentido.

Generalizando, se adicionarmos um sal solúvel, B^+A^-, à solução de uma base fraca BOH, o que ocorrerá?

$$B^+A^-(aq) \longrightarrow B^+(aq) + A^-(aq) \quad \textbf{B}^+\textbf{ (proveniente do sal BA)}$$

$$BOH(aq) \rightleftharpoons B^+(aq) + OH^-(aq) \quad \textbf{B}^+\textbf{ (proveniente do sal BA)}$$

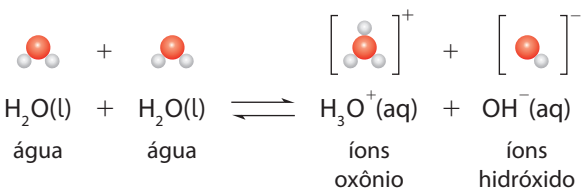
Concluindo: o acréscimo de íons comuns a um eletrólito fraco reduz seu grau de ionização e, consequentemente, enfraquece-o ainda mais.

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

MODERNA

Produto iônico da água

Moléculas de água, que são polares, sofrem autoionização, apesar de isso ocorrer em pequena intensidade. O processo de autoionização está representado abaixo:



$H_2O(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$

água — água — íons oxônio — íons hidróxido

ERICSON GUILHERME LUCIANO

(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Simplificando:

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq) \qquad K_c = \frac{[H^+]\cdot[OH^-]}{[H_2O]}$$

água — íons hidrogênio — íons hidróxido

Para cada litro de água "pura", a autoionização produz somente 10^{-7} mol de íons H^+ e 10^{-7} mol de íons OH^- a 25 °C.

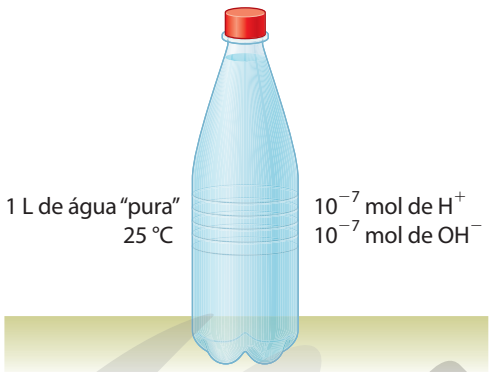


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Representação de uma garrafa com 1 litro de água pura. (Cores fantasia.)

No equilíbrio, predominam as moléculas de água, o que é coerente com o baixo valor da constante de ionização da água, que examinaremos adiante.

Considerando o valor da densidade da água, 1 g/mL, a partir das concentrações de H^+ e OH^- na água, a 25 °C, podemos calcular:

Volume **Massa**

1 L de $H_2O \Rightarrow$ 1.000 g de H_2O

Quantidade de matéria

$$M_{H_2O} = \frac{18\ g}{mol}$$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{1.000\ g}{18\ g/mol} \simeq 55{,}5\ mol$$

$[H^+] = 10^{-7}\ mol/L$

$[OH^-] = 10^{-7}\ mol/L$

$[H_2O] = (55{,}5 - 10^{-7})\ mol/L \simeq 55{,}5\ mol/L$

Repare que a $[H_2O]$ final é praticamente igual à $[H_2O]$ inicial: 55,5 mol/L, já que o grau de ionização é muito baixo. Isso explica o fato de haver, na expressão da constante de equilíbrio, a substituição do produto $K_c \cdot [H_2O]$ por uma nova constante, K_w.

$$K_c = \frac{[H^+]\cdot[OH^-]}{[H_2O]}$$

$$K_w = [H^+]\cdot[OH^-]$$

O *w* que aparece em K_w provém da palavra *water* ("água", em inglês). K_w é chamado **produto iônico da água**. Seu valor a 25 °C é $1{,}0 \cdot 10^{-14}$.

Água "pura"

A partir da expressão do produto iônico da água, vamos analisar as concentrações em íons H^+ e OH^- quando se tem apenas a substância água.

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

$K_{w\ (25\ °C)} = [H^+]\cdot[OH^-] = 1{,}0 \cdot 10^{-14}$

$K_w = x \cdot x = 1{,}0 \cdot 10^{-14}$

$x = 1{,}0 \cdot 10^{-7}$

$[H^+] = [OH^-] = 1{,}0 \cdot 10^{-7}\ mol/L$

Soluções ácidas

Em soluções ácidas, a concentração de H^+ é mais alta do que na água "pura", pois o ácido é um fornecedor de íons H^+. Portanto, a 25 °C:

$$[H^+] > 10^{-7}\ mol/L \Rightarrow [OH^-] < 10^{-7}\ mol/L$$

Pois o produto $[H^+]\cdot[OH^-]$ é igual a 10^{-14}.

Podemos chegar à mesma conclusão analisando o equilíbrio iônico da água com base no princípio de Le Chatelier: íons H^+ adicionados consumirão íons OH^- formando H_2O, o que reduz a concentração de OH^-.

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$$

H^+: acréscimo de ácido à água

OH^-: em consequência: redução de íons OH^-

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

MODERNA

Soluções básicas

Analogamente às soluções ácidas, a concentração de OH^-, no caso das soluções básicas, será mais alta do que na água "pura" e, com isso, a concentração de H^+ será mais baixa do que na água "pura".

Portanto, a 25 °C:

$$[OH^-] > 10^{-7}\ mol/L \quad \Rightarrow \quad [H^+] < 10^{-7}\ mol/L$$

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$$

em consequência: redução de íons H^+

acréscimo de base à água

Concluindo:

Concentração de íons H^+ e OH^- e K_w		
	Concentração dos íons	**Produto iônico da água (25 °C)**
Água "pura"	$[H^+] = 10^{-7}$ mol/L	$K_w = 1{,}0 \cdot 10^{-14}$
	$[OH^-] = 10^{-7}$ mol/L	
Soluções ácidas	$[H^+] > 10^{-7}$ mol/L	$K_w = 1{,}0 \cdot 10^{-14}$
	$[OH^-] < 10^{-7}$ mol/L	
Soluções básicas	$[H^+] < 10^{-7}$ mol/L	$K_w = 1{,}0 \cdot 10^{-14}$
	$[OH^-] > 10^{-7}$ mol/L	

FOTOS: DOTTA2/ARQUIVO

Teste de condutividade com solução aquosa de HCl (**1**), solução aquosa de NH_4OH (**2**) e água destilada (**3**).

Observe que, na fotografia **1**, as três lâmpadas (a de diodo – a menor, no canto esquerdo da mesa –, a de 40 W e a de 60 W) acendem porque entre os fios há um eletrólito forte (ácido clorídrico); na fotografia **2**, como o béquer contém uma base fraca (hidróxido de amônio), apenas a lâmpada de diodo e a de 40 W acendem; e na fotografia **3**, como o líquido é água destilada (mau condutor de corrente elétrica), apenas a lâmpada de diodo acende.

Atividades

Não escreva no livro.

1 Explique o efeito provocado pela adição de um acetato, por exemplo, acetato de sódio ($NaCH_3COO$), a uma solução de ácido acético na qual existe o equilíbrio:

$$HCH_3COO(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$$

2 Tem-se uma solução 0,01 mol/L de NaOH(aq) a 25 °C. Calcule a concentração em mol/L de íons:

a) OH^- **b)** Na^+ **c)** H^+

3 Tem-se uma solução 10^{-5} mol/L de $Ba(OH)_2$(aq). Calcule a concentração em mol/L em íons:

a) Ba^{2+} **b)** OH^- **c)** H^+

Nota: Na concentração dada, considere $Ba(OH)_2$ totalmente dissociado em íons.

4 Uma solução de H_2SO_4 tem $1 \cdot 10^{-5}$ mol de H^+/L. Supondo o ácido totalmente ionizado, calcule a concentração:

Dados: Massa molar H_2SO_4 = 98 g/mol.

a) em mol/L de OH^-;

b) em g/L do ácido sulfúrico.

5 Baseie-se na tabela que contém valores K_w em função da temperatura t em °C para responder às questões.

t (°C)	$K_w \cdot (10^{-14})$
10	0,29
25	1,01
50	5,48

Fonte: KOTZ, J. C. *et al. Chemistry & Chemical Reactivity*. 10th ed. Boston: Cengage Learning, 2019.

a) Com o aumento da temperatura, o que acontece com o valor de K_w?

b) A ionização da água é endotérmica ou exotérmica? Por quê?

c) Na água "pura", a 50 °C, o valor de $[H^+]$ será maior, menor ou igual a $1{,}0 \cdot 10^{-7}$ mol/L?

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

pH e pOH

A concentração de íons H^+, chamada de concentração hidrogeniônica, indica se uma solução é ácida ou básica. Agora pense no seguinte: uma solução tem $[H^+]$ igual a $1{,}0 \cdot 10^{-5}$ mol/L; outra tem $[H^+]$ igual a $1{,}0 \cdot 10^{-9}$ mol/L. Compará-las quanto à acidez implica trabalhar com números pouco práticos. Foi por isso que o bioquímico dinamarquês Søren Peter Lauritz Sørensen (1868-1938), em 1909, propôs o uso do pH como forma quantitativa de exprimir a acidez ou a basicidade de um meio.

$$pH = -\log [H^+]$$

O pH é o logaritmo negativo da concentração hidrogeniônica. Tal logaritmo é decimal (base 10). Veja os exemplos na tabela a seguir:

Exemplos de concentração de íon H^+ e pH		
$[H^+]$	$\log [H^+]$	pH
$1 = 10^0$	0	0
$0{,}01 = 10^{-2}$	-2	2
$0{,}0001 = 10^{-4}$	-4	4

Note que, quanto mais alta for a acidez de uma solução, mais baixo será seu pH, e vice-versa.

Genericamente: $[H^+] = 10^{-x}$ mol/L. Então, $pH = x$.

Água "pura" e pH

Considere o equilíbrio de ionização da água:

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$$

Na água "pura":

$$[H^+] = [OH^-]$$
$$\log 10^{-14} = 2 \log [H^+]$$
$$\text{ou: } \log 10^{-14} = -2 \log [H^+]$$

Como $-\log [H^+] = pH$, temos:

$+14 = 2 \cdot pH \Rightarrow pH = 7$

$K_{w\,(a\ 25\ °C)} = 10^{-14} = [H^+] \cdot [OH^-]$

Então: $10^{-14} = [H^+]^2$

Analogamente ao pH, podemos definir o pOH de uma solução por:

$$pOH = -\log [OH^-]$$

Então, na **água "pura"**, a 25 °C, temos:

$$pH = pOH = 7$$

Em Química, quando o **p** minúsculo antecipa um símbolo, ele designa o logaritmo negativo. Por isso, podemos também dizer que o pK_w da água, a 25 °C, é 14.

Caixa de ferramentas

Lembre-se:

$\log a \cdot b = \log a + \log b$

$\log a^x = x \log a$

$\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$

Soluções ácidas e pH

Em soluções ácidas, como estudamos, a concentração de H^+ é mais alta do que a de OH^-, já que o ácido fornece H^+. Aplicando as propriedades dos logaritmos, como fizemos anteriormente, temos:

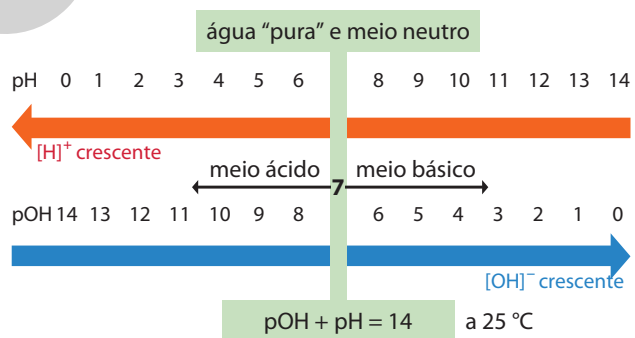
$$\text{soluções ácidas} \begin{cases} pH < 7 \\ pOH > 7 \end{cases}$$

Soluções básicas e pH

Em soluções básicas, temos: $[OH^-] > 10^{-7}$ mol/L.

$$\text{soluções básicas} \begin{cases} pH > 7 \\ pOH < 7 \end{cases}$$

Concluindo:



Atividades

Não escreva no livro.

1 Informe o que se pode concluir a respeito da neutralidade, da acidez e da basicidade, a 25 °C, de uma solução aquosa:

a) 0,1 mol/L de HCl.
b) 0,1 mol/L de KOH.
c) cujo pH é igual a 3.
d) cujo pOH é igual a 8.
e) cujo pH é igual a 12.
f) cujo pH é igual a 7.

Continua

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

Continuação

2 Considere uma solução cujo pH é 2 e faça o que se pede.

a) Calcule a concentração em mol/L em íons OH^-.

b) Essa solução é ácida ou básica?

c) De onde provêm os íons OH^-?

3 Relacione a concentração de íons H^+ de uma solução de pH = 1 com outra de pH = 4.
Sugestão: Aproveite seu trabalho na resolução da atividade **2**.

4 Reproduza no caderno o quadro seguinte e complete-o, considerando $T = 25\ °C$.

Sistema	$[H^+]$	$[OH^-]$	pH	pOH	Meio
$HClO_4$: 0,1 mol/L	10^{-1} mol/L	10^{-13} mol/L	1	13	ácido
água "pura"					
KOH: 0,001 mol/L					
H_2SO_4: $5 \cdot 10^{-5}$ mol/L					

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

Como funcionam os indicadores ácido-base

Os indicadores ácido-base são substâncias que mudam de cor de acordo com as alterações no pH da solução em que se encontram. O equilíbrio que envolve a mudança de cor pode ser representado por:

$$\underset{\text{cor } x}{HInd(aq)} \rightleftharpoons H^+(aq) + \underset{\text{cor } y}{Ind^-(aq)}$$

Para que uma substância desse tipo possa ser utilizada como indicador, é preciso que tenha como característica mudar de cor de modo rápido e visível: por acréscimo de ácido (os íons H^+ perturba o equilíbrio favorecendo a reação no sentido da forma molecular), assume a cor *x*; por acréscimo de base (os íons OH^- reagem com íons H^+ do meio, para formar água, e com isso favorecem a formação dos íons Ind^-), assume a cor *y*. Essas mudanças de cor devem ser visíveis, ocorrendo diante de pequenas alterações de pH.

No quadro a seguir, estão alguns exemplos desses indicadores e das cores que assumem, de acordo com o pH.

Alguns indicadores ácido-base			
Indicador	Cor		pH de mudança de cor
	Meio ácido	Meio básico	
alaranjado de metila	alaranjada	amarela	3,1 – 4,4
vermelho de metila	vermelha	amarela	4,2 – 6,3
azul de bromotimol	amarela	azul	6,0 – 7,6
fenolftaleína	incolor	rosa	8,3 – 10,0

Fonte: CHANG, R.; GOLSDBY, K. A. *Chemistry*. 12th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.

Como os indicadores mudam de cor em intervalos de pH bem específicos, conforme o meio em que se vá trabalhar, haverá indicadores mais adequados que outros. Assim, para verificar o pH da água de uma piscina, usa-se um indicador, e para determinar o pH da água de um aquário usa-se outro.

Os papéis indicadores universais de pH permitem medidas mais precisas de pH do que as que se podem conseguir com um único indicador (fenolftaleína ou alaranjado de metila, por exemplo). Neles, são empregadas misturas de diversos indicadores.

Muitas frutas e flores são fontes de indicadores ácido-base. A polpa de açaí serve para esse fim, inclusive a que é comercializada congelada. Observe, nas imagens a seguir, uma solução alcoólica obtida da polpa do açaí, que pode ser filtrada e usada como indicadora ácido-base.

FOTOS: DOTTA2/ARQUIVO

A adição de álcool à polpa de açaí promove a extração da solução indicadora ácido-base (imagem **A**). Na imagem **B**, à esquerda, à solução foi adicionado um componente ácido (cor vermelha) e à direita, um básico (verde). No centro, vemos a coloração marrom correspondente a um meio neutro.

MODERNA

LUCIANA WHITAKER/PULSAR IMAGENS

Estudante no laboratório de Química utilizando o peagâmetro para determinar o valor de pH de uma solução. Cáceres (MT), 2018.

Diferentemente do que muitos imaginam, as flores das hortênsias não têm cor fixa, e podem indicar o caráter ácido ou básico do solo onde estão plantadas, porque a cor depende dessa característica. Quando a solução do solo apresenta valores de pH abaixo de 5,5, as flores são mais azuladas. Já em valores acima de 6, são mais rosadas, chegando até a ser brancas.

A determinação precisa do pH de uma solução pode ser feita verificando-se a condutibilidade elétrica da solução em um pHmetro (peagâmetro). Veja na imagem ao lado uma estudante fazendo uma análise de pH com esse instrumento.

Comunicando ideias

Não escreva no livro.

As mentiras, as ditas *fake news*, das mais variadas naturezas têm se espalhado por nosso país e em grande parte do mundo, infelizmente.

Em muitas é difundida a ideia de que para prevenir doenças é importante ingerir "água alcalina". Essa ideia ganhou fôlego em mensagens de redes sociais por ocasião do início da pandemia de covid-19, que ocorreu em 2019, algumas delas "referendadas" por virem acompanhadas de nomes de falsos médicos e assim por diante. Abaixo, um fragmento dessas mensagens para que você indique os erros que elas contêm. Lembre-se se as frutas mencionadas têm ou não sabor ácido.

"A covid-19 é imune a organismos com um pH maior que 5,5."

"Precisamos comer mais alimentos alcalinos que nos ajudem a combater o vírus. Alguns dos quais são: limão (pH = 9,9); abacate (pH = 15,6), tangerina (pH = 8,0), abacaxi (pH = 12,7). Não guarde essa mensagem para você, compartilhe!"

1. Elenque todos os erros que perceber.
2. O pH de nosso estômago é ácido ou básico? Pesquise se há algum sentido bioquímico na afirmação de que é importante para nossa saúde ingerir água alcalina.
3. Com base nessa atividade, forme um grupo de estudantes e pesquisem informações incorretas divulgadas por meio de mensagens nas redes sociais sobre o pH e a ingestão de alimentos. Preparem uma exposição sobre o que aprenderam e a importância da verificação em fontes confiáveis de mensagens relativas à saúde quando não se sabe se são procedentes.

Soluções salinas são neutras?

O termo **neutralização**, quando empregado para indicar a reação entre ácido e base, pode dar a ideia de que, ao se obter um sal, chega-se a um meio neutro. Será que isso é sempre verdadeiro?

Lembre-se de que os agricultores costumam reduzir a acidez do solo acrescentando a ele cal (óxido de cálcio), um óxido básico, ou carbonatos, como o carbonato de cálcio ($CaCO_3$) por exemplo, na forma de calcário – o carbonato de cálcio, um sal, e outros carbonatos também funcionam como neutralizantes de íons H^+.

Da mesma forma, para reduzir a alcalinidade de um meio, pode-se acrescentar o sal cloreto de amônio (NH_4Cl).

Vamos raciocinar: de que ácido e de que base derivam os sais mencionados?

Na_2CO_3 { ácido fraco: H_2CO_3 ; base forte: NaOH

A solução de Na_2CO_3 é alcalina.

NH_4Cl { ácido forte: HCl ; base fraca: NH_4OH

A solução de NH_4Cl é ácida.

E no caso do NaCl?

NaCl { ácido forte: HCl ; base forte: NaOH

A solução de NaCl é neutra.

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

MODERNA

GERSON GERLOFF/PULSAR IMAGENS

Aplicação de calcário, basicamente $CaCO_3$, para reduzir a acidez do solo. Ronda Alta (RS), 2018.

Reflita sobre o seguinte: a reação de neutralização de solo com caráter ácido, usando o $CaCO_3$, pode ser assim equacionada:

$$CaCO_3(s) + 2\,H^+(aq) \longrightarrow Ca^{2+}(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

Simplificando, você pode raciocinar assim:

- Se um sal é derivado de ácido e base fortes, fornece soluções de caráter neutro.
- Quando o ácido é forte e a base é fraca (ou o inverso), a solução tem o caráter do eletrólito mais forte.

Na verdade, quando colocamos em água sais derivados de ácidos e/ou bases fracos, ocorre uma **reação de hidrólise**. Analise o exemplo a seguir.

- Sal derivado de base forte e ácido fraco:

KCH_3COO (acetato de potássio) derivado de:
- ácido acético: CH_3COOH
- hidróxido de potássio: KOH

Nesse caso obtém-se **meio básico**.

Generalizando, podemos dizer que quando um sal tem:

- **cátion derivado de base fraca**, por hidrólise, libera íons H^+:

$$B^+ + H_2O \rightleftharpoons BOH + H^+ \quad \textbf{pH < 7 (meio ácido)}$$

Exemplo: NH_4Cl aquoso (pH < 7).

- **ânion derivado de ácido fraco**, por hidrólise, libera íons OH^-:

$$A^- + H_2O \rightleftharpoons HA + OH^- \quad \textbf{pH > 7 (meio básico)}$$

Exemplo: KCN aquoso (pH > 7).

- **cátion derivado de base forte e ânion derivado de ácido forte não se hidrolisam**. Por essa razão, sais derivados de ácido forte e base forte fornecem meio neutro (pH = 7).

Exemplo: NaCl aquoso (pH = 7).

No caso de sal derivado de ácido fraco e base fraca, o meio resultante poderá ser neutro ou ligeiramente ácido ou básico, dependendo da relação entre os valores de K_a e K_b, respectivamente, do ácido e da base. Exemplo: NH_4CN.

Atividades

Não escreva no livro.

1. Tem-se uma solução de hidróxido de potássio (KOH) cujo pH é 13, a 25 °C. Se 1 L dessa solução for diluído até que o volume seja 10 L, qual será o novo pH da solução?

2. Informe se cada um dos sais abaixo, em solução aquosa, fornece meio ácido, básico ou neutro:

   a) KNO_3 b) Na_2S

3. As aftas, ulcerações que se formam na mucosa bucal, podem ter muitas causas, por isso quem tem aftas com frequência deve procurar orientação médica. Embora existam medicamentos eficientes para fazê-las cicatrizar, muitas pessoas ainda costumam colocar bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) sobre as aftas para combatê-las. Raciocinando com base no processo de hidrólise desse sal, explique a base química desse uso.

4. Considerando que cada enzima atua mais eficientemente em determinada faixa de pH, pesquise e explique por que a aplicação de ácido cítrico em frutas cortadas evita o escurecimento da parte da fruta exposta ao ar.

Fique por dentro

Le Chatelier e a temperatura
<https://www.youtube.com/watch?v=N88Vy2-Q_xs>

O vídeo mostra um experimento em que é possível observar o efeito da alteração da temperatura no equilíbrio químico entre os gases dióxido de nitrogênio e tetróxido de dinitrogênio, um dos exemplos analisados neste livro.

Le Chatelier e a pressão
<https://www.youtube.com/watch?v=zCzYMZHQWmk>

O vídeo mostra um experimento em que é possível visualizar o efeito da pressão em um equilíbrio químico.

Acessos em: 24 ago. 2020.

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

MODERNA

1 Leia este fragmento extraído de uma notícia e faça o que se pede.

.....

Alta taxa de acidez no rio Negro só permite banhos de até meia hora, diz engenheiro ambiental

Apesar de existir risco à pele, a acidez atua como um controlador de ***vetores****, o que pode justificar a quase inexistência do* ***vibrião colérico*** *em regiões banhadas pelo rio mais simbólico de Manaus*

Se medirmos o pH (potencial de hidrogênio) de um limão, o grau de acidez é de aproximadamente 2,2. O mesmo teste, feito nas águas do rio Negro, em horário de muito sol, registrou em torno de 4,2. É um nível muito alto, mesmo considerando que, na escala (que vai de 0 a 7), os valores sejam invertidos, ou seja, quanto mais próximo de zero, mais ácido. Conclusão: a acidez de um limão é apenas duas vezes maior que a do rio Negro.

BRILHANTE, Nelson. *A Crítica*. Manaus, 26 abr. 2015. Disponível em: <https://www.acritica.com/channels/manaus/news/alta-taxa-de-acidez-no-rio-negro-so-permite-banhos-de-ate-meia-hora-diz-engenheiro-ambiental>. Acesso em: 20 jun. 2020.

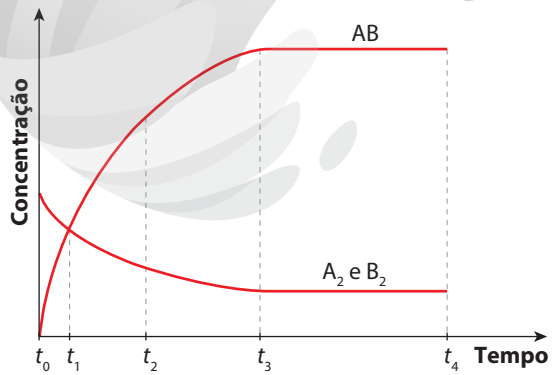
a) Corrija o equívoco químico que consta do texto.

b) Que vantagem há em o pH da água do rio Negro ser baixo?

c) O título dessa notícia é representado pela fala de um engenheiro ambiental. Você sabe quais são as funções principais de um engenheiro ambiental? Pesquise o que faz um profissional dessa área e as habilidades que deve ter para exercer bem suas funções e elabore um texto com essas informações.

2 (UFPA) O gráfico abaixo refere-se ao comportamento da reação

$$\text{“}A_2 + B_2 \rightleftharpoons 2\ AB\text{”}.$$



Pode-se afirmar que o equilíbrio dessa reação será alcançado quando o tempo for igual a

a) t_0. **b)** t_1. **c)** t_2. **d)** t_3. **e)** t_4.

3 (PUC-SP) Uma das reações utilizadas para a demonstração de deslocamento de equilíbrio, devido à mudança de cor, é a representada pela equação a seguir:

$$2\ CrO_4^{2-}(aq) + 2\ H^+(aq) \rightleftharpoons Cr_2O_7^{2-}(aq) + H_2O(l)$$

sendo que o cromato (CrO_4^{2-}) possui cor amarela e o dicromato ($Cr_2O_7^{2-}$) possui cor alaranjada.

Sobre esse equilíbrio foram feitas as seguintes afirmações:

I. A adição de HCl provoca o deslocamento do equilíbrio para a direita.

II. A adição de NaOH resulta na cor alaranjada da solução.

III. A adição de HCl provoca o efeito do íon comum.

IV. A adição de dicromato de potássio não desloca o equilíbrio.

As afirmações corretas são:

a) I e II. **b)** II e IV. **c)** I e III. **d)** III e IV.

4 (UPE) É comum ocorrer a eructação, mais conhecida por arroto, após a ingestão de refrigerante. A água gaseificada é um componente importante dos refrigerantes. Ela é produzida pela mistura de água e gás carbônico, sob baixa temperatura, em que se estabelece o seguinte equilíbrio químico:

$$2\ H_2O(l) + CO_2(g) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

Considerando o equilíbrio químico indicado, um dos fatores que NÃO influencia na eructação após a ingestão de refrigerantes é a(o)

a) elevação da temperatura no interior do estômago.

b) acréscimo da concentração de íons hidrônio por causa do suco gástrico.

c) presença do ácido clorídrico que funciona como catalisador para a reação inversa.

d) aumento do volume no interior do estômago em comparação com o refrigerante envasado.

e) diminuição da pressão no interior do estômago em comparação com o refrigerante envasado.

5 (UFPE) Industrialmente, a síntese da amônia é realizada através da reação: $N_2(g) + 3\ H_2(g) \rightleftharpoons 2\ NH_3(g)$. Assumindo que esta reação tenha atingido o equilíbrio, podemos dizer que:

0-0) a adição de mais nitrogênio provocará a formação de mais amônia.

1-1) a remoção de amônia provocará a formação de mais amônia.

2-2) a adição de um catalisador irá provocar a formação de mais amônia.

3-3) um aumento de temperatura irá favorecer a reação no sentido exotérmico.

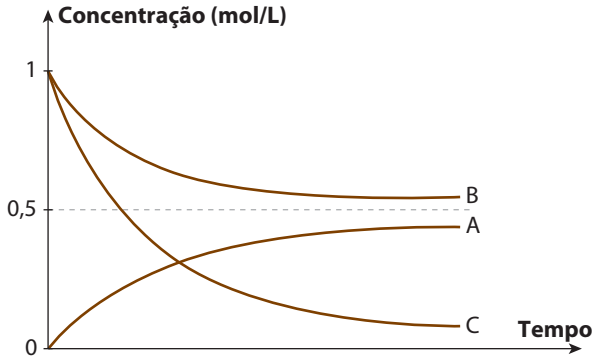
4-4) uma diminuição do volume reacional irá provocar a formação de mais amônia.

ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

MODERNA

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

6 (PUC-SP) Durante uma transformação química, as concentrações das substâncias participantes foram determinadas ao longo do tempo. O gráfico abaixo resume os dados obtidos ao longo do experimento.



NELSON MATSUDA

A respeito do experimento, foram feitas algumas afirmações:

I. A e B são reagentes e C é o produto da reação estudada.

II. A reação química estudada é corretamente representada pela equação: B + 2 CA.

III. Não houve consumo completo dos reagentes, sendo atingido o equilíbrio químico.

IV. A constante de equilíbrio dessa reação, no sentido da formação de A, nas condições do experimento é menor do que 1.

Estão corretas apenas as afirmações:

a) I e IV.

b) II e III.

c) II e IV.

d) III e IV.

7 (Enem) Após seu desgaste completo, os pneus podem ser queimados para a geração de energia. Dentre os gases gerados na combustão completa da borracha vulcanizada, alguns são poluentes e provocam a chuva ácida. Para evitar que escapem para a atmosfera, esses gases podem ser borbulhados em uma solução aquosa contendo uma substância adequada. Considere as informações das substâncias listadas no quadro.

Substância	Equilíbrio em solução aquosa	Valor da constante de equilíbrio
Fenol	$C_6H_6OH + H_2O \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H_3O^+$	$1{,}3 \cdot 10^{-10}$
Piridina	$C_5H_5N + H_2O \rightleftharpoons C_5H_5NH^+ + OH^-$	$1{,}7 \cdot 10^{-9}$
Metilamina	$CH_3NH_2 + H_2O \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + OH^-$	$4{,}4 \cdot 10^{-4}$
Hidrogenofosfato de potássio	$HPO_4^{2-} + H_2O \rightleftharpoons H_2PO_4^- + OH^-$	$2{,}8 \cdot 10^{-2}$
Hidrogenosulfato de potássio	$HSO_4^- + H_2O \rightleftharpoons SO_4^{2-} + H_3O^+$	$3{,}1 \cdot 10^{-2}$

Dentre as substâncias listadas no quadro, aquela capaz de remover com maior eficiência os gases poluentes é o(a)

a) fenol.

b) piridina.

c) metilamina.

d) hidrogenofosfato de potássio.

e) hidrogenosulfato de potássio.

8 (PUC-RJ) Cloreto de sódio é um sal muito solúvel em água e os seus íons não reagem com os íons da água. Considerando o sistema aquoso com $[H^+] = [OH^-]$ e, sendo $[H^+]\,[OH^-] = 10^{-14}$, a 25 °C, o pH de uma solução aquosa de NaCl, nessa temperatura, é

a) 2. **c)** 11. **e)** 7.

b) 5. **d)** 9.

9 (Ifal) O potencial de hidrogênio (pH) das soluções é dado pela função: $pH = -\log[H^+]$, onde $[H^+]$ é a concentração do cátion H^+ ou H_3O^+ na solução. Se, em uma solução, a concentração de H^+ é $2 \cdot 10^{-8}$, qual o pH dessa solução?

Adote: log 2 = 0,3.

a) 2,4. **c)** 6,7.

b) 3,8. **d)** 7,7.

Próximos passos

Neste capítulo foram abordadas as propriedades dos equilíbrios químicos, tanto do ponto de vista submicroscópico quanto as que podemos observar sem a ajuda de qualquer equipamento óptico. No próximo, sua jornada irá encaminhá-lo aos equilíbrios em outra dimensão, a planetária e interplanetária.

Mas, antes, volte ao início do capítulo e verifique se está mais apto a responder às questões propostas na seção **Para começo de conversa** do que antes de estudar este capítulo. Elabore também um resumo dos principais pontos abordados no capítulo.

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

MODERNA

CAPÍTULO
3

Movimento circular e gravitação universal

PAULO EDUARDO CANEDO NABAS/ALAMY/FOTOARENA

A Lua gira em torno da Terra sempre mostrando a mesma face para o observador. (Ribeirão Preto, SP, 2020.)

BNCC:
EM13CNT101
EM13CNT201
EM13CNT204
EM13CNT205
EM13CNT209
EM13CNT301
EM13CNT306

Veja respostas e comentários para as atividades do capítulo no **Suplemento do Professor**.

Para começo de conversa

A afirmação de que a Lua gira em torno da Terra não costuma gerar espanto. Mas, se ouvisse que a Lua está caindo em direção à Terra, você ficaria preocupado?

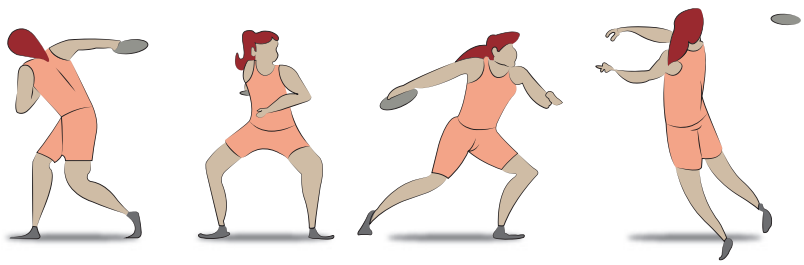
Você já parou para pensar em qual tipo de força mantém um corpo girando? Ou o que ocorre com um corpo girando se, de repente, essa força desaparecer? Como os satélites artificiais que orbitam nosso planeta conseguem se manter em órbita?

Neste capítulo você estudará as forças que "seguram" os corpos quando giram em torno de algum ponto, como é o caso da Lua, que orbita em torno da Terra.

O giro e a força centrípeta

De acordo com a 1ª lei de Newton ou lei da inércia, a tendência natural dos corpos em movimento é permanecer na velocidade em que estão e em movimento retilíneo. Ao realizar movimento circular, o corpo é forçado a executar um círculo, embora sua tendência seja manter a trajetória em linha reta.

HENRY BROWNE/GETTY IMAGES



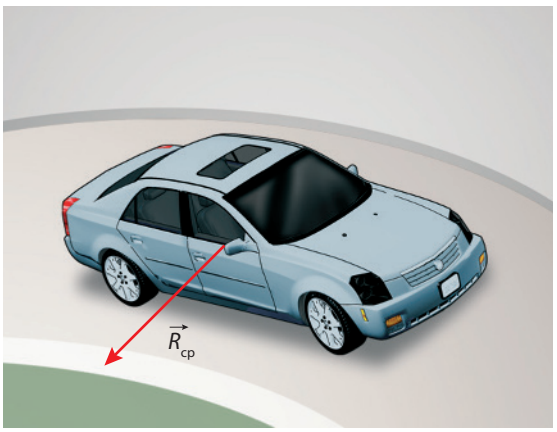
ILUSTRAÇÕES: SELMA CAPARROZ

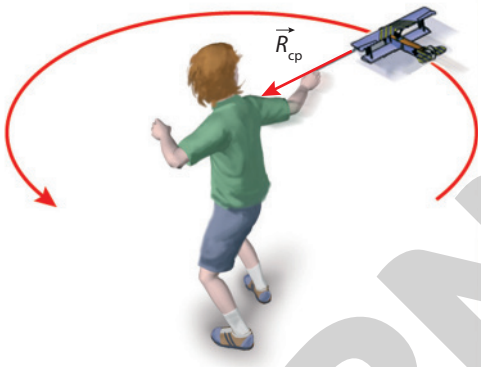
No lançamento de um disco, a atleta olímpica gira duas vezes sobre seus pés antes de arremessar o disco, que, a partir de então, segue na linha tangente ao arco traçado anteriormente pela mão da atleta (Londres, 2018). (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Para que os veículos consigam fazer curvas, para que possamos nos divertir nos brinquedos dos parques ou ainda para que uma pedra presa a um barbante seja girada, é indispensável que a direção do vetor velocidade varie, alterando, assim, a direção do movimento. Para que essa mudança de direção se realize, é necessário que sobre o móvel atue uma força resultante em uma direção perpendicular ao vetor velocidade. Essa força é denominada **resultante centrípeta**, $\mathbf{R_{cp}}$, tem direção radial e sentido para o centro da curva.

RESULTANTE CENTRÍPETA

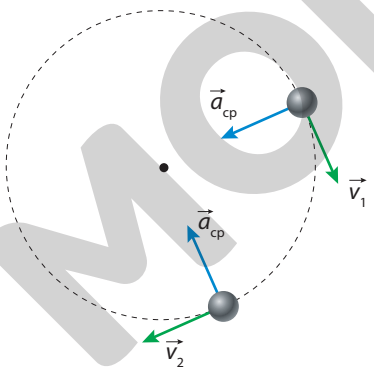
ILUSTRAÇÕES: MANGA





A resultante centrípeta é responsável por mudar a direção do vetor velocidade.
(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

De acordo com a 2ª lei de Newton, a força resultante provoca aceleração no corpo em que está sendo aplicada. No caso de movimentos circulares, chamamos essa aceleração responsável pela variação da direção da velocidade de **aceleração centrípeta**. Como mostra a figura a seguir, a direção e o sentido dessa aceleração são os mesmos da resultante centrípeta; portanto, a direção é radial, ou seja, perpendicular ao vetor velocidade e tem sentido para o centro da circunferência.



ALEX ARGOZINO E MÁRIO KANNO

O módulo ou intensidade da aceleração centrípreta é expresso por:

$$a_{cp} = \frac{v^2}{R}$$

Assim, por exemplo, se um corpo de massa 2 kg desenvolve movimento circular uniforme com velocidade de módulo 10 m/s em uma circunferência de raio 20 m, a aceleração centrípeta desse objeto terá intensidade constante e igual a:

$$a_{cp} = \frac{v^2}{R} \Rightarrow a_{cp} = \frac{10^2}{20} \Rightarrow a_{cp} = \frac{100}{20} \therefore a_{cp} = 5\frac{m}{s^2}$$

Já a força resultante centrípeta também possui valor constante e igual a:

$$F_R = m \cdot a \Rightarrow F_R = 2 \cdot 5 \therefore F_R = 10\ N$$

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

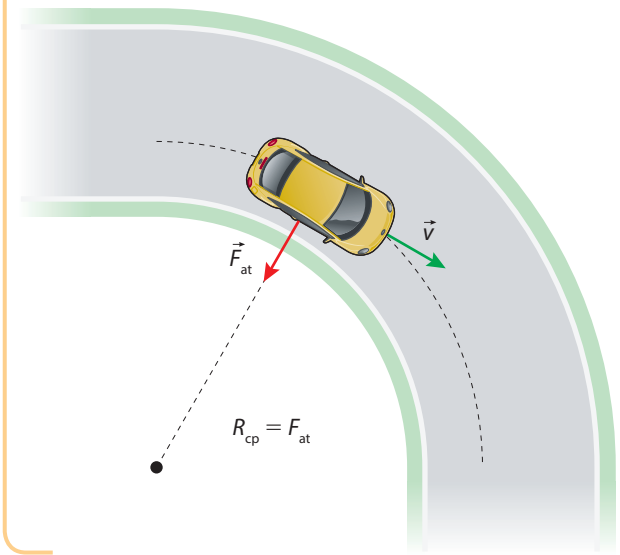
MODERNA

A força centrípeta em ação

Atrito como resultante centrípeta

ATUAÇÃO DA FORÇA CENTRÍPETA

LUIZ RUBIO



A força centrípeta que atua no carro ocorre devido ao atrito dos pneus com o solo. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Para que um automóvel faça uma curva sem derrapar, é preciso que alguma força atue sobre ele, segurando-o para que não saia pela tangente à curva. Essa força é a força de atrito estático lateral que a pista aplicará aos pneus.

Considerando que, em situações como essa, as forças peso e normal estão em equilíbrio e têm direção vertical, a resultante de forças sobre o automóvel é a resultante centrípeta.

Sabemos que dois fatores interferem no valor da aceleração centrípeta de um automóvel em uma curva: o raio da curva (R) e o módulo de sua velocidade (v).

Isto é, quanto maior o módulo da velocidade, maior a aceleração centrípeta, e quanto maior o raio da curva, menor o valor da aceleração centrípeta.

MICHAEL REGAN/GETTY IMAGES

Quanto maior o raio da trajetória, menor a resultante centrípeta. Por isso, os pilotos de corrida procuram fazer as curvas com menor raio possível. (Mônaco, 2019.)

Para que, por exemplo, um automóvel efetue uma curva de raio 40 m em uma pista plana na condição em que o coeficiente de atrito entre os pneus e a pista seja igual a 0,6, a velocidade do automóvel não deve ultrapassar certo valor, sob pena de ocorrer derrapagem. Qual é esse valor? Podemos obtê-lo considerando que a força de atrito estático máxima ($F_{at} = \mu \cdot N$) é a resultante centrípeta $\left(R_{cp} = m \cdot a_{cp} = m \cdot \frac{v^2}{R}\right)$, assim:

$$F_{at} = R_{cp} \Rightarrow \mu \cdot N = m \cdot \frac{v^2}{R} \Rightarrow$$

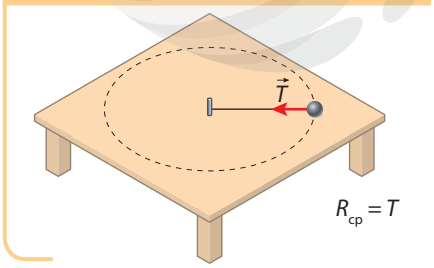
$$\Rightarrow \mu \cdot m \cdot g = m \cdot \frac{v^2}{R} \Rightarrow v^2 = \mu \cdot R \cdot g \Rightarrow v = \sqrt{\mu \cdot R \cdot g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{0{,}6 \cdot 40 \cdot 10} \therefore v \simeq 15{,}5 \text{ m/s}$$

Na condição descrita, a velocidade-limite para que o automóvel complete a curva, sem derrapar, é de, aproximadamente, 15,5 m/s, cerca de 56 km/h.

TRAÇÃO

LUIZ RUBIO



A tração é a resultante centrípeta que mantém a bola girando. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Tração como resultante centrípeta

No caso de um corpo amarrado por um fio e que gira em um plano horizontal, a força que o impede de continuar em linha reta é a força de tração no fio. Assim, não havendo outras forças na direção radial, a força de tração é a resultante centrípeta.

Se o corpo gira, na condição representada na figura ao lado, com velocidade 8 m/s em uma circunferência de raio 0,5 m, e sua massa é de 200 g ou 0,2 kg, a força de tração na corda tem a seguinte intensidade:

$$T = R_{cp} \Rightarrow T = m \cdot \frac{v^2}{R} \Rightarrow T = 0{,}2 \cdot \frac{8^2}{0{,}5} \therefore T = 25{,}6 \text{ N}$$

MODELINA

Observe agora a figura ao lado que mostra um corpo girando no plano vertical amarrado a uma corda. Deverão ser consideradas as forças peso e de tração na corda, além dos pontos em que o corpo descreve seu movimento. No ponto mais baixo, por exemplo, a resultante centrípeta é a diferença entre os módulos da força tração (T) e da força peso (P), enquanto no ponto mais alto, a resultante centrípeta é a soma dos módulos dessas duas forças.

Na condição de um movimento na vertical, é comum que o maior valor de tração na corda ocorra no ponto mais baixo, e que o menor valor ocorra no ponto mais alto da circunferência traçada pelo corpo.

Por exemplo, vamos calcular o valor da força de tração nesses dois pontos no caso em que o raio da órbita é $R = 0{,}5$ m, a massa do corpo é $m = 2{,}0$ kg, a aceleração da gravidade é $g = 10$ m/s^2 e supor que o módulo da velocidade seja 6,0 m/s nos dois pontos. Assim, no ponto mais baixo, temos:

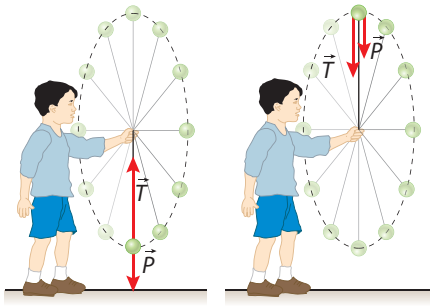
$$T - P = m \cdot \frac{v^2}{R} \Rightarrow T - 20 = 2 \cdot \frac{6^2}{0{,}5} \Rightarrow T = 144 + 20 \therefore T = 164 \text{ N}$$

Já no ponto mais alto, temos:

$$T + P = m \cdot \frac{v^2}{R} \Rightarrow T + 20 = 2 \cdot \frac{6^2}{0{,}5} \Rightarrow T = 144 - 20 \therefore T = 124 \text{ N}$$

ROTAÇÃO NO PLANO VERTICAL

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO



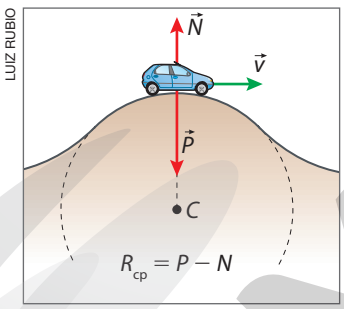
$R_{cp} = T - P$ $\quad$ $R_{cp} = T + P$

No caso de uma rotação no plano vertical, devemos analisar o ponto em que está o objeto. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

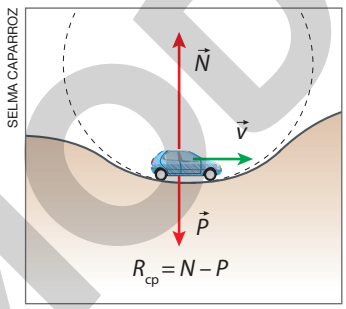
Normal como resultante centrípeta

Se um automóvel atingir um ponto elevado de uma pista em formato de arco de circunferência, por inércia, sua tendência será continuar em linha reta. Isso não ocorrerá se a resultante entre as forças peso e normal apontar para o centro da trajetória. Também quando o automóvel atinge o ponto mais baixo de uma depressão cujo traçado possa ser considerado um arco de circunferência, a resultante de forças aponta para o centro da curva. A diferença entre um e outro caso está na ordem das forças na subtração.

LUIZ RUBIO



SELMA CAPARROZ



Se o automóvel permanece na curva, a força de maior intensidade é aquela que o "puxa" para dentro da curva. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

No caso, por exemplo, de um automóvel de 1 tonelada que no ponto mais alto de uma lombada de raio 5 m desenvolva velocidade de 4 m/s, a resultante centrípeta tem o módulo:

$$R_{cp} = m \cdot \frac{v^2}{R} \Rightarrow R_{cp} = 1.000 \cdot \frac{4^2}{5} \therefore R_{cp} = 3.200 \text{ N}$$

A reação do apoio nesse caso, isto é, a força normal, pode ser assim obtida:

$$R_{cp} = P - N \Rightarrow 3.200 = 10.000 - N \Rightarrow N = 6.800 \text{ N}$$

Note que o módulo da força normal é, nesse caso, menor do que o módulo do peso do automóvel. Alguém sentado no banco do automóvel, nesse momento, se sentirá levantando do assento devido à diminuição da força que exercerá no apoio em comparação com seu peso.

Se o mesmo automóvel estiver desenvolvendo também velocidade de 5 m/s, mas, em vez de estar no ponto mais alto da lombada, estiver no ponto mais baixo de uma depressão de raio 5 m, a reação do apoio será:

$$R_{cp} = N - P \Rightarrow 3.200 = N - 10.000 \Rightarrow N = 13.200 \text{ N}$$

Agora, no fundo da depressão, um passageiro estará pressionando o assento do automóvel com uma força maior do que seu peso.

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

MODERNA

Não escreva no livro.

A força *g* e o movimento circular

Dentro de um automóvel, ao fazer uma curva, você é "empurrado" para fora dela: se a curva é para a esquerda, você vai para a direita, e vice-versa.

Embora a inércia de nossos corpos nessa situação não seja uma força, ela é tratada como tal por engenheiros e especialistas na área de automobilismo e recebe o nome de **força *g***. Aqui, ***g*** é a aceleração da gravidade. Embora a expressão utilizada contenha a palavra força, sabemos que ela corresponde a uma aceleração.

Em competições de Fórmula 1, é comum os pilotos serem submetidos à força *g* de valores iguais a 6,5 *g*, ou seja, 6,5 vezes a aceleração da gravidade ($6{,}5\ g \cdot 9{,}8\ m/s^2 = 63{,}7\ m/s^2$). Uma pessoa com 70 kg de massa sofrendo essa aceleração está sob a ação de uma força lateral de aproximadamente 6,5 vezes seu peso.

Médicos e especialistas que trabalham durante os campeonatos de F1 ou de outras categorias concentram suas preocupações em dois efeitos fisiológicos sobre os pilotos: a circulação sanguínea e os músculos do pescoço. No primeiro caso, o próprio sangue do piloto sofre os efeitos da inércia e tende a se concentrar mais de um lado do que de outro, quando este realiza uma curva a grandes velocidades. No entanto, os especialistas dizem que o piloto está habituado a grandes acelerações, uma vez que começam a competir desde muito cedo, fazendo com que o corpo se adapte a acelerações dessa magnitude.

Embora a cabeça do piloto esteja presa ao corpo pelos ossos da coluna, ela não está fixada ao chassi do carro, como no caso do restante do corpo, preso pelo cinto de segurança. A consequência é que a cabeça sofre muito os efeitos da inércia, principalmente durante as curvas, sendo jogada de um lado para outro. Os competidores desse tipo de esporte fazem grandes esforços com os músculos do pescoço para, literalmente, manter a cabeça no lugar. Embora isso seja resolvido com treinamento físico adequado, existe preocupação com relação à amplitude do movimento da cabeça, e como isso pode levar a lesões na coluna. Na década de 1980, diversas categorias passaram a utilizar um dispositivo conhecido como HANS (*Head and Neck Support* – Suporte de cabeça e pescoço), que tem por objetivo diminuir sensivelmente a amplitude do movimento do pescoço.

Os pilotos de aviões de caça também sofrem os efeitos da força *g*. Para impedir mudanças bruscas do fluxo sanguíneo, os macacões desses pilotos possuem sistemas que apertam as articulações nos cotovelos e joelhos.

1. Qual valor de velocidade um automóvel de competições desenvolverá em uma curva de 50 m de raio se está atuando sobre o piloto uma aceleração de 1,25 *g*?

2. Em uma prova de automobilismo, um automóvel acelera na largada de 0 a 180 km/h em 5,0 segundos. Em uma das curvas do circuito, com raio de 100 m, o piloto desenvolve velocidade de 180 km/h. Qual é o valor da aceleração do automóvel na largada e qual é o valor da aceleração na curva? Compare os valores com a aceleração denominada **força *g***.

JEFFREY VEST/ICON SPORTSWIRE/GETTY IMAGES

OSKAR SCHULER/SHUTTERSTOCK

O dispositivo HANS é um item de segurança obrigatório usado por pilotos de competição. (Bélgica, 2018.)

YURI SMITYUK/TASS/GETTY IMAGES

O macacão do piloto de aviões de caça ajuda a impedir mudanças bruscas do fluxo sanguíneo. (Rússia, 2020.)

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

MODERNA

Atividades

Não escreva no livro.

1 Identifique a resultante centrípeta sobre o motorista de um automóvel que faz uma curva como mostra a figura. Suponha que, imprudentemente, ele não use cinto de segurança.

(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

2 Uma pedra de massa 200 g é amarrada a um cordão de 30 cm de comprimento e posta a girar em um plano vertical com velocidade de 6 m/s. Considere $g = 10\ m/s^2$ e calcule:

a) a tração no fio no ponto mais baixo da trajetória;

b) a tração no fio no ponto mais alto da trajetória;

c) a velocidade mínima da pedra no ponto mais alto da trajetória para que ela continue a descrever o movimento circular.

3 Em um parque de diversões, um trecho da montanha-russa faz um *looping* de raio igual a 8 m, que é percorrido pelo carrinho com uma velocidade constante de 12 m/s.

Determine a intensidade da compressão que um passageiro de massa 80 kg exerce sobre o banco do carrinho quando ele está no ponto mais alto e quando está no ponto mais baixo do *looping*.

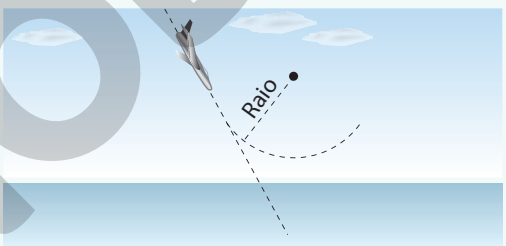
CANBEDONE/SHUTTERSTOCK

Montanha-russa em parque de diversões (Itália, 2016).

4 Qual é o valor da máxima velocidade, em km/h, que um automóvel pode desenvolver em uma pista circular de raio 120 m sem derrapar, se o coeficiente de atrito entre o piso e os pneus do automóvel é igual a 0,6? (Dado: $g = 10\ m/s^2$.)

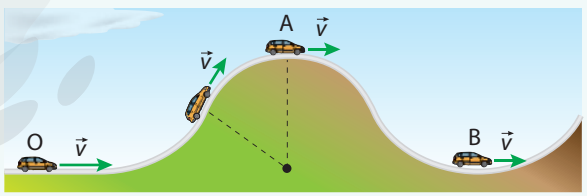
5 Durante uma manobra, um avião descreveu a trajetória ilustrada na figura.

Sabendo que, ao passar pelo ponto mais baixo da trajetória, a velocidade do avião era de 504 km/h e considerando o raio do círculo igual a 250 m, determine a força que o assento do avião exerce sobre o piloto cuja massa é de 70 kg. Compare essa força com o peso do piloto.



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

6 Um carro de massa $m = 1.500$ kg percorre, acelerando, um trecho de uma estrada. Nos trechos curvilíneos, os arcos de circunferência têm raios $R = 250$ m.



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Considere $g = 10\ m/s^2$ e despreze o atrito entre a pista e o carro.

a) Qual é a velocidade máxima que o carro pode atingir no ponto A sem perder o contato com a pista?

b) Se no trecho AB o carro mantiver a velocidade máxima que pode ser atingida em A, qual será a intensidade da reação do piso da estrada sobre o carro na posição B? Compare com o valor da reação do piso em O (trecho retilíneo).

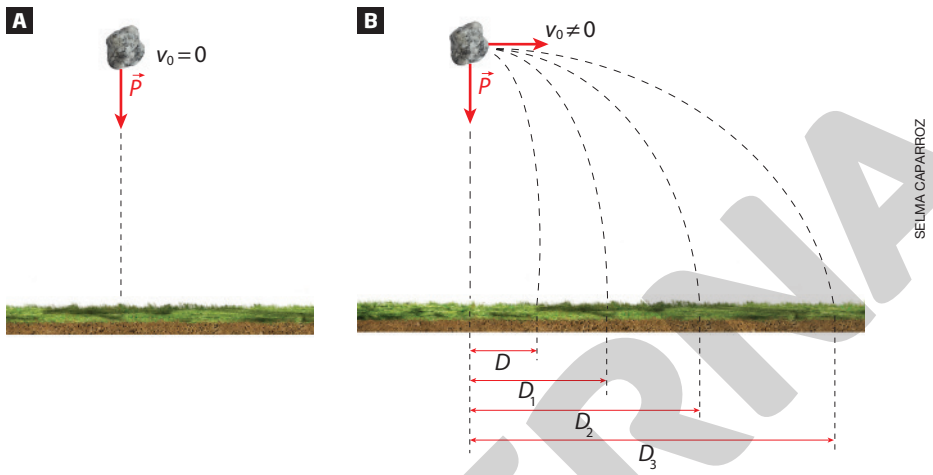
ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

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

MODERNA

A Lua cai mesmo?

Ao elevarmos um corpo até certa altura e depois o soltarmos, sabemos que ele cairá para a superfície da Terra; o peso do corpo é a força de atração entre o corpo e a Terra. Sabemos também que, se lançarmos horizontalmente o corpo a partir de certa altura, ele traçará um percurso em forma de parábola e cairá mais adiante; quanto maior for a velocidade inicial (v_0) do lançamento, maior também será a distância horizontal (d) percorrida.



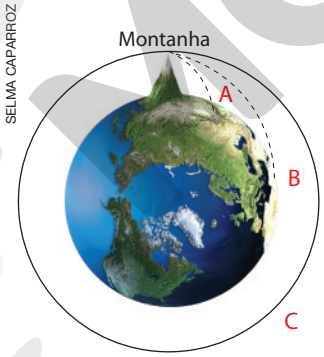
SELMA CAPARROZ

(**A**) Um corpo solto em determinada altura sofre atração gravitacional da Terra e cai em direção à superfície da Terra. (**B**) Lançando esse mesmo corpo horizontalmente, notamos que a distância horizontal percorrida no lançamento depende do valor da velocidade: maior velocidade, maior distância. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Imagine agora que o corpo seja levado até um ponto bastante distante da superfície da Terra e que a ele seja atribuída uma velocidade de lançamento possível de ser aumentada sem limites. Como vai variar a distância horizontal nesse caso?

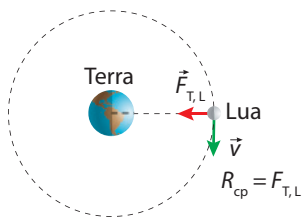
Essa ideia do corpo lançado com velocidade que lhe permita cair e acompanhar a curvatura da Terra serviu para Isaac Newton (1642-1727) comparar a queda de uma maçã com a queda da Lua e desenvolver a ideia de que as forças em um e outro caso são de mesma natureza.

FORÇA DE ATRAÇÃO



SELMA CAPARROZ

Se a velocidade de lançamento for suficientemente alta, o corpo cairá e não atingirá a superfície da Terra, podendo entrar em órbita. (Representação fora de proporção; cores fantasia).



LUIZ RUBIO

A força de atração da Terra sobre a Lua é a resultante centrípeta que mantém a Lua na órbita da Terra. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

A força de atração com que a Terra atrai a Lua age como a força centrípeta que mantém a Lua em sua órbita, de maneira análoga ao atrito que segura o automóvel na curva ou à tração na corda amarrada a um corpo que gira.

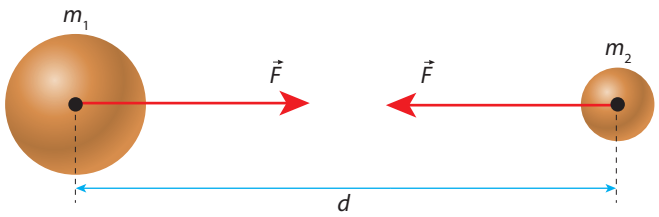
Newton estabeleceu que entre duas massas quaisquer, estejam elas na Terra ou no espaço vazio, sempre haverá uma interação gravitacional.

Dois corpos se atraem com forças gravitacionais que são diretamente proporcionais ao produto de suas massas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre eles.

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

De modo geral, para quaisquer dois corpos de massas m_1 e m_2, separados por uma distância d, temos:

$$F_{grav} \propto \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$



RICARDO YORIO

Por se tratar de um par ação-reação, as forças gravitacionais trocadas entre os corpos de massa m_1 e m_2 têm o mesmo módulo.

Caixa de ferramentas

A letra grega $\propto$ indica a proporcionalidade.

No caso da Terra e da Lua, de massas M_T e M_L, respectivamente, e com a distância média entre os centros dos dois astros igual a R_{TL}, o módulo da força de atração (F_{grav}) é:

$$F_{grav} = G\frac{M_T \cdot M_L}{(R_{TL})^2},$$

sendo G uma constante de proporcionalidade, denominada **constante de gravitação universal**, igual a $6{,}67 \cdot 10^{-11}$ com unidades do SI.

Qual é, então, a intensidade da força mútua entre Terra e Lua? Dadas a massa da Terra $M_T = 6{,}0 \cdot 10^{24}$ kg, a massa da Lua $M_L = 7{,}0 \cdot 10^{22}$ kg e a distância entre o centro dos corpos $R_{TL} = 4{,}0 \cdot 10^{8}$ m, temos:

$$F_{grav} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6{,}0 \cdot 10^{24} \cdot 7{,}0 \cdot 10^{22}}{(4{,}0 \cdot 10^{8})^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{grav} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{42 \cdot 10^{46}}{16 \cdot 10^{16}} \Rightarrow F_{grav} \simeq 1{,}8 \cdot 10^{20}\ \text{N}$$

A lei da gravitação universal de Newton garante que basta possuir massa para atrair e ser atraído, universalizando, assim, as forças trocadas entre os corpos. Não há mais, depois de Newton, distinção entre as leis que regem os movimentos na Terra e no Cosmo. Uma lei simples e única fornece a explicação para as interações gravitacionais entre todos os corpos do Universo.

Comunicando ideias

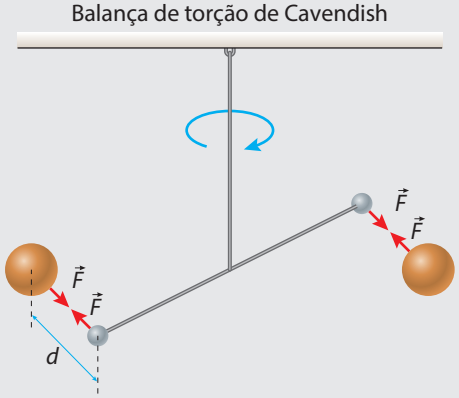
Não escreva no livro.

O valor da constante de gravitação universal, G, foi obtido pela primeira vez de maneira precisa em um experimento idealizado pelo físico inglês Henry Cavendish (1731-1810), no século XVIII. Ele construiu uma balança de torção muito sensível que media forças de ínfimos valores. Em suas extremidades, colocou dois pares de corpos que se atraíam a uma distância inicial d.

A força de atração gravitacional provocou um deslocamento da massa menor em direção à maior (que estava fixa). Esse deslocamento provocou uma torção no fio. Conhecendo o ângulo de torção, Cavendish determinou a intensidade da força de atração entre as massas e, a partir dessa força, calculou o valor de G.

Calcule a força de atração gravitacional entre duas pessoas, ambas com massa de 80 kg, separadas por 2 m. Como você explicaria que, apesar de existir a força de atração, as pessoas não se deslocam uma em direção à outra?

Balança de torção de Cavendish



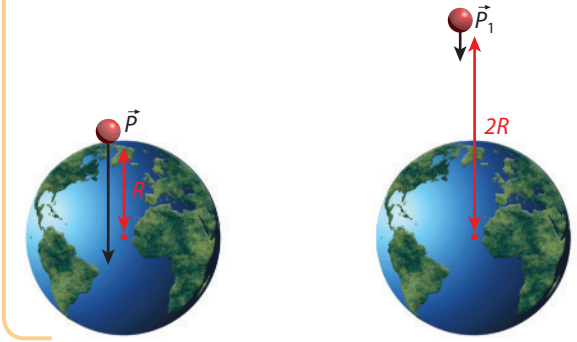
ALEX ARGOZINO E MÁRIO KANNO

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

MODERNA

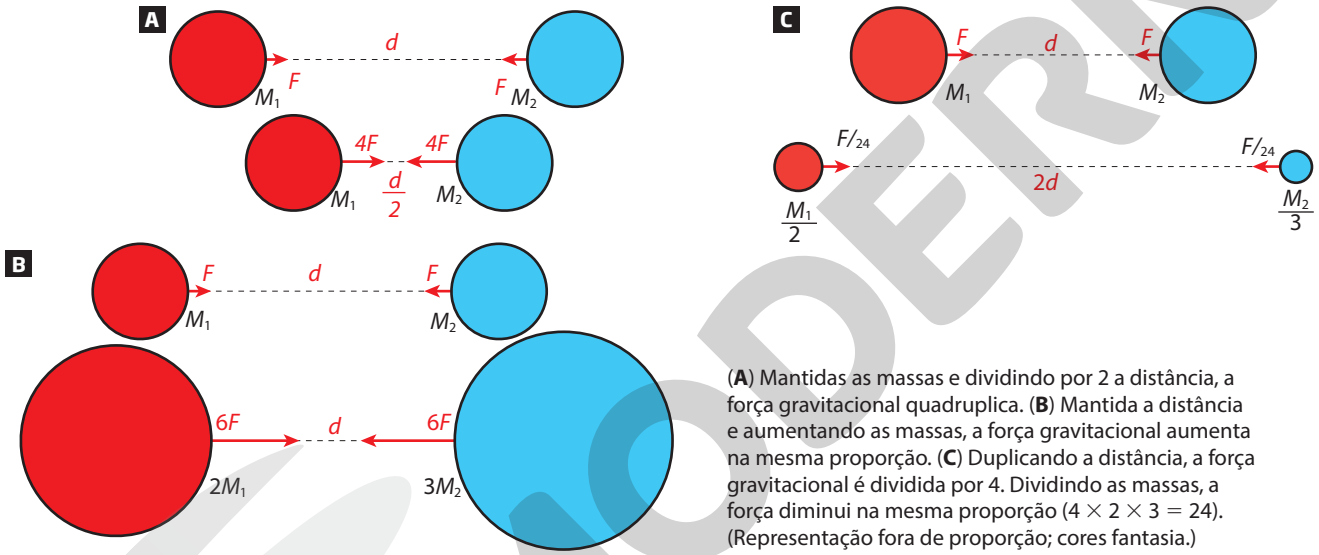
A relação de proporcionalidade inversa do quadrado permite concluirmos, por exemplo, que, se a força de atração gravitacional sobre um corpo de massa 4 kg é, na superfície da Terra, igual a 40 N, esta força será reduzida à quarta parte caso o corpo seja elevado a uma altitude igual ao raio da Terra.

FORÇA GRAVITACIONAL DA TERRA



Dobrando a distância ao centro da Terra, a força gravitacional sobre um corpo diminui 4 vezes, na imagem $P_1 = \frac{P}{4}$. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Observe nas figuras a seguir como as alterações das massas e da distância entre dois corpos interfere no módulo da força de atração gravitacional entre eles.



(**A**) Mantidas as massas e dividindo por 2 a distância, a força gravitacional quadruplica. (**B**) Mantida a distância e aumentando as massas, a força gravitacional aumenta na mesma proporção. (**C**) Duplicando a distância, a força gravitacional é dividida por 4. Dividindo as massas, a força diminui na mesma proporção ($4 \times 2 \times 3 = 24$). (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Atividades

Não escreva no livro.

1 O peso de um corpo é a força com que ele é atraído em direção ao centro do planeta. Sabemos, por exemplo, que uma pessoa de 60 kg de massa tem peso aproximado de 600 N. Aplicando a expressão da lei da gravitação universal, calcule a força gravitacional com que uma massa de 60 kg, na superfície da Terra, é atraída para o centro do planeta.
Considere, para os cálculos, $M_{Terra} = 6 \cdot 10^{24}$ kg, raio da Terra $= 6{,}4 \cdot 10^{6}$ m e $G = 6{,}7 \cdot 10^{-11}$ N $\cdot$ m^2/kg^2.

2 A lei da gravitação universal estabelece que os corpos se atraem na relação direta de suas massas. Considere duas massas, M_1 e M_2, separadas por uma distância d, sendo atraídas por uma força de módulo F. Com base nisso, quais afirmativas são corretas? Justifique.

a) A força de atração entre uma massa $3M_1$ e outra massa $2M_2$, separadas por uma distância d, tem modulo $5F$.

b) Entre duas massas, $\frac{M_1}{2}$ e $\frac{M_2}{2}$, separadas por uma distância d, a força de atração tem módulo $\frac{F}{4}$.

c) Se M_1 for igual a $2M_2$, a força que atrai M_1 tem módulo igual à metade do módulo da força que atrai M_2.

d) Uma força de módulo $8F$ atrai uma massa igual a $4M_1$ em direção a outra massa $2M_2$, se a distância entre essas massas for igual a d.

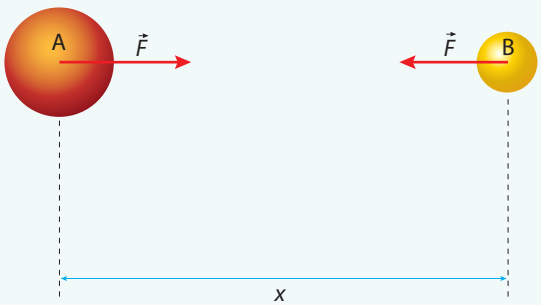
e) Dividindo M_1 por 4 e M_2 por 5, mantida a distância d, a força de atração entre as massas terá módulo 20 vezes menor que F.

ILUSTRAÇÕES: SELMA CAPARROZ

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

MODERNA

3 Observe o esquema que representa a força de atração gravitacional entre dois corpos, A e B, separados por uma distância *x*.

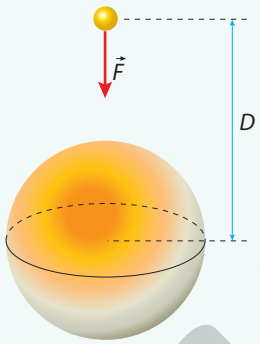


Se o módulo da força, nessa representação, for igual a *F*, qual será, em função de *F*, o módulo da força de atração entre dois corpos:

a) de mesmas massas de A e de B, respectivamente, separados por uma distância 10*x*?

b) separados por uma distância 4*x*, tendo um deles o dobro da massa de A e o outro o triplo da massa de B?

4 O esquema mostra um corpo que é atraído para um planeta com uma certa força de módulo *F*. Note que a distância entre o corpo e o centro do planeta é indicada por *D*.



ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

a) Qual é o módulo da força gravitacional com que o corpo atrai o planeta?

b) Se afastarmos o corpo do planeta de modo que ele fique a uma distância 3*D* do centro do planeta, qual será o módulo da força gravitacional com que o planeta o atrairá?

O peso varia e a massa se conserva

Para a Mecânica clássica, todo corpo que possui massa tem a propriedade de modificar o espaço ao seu redor, criando o que denominamos **campo gravitacional**. Esse campo tem limites indefinidos e se caracteriza por ser atrativo. Sua existência é comprovada pela força de atração que exerce sobre outro corpo imerso na região do campo. Em outras palavras, dizemos que a Terra, por ser um corpo de grande massa, modifica as propriedades do espaço ao seu redor, criando nessa região de limites indefinidos um campo gravitacional.

A ação do campo gravitacional da Terra sobre a Lua tem o efeito de mantê-la em órbita, pois, por inércia, nosso satélite natural deveria seguir em linha reta pelo espaço. No entanto, a Lua também cria um campo gravitacional, cuja interação com a Terra é responsável pela força gravitacional que a Lua exerce no planeta. O efeito da ação do campo gravitacional da Lua sobre a Terra é notado, por exemplo, no fenômeno das marés.

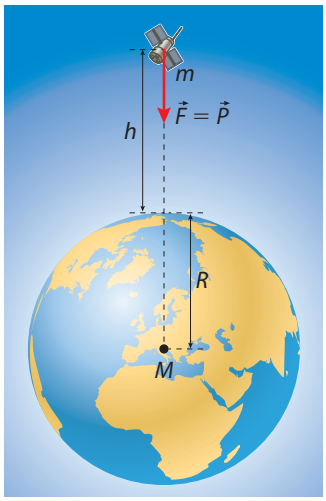
RUBENS CHAVES/PULSAR IMAGENS

RUBENS CHAVES/PULSAR IMAGENS

Nas imagens é possível perceber a diferença do nível da água entre as marés alta e baixa na praia de Barra Velha (Ilha de Marajó, PA, 2019).

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

MODERNA



ALEX ARGOZINO E MÁRIO KANNO

Sobre a sonda espacial atua a força de atração gravitacional da Terra, que é equivalente ao seu peso. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

A grandeza física que representa o campo gravitacional em um ponto do espaço é o vetor aceleração da gravidade ($\vec{g}$). A intensidade do campo gravitacional pode ser calculada considerando que o corpo gerador do campo tenha massa M e raio R. Supondo que um corpo de massa m seja colocado a uma distância h da superfície, conforme mostra a figura ao lado, ele ficará sujeito a uma força de atração gravitacional equivalente ao seu peso.

Logo, teremos:

$$F_{grav} = P \Rightarrow G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2} = m \cdot g$$

Como $d = R + h$, vem,

$$g = \frac{GM}{(R + h)^2}$$

Observe que não é a massa do objeto em queda que determina como será a queda, uma vez que a aceleração da gravidade depende da massa do corpo que gera o campo gravitacional. Se quisermos calcular o valor do campo na superfície ou se a distância h for muito pequena, teremos $d = R$ e, portanto:

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

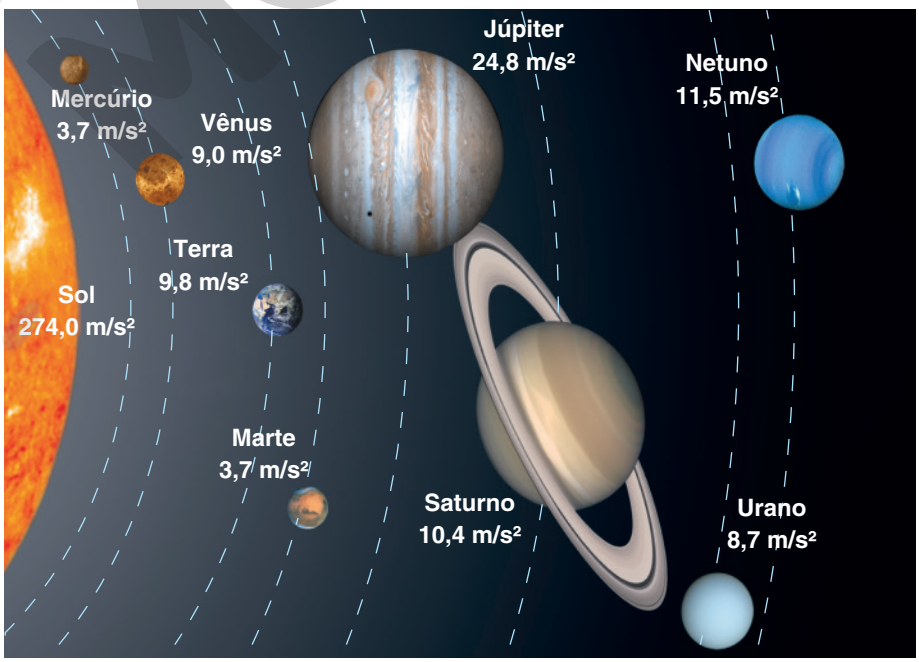
Podemos, por exemplo, calcular o campo gravitacional na superfície da Terra. Dados o raio da Terra $R_T \simeq 6.400$ km $= 6{,}4 \cdot 10^6$ m, a massa da Terra $M_T = 6 \cdot 10^{24}$ kg e a constante gravitacional $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ (SI), temos:

$$g = \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6{,}4 \cdot 10^6)^2} \Rightarrow g = \frac{40{,}02 \cdot 10^{13}}{40{,}96 \cdot 10^{12}} \Rightarrow g \simeq 9{,}8 \text{ m/s}^2$$

Esse resultado confirma o valor adotado anteriormente para a aceleração de queda dos corpos próximos à superfície da Terra quando se despreza o atrito com o ar.

Observe na figura a seguir que corpos com massas e raios diferentes dos da Terra terão gravidades também diferentes.

PLANETAS E VALORES DE ACELERAÇÃO



PAULO MANZI

Representação dos planetas do Sistema Solar com os respectivos valores de aceleração da gravidade. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

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

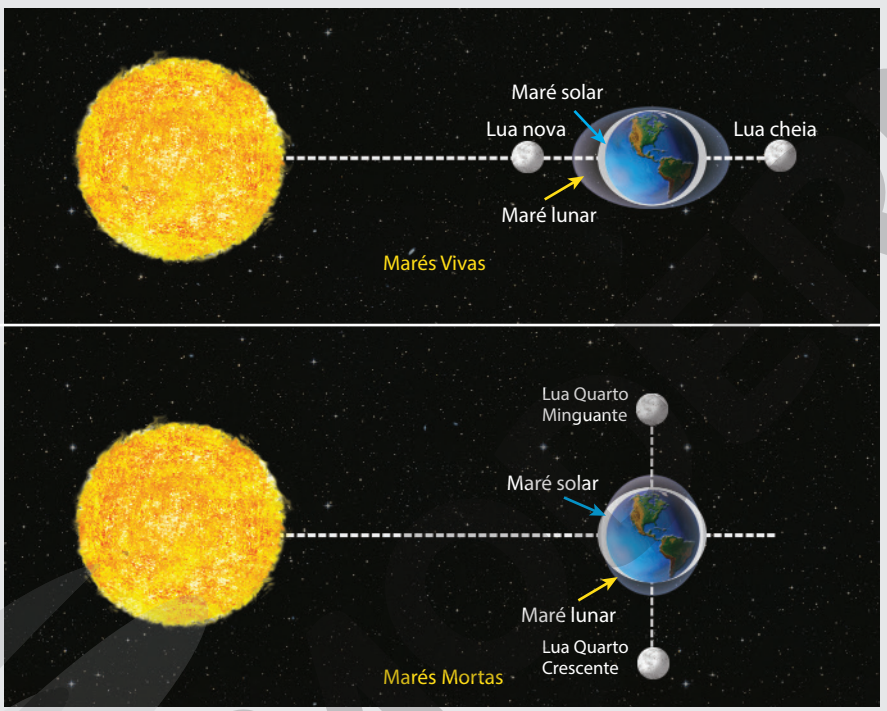
Não escreva no livro.

A Lua e as marés

As atrações gravitacionais do Sol e da Lua sobre a Terra são as causas do fenômeno de sobe e desce das águas do mar em qualquer região de nosso planeta, as marés. De fato, apesar de a massa do Sol ser quase 30 milhões de vezes maior do que a da Lua, o satélite está 250 mil vezes mais perto da Terra do que está o Sol. Como a força de atração depende do quadrado da distância, 250 mil ao quadrado bate na casa dos trilhões. Logo, a responsabilidade pelas marés é muito mais da Lua do que do Sol.

É fato que marés de maior altura ocorrem nas fases de Lua cheia ou de Lua nova, pois nesses casos somam-se as atrações gravitacionais da Lua e do Sol sobre as águas dos oceanos. Nessas ocasiões ocorrem as marés denominadas **sizígias**, ou **vivas**. Nas demais fases da Lua, crescente ou minguante, ocorrem as **marés mortas**, ou **de quadratura**.

SELMA CAPARROZ



Representação das marés altas e baixas. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Considerando que a rotação da Terra em torno de seu eixo tem período de 24 horas, alguém poderia pensar que seja de 12 horas o intervalo entre duas marés cheias em certo ponto do planeta. No entanto, conforme indica a tabela a seguir, como a Lua gira em torno da Terra com um período aproximado de 28 dias, a diferença entre duas marés altas consecutivas é um pouco maior.

Quarta – 17/6				Quinta – 18/6				Sexta – 19/6		
Hora		Altura		Hora		Altura		Hora		Altura
02:20	↑	1,78 m	*Maré alta*	03:00	↑	1,86 m		03:37	↑	1,93 m
08:27	↓	0,45 m		09:06	↓	0,36 m		09:44	↓	0,29 m
14:47	↑	1,98 m	*Maré alta*	15:25	↑	2,06 m		16:02	↑	2,13 m
21:00	↓	1,49 m		21:37	↓	0,41 m		22:15	↓	0,35 m

Tábuas de marés de Fernando de Noronha, PE, em junho de 2020.

Fonte dos dados: Climatempo. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/tabua-de-mares>. Acesso em: 15 jul. 2020.

1. Observando os valores das marés expressos na tabela, justifique se, no período representado, da quarta-feira para a sexta-feira, Fernando de Noronha se aproximava ou se afastava da data de uma Lua cheia ou de uma Lua nova.

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

Atividades

Não escreva no livro.

1 Leia a tirinha:

GARFIELD, JIM DAVIS © 1994 PAWS, INC. ALL RIGHTS RESERVED/DIST. BY ANDREWS MCMEEL SYNDICATION

Para qual planeta Garfield poderia mudar a fim de conseguir seu intento? E, se mudasse, emagreceria mesmo?

2 Um corpo próximo à superfície da Terra cai acelerando a, aproximadamente, 10 m/s^2. Imagine que esse corpo será carregado por um foguete até certa altura e lá, abandonado. Isso feito, o corpo cairá em direção à Terra, acelerando. Qual será o valor da aceleração do corpo se sua distância do centro da Terra for igual:

a) ao triplo do raio da Terra?

b) a cinco vezes a medida do raio da Terra?

3 Supondo a existência de um planeta X com o dobro da massa e o dobro do raio da Terra, qual seria, nesse caso, a aceleração da gravidade na superfície de X?

4 O campo gravitacional da Terra, em determinado ponto do espaço, imprime a um objeto de massa de 1 kg a aceleração de 5 m/s^2. Qual é a aceleração de um corpo de massa 3 kg colocado nesse mesmo ponto do espaço?

5 Quando os astronautas estadunidenses estiveram na Lua, em julho de 1969, puderam comprovar que a aceleração da gravidade na superfície do satélite é bem menor que aquela que um corpo sofre nas proximidades da superfície da Terra. Os astronautas filmaram corpos sendo soltos e os pulos que davam com mais facilidade do que se estivessem na Terra, apesar das pesadas roupas que usavam. Sabendo que a massa da Lua é cerca de 81 vezes menor que a da Terra e que seu raio é aproximadamente 3,7 vezes menor do que o raio terrestre, calcule o valor da aceleração da gravidade na superfície lunar.

Órbitas e imponderabilidade

NASA

Em uma nave espacial em órbita em torno da Terra, os ocupantes têm a sensação de ausência de peso, denominada imponderabilidade. Na imagem, astronauta Kate Rubins na Estação Espacial Internacional dos Estados Unidos, em 2016.

Nas reportagens que mostram o interior de naves em órbita, o que vemos são os astronautas flutuando, como se sobre eles não agisse qualquer força de atração gravitacional. No entanto, a nave está sob ação do campo gravitacional, e está "caindo" em direção à Terra de forma análoga ao que ocorre com a Lua. O efeito no qual os astronautas parecem não estar sendo sustentados por nada, como se não tivessem peso, é conhecido por **imponderabilidade**.

Durante o treinamento para os voos espaciais, os astronautas se submetem a condições semelhantes às que viverão em órbita, ou seja, situações de imponderabilidade na maior parte do tempo. Nesse caso, a sensação de ausência de peso é simulada em um avião especialmente preparado para isso – seu interior é inteiramente revestido por material amortecedor de impacto, e os tripulantes não veem o exterior.

Enquanto o avião desce, numa trajetória que simula a queda livre, os tripulantes se sentem sem peso (é a sensação de "gravidade zero"). Essa sensação dura aproximadamente 30 segundos.

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

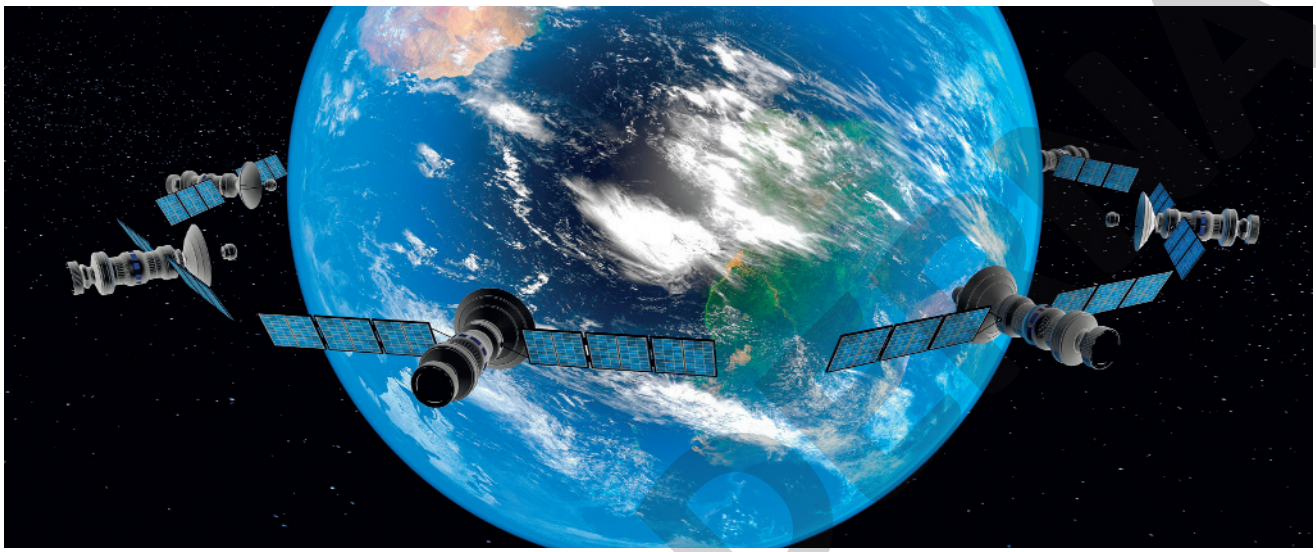
MODERNA

Estações espaciais e satélites de todo tipo estão em órbita da Terra, não estão parados. Os valores das velocidades com que orbitam podem ser calculados se considerarmos que a força de atração gravitacional é a resultante centrípeta de seus movimentos aproximadamente circulares.

Assim, para um corpo de massa m, em uma órbita circular de raio R, podemos calcular qual deverá ser a velocidade orbital, supondo M a massa central. Assim:

$$R_{cp} = F_{grav} \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{R} = G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

Note que essa velocidade orbital não depende da massa do corpo que está em órbita, mas da distância até o centro do gerador do campo gravitacional e da massa desse gerador. Assim, cada órbita circular terá uma velocidade característica, ou seja, para cada altura é possível apenas um único valor de velocidade para uma órbita estável.



R-TYP /NASA/ALAMY/FOTOARENA

Como a cada altura existe apenas um único valor de velocidade possível para a órbita, não há ultrapassagens e, muito menos, colisões. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Os satélites de telecomunicações são **geoestacionários** ou **geossincrônicos**, isto é, estão "parados" em relação a um observador na Terra. Suas órbitas são equatoriais e seu período coincide com o intervalo de tempo que a Terra demora para dar uma volta em torno do seu eixo, ou seja, aproximadamente 24 horas. São eles que garantem transmissões de TV ao vivo. O sinal de TV de uma transmissora na Terra é recebido por satélites, que o amplificam e retransmitem para uma estação captadora situada nas proximidades do local onde o programa será assistido.

Por exemplo, vamos calcular de duas maneiras a velocidade de um satélite geoestacionário, sabendo que orbita a, aproximadamente, 42.000 km, $4{,}2 \cdot 10^7$ m, do centro da superfície da Terra. Dados a massa da Terra $M_T = 6 \cdot 10^{24}$ kg e a constante gravitacional $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ (SI), considerando a força centrípeta, temos:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{4{,}2 \cdot 10^7}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{9{,}5 \cdot 10^6} \simeq 3{,}1 \cdot 10^3 \text{ m/s ou } v = 11{,}16 \cdot 10^3 \text{ km/h}$$

Esse mesmo valor pode ser obtido considerando o período de rotação de 24 h = 86.400 s, assim:

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T} \Rightarrow v = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 4{,}2 \cdot 10^7}{86.400} \Rightarrow v = \frac{26{,}38 \cdot 10^7}{8{,}64 \cdot 10^4} \simeq 3{,}1 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

Portanto, a velocidade da órbita de um satélite geoestacionário é da ordem de 11 mil km/h.

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

Não escreva no livro.

Conhecendo a vizinhança!

Isaac Newton propôs em seus *Princípios matemáticos da filosofia natural* a ideia de uma força atrativa entre todos os objetos que possuem massa e conseguiu expressar com exatidão essa lei de força. Mais ainda, Newton realizou a primeira grande unificação na Física. Ele mostrou que o movimento planetário (gravidade celeste) e o movimento de queda dos corpos próximo à superfície terrestre (gravidade terrestre) são descritos pela mesma lei de força. Outro exemplo de unificação na história da Física ocorreu entre a eletricidade e o magnetismo, que são manifestações do chamado **campo eletromagnético**. Existem outros exemplos de unificação na Física, mais complexos e que envolvem a área da Física conhecida como Mecânica Quântica.

Entretanto, se a gravidade é uma força atrativa, por que os planetas que formam o Sistema Solar não caem em direção ao Sol? Para entendermos essa questão, precisamos entender o que significa estar em órbita em torno do Sol.

Quando um objeto desses está em órbita, ele descreve uma trajetória em torno do Sol, aproximadamente circular (embora seja, na verdade, uma elipse), com certa velocidade em relação a um observador que podemos supor em repouso no Sol (também considerado em repouso). Em uma trajetória curvilínea, sabe-se que o corpo em movimento tende a sair pela "tangente" se não houver alguma força que o mantenha nesta trajetória. No caso dos planetas, é a força de atração gravitacional entre eles e o Sol o agente que os mantém em sua trajetória circular, evitando que os efeitos da inércia os tirem de sua órbita. A mesma dinâmica acontece quando sondas e satélites são colocados em órbita em torno da Terra. Dessa forma, eles não escapam para o espaço exterior nem caem na Terra, permanecendo "indefinidamente" em órbita. Se o satélite perder velocidade, a força de atração da Terra o trará de volta. O mesmo aconteceria com a Terra, se sua velocidade orbital diminuísse.

Contudo, no caso do Sistema Solar, a velocidade não é o único fator que impede a "queda" dos planetas em direção ao Sol. Os próprios planetas atraem-se mutuamente e atraem o Sol. Mas a massa do Sol é muito maior. Por essa razão, os planetas orbitam em torno do Sol. Observando a representação do nosso Sistema Solar a seguir, percebemos uma característica importante: dos oito planetas principais, os quatro planetas mais próximos (Mercúrio, Vênus, Terra e Marte) são pequenos e rochosos e os quatro mais afastados (Júpiter, o maior de todos os planetas, Saturno, Urano e Netuno) são gigantes e gasosos. Essa característica provavelmente contribuiu para que as órbitas se estabilizassem, consequência da atração dos planetas gigantes sobre os planetas interiores.

1. O planeta Netuno está 30 vezes mais distante do Sol do que a Terra, e sua massa é 18 vezes maior do que a da Terra. Qual desses planetas, Terra ou Netuno, recebe do Sol a maior força de atração? Quantas vezes mais?

NASA

Representação do Sistema Solar e de seus principais planetas. Entre Marte e Júpiter orbita o Cinturão de asteroides. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

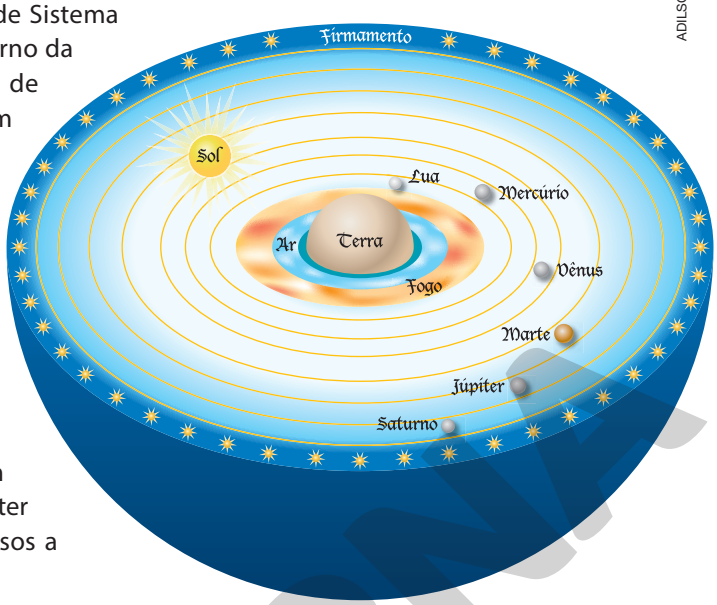
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Terra e Sol: sempre foi assim?

Hoje temos claro que a Terra e os demais planetas de Sistema Solar orbitam em torno do Sol e que a Lua orbita em torno da Terra, mas não era dessa forma que se pensava antes de pensadores como Copérnico, Kepler e Galileu passarem a observar os céus e elaborarem as teorias aceitas em nossos dias.

Quase todas as concepções de Universo criadas na Antiguidade se baseavam no modelo **geocêntrico**, que representava a Terra imóvel e no centro da esfera celeste. Um dos modelos mais conhecidos e aceitos durante longo tempo foi concebido por Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.), no século IV a.C., segundo o qual os planetas giravam em torno da Terra em movimentos circulares uniformes. Naquela época, os gregos conheciam sete corpos celestes: Lua, Sol, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, que supunham orbitar ao redor da Terra presos a superfícies de esferas concêntricas.

ADILSON SECCO



Concepção do Universo de acordo com os gregos. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

O modelo geocêntrico não explicava corretamente os movimentos aparentes de avanço e regressão que os planetas mais distantes do Sol que a Terra, por exemplo, Marte, executam ao serem observados.

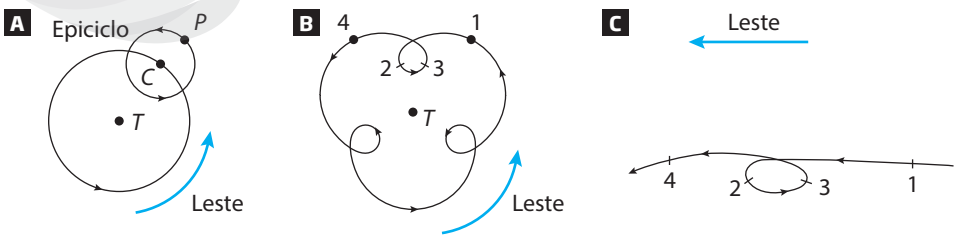
Como mostra a figura a seguir, o movimento de avanço e regressão de Marte percebido por um observador na Terra é causado pela diferença das velocidades de Marte e da Terra ao redor do Sol. Em consequência, quando a Terra ultrapassa Marte, a órbita aparente do planeta, projetada sobre a esfera celeste, mostra um movimento retrógrado, formando uma espécie de "laçada".

RICARDO YORIO

No modelo heliocêntrico, com o Sol no centro do sistema, o movimento retrógrado de Marte é explicado pelo movimento relativo entre a Terra e Marte. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Por volta de 150 d.C., em Alexandria, o astrônomo Cláudio Ptolomeu (90 d.C-168 d.C), apoiado nos conhecimentos dos gregos, criou um sistema que explicava, com base no modelo geocêntrico, o movimento retrógrado dos planetas. Na figura a seguir você pode observar que, no sistema de Ptolomeu, cada planeta orbitava a Terra seguindo uma trajetória resultante de dois movimentos circulares associados, constituindo um **epiciclo**.

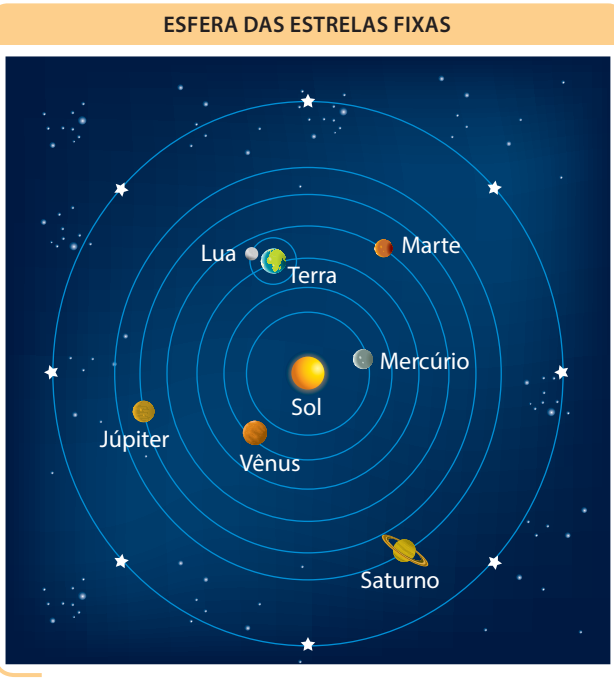
ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO



(**A**) Modelo de Ptolomeu, sendo *P*, planeta, e *T*, a Terra; (**B**) composição dos movimentos: trajetória resultante; (**C**) trajetória do planeta vista da Terra.

O modelo dos epiciclos de Ptolomeu foi aceito durante 13 séculos como a explicação correta das "laçadas" dos planetas, em um modelo de Universo geocêntrico.

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



RICARDO YORIO

Modelo heliocêntrico do Universo segundo Copérnico. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

No período denominado Renascimento, por volta do século XVI, houve a expansão dos limites do mundo até então conhecido, especialmente pelo mar. Com isso, a necessidade de aumentar a precisão das rotas comerciais incentivou estudos para aprimorar as cartas celestes.

É nesse contexto que o polonês Nicolau Copérnico (1473-1543) busca a concepção **heliocêntrica**, segundo a qual o Sol estaria no centro do Universo. Mas, apesar de revolucionário, o modelo de Copérnico mantinha as esferas sobre as quais os planetas girariam ao redor do Sol.

Além disso, conservava o movimento circular uniforme dos planetas e apresentava muitas discrepâncias em relação às posições previstas para eles. O modelo de Copérnico foi reprovado pela sociedade da época, pois se contrapunha à ideia de que o ser humano, vivendo na Terra, ocupava o centro do Universo.

O modelo heliocêntrico começou a ser aceito a partir dos estudos de Galileu Galilei (1564-1642), estudioso de Matemática, Geometria e Física, que vivia na cidade italiana de Pádua. Em uma viagem a Veneza, Galileu conheceu um instrumento óptico que permitia visualizar objetos a distância – um telescópio rudimentar. Ao retornar, construiu uma luneta, aprimorando a capacidade de aumento das lentes e seu posicionamento, o que ampliou a eficiência do aparelho. Graças a isso, ele pôde observar características dos planetas que nunca haviam sido vistas.

Galileu percebeu que havia satélites girando em torno de Júpiter, tal qual a Lua em torno da Terra. Verificou também que Vênus apresentava fases em razão dos seus movimentos, supondo que esse planeta girava ao redor do Sol. Observou que a superfície da Lua era cheia de buracos, planícies, vales e montanhas, mostrando que os corpos celestes não eram esferas perfeitas, como supunha Aristóteles; enfim, trouxe grandes contribuições aos conhecimentos astronômicos da época, apesar da oposição do clero italiano, que passou a persegui-lo até levá-lo a julgamento.

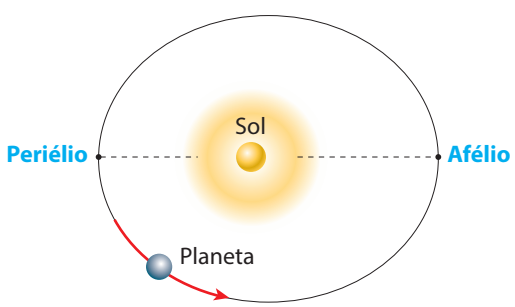
Enquanto Galileu era condenado à prisão domiciliar, Johannes Kepler (1571-1630) trabalhava com o astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601), que possuía um grande laboratório astronômico, o maior e mais completo de que se tem notícia daquele período.

Estudando os dados obtidos por Tycho, extremamente precisos para a época, Kepler verificou que nenhuma combinação de círculos poderia resultar nas trajetórias aparentes observadas. Esses estudos possibilitaram a Kepler propor três leis sobre os movimentos celestes, válidas até hoje. Embora suas leis tivessem sido propostas para explicar os movimentos dos planetas em torno do Sol, elas são verificadas para qualquer outro sistema gravitacional.

As três leis de Kepler são as seguintes:

- **1ª lei de Kepler ou lei das órbitas: os planetas movem-se ao redor do Sol descrevendo órbitas elípticas nas quais o Sol ocupa um dos focos**.

A figura abaixo mostra um exemplo de trajetória descrita por um planeta. O **periélio** é o ponto da trajetória mais próximo do Sol e o **afélio**, o ponto mais afastado do Sol.



ALEX ARGOZINO E MÁRIO KANNO

Representação da trajetória elíptica de um planeta ao redor do Sol. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

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

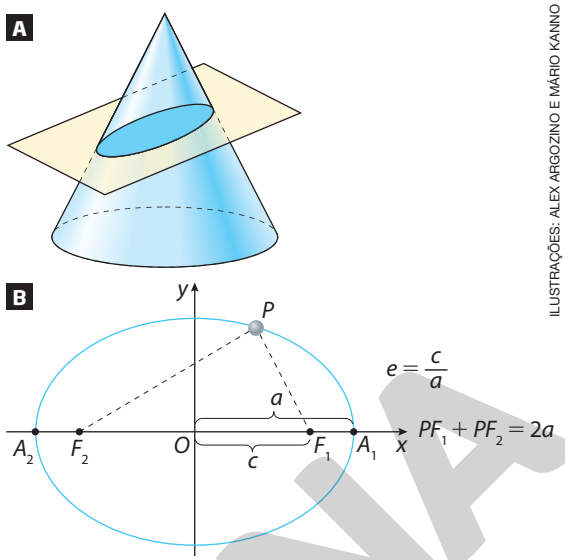
A elipse é uma figura geométrica plana que pode ser gerada a partir de um corte em um cone. Sobre o eixo maior da elipse ($\overline{A_1\ A_2}$) localizam-se seu **centro** O e seus **focos** F_1 e F_2.

A **excentricidade** (e) de uma elipse pode ser obtida pela razão entre as medidas da **distância focal** (c) e do **semieixo maior** (a), isto é, $\boldsymbol{e} = \frac{c}{a}$.

Perceba que se a distância entre os focos tende a zero, os focos coincidem e a excentricidade é nula. Nesse caso, teríamos uma circunferência.

As órbitas dos planetas ao redor do Sol são praticamente circulares. A elipse descrita pela trajetória da Terra tem excentricidade aproximadamente igual a 0,02, ou seja, é quase uma circunferência, perdendo somente para a excentricidade das órbitas de Vênus e Netuno, cujos valores são, respectivamente, 0,007 e 0,01. O planeta do Sistema Solar de órbita mais excêntrica é Mercúrio, com excentricidade aproximadamente igual a 0,2.

ELIPSE E SUAS GRANDEZAS



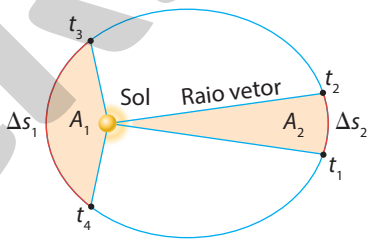
ILUSTRAÇÕES: ALEX ARGOZINO E MÁRIO KANNO

(**A**) Uma elipse obtida na interseção entre um plano e uma superfície cônica; (**B**) representação das grandezas que caracterizam uma elipse.

- **2ª lei de Kepler ou lei das áreas: as áreas "varridas" pelo raio vetor que liga o planeta ao Sol são iguais em intervalos de tempo iguais durante o movimento do planeta.**

Na figura ao lado, as regiões A_1 e A_2 têm áreas iguais e, no entanto, estabelecem arcos diferentes a serem percorridos pelos planetas.

O arco ΔS_1 é maior que o arco ΔS_2. Para que os tempos gastos para percorrer os dois arcos sejam os mesmos, como estabelece a 2ª lei de Kepler, é necessário que o planeta acelere ao se aproximar do Sol, atingindo velocidade máxima (30,3 km/s para a Terra) no periélio, e retarde seu movimento ao se afastar do Sol, adquirindo velocidade mínima (29,3 km/s para a Terra) no afélio.



Em intervalos de tempo iguais, as áreas "varridas" pelo raio vetor que liga o planeta ao Sol (em um dos focos) também são iguais: $A_1 = A_2$.

- **3ª lei de Kepler ou lei dos períodos: os quadrados dos períodos de revolução (T) dos planetas ao redor do Sol são diretamente proporcionais aos cubos dos raios médios (R) de suas órbitas.**

Algebricamente, podemos escrever:

$$\frac{T^2}{R^3} = \text{constante}$$

A 3ª lei de Kepler estabelece que, quanto mais distante do Sol o planeta estiver, maior será o tempo para percorrer a órbita.

Na tabela a seguir, estão relacionados os oito planetas do Sistema Solar. Nela, os raios médios da órbita dos planetas são dados em **unidade astronômica** (ua), cujo valor unitário corresponde ao raio médio da órbita da Terra em torno do Sol ($1{,}49 \cdot 10^8$ km). Observe que o quociente é praticamente o mesmo para todos eles.

Característica das órbitas dos planetas do Sistema Solar

Planeta	Raio médio da órbita (ua)	Período (T, em anos terrestres)	Excentricidade da órbita	Razão $\frac{T^2}{R^3}$
Mercúrio	0,387	0,241	0,206	1,002
Vênus	0,723	0,615	0,007	1,001
Terra	1,000	1,000	0,017	1,000
Marte	1,534	1,881	0,093	1,000
Júpiter	5,203	11,860	0,048	0,999
Saturno	9,539	29,460	0,056	1,000
Urano	19,190	84,010	0,046	0,999
Netuno	30,060	160,800	0,010	1,000

Fonte dos dados: OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. *Astronomia e astrofísica*. Porto Alegre: UFRGS, 2014.

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

MODERNA

Não escreva no livro.

Buracos negros

Já há algum tempo a imprensa mundial vem divulgando que o novo acelerador de partículas LHC (*Large Hadron Collider*), na fronteira da Suíça com a França, poderá produzir buracos negros em uma escala microscópica, chamados de miniburacos negros. Essa possibilidade levou muitas pessoas a acreditar que a Terra poderia ser "engolida" por um deles. Isso realmente pode acontecer? Primeiro vamos entender o que é um buraco negro.

Um buraco negro é, em geral, um objeto astronômico que representa o fim da vida de algumas estrelas. Nesse processo, o combustível nuclear que mantém a estrela brilhando se acaba e ela encolhe sob a ação do próprio peso de suas camadas, criando um objeto extremamente denso.

Essa matéria densa possui um campo gravitacional tão forte que a velocidade de escape que um corpo deveria ter para sair da órbita desse objeto pode ser igual à velocidade da luz. Dessa forma, nem a própria luz consegue escapar desse enorme campo gravitacional, tornando, assim, o objeto negro. Mas apenas uma estrela pode tornar-se um buraco negro?

Em princípio, qualquer matéria extremamente densa, criada por algum processo físico, poderia gerar um buraco negro. E é nesse ponto que o acelerador LHC entra. O feixe de partículas desse acelerador alcança um nível de energia jamais atingido pelos seus antecessores. Por essa razão, a colisão de partículas no LHC pode gerar uma matéria densa o suficiente para formar um miniburaco negro.

Admitamos, apenas para refletir sobre nossa questão inicial, que o Sol se tornasse um buraco negro. Ele seria capaz de "sugar" a Terra e outros planetas do Sistema Solar? A resposta pode ser obtida a partir do conhecimento da lei da gravitação universal.

Isaac Newton mostrou que a queda dos corpos próximos à superfície da Terra e o movimento orbital dos planetas em torno do Sol eram fenômenos de mesma natureza e que a força gravitacional que surge entre quaisquer dois corpos pode ser calculada pela expressão

$$F_{grav} = G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2}$$

Aqui M e m são as massas dos corpos, R é a distância entre eles e G é a constante de gravitação universal. A lei de força gravitacional nos mostra que, quanto maior a massa de cada um dos corpos, maior será a força de atração (o numerador da fração será maior). O mesmo ocorre quanto menor a distância entre eles (o denominador da fração será menor e o resultado da divisão, portanto, maior).

No caso do Sol imaginado como buraco negro, sua densidade se tornaria extremamente alta, mas não a sua massa. Teríamos, então, a Terra orbitando em torno de um buraco negro, sem que ele a engolisse. Se um buraco negro formado a partir do Sol não seria capaz de engolir a Terra, um miniburaco negro, que teria as dimensões do núcleo atômico, tampouco conseguiria.

1. Quando ouvimos a expressão buraco negro, imediatamente pensamos em um objeto astronômico que pode ter uma massa da ordem de algumas vezes a massa do Sol. Mas a grandeza que é importante para definir se um objeto é um buraco negro é sua densidade. Se o Sol se tornasse um buraco negro, ele teria um raio de apenas 3 km com toda a sua massa, que é de $2{,}0 \cdot 10^{30}$ kg. Qual seria a sua densidade?

NASA

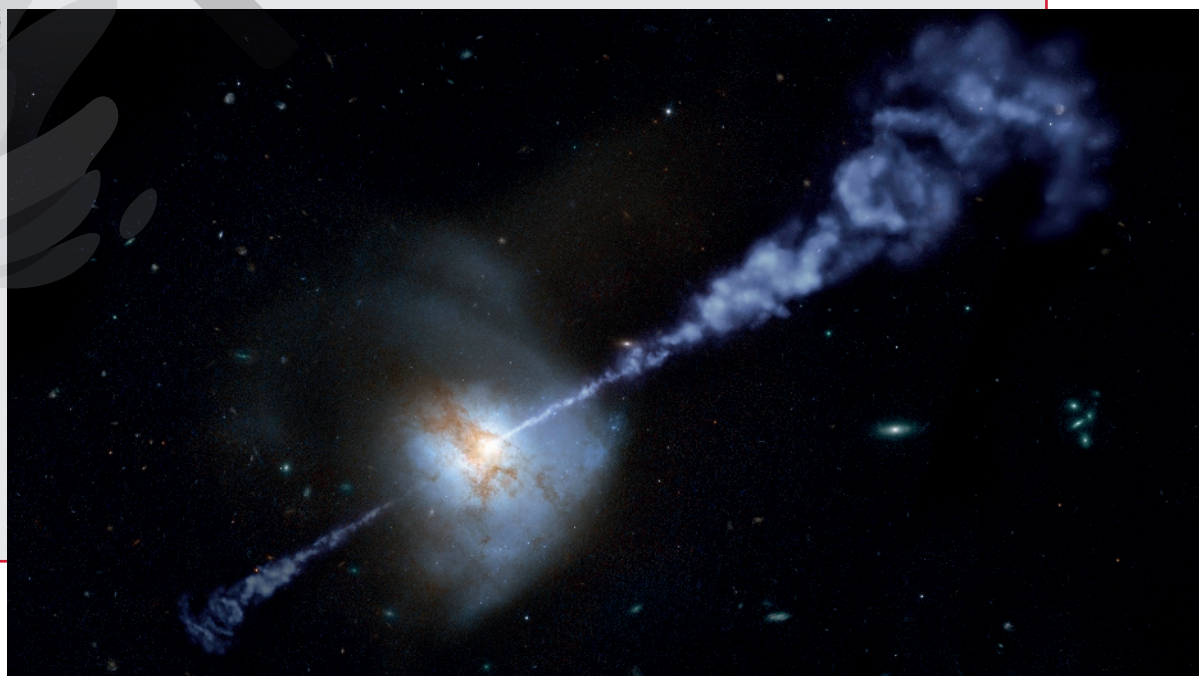


Imagem de buraco negro obtida pelo Observatório Espacial Herschel, em 2015. Cores fantasia.

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

MODERNA

Atividades

Não escreva no livro.

1 A concepção de Universo de Copérnico obedecia a um modelo heliocêntrico. Apesar de também admitir que o Sol, e não a Terra, estava no centro do Universo, o modelo de Kepler tinha diferenças em relação ao proposto por Copérnico. Cite e explique duas dessas diferenças.

2 Marte demora aproximadamente 660 dias terrestres para dar uma volta completa ao redor do Sol.

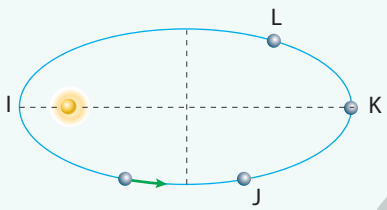
a) Desenhe a trajetória de Marte ao redor do Sol assinalando o afélio e o periélio.

b) Assinale na trajetória do item **a** o trecho do deslocamento no qual Marte acelera e aquele no qual retarda seu movimento.

c) Qual é a duração aproximada do ano de Marte em anos terrestres?

3 Calcule o período de um satélite artificial da Terra cujo raio da órbita é quatro vezes menor do que o raio da órbita da Lua. Considere o período da Lua ao redor da Terra igual a 28 dias.

4 A figura a seguir representa a órbita elíptica de um cometa em torno do Sol.

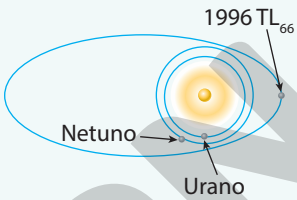


a) Ordene as velocidades do cometa em relação aos pontos I, J, K e L.

b) Em qual dos pontos, I ou K, o cometa tem maior valor de aceleração centrípeta?

5 Um satélite de telecomunicações está em órbita ao redor da Terra com período T. Uma viagem de uma nave fará a instalação de novos equipamentos nesse satélite, o que duplicará sua massa em relação ao valor original. Considerando que permaneça com a mesma órbita, o que ocorrerá com o valor do seu período?

6 A figura a seguir representa o Sol, três astros celestes e suas respectivas órbitas em torno do Sol: Urano, Netuno e o objeto recentemente descoberto de nome 1996 TL_{66}.



Analise as afirmativas a seguir, verificando se são verdadeiras ou falsas. Justifique sua escolha.

I. Essas órbitas são elípticas, e o Sol está em um dos focos dessas elipses.

II. Os três astros representados executam movimento uniforme em torno do Sol, cada um com valor de velocidade diferente dos outros.

III. Entre todos os astros representados, aquele que gasta menos tempo para completar uma volta em torno do Sol é Urano.

7 Um satélite S_1 em órbita circular de raio $2R$ ao redor da Terra demora aproximadamente 2 h para completar uma volta. Se o raio de sua órbita triplicar, o que ocorrerá com o tempo? Será maior ou menor que 2 h? Determine o novo período.

ILUSTRAÇÕES: ALEX ARGOZINO E MÁRIO KANNO

Fique por dentro

Internet

Simulador movimento circular
<https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/rotation>

Proporciona a exploração do movimento circular relacionado à posição (x, y), à velocidade e à aceleração por meio de vetores ou gráficos.

Atividade sobre as leis de Kepler e gravitação universal
<https://phet.colorado.edu/pt_BR/contributions/view/4773>

Por meio de simulação, propõe a verificação das leis de Kepler e da gravitação universal e a determinação da força gravitacional entre os corpos.

Acessos em: 15 jul. 2020.

Livros

GUERRA, A.; FREITAS, J.; BRAGA, M.; REIS, J. C. *Newton e o triunfo do mecanicismo*. São Paulo: Atual, 2005.

Os autores contextualizam a época em que Newton defendia suas ideias sobre as leis do movimento e da gravitação universal, ao mesmo tempo que estabelecem um paralelo com o presente.

ROONEY, A. *A história da Astronomia*. São Paulo: M. Books, 2017.

Apresenta as descobertas da Astronomia desde a observação das estrelas em tempos remotos até as missões espaciais da atualidade.

Lugar para visitar

Observatório Abrahão de Moraes
São Paulo, SP
<http://www.observatorio.iag.usp.br/>

Propõe atividades de ensino e de divulgação, com visitas agendadas. Oferece também o projeto Telescópios na Escola (TnE), em que escolas cadastradas podem fazer observações remotas, via internet, com o telescópio Argus.

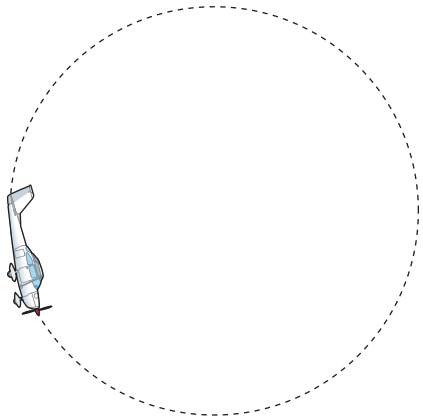
Acesso em: 15 jul. 2020.

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

MODERNA

Não escreva no livro.

1 (Ibmec-RJ) Um avião de acrobacias descreve a seguinte trajetória descrita na figura abaixo.



Ao passar pelo ponto mais baixo da trajetória, a força exercida pelo banco da aeronave sobre o piloto que a comanda é:

a) igual ao peso do piloto.

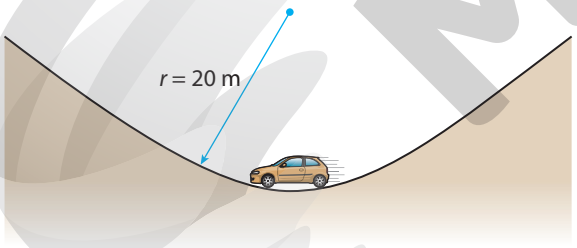
b) maior que o peso do piloto.

c) menor que o peso do piloto.

d) nula.

e) duas vezes maior que o peso do piloto.

2 (PUC-SP) Um automóvel de massa 800 kg, dirigido por um motorista de massa igual a 60 kg, passa pela parte mais baixa de uma depressão de raio $r = 20$ m com velocidade escalar de 72 km/h. Nesse momento, a intensidade da força de reação que a pista aplica no veículo é:
(Adote $g = 10\ m/s^2$.)



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

a) 231.512 N

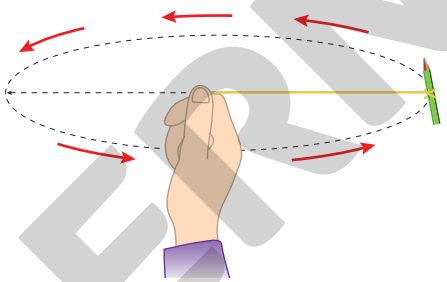
b) 215.360 N

c) 1.800 N

d) 25.800 N

e) 24.000 N

3 Um lápis de massa 10 g é amarrado num elástico e posto a girar em um plano horizontal, como mostra a figura. O comprimento natural do elástico é 20 cm. Sabendo que o lápis descreve a trajetória circular da figura cujo raio é 30 cm com frequência 2 Hz, ou seja, completa duas voltas a cada segundo, determine a constante elástica do elástico. (Adote $\pi = 3$.)



LUIZ RUBIO

4 (UFTM-MG) No Sistema Solar, Netuno é o planeta mais distante do Sol e, apesar de ter um raio 4 vezes maior e uma massa 18 vezes maior do que a Terra, não é visível a olho nu. Considerando a Terra e Netuno esféricos e sabendo que a aceleração da gravidade na superfície da Terra vale 10 m/s^2, pode-se afirmar que a intensidade da aceleração da gravidade criada por Netuno em sua superfície é, em m/s^2, aproximadamente:

a) 9

b) 11

c) 22

d) 36

e) 45

5 Explique por que uma nave espacial pode desligar os motores quando está em órbita.

Próximos passos

A Lua continuará "caindo" eternamente em direção à Terra, traçando a curva necessária para ser mantida em órbita. Conforme estudamos neste capítulo, todos os corpos que possuem massa, não apenas a Lua, são atraídos pela gravidade da Terra, de acordo com a teoria desenvolvida por Isaac Newton e que explica também as características dos movimentos dos planetas em torno do Sol.

Continuando os estudos, nos próximos capítulos você tomará contato com teorias que explicam a criação da vida em nosso planeta, interligando conceitos fundamentais da Física, Química e Biologia. São essas as teorias que permitem especular sobre a existência ou não de vida em outros planetas de nosso Sistema Solar.

MODERNA

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

CAPÍTULO

4

A vida: origem e as moléculas orgânicas

BNCC:
EM13CNT205
EM13CNT209

Para começo de conversa

No capítulo anterior, você pôde aprender a respeito das leis que regulam as interações entre a Terra e outros planetas do Sistema Solar, todos eles a grandes distâncias uns dos outros, inimagináveis quando pensamos naquelas com as quais estamos acostumados em nosso cotidiano. Agora, vamos voltar a refletir sobre o mundo que nos cerca pela perspectiva submicroscópica, a qual os químicos se dedicam a estudar.

Neste capítulo, vamos estudar sobre a origem e o desenvolvimento da Química Orgânica, campo que se dedica ao estudo dos compostos orgânicos, tanto os naturais, essenciais à vida, quanto os que foram produzidos pelos seres humanos.

Vale destacar, no entanto, que o termo "orgânico" tem ganhado usos muito diferentes dos que vamos estudar por aqui. A imagem a seguir ilustra exemplos de manchetes com o termo. O significado de **orgânico** quando nos referimos a um composto ou substância química é diferente do de um alimento. Você sabe qual é a diferença?

Veja respostas e comentários para as atividades do capítulo no **Suplemento do Professor**.

ROMARIOIEN/SHUTTERSTOCK

MODERNA

A origem da vida

Uma característica inerente ao ser humano, de qualquer época e de qualquer nível cultural, é refletir sobre o mistério da existência e se angustiar diante dele. As crenças e as explicações religiosas que as mais diferentes culturas e religiões têm criado a respeito da origem da vida e do Universo atendem a aspectos existenciais e subjetivos da vida humana. Vamos estudar agora os conhecimentos que a Ciência tem acumulado em relação à origem da vida.

Estudos radioativos indicam que a Terra se formou há aproximadamente 4,6 bilhões de anos. O mais antigo fóssil de um organismo vivo (que lembra as modernas bactérias) encontrado tem aproximadamente 3,5 bilhões de anos. Aparentemente, não chegaram até nós registros diretos do período pré-biótico – Era anterior à existência da vida –, o que tem impossibilitado determinar exatamente como a vida se desenvolveu.

Durante a maior parte do século XIX, muitos cientistas compartilhavam da teoria de que um organismo vivo poderia nascer espontaneamente, sem a ajuda de um agente reprodutor. Essa teoria, originária do século VI a.C., é conhecida como teoria da geração espontânea, a qual se manteve predominante no meio científico até 1864, quando se atribuiu ao francês Louis Pasteur (1822-1895) o feito de ter colocado por terra seus pressupostos. Embora essa seja uma versão bem difundida da história, outros fatores, como o prestígio e o poder de Pasteur, influenciaram a credibilidade dessa versão.

De qualquer forma – e por várias vias – o descrédito na ideia da geração espontânea começou a ganhar consistência científica. Assim mesmo, permaneceram sem resposta questões relativas à origem dos seres vivos na Terra, ou indicações que permitissem recriar experimentalmente as condições para que a vida surgisse.

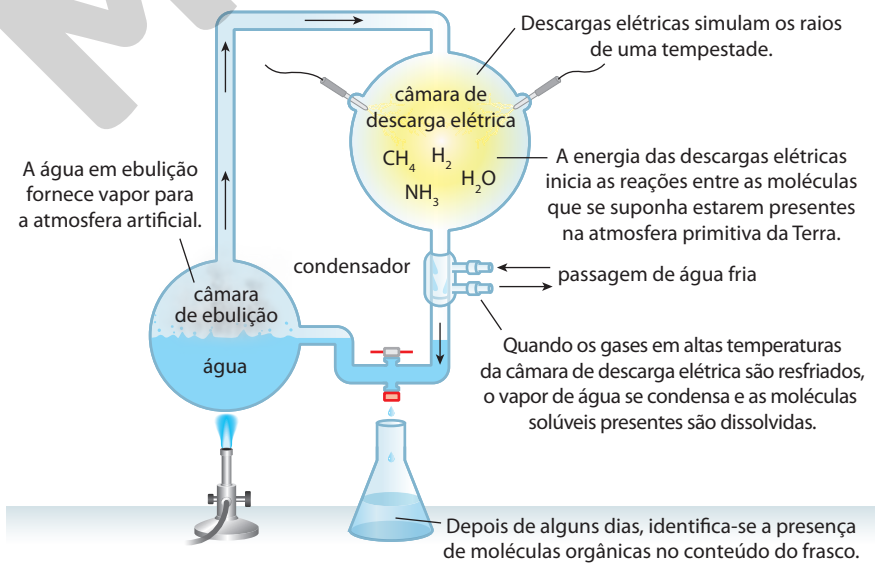
O bioquímico russo Alexander Ivanovich Oparin (1894-1980) defendeu, por volta de 1920, a tese – bem aceita pela comunidade científica – de que o aparecimento de tecidos vivos foi precedido por um longo e gradual processo de evolução de compostos nitrogenados ("azotados") e carbonados. Para ele, o surgimento da vida foi um processo químico complexo, que necessitou de milhões de anos para ocorrer. Em sua obra *Origem da vida*, Oparin afirma que moléculas de grande importância biológica, como aminoácidos e açúcares, por exemplo, teriam se formado graças aos constituintes da atmosfera primitiva, formada por metano (CH_4), amônia (NH_3) e vapor de água – portanto, bem diferente da atmosfera atual.

Experimentos posteriores ao trabalho de Oparin levaram à ideia de que a transformação de matéria inerte em matéria viva ocorreria somente em uma atmosfera desprovida de oxigênio, pois a síntese de aminoácidos e de outros compostos nitrogenados se realizava na ausência de O_2. Esse fenômeno seria mais acentuado se o NH_3 estivesse presente. Essas condições estão perfeitamente de acordo com a composição da atmosfera primitiva da Terra, que, durante seus 600 a 800 milhões de anos iniciais, era rica em NH_3 e possuía pouco (ou nenhum) O_2.

A comprovação experimental dessas ideias, coerentes com o trabalho de Oparin e de seu colega inglês, ocorreu em 1953, quando o químico estadunidense Stanley Lloyd Miller (1930-2007), sob a orientação de Harold Clayton Urey (1893-1981), recriou as condições nas quais a vida teria surgido. Observe no esquema abaixo a representação do experimento realizado por Miller.

REPRESENTAÇÃO DO EXPERIMENTO DE MILLER

NELSON MATSUDA



Professor, os suportes foram suprimidos na ilustração para não desviar a atenção do foco principal, mas é possível encontrar em *sites* fotos do experimento para mostrar aos estudantes.

Representação simplificada do sistema de equipamentos e vidrarias utilizado por Miller na síntese de compostos orgânicos, a partir dos quais a vida terrestre teria surgido. (Fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: REECE, J. B. *et al*. *Campbell Biology*. 9th ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2011.

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

Em um sistema fechado, os gases supostamente encontrados na atmosfera primitiva – H_2O, CH_4, NH_3 e H_2 – foram submetidos a aquecimento prolongado e a descargas elétricas. A água era aquecida e esterilizada em um balão do qual saía na forma de vapor. Esse vapor misturava-se aos demais gases e circulava pelo sistema montado, sendo submetido a uma descarga elétrica. Após uma semana, a solução foi analisada e identificou-se a presença de aminoácidos, substâncias essenciais à nossa vida. Além de aminoácidos, havia ácidos orgânicos simples, também encontrados frequentemente na composição dos seres vivos.

Essas demonstrações experimentais revelam que reações químicas abióticas, isto é, que envolvem substâncias originárias de matéria não viva, podem dar origem à um sistema constituído de componentes da matéria viva. Além disso, por meio de informações genéticas e bioquímicas relativas a organismos vivos, foi possível desenvolver modelos razoáveis que podem explicar de que maneira a vida surgiu e como evoluiu. Atualmente, a comunidade científica aceita que o desenvolvimento da vida compreendeu três estágios:

1) A evolução química, em que moléculas simples reagiram para formar polímeros orgânicos complexos.

2) A auto-organização de conjuntos desses polímeros, originando réplicas (novas unidades idênticas).

3) A evolução biológica em direção às formas mais desenvolvidas de vida, cuja existência pode ser suposta a partir do trabalho de Charles Robert Darwin (1809-1882), que elaborou a teoria da evolução (1858).

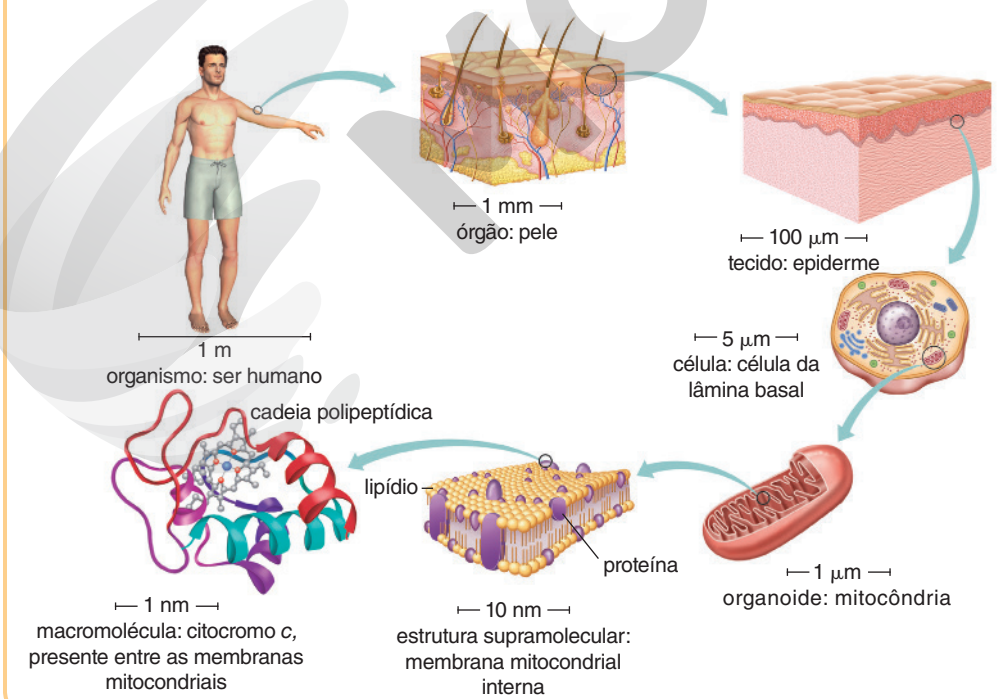
Vale ressaltar que, do ponto de vista científico, a incessante busca sobre nossa origem ainda tem muito a caminhar.

Organizando as ideias: moléculas da vida e a complexidade de um organismo

A seguir, estão representadas, em sequência de complexidade biológica decrescente – isto é, da mais complexa para a mais simples –, as estruturas que constituem um organismo vivo, no caso, o ser humano. Fique atento às dimensões relativas e ao nível de complexidade dessas estruturas, em especial das moléculas orgânicas – as mais simples desse conjunto.

EXEMPLO DA ORGANIZAÇÃO HIERÁRQUICA DAS ESTRUTURAS BIOLÓGICAS

PAULO MANZI



Professor, se julgar pertinente, explique aos estudantes que uma estrutura supramolecular é formada por macromoléculas unidas por interações não covalentes (muito mais fracas quando comparadas às covalentes). Quando moléculas individuais são removidas dessas estruturas para serem estudadas *in vitro*, algumas interações, importantes para uma célula viva, podem ser perdidas.

$1\ mm = 10^{-3}\ m$
$1\ \mu m = 10^{-6}\ m$
$1\ nm = 10^{-9}\ m$

Representação em corte de estruturas biológicas. (Fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: VOET, D.; VOET, J. G. *Bioquímica*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

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

MODERNA

Elementos químicos constituintes da matéria viva

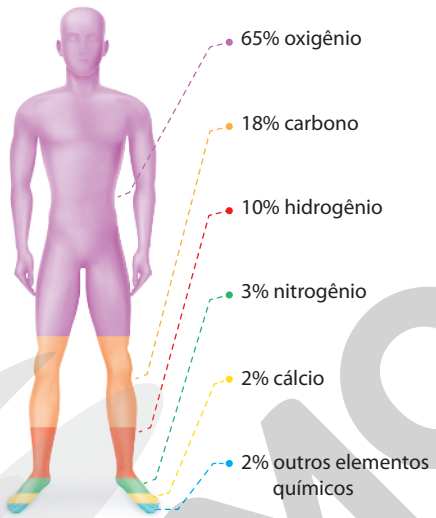
A matéria viva é constituída por um número relativamente pequeno de elementos químicos. Para exemplificar, vamos analisar a porcentagem em massa dos elementos que constituem o corpo humano, representado na ilustração abaixo, à esquerda.

Além dos elementos químicos indicados na ilustração, também são encontrados no organismo humano, em quantidades mínimas, boro (B), flúor (F), silício (Si), vanádio (V), crômio (Cr), manganês (Mn), ferro (Fe), cobalto (Co), cobre (Cu), zinco (Zn), selênio (Se), molibdênio (Mo), estanho (Sn), iodo (I), entre outros.

Se compararmos os dados de porcentagem em massa dos elementos químicos que constituem o corpo humano com as informações do gráfico (abaixo, à direita) correspondente à constituição da crosta terrestre, poderemos observar que, com raras exceções (oxigênio e cálcio), os elementos biologicamente mais abundantes são aqueles que existem em menor quantidade na crosta terrestre.

O corpo humano de uma pessoa de 70 kg é formado por aproximadamente 7×10^{27} átomos (seja na forma de íons ou fazendo parte de moléculas). Embora 41 elementos químicos sejam comumente encontrados na composição desse organismo, os elementos carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O) e nitrogênio (N) correspondem a 99% de seus átomos. Oitenta e sete por cento do total dos átomos constituintes do corpo humano são de hidrogênio ou oxigênio.

DISTRIBUIÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS (EM MASSA) NO CORPO HUMANO

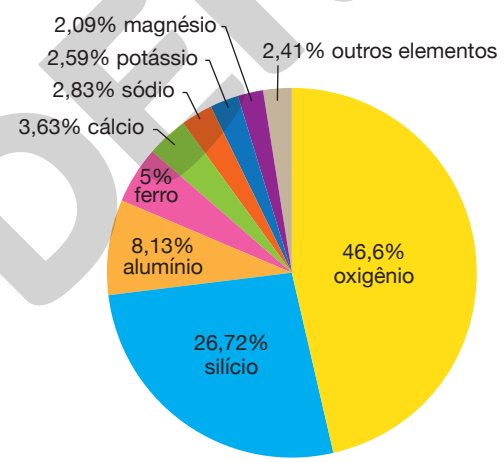


ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Fonte: *The elements*. Disponível em: <http://www.chem.uiuc.edu/rogers/Text3/Tx33/tx33.html>. Acesso em: 13 jul. 2020.

Distribuição em massa dos elementos químicos no corpo humano. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

PORCENTAGEM (EM MASSA) DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS QUÍMICOS CONSTITUINTES DA CROSTA TERRESTRE



Nota: Outros elementos: H, Ti, Cl, P, Mn, C, S etc.

Fonte: DUARTE, H. E. Ferro: um elemento químico estratégico que permeia história, economia e sociedade. *Química nova*, nov. 2019. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=7000>. Acesso em: 9 jul. 2020.

Elementos em maior quantidade de matéria em um homem de 70 kg

Elemento químico	Número de átomos estimado	Elemento químico	Número de átomos estimado	Elemento químico	Número de átomos estimado
Hidrogênio (H)	$4{,}22 \cdot 10^{27}$	Fósforo (P)	$9{,}6 \cdot 10^{24}$	Magnésio (Mg)	$4{,}7 \cdot 10^{23}$
Oxigênio (O)	$1{,}61 \cdot 10^{27}$	Enxofre (S)	$2{,}6 \cdot 10^{24}$	Silício (Si)	$3{,}9 \cdot 10^{23}$
Carbono (C)	$8{,}03 \cdot 10^{26}$	Sódio (Na)	$2{,}5 \cdot 10^{24}$	Flúor (F)	$8{,}3 \cdot 10^{22}$
Nitrogênio (N)	$3{,}9 \cdot 10^{25}$	Potássio (K)	$2{,}2 \cdot 10^{24}$	Ferro (Fe)	$4{,}5 \cdot 10^{22}$
Cálcio (Ca)	$1{,}6 \cdot 10^{25}$	Cloro (Cl)	$1{,}6 \cdot 10^{24}$	Zinco (Zn)	$2{,}1 \cdot 10^{22}$

Fonte: FREITAS, R. A. *Nanomedicine*. Disponível em: <https://foresight.org/Nanomedicine/Ch03_1.php>. Acesso em: 10 jul. 2020.

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

MODERNA

A evolução da Química Orgânica

Por que foi tão difícil abandonar o Vitalismo?

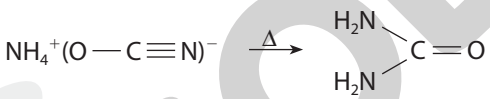
O início da Química Orgânica é marcado por um fato comum às pesquisas cientificas: o acaso, que, quando bem explorado, leva a novos conhecimentos. Em 1828, o cientista alemão Friedrich Wöhler (1800-1882), na tentativa de preparar determinada substância inorgânica em laboratório, obteve, por acaso, outra substância: a ureia – um componente da urina –, o primeiro produto orgânico de uma reação realizada em laboratório. Esse fato teve uma enorme importância para a Química. Isso porque esse campo de conhecimento começara a se tornar independente de outros, especialmente da Medicina. Berzelius, que já era um cientista renomado, havia conceituado o termo orgânico em oposição ao inorgânico pouco mais de 20 anos antes. De acordo com essa conceituação, o termo orgânico referia-se a qualquer substância produzida por um organismo vivo – planta ou animal – como o amido, o açúcar, a gordura animal; já o termo inorgânico estava associado às substâncias obtidas de fontes minerais, não vivas.

Berzelius era um dos defensores da teoria do vitalismo – segundo a qual substâncias orgânicas não poderiam ser sintetizadas em laboratório, ao contrário dos compostos inorgânicos. Para os adeptos dessa corrente de pensamento, o que impossibilitava a obtenção de compostos orgânicos era a ausência da "força vital" – própria dos seres vivos, os únicos capazes de transmitir essa força uns aos outros.

Há outros pontos importantes dessa história:

- Mesmo já tendo estudado Medicina, Wöhler viveu um tempo em Estocolmo (Suécia) trabalhando com Berzelius, estabelecendo com ele uma ligação muito forte.
- Naquela época, os pesquisadores já consideravam a ureia uma substância orgânica típica, pois tinha sido isolada da urina.

Em Berlim (Alemanha), Wöhler tentava obter cianato de amônio a partir de dois compostos inorgânicos. No entanto, ao aquecer a solução aquosa a qual supunha haver cianato de amônio, observou cristais brancos idênticos aos da ureia que ele isolara a partir da urina. Ele acabou provando que o sólido branco era a ureia. Observe abaixo a equação química que representa essa transformação. Sobre essa obtenção, Wöhler a considerou "um fato notável, uma vez que apresenta um exemplo da produção artificial de uma substância orgânica, animal, a partir de substâncias inorgânicas".



cianato de amônio — ureia

Outro aspecto importante dessa reação é que o cianato de amônio e a ureia têm a mesma fórmula molecular (CH_4N_2O), isto é, são compostos "isômeros". Foi Berzelius que introduziu o termo isômero para designar compostos diferentes constituídos pelos mesmos elementos químicos, na mesma proporção. O trabalho de Wöhler marca o início da decadência do vitalismo, apesar de os químicos mais respeitados não terem dado a ele tanta importância porque ele não obtivera a ureia por síntese total, isto é, a partir dos elementos que a constituem (C, H, O, N), na forma de substâncias simples.

A Química Orgânica a partir do século XIX

Além do abalo na teoria da força vital, durante o século XIX, várias conquistas aconteceram no campo da Química Orgânica, tanto com a obtenção de novas substâncias quanto do ponto de vista teórico. Entre elas, podemos citar:

- A obtenção em laboratório do ácido acético, em 1845, por um aluno de Wöhler, Adolph Wilhelm Hermann Kolbe (1818-1884).
- A inauguração, em meados do século XIX, da pesquisa das sínteses de compostos de carbono por Pierre Eugene Marcellin Berthelot (1827-1907). Ele passou a fazer o oposto de seus antecessores, pois, segundo Charles Gerhardt (1816-1856), defensor do vitalismo, "o químico faz justamente o oposto da natureza viva, que ele queima, destrói, opera por análise; somente a força vital opera por síntese, só ela reconstrói o edifício derrubado pelas forças químicas". Vale lembrar que o trabalho de "destruir moléculas" foi a prática de Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794), um dos mais

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

MODERNA

importantes químicos de todos os tempos, que, ao pesquisar compostos de carbono, queimava-os e analisava os produtos obtidos. Por isso, ele é considerado o fundador da **análise de química**. Aliás, deve-se a um colaborador de Lavoisier a constatação de que compostos orgânicos como o álcool e a ureia contêm quatro constituintes fundamentais: C, H, O e N.

- Justus von Liebig (1803-1873) merece destaque: foi importante por ter dado continuidade ao trabalho de Berthelot, por seu papel na criação da profissão de químico e por sistematizar o conhecimento acumulado. Em 1825, fundou o primeiro curso de Química na Universidade de Giessen, Alemanha, onde estudaram vários químicos renomados, como August Wilhelm von Hofmann (1818-1892) – descobridor de corantes, como a alizarina (1869) e o índigo (1880) – e Friedrich August Kekulé von Stradonitz (1829-1886), que formulou uma importante teoria (1857) que estudaremos mais adiante.
- Em 1873, o francês Joseph Achille Le Bel (1847-1930) e o alemão Jacobus Henricus Van't Hoff (1852-1911) foram os responsáveis por uma contribuição teórica notável (analisada mais adiante neste capítulo): propuseram uma teoria que permitiu explicar inúmeros fatos experimentais, introduzindo o uso de modelos espaciais para as moléculas orgânicas.

Organizando as ideias

Depois de 1860, com o aumento significativo do número de sínteses orgânicas e a expansão da produção industrial de compostos orgânicos, foi possível obter substâncias idênticas a outras extraídas da natureza, como os corantes. Com isso, a conotação inicial do termo **orgânico** mudou. Se em meados do século XIX a grande inovação química consistia na capacidade de sintetizar compostos semelhantes aos da natureza, no século XX a grande marca reside na síntese de novos materiais, os quais não encontravam similares em organismos vivos.

Se para os antigos o adjetivo "orgânico" estava ligado à natureza, atualmente essa relação não vale mais.

São exemplos de materiais não naturais, isto é, obtidos em laboratório, o ácido acetilsalicílico, os plásticos, as fibras sintéticas, entre inúmeros outros. Tendo em vista semelhanças entre esses materiais sintéticos e os naturais, tanto do ponto de vista de propriedades quanto estruturalmente, o conceito de Química Orgânica foi ampliado:

Química Orgânica é a parte da Química que estuda os compostos de carbono.

Atividades

Não escreva no livro.

1. Resuma os pontos mais importantes do texto "Por que foi tão difícil abandonar o Vitalismo?". Seu texto deve contemplar os seguintes pontos:
   - Os argumentos usados na época para minimizar a importância do trabalho de Wöhler como marco do "fim do Vitalismo", deixando claro o que essa teoria defendia.
   - As razões que explicam o peso da opinião de Berzelius nesse debate.

   Os tipos de provas apresentadas por Wöhler para confirmar que o sólido obtido era ureia.

2. Com base nos textos que constam deste capítulo, elabore uma linha do tempo com os principais eventos e nomes importantes no desenvolvimento da Química Orgânica.

Comunicando ideias

Não escreva no livro.

1. Pesquise o significado de vegetal orgânico e carne orgânica. Em seguida, prepare uma explicação sobre a diferença do adjetivo orgânico usado nesses casos para o que é usado em Química. Essa explicação pode ser apresentada e compartilhada em diferentes formatos: textos informativos, HQ, vídeos etc. Em duplas de estudantes, selecionem e produzam o formato que julgarem mais interessante.

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

O desenvolvimento da Química no século XIX e o papel de Kekulé

Como já foi dito, o principal mérito de Wöhler ao obter a ureia em laboratório (1828) não foi o de contribuir para a "queda" da teoria da força vital, mas o de despertar os cientistas para a questão das **diferentes possibilidades de arranjo dos átomos**. Por meio de atividades experimentais, os cientistas encontraram substâncias distintas com composição química idêntica, isto é, esses compostos eram constituídos dos mesmos elementos químicos na mesma proporção. Trata-se da **isomeria**, assunto bastante comum na Química Orgânica.

Logo depois do trabalho de Wöhler, Berzelius apontou a necessidade de rever uma ideia inquestionável até então: a de que substâncias compostas pelos mesmos constituintes, nas mesmas proporções, teriam necessariamente as mesmas propriedades químicas. Por que surgiu essa necessidade?

Porque se verificou que muitos compostos com a mesma fórmula molecular – com os mesmos elementos químicos nas mesmas proporções – tinham propriedades químicas diferentes (eram isômeros). Essa constatação levou à adoção de novas representações das fórmulas moleculares (que na época eram chamadas de **brutas**), pois elas não eram compatíveis com a existência de isômeros.

Em meados do século XIX, como decorrência dos trabalhos de Kekulé, os cientistas começaram a elucidar a estrutura molecular dos compostos orgânicos. Naquela época, o químico inglês Sir Edward Frankland (1825-1899), que se dedicava a isolar o grupo de átomos C_2H_5 (etila), acabou obtendo compostos **orgânicos** em que esse substituinte se ligava ao zinco. A descoberta de um composto **organometálico** fortaleceu a ideia de que tanto a Química Orgânica quanto a de origem mineral tinham de ser estudadas de modo unificado. O trabalho de Frankland e de outros cientistas contemporâneos serviu de base para que, no início da década de 1850, Kekulé utilizasse e divulgasse a **teoria da valência**.

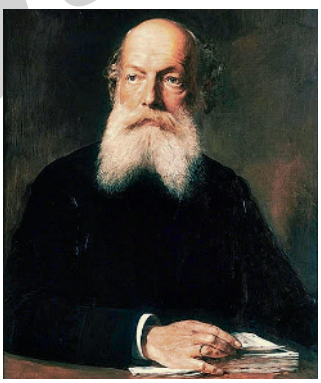
Segundo essa teoria, cada átomo tinha uma capacidade bem definida de combinação com outros átomos, chamada de **valência**. Assim, o hidrogênio tinha valência 1, o oxigênio, valência 2, e assim por diante. Com isso, surgiram as fórmulas que foram chamadas de "desenvolvidas". Tudo isso carecia de uma explicação adequada, que só foi possível em 1858, com o reconhecimento da hipótese de Avogadro, que fora proposta em 1811. Antes dessa época, considerava-se que o valor da massa atômica do C era 6, e não 12 (valor atribuído atualmente). Por isso, uma das fórmulas sugeridas para o metano era C_2H_4, bem diferente da que se conhece hoje (CH_4). Aquela fórmula (C_2H_4) era coerente com o fato de o metano ter massa molecular 16 e com o valor de massa atômica do C estabelecido na época. Vale destacar que, até meados do século XIX, havia uma enorme confusão na comunidade científica quanto à representação dos compostos, isto é, a uma mesma substância eram atribuídas várias fórmulas. É bom relembrar que, naquela época, o único modelo atômico conhecido era o de Dalton, e Mendeleev ainda não propusera sua classificação periódica dos elementos químicos.

Naquele contexto, é compreensível que os trabalhos de Kekulé representassem um grande avanço nos estudos da Química Orgânica, pois ele explicava as propriedades dos compostos de carbono a partir da teoria da valência. A questão que movia Kekulé era:

Por que alguns elementos químicos se combinam preferencialmente em certas proporções, e não em outras?

Quando ingressou na universidade, Kekulé pretendia estudar arquitetura; no entanto, ao interessar-se pela Química, acabou por se aprofundar no aspecto da "arquitetura" molecular. Antes de formular sua teoria, ele estudou com vários químicos importantes e fez inúmeros experimentos.

Anos após a publicação da teoria da estrutura molecular, Kekulé relatou em que momento começou a conceber o que viria a ser o ponto mais criativo e revolucionário de sua teoria: a noção de que nos compostos de carbono os átomos desse elemento ligam-se uns aos outros. Segundo seu relato, ele viajava de ônibus em Londres, percorrendo ruas desertas, quando começou a sonhar acordado com átomos que dançavam ao seu redor. Alguns deles uniam-se aos pares, em trios, em quartetos e em longas cadeias. Chegando em casa, teria passado boa parte da noite colocando no papel essas ideias – a origem de sua teoria –, cujos pontos essenciais são: a tetravalência do carbono e a possibilidade de esse elemento ligar-se a outros átomos de carbono.



ALTE NATIONALGALERIE, MUSEUM ISLAND, BERLIN

O químico alemão Kekulé estabeleceu os fundamentos da teoria da estrutura molecular em Química Orgânica. Pintura de Heinrich von Angeli, 1890, óleo sobre tela, 80 cm × 63 cm.

Quais foram as principais contribuições de Kekulé?

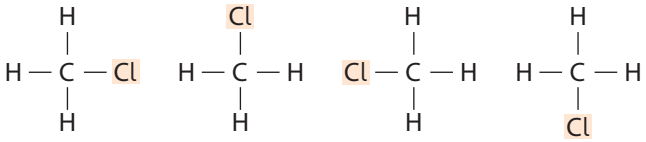
Kekulé introduziu o uso de **fórmulas estruturais planas** (o termo plana enfatiza que nesse tipo de representação não havia nenhuma consideração à disposição espacial dos átomos) dos compostos de carbono a partir de alguns postulados:

- Nos compostos orgânicos, o carbono é sempre tetravalente, ou seja, efetua quatro ligações (cada uma representada por um traço).

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

MODERNA

- As quatro valências do carbono são idênticas.



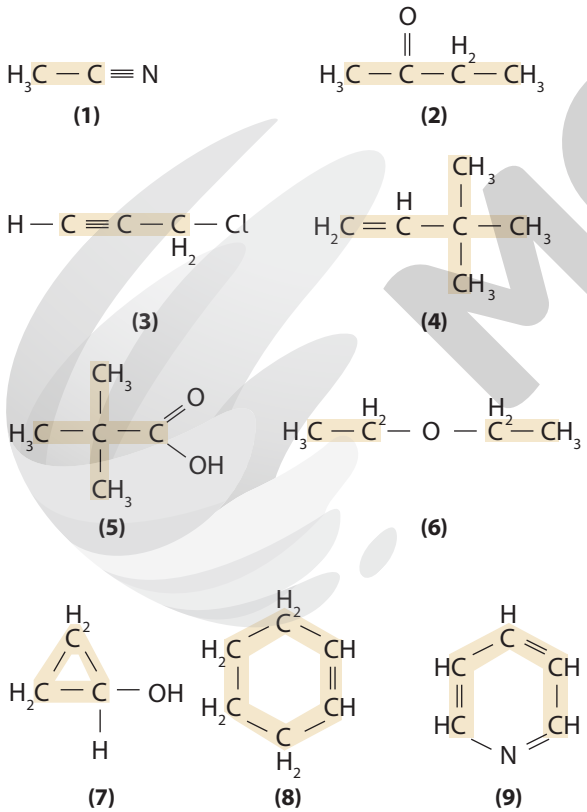
Todas as fórmulas acima são equivalentes, representando um mesmo composto: o clorometano (CH_3Cl). Isto é, as diferenças de posição do átomo de cloro (Cl) são apenas aparentes, ou seja, é indiferente indicar o Cl, para cima, para baixo, para a direita ou para esquerda.

- Os átomos de carbono podem ligar-se entre si, formando cadeias carbônicas. Alguns exemplos dessas cadeias constam a seguir.

As cadeias carbônicas: representações e classificações

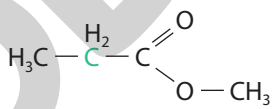
Pequenas ou grandes, como na maioria dos compostos fundamentais para nossa vida, os encadeamentos de átomos de carbono são importantes no estudo da Química Orgânica e de todas as áreas relacionadas a ela.

Os critérios usados para classificar as cadeias carbônicas são, na maior parte, simples, e, se você observar atentamente os exemplos abaixo, em que as cadeias estão assinaladas, poderá identificar alguns deles.

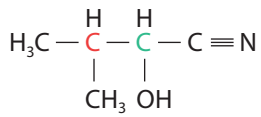


- Quais dos compostos têm cadeia cíclica ou fechada? **7**, **8** e **9**.
- Em quais deles há um elemento químico diferente de carbono entre átomos de carbono? **6** e **9**. Nesse caso, dizemos que a cadeia é **heterogênea** (há um heteroátomo, o oxigênio, no caso da cadeia **6**, e o nitrogênio, no da **9**). No exemplo **9**, dizemos que ela é **heterocíclica**. Note que, no caso dos compostos **1**, **2**, **3**, **5**, **7**, apesar de haver átomos diferentes de carbono e hidrogênio nos compostos, eles não fazem parte da cadeia; suas cadeias são, por isso, classificadas como **homogêneas**.
- Quais têm apenas ligações simples entre átomos de carbono? **1**, **2**, **5**, **6** e **7**. Trata-se de cadeias **saturadas**. O termo saturado significa farto, cheio; seu antônimo é insaturado. No caso das cadeias carbônicas, a referência indica a grande capacidade de adicionar substâncias a átomos de carbono unidos por ligação dupla ou tripla (cadeias **insaturadas** – ao pé da letra, ainda não "fartas"); quando só há ligações simples entre os átomos de carbono, a cadeia está saturada.
- Entre os compostos de cadeia aberta, quais contêm carbono ligado a mais do que dois outros átomos de carbono? **4** e **5**. Eles têm cadeia ramificada, enquanto, por exemplo, os compostos **1**, **2**, **3** têm cadeia normal.

Veja, nos exemplos a seguir, como podem ser classificadas as cadeias carbônicas.



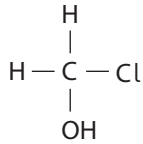
cadeia aberta, normal, saturada, heterogênea



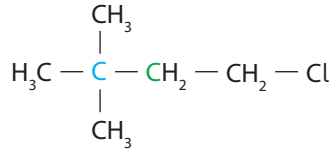
cadeia aberta, ramificada, saturada, homogênea

Uma cadeia é **normal** quando só possui átomos de carbono primário e secundário. A cadeia **ramificada** tem ao menos um átomo de carbono terciário ou quaternário. Nos exemplos acima, os C em verde são secundários (ligados a dois outros átomos de carbono). O C assinalado em vermelho é terciário (ligado a três outros átomos de carbono). Os C em preto são primários, isto é, ligam-se no máximo a um átomo de carbono.

Veja outros exemplos:



C é primário



C é primário
C é secundário
C é quaternário

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

Cadeias carbônicas e suas representações: esclarecimentos importantes

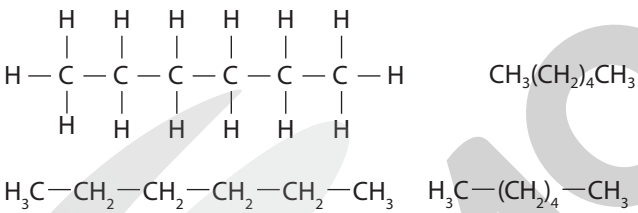
O que se entende por cadeia "normal"? A palavra "normal" leva-nos a imaginar uma série de átomos de carbono completamente alinhados. Para complicar um pouco mais, a representação das fórmulas estruturais planas costuma reforçar essa ideia de alinhamento. Na verdade, a estrutura de uma cadeia normal não é tão "normal" assim. Vamos analisar alguns exemplos:

cadeia aberta normal

DOTTA2/ARQUIVO

Modelo "esfera e bastão" da cadeia representada acima. Note que os átomos de carbono não formam ângulos de 180°.

Há várias formas diferentes de representar uma cadeia carbônica ou um composto orgânico. Repare nos exemplos:

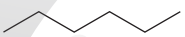


$CH_3(CH_2)_4CH_3$

$H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ $H_3C-(CH_2)_4-CH_3$

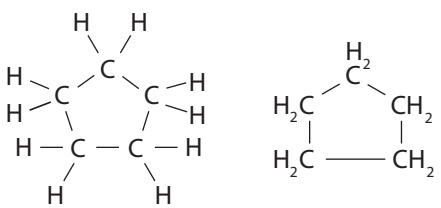
fórmulas estruturais do hexano

Ainda há a possibilidade de representar a disposição dos átomos de carbono por meio de linhas:



Cada vértice indica um átomo de carbono e, na ausência de outros ligantes, subentende-se a presença de átomos de hidrogênio, completando as quatro ligações do carbono.

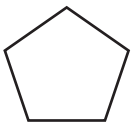
Veja agora as representações de um exemplo de composto de cadeia cíclica:



fórmulas estruturais do ciclopentano

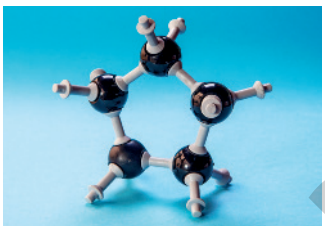
Também é possível representar o ciclopentano por um pentágono. Os átomos de hidrogênio que completam as quatro ligações do átomo de carbono ficam subentendidos nessa representação.

Essa forma representa, no plano, a disposição espacial dos átomos de carbono, mostrada no modelo "esfera e bastão" da fotografia abaixo.



fórmula estrutural do ciclopentano

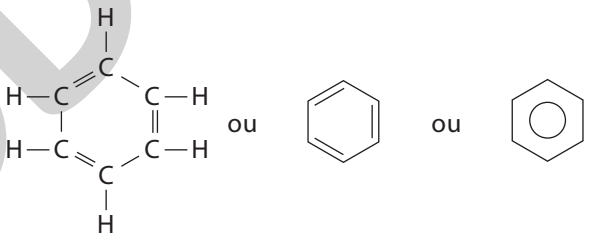
DOTTA2/ARQUIVO



Modelo "esfera e bastão" do ciclopentano. Com ele em mãos, torna-se mais claro que os átomos de hidrogênio, subentendidos pela representação do bastão, não estão coplanares (dispostos em um só plano).

Particularidades das cadeias cíclicas

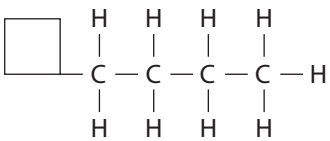
Algumas cadeias carbônicas cíclicas podem ser classificadas como aromáticas quando apresentam um núcleo aromático. Inicialmente, a aromaticidade estava associada ao benzeno, representado a seguir, e seus derivados, por apresentarem um odor forte. Atualmente, essa propriedade está relacionada à alta estabilidade de certos anéis insaturados.



fórmulas estruturais do benzeno

Algumas observações:

- Muitos compostos contêm um ou mais anéis carbônicos ligados a um fragmento de cadeia aberta. Nesse caso, diz-se que a cadeia é **mista**. Veja o exemplo:



cadeia mista, saturada, homogênea

Frequentemente, usamos os termos **cadeia alifática** e **composto alifático** em oposição a **cadeia aromática** ou **composto aromático**. A palavra **alicíclica**(**o**) tem origem na associação de **ali**fática(o) e **cíclica**(o).

O quadro *Representações do butano*, a seguir, mostra algumas das diferentes representações adotadas na Química Orgânica.

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

MODERNA

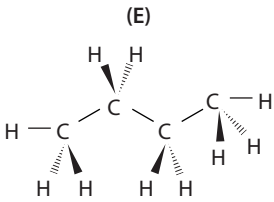
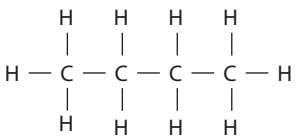
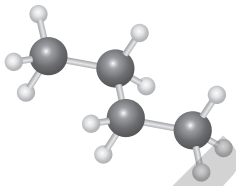
Representações do butano			
(A) C_4H_{10}	A fórmula molecular informa que há quatro átomos de carbono e dez de hidrogênio por molécula do butano.	**(E)** 	A disposição espacial dos átomos de C e H é sugerida por representação espacial simplificada.
(B) $CH_3CH_2CH_2CH_3$ **(C)** $CH_3(CH_2)_2CH_3$	Estas fórmulas estruturais planas simplificam a representada em **D**. Elas exigem que se saiba que os átomos de H não se interpõem aos de C.	**(F)**	Esta é a representação mais simplificada da disposição espacial dos átomos (que aparecem em **E**). Ela exige que se saiba que os vértices correspondem a átomos de C e que há átomos de H completando as quatro ligações do C.
(D) 	Esta representação deixa de informar os verdadeiros ângulos de ligação.	**(G)** 	O modelo "esfera e bastão" dá uma ideia de disposição e dimensão relativa dos átomos.

ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

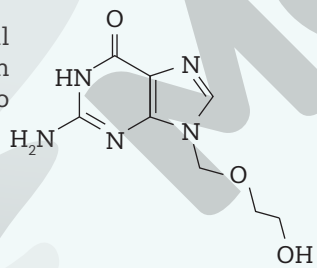
Atenção: Enquanto você não adquire a prática necessária para lidar com as diferentes representações, comece por transformar qualquer forma simplificada de representação dos compostos em uma fórmula estrutural em que todos os ligantes estejam indicados.

Atividades

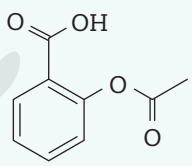
Não escreva no livro.

1 Dê as fórmulas moleculares dos compostos a seguir:

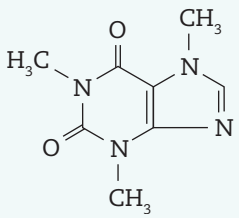
a) Aciclovir, antiviral administrado em casos de infecção por herpes.



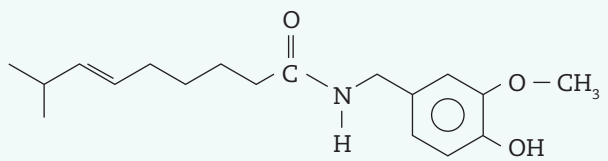
b) Ácido acetilsalicílico, usado como analgésico e antipirético.



c) Cafeína, substância presente no café e no chá preto.



2 A capsaicina, substância responsável pelo sabor característico das pimentas, pode ser representada pela seguinte fórmula estrutural:



Indique o número de átomos de carbono presentes nessa estrutura.

3 Um estudante do Ensino Médio, ao resolver uma prova, fez algumas afirmações que estão abaixo. Diga se estão certas ou não, justificando sua resposta por meio de exemplo.

a) Uma cadeia normal não pode ter carbono secundário.

b) Uma substância orgânica que contenha N não pode ter cadeia homogênea.

c) Uma substância orgânica que possua ligação dupla não pode ter cadeia saturada.

MODERNA

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

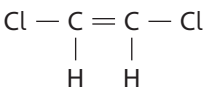
As contribuições de Le Bel e Van't Hoff

No século XIX, alguns cientistas obtiveram compostos orgânicos isômeros – que possuem mesma fórmula molecular e fórmula estrutural diferente –, o que não era possível explicar com base nos postulados de Kekulé (1858).

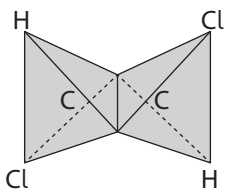
A partir do suco de uva, o cientista francês Louis Pasteur isolou duas substâncias isômeras diferentes, as quais possuíam a mesma fórmula estrutural. Com isso, surgiu a necessidade de um tipo de fórmula que fosse capaz de explicar essa diferença. Em 1873, o francês Le Bel e o alemão Van't Hoff, trabalhando independentemente, propuseram a teoria da configuração tetraédrica do carbono, que satisfez essa necessidade.

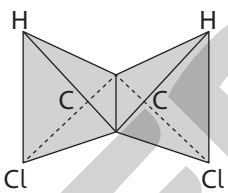
Segundo essa teoria, podemos visualizar as diferentes fórmulas estruturais espaciais correspondentes a uma mesma fórmula estrutural plana. Para isso, imagina-se o átomo de C ao centro de um tetraedro regular com suas valências dirigidas aos vértices. Essa disposição está de acordo com a teoria da repulsão dos pares eletrônicos, formulada bem mais tarde, na segunda metade do século XX.

Por exemplo, a existência de dois compostos de fórmula $C_2H_2Cl_2$ pode ser explicada por duas configurações espaciais:



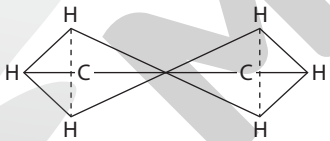
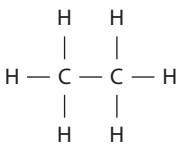
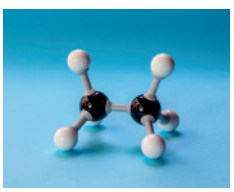
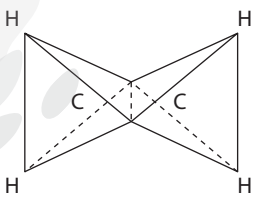
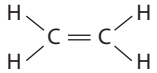
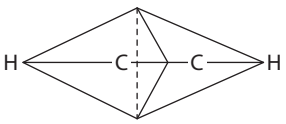
fórmula estrutural plana





fórmulas estruturais espaciais

O quadro a seguir apresenta uma síntese das possibilidades de fórmula espacial decorrentes da teoria de Le Bel e Van't Hoff. Nesse quadro também aparecem os modelos "esfera e bastão" dos compostos usados para exemplificá-la. Repare como a criatividade desses dois cientistas antecipou em mais de meio século a "visão espacial" das moléculas orgânicas.

Tipo de ligação entre átomos de C	Exemplos		
	Fórmula espacial (Le Bel e Van't Hoff)	Fórmula estrutural	Modelo "esfera e bastão"
simples	 tetraedros unidos pelo vértice **etano**	 etano	
uma dupla	 tetraedros unidos pela aresta **eteno**	 eteno	
uma tripla	 tetraedros unidos pela face **etino**	etino	

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

MODERNA

FOTOS: DOTTA2/ARQUIVO

As bases da nomenclatura de compostos orgânicos

Antes mesmo de a Química obter *status* de Ciência, muitos compostos orgânicos já eram conhecidos. Naquele período, por absoluta ausência de regras oficiais, os compostos recebiam nomes completamente arbitrários. Mais tarde, a comunidade científica estabeleceu regras oficiais para evitar que o caos imperasse – o primeiro congresso com essa finalidade ocorreu em Genebra, em 1892. Como você sabe, o número de compostos de carbono cresceu bastante, principalmente a partir do século XX, e novas reuniões levaram a IUPAC (do inglês International Union of Pure and Applied Chemistry), em 1957, a publicar um conjunto formal de regras de nomenclatura orgânica.

Inicialmente, enfatizaremos os aspectos básicos da nomenclatura estabelecida pela IUPAC.

O nome dos hidrocarbonetos – o foco da IUPAC

Os hidrocarbonetos consistem em um grupo de substâncias orgânicas constituídas apenas por átomos de C e H, isto é, todos são compostos binários. Qualquer outro composto orgânico com outro(s) elemento(s) químico(s) além de C e H, do ponto de vista químico, faz parte de outro **grupo funcional** ou **função química**.

Assim, para dar nome a um composto pertencente ao grupo funcional álcool, caracterizado pela presença de um grupo —OH, unido a carbono saturado, toma-se por base o nome do hidrocarboneto obtido pela substituição do grupo OH por H. Veja o exemplo:

$H_3C — CH_3$	$H_3C — CH_2 — OH$
Função química: hidrocarboneto Nome: etan**o**	Função química: álcool Nome: etan**ol** Grupo funcional: —OH

Para efeito da nomenclatura, a terminação **o** do hidrocarboneto é substituída por **ol**. Repare que ambos os componentes têm o mesmo tipo de cadeia – aberta, normal e saturada – apesar de diferirem quanto à função química. O etano pertence à função hidrocarboneto e o etanol, à função álcool (possui o grupo OH ligado a um átomo de carbono saturado, que é característico dos álcoois).

Um pouco sobre os hidrocarbonetos

Além de sua importância para a nomenclatura orgânica, os hidrocarbonetos são fundamentais do ponto de vista prático – são usados como combustíveis e solventes; constituem a matéria-prima para a fabricação de plásticos e detergentes, além de terem outras aplicações. Suas principais fontes naturais são o petróleo e os carvões minerais.

DOTTA2/ARQUIVO

Frascos de solventes obtidos do petróleo. Na ampliação do rótulo, lê-se a palavra "hidrocarboneto" na composição do solvente.

LBERTO ROCHA/FOLHAPRESS

O gás metano (CH_4), principal constituinte do gás natural, é usado como combustível. São Paulo, SP, 2018.

Dando nome aos compostos orgânicos de cadeia normal

Veja algumas regras de nomenclatura dos compostos orgânicos estabelecidas pela IUPAC, cujo objetivo é ordenar o sistema de atribuição de nomes. Segundo esse sistema, a partir do nome de uma substância, pode-se deduzir qual tipo de cadeia carbônica ela apresenta ou a maneira como reage quimicamente.

Uma substância orgânica de cadeia normal pode ter o seu nome dividido em prefixo, infixo e sufixo:

PREFIXO + **INFIXO** + **SUFIXO**

- **Prefixo** – definido pelo número de átomos de carbono da cadeia. Por exemplo, **hexano**, iniciado por *hex* (do grego hexa, 6), é o nome do alcano com 6 átomos de carbono: C_6H_{10}.

Prefixos de acordo com o número de átomos de carbono da cadeia			
Número de átomos de carbono	Prefixo	Número de átomos de carbono	Prefixo
1	met	6	hex
2	et	7	hept
3	prop	8	oct
4	but	9	non
5	pent	10	dec

Com exceção dos quatro primeiros, os prefixos foram extraídos do numeral grego ou latino correspondente.

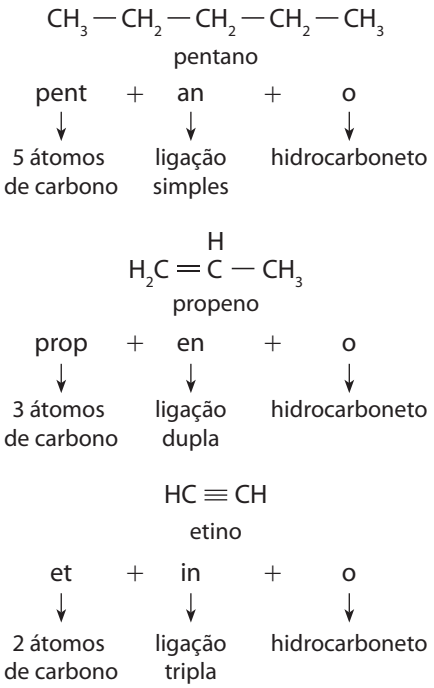
- **Infixo** – diz respeito ao tipo de ligação entre os átomos de carbono que constituem a cadeia.

AN cadeia saturada	IN uma ligação tripla
EN uma ligação dupla	DIEN duas ligações duplas

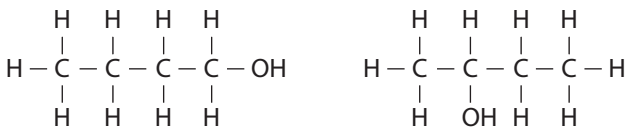
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

- **Sufixo** – definida conforme a função química do composto.

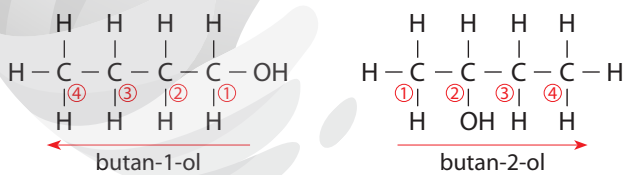


Repare as fórmulas estruturais de dois álcoois de cadeia normal com fórmula molecular C_4H_9OH:

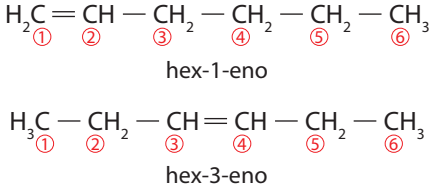


Essas duas substâncias têm a mesma fórmula molecular, mas são diferentes – são isômeros. Então, não podem ter o mesmo nome, embora ambas apresentem o mesmo prefixo (but), infixo (an) e sufixo (ol). Como diferenciá-las?

Segundo a IUPAC, utilizam-se os **localizadores**, que são números que indicam a posição de insaturações, de ramificações ou de grupos funcionais. Nos casos anteriores, para indicar a posição do grupo funcional, é necessário numerar a cadeia carbônica a partir da extremidade mais próxima a ela, como você pode observar a seguir.



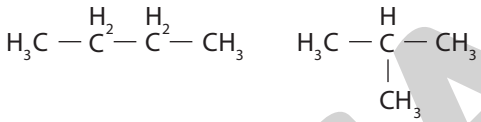
Veja outro exemplo semelhante, em que a diferença entre os compostos está apenas na posição da insaturação:



Devido ao uso consagrado, alguns compostos têm nomes considerados oficiais, apesar de não seguirem as normas da IUPAC, como etileno (eteno), $H_2C=CH_2$, e acetileno (etino), $HC \equiv CH$.

A nomenclatura dos compostos de cadeia ramificada

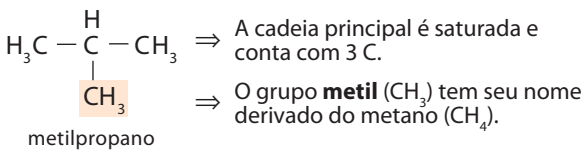
Vamos retomar as fórmulas estruturais de alcanos com quatro átomos de carbono:



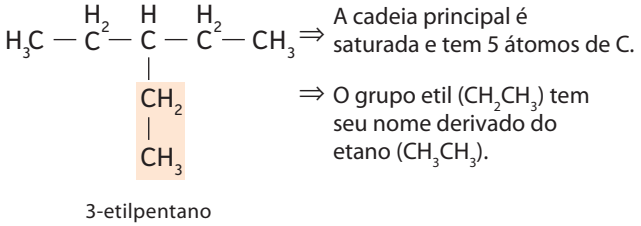
SOMYOT PATTANA/SHUTTERSTOCK

O cilindro verde da imagem contém o gás butano usado como combustível em fogareiros.

Esses dois compostos são isômeros, isto é, ambos têm fórmula C_4H_{10}. Porém, um possui cadeia normal, e o outro, ramificada. O metilpropano tem seu nome derivado do propano (C_3H_8). Qual é a lógica da regra de nomenclatura que leva ao nome desse composto?



De acordo com as regras de nomenclatura da IUPAC para os compostos orgânicos, no caso de cadeia ramificada, dá-se nome a cadeia principal e ao "pedaço de hidrocarboneto" ligado a ela. Esse "pedaço de hidrocarboneto" é o que chamamos de **grupo** ou **grupamento**. Veja outro exemplo:



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

MODENA

Interligações

Não escreva no livro.

Molécula orgânica inédita é encontrada na Via Láctea

HUBBLE/NASA/ESA/JUDY SCHMIDT

Imagem da Eta Carinae, sistema estelar presente na Via Láctea, obtida pelas agências espaciais NASA e ESA, com o telescópio Hubble, em 2019. Imagem colorida artificialmente.

Astrônomos do Instituto Max Planck de Física Extraterrestre, na Alemanha, identificaram, em uma gigantesca nuvem no meio interestelar, a propargilimina, uma molécula orgânica inédita até então, que pode desempenhar um papel fundamental no surgimento da vida.

"A peculiaridade desta espécie química reside na sua dupla ligação carbono-nitrogênio, o que lhe confere alta reatividade", explicou o astroquímico Luca Bizzocchi. "Com essa ligação dupla, torna-se um constituinte fundamental das cadeias químicas que levam das moléculas mais simples e abundantes no espaço, contendo carbono e nitrogênio – por exemplo, formaldeído (H_2CO) e amônia (NH_3), respectivamente – aos aminoácidos complexos, os blocos fundamentais da biologia terrestre", acrescentou.

A propargilimina foi encontrada [...] próximo ao centro da Via Láctea. Assim como outras moléculas orgânicas complexas armazenadas por lá, [...] a propargilimina é uma molécula pre-biótica, ou seja, desempenha um papel nos processos pre-bióticos que criam os blocos de construção da vida, como aminoácidos, RNA e DNA. [...]

GATTIS, N. *Olhar digital*, 18 jun. 2020. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/ciencia-e-espaco/noticia/molecula-organica-inedita-e-encontrada-na-via-lactea/102337>. Acesso em: 13 jul. 2020.

1. Caso não saiba, pesquise e explique o significado de "molécula pre-biótica".
2. Explique o porquê de os cientistas considerarem a detecção dessa substância algo relevante.
3. Represente por meio de fórmulas estruturais as substâncias mencionadas no texto: formaldeído (H_2CO) e propargilimina (H_3C_3N).
4. A propargilimina não existe nas condições ambientais terrestres. A que os cientistas atribuem a instabilidade dessa substância? A cadeia carbônica desse composto é saturada ou insaturada?

Atividades

Não escreva no livro.

1 Dê o nome dos compostos abaixo, de acordo com as regras de nomenclatura da IUPAC. Como alguns deles estão representados em fórmulas condensadas, comece por escrever a fórmula estrutural, explicitando todas as ligações.

a) $H_3C-\overset{H}{\underset{|}{C}}=CH_2$

b) $H-C\equiv C-H$

c) H_3C-OH

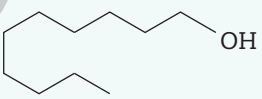
d) $H_2C=CH_2$

e) $H_3C-CH_2-CH_2-CH=CH-CH_2-CH_3$

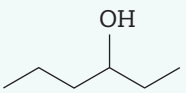
f) $H_3C-(CH_2)_5-CH_2-OH$

g) $HC\equiv C-(CH_2)_3-CH_3$

h)



i)



2 Com a fórmula molecular C_5H_8, há dois alcinos de cadeia normal: represente-os com suas fórmulas estruturais e indique as respectivas nomenclaturas sistemáticas de acordo com as regras da IUPAC.

Fique por dentro

Internet

Novo estudo revisita o experimento Miller-Urey ao nível quântico
<https://www.astrobio.net/origin-and-evolution-of-life/novo-estudo-revisita-o-experimento-miller-urey-ao-nivel-quantico/>

Neste artigo, traduzido da *Astrobiology magazine*, pesquisadores relatam um novo estudo sobre o experimento de Miller-Urey, que simula a atmosfera terrestre em seus primórdios, buscando retratar a origem da vida.

Por que é possível que estejamos sozinhos no Universo?
<https://brasil.elpais.com/ciencia/2020-07-11/por-que-e-possivel-que-estejamos-sozinhos-no-universo.html>

Nessa matéria, os autores exploram a hipótese da Terra rara para explicar o surgimento de vida no planeta Terra.

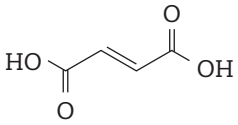
Acessos em: 18 ago. 2020.

MODELO

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

Não escreva no livro.

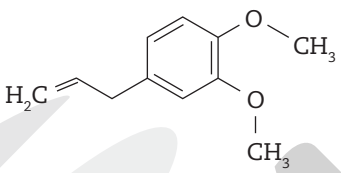
1 (PUC-RJ) Abaixo está representada a estrutura do ácido fumárico.



A respeito desse ácido, é correto afirmar que ele possui:

a) somente átomos de carbono secundários e cadeia carbônica normal.
b) átomos de carbono primários e secundários, e cadeia carbônica ramificada.
c) átomos de carbono primários e secundários, e cadeia carbônica insaturada.
d) átomos de carbono primários e terciários, e cadeia carbônica saturada.
e) átomos de carbono primários e terciários, e cadeia carbônica ramificada.

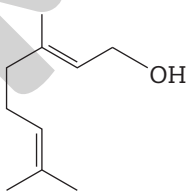
2 (Unigranrio-RJ) O eugenol, ou óleo de cravo, é um forte antisséptico. Seus efeitos medicinais auxiliam no tratamento de náuseas, indigestão e diarreia. Contém propriedades bactericidas, antivirais, e é também usado como anestésico e antisséptico para o alívio de dores de dente. A fórmula estrutural deste composto orgânico pode ser vista a seguir:



O número de átomos de carbono secundário neste composto é:

a) 2 **b)** 3 **c)** 8 **d)** 7 **e)** 10

3 (PUC-RJ) O óleo de citronela é muito utilizado na produção de velas e repelentes. Na composição desse óleo, a substância representada ao lado está presente em grande quantidade, sendo, dentre outras, uma das responsáveis pela ação repelente do óleo.



A cadeia carbônica dessa substância é classificada como aberta,

a) saturada, homogênea e normal.
b) saturada, heterogênea e ramificada.
c) insaturada, ramificada e homogênea.
d) insaturada, aromática e homogênea.
e) insaturada, normal e heterogênea.

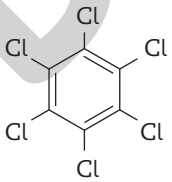
4 Leia o texto a seguir e responda o que se pede.

Para quase todos nós, a palavra POP lembra uma produção artística com apelo popular. Mas, do ponto de vista químico, trata-se de uma sigla que, usada no plural, possui conotação bem diferente.

POPs é a sigla de poluentes orgânicos persistentes. Esse grupo de compostos vem exigindo que os países tomem medidas de caráter global para evitar o agravamento de problemas que põem em risco nossa saúde e, de modo mais amplo, todo o ambiente.

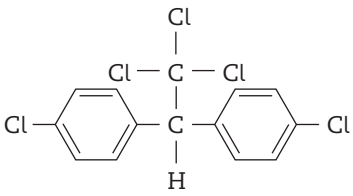
Além de serem bastante estáveis no ambiente, os POPs acumulam-se ao longo da cadeia alimentar, podendo atingir locais distantes ao serem transportados pelo ar, pela água e até mesmo por espécies migratórias.

Desde 2004, os países signatários da Convenção de Estocolmo se comprometeram em banir 12 poluentes orgânicos persistentes. Um deles é o pesticida DDT e o outro é o hexaclorobenzeno (HCB), substância utilizada em inseticidas e como agrotóxico.



HCB
(hexaclorobenzeno)

Esse composto foi usado como fungicida, mas seu principal emprego está relacionado a processamentos industriais.



DDT
(diclorodifeniltricloroetano)

Composto empregado como pesticida, principalmente a partir dos anos 1950. Por sua eficiência no combate aos vetores do tifo, da dengue e da malária, ainda é usado em alguns países para esse fim.

a) Faça uma pesquisa na internet e indique quais foram os 12 POPs proibidos na Convenção de Estocolmo.
b) Quais são as semelhanças entre as duas substâncias representadas? Represente a fórmula molecular delas.

Próximos passos

Neste capítulo, você pôde estudar de que forma reações químicas entre substâncias comuns, metano (CH_4), amônia (NH_3) e vapor de água originam compostos orgânicos essenciais para a vida. No próximo capítulo, será possível entender como se deu a evolução da vida.

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

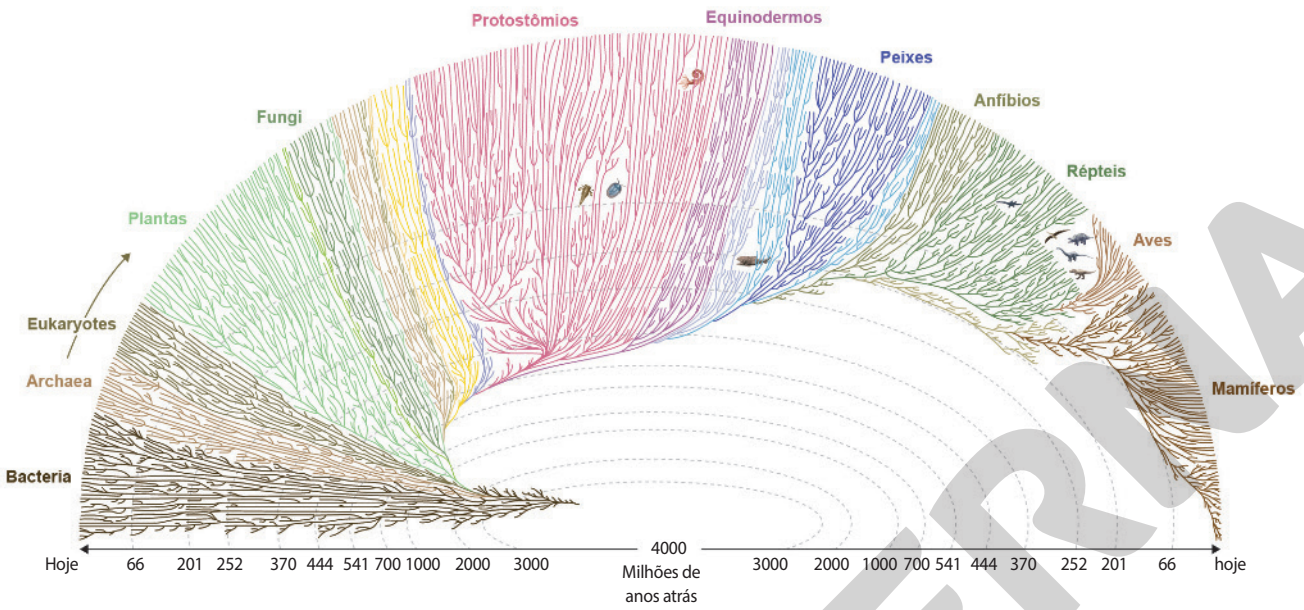
MODELO

CAPÍTULO

5 A evolução da vida

Veja respostas e comentários para as atividades do capítulo no **Suplemento do Professor**.

BNCC:
EM13CNT201
EM13CNT202
EM13CNT208
EM13CNT302
EM13CNT305



Representação de uma "árvore da vida", esquema didático que tenta apresentar visualmente as relações de parentesco entre todos os organismos.

Fonte: <https://www.evogeneao.com>. Acesso em: 11 ago. 2020.

Utilize as perguntas iniciais e o esquema da árvore da vida para questionar os estudantes sobre o surgimento dos diferentes tipos de seres vivos. Registre os conceitos e as ideias prévias da turma sobre o termo evolução. Explicite a diferença entre o uso do termo no dia a dia, muitas vezes associado a progresso e intencionalidade, e em um contexto biológico. Explique a eles que a evolução consiste em mudanças nas características dos seres vivos ao longo do tempo, nem sempre associada a progresso ou melhoria.

Para começo de conversa

Desde que surgiu na Terra, há cerca de 3,5 bilhões de anos, a vida vem evoluindo continuamente. Dos primeiros seres vivos se originaram não somente todas as espécies que ocupam o planeta atualmente, mas também os milhares de espécies que surgiram e foram extintos no decorrer do tempo.

Que mecanismos explicam a enorme diversidade de seres vivos na Terra? Como atua a seleção natural na adaptação das espécies? Como a evolução pode ser comprovada?

Neste capítulo vamos estudar as diferentes teorias que tentaram responder a essas questões. Vamos também conhecer conceitos centrais para compreender a evolução da vida, como seleção natural, adaptação e especiação.

Caixa de ferramentas

Em sua acepção mais comum, o termo **evolução** está associado a ideias de progresso e melhoria. Mas é preciso ter em mente que essa palavra significa, em termos biológicos, apenas mudança, sem nenhum juízo de valor. Assim, a evolução biológica é o conjunto de mudanças que ocorrem nos seres vivos ao longo do tempo.

Essas mudanças podem ser de diversos tipos, incluindo moleculares (como o surgimento de uma enzima), fisiológicas (como as alterações metabólicas provocadas por essa nova enzima), morfológicas (como o surgimento de penas nas aves) e comportamentais (como o cuidado parental em aves e mamíferos).

As mudanças evolutivas dependem do surgimento, ao acaso, de variações, assim como das condições atuais do ambiente. Uma característica pode ser favorável em certas condições ambientais, mas desvantajosa em outras. Portanto, a evolução não apresenta uma direção preestabelecida nem é sinônimo de progresso.

© 2008, 2017 LEONARD EISENBERG. ALL RIGHTS RESERVED. RODRIGO PEREIRA DE FIGUEIREDO
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Teorias da evolução

Mais de 1,2 milhão de espécies de seres vivos já foram identificadas e descritas, mas estima-se que isso corresponda a uma pequena parcela de toda a biodiversidade existente. Um estudo de 2011, considerado o mais preciso já feito, apresentou uma estimativa de que há cerca de 8,7 milhões de espécies no mundo, sem levar em conta bactérias e outros microrganismos. Como explicar essa enorme diversidade?

DIDACUS VALADES - BIBLIOTECA DO GETTY RESEARCH INSTITUTE, LOS ANGELES

Representação de escala natural, ilustrada por Didacus Valades (1533-1582), um missionário e humanista espanhol. Note a hierarquia das formas de vida, com as plantas na base da escala até chegar ao topo, onde está Deus. (VALADES, Didacus. *Retorica Christiana*. 1579. Xilogravura, 39,4 cm × 55,9 cm.)

Da Grécia antiga ao século XVIII

A crença de que as espécies de organismos foram criadas por um ato divino e permanecem inalteradas ao longo do tempo, chamada criacionismo, foi predominante no Ocidente até o século XIX, em grande parte por influência do cristianismo.

Na Grécia antiga, pela primeira vez ideias sobre a imutabilidade das espécies foram formalizadas pelos filósofos Platão (428-347 a.C.) e Aristóteles (384-322 a.C.). De acordo com Platão, tudo o que tem existência material é uma cópia ou um reflexo imperfeito de exemplares ideais, que têm uma essência única e imutável. Posteriormente, Aristóteles estabeleceu uma classificação hierárquica dos seres vivos, chamada de **escala natural**, que foi organizada de acordo com a complexidade deles. Na base da escala estavam as plantas, que eram consideradas "seres primitivos", seguidas sucessivamente por animais e seres humanos. Para Aristóteles, as espécies tinham propriedades fixas, pensamento que foi adotado na Idade Média pelos cristãos.

Essa visão linear e hierárquica da natureza foi muito influente até o final do século XVIII, quando diversos filósofos e naturalistas começaram a cogitar a evolução natural das diferentes espécies sem intervenção divina. Esse pensamento evolucionista era contrário ao que se acreditava até então e motivou intensos debates.

Segundo o **fixismo**, as espécies são fixas, imutáveis, portanto não podem dar origem a outras. A maioria dos fixistas também era criacionista. Já o **transformismo** sustenta que as espécies mudam ao longo do tempo e que tiveram origem a partir de organismos preexistentes. Essa ideia é incorporada pelos evolucionistas, que defendem a diversidade de seres vivos como produto de leis naturais, não de vontade divina.

As ideias de Lamarck

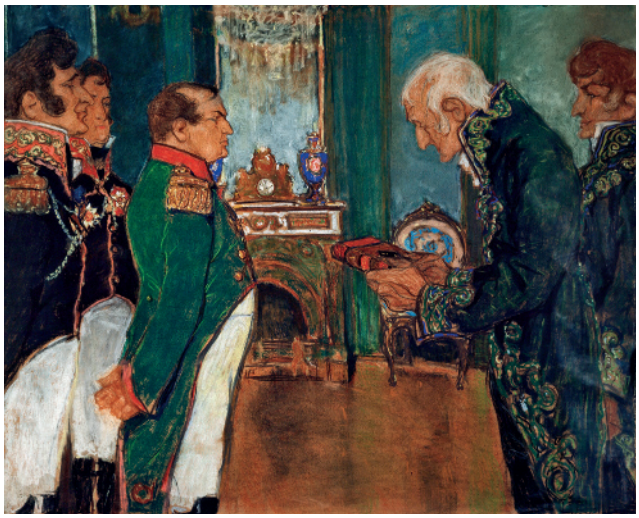
O paleontólogo francês Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) foi um dos pioneiros do transformismo e um dos primeiros a apresentar uma teoria científica para explicar a evolução biológica, na época da Revolução Francesa. Acredita-se que esse contexto revolucionário tenha contribuído para a proposta de uma teoria contrária às ideias principais da comunidade científica daquele momento. Ela foi primeiramente desenvolvida em seu livro *Philosophie Zoologique*, publicado em 1809. Contrariando a maioria dos pensadores contemporâneos a ele, Lamarck estava convencido de que os organismos poderiam mudar, originando novas espécies no decorrer das gerações, e tentou explicar de que maneira isso acontecia.

Um dos conceitos fundamentais apresentados por Lamarck foi o de **adaptação**, ou seja, o ajuste dos seres vivos em resposta ao ambiente. Ele afirmava que o uso ou o desuso de determinado órgão, dependendo das condições impostas pelo ambiente e das necessidades da espécie, poderia interferir em seu desenvolvimento.

Lamarck acreditava que características adquiridas pelo indivíduo ao longo da vida eram transmitidas aos descendentes, o que também era defendido pela maioria da comunidade científica da época. Assim, as modificações adquiridas por um organismo em resposta a uma mudança no ambiente seriam herdadas pelos descendentes. Ao longo de muitas gerações, essas mudanças graduais poderiam levar ao surgimento de novas espécies.

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

MODERNA



MIKHAIL DMITRIEVICH EZUCHEVSKY -STATE DARWIN MUSEUM, MOSCOU

Na época de Lamarck, os mecanismos de hereditariedade ainda não eram conhecidos. Hoje, sabe-se que os órgãos de um indivíduo têm, dentro de determinados limites, a capacidade de se modificar em resposta ao uso e ao desuso ao longo da vida, como ocorre com os músculos dos atletas. No entanto, essas alterações não são transmitidas dos pais para os filhos.

A grande contribuição da teoria de Lamarck foi o fato de chamar a atenção para as adaptações dos organismos ao meio onde vivem, ao sugerir que essas adaptações surgiam em consequência de modificações lentas e graduais ao longo de sucessivas e numerosas gerações.

Obra que representa Lamarck entregando o livro *Philosophie Zoologique* ao imperador Napoleão Bonaparte. (EZUCHEVSKY, Mikhail Dmitrievich. 1920. Pastel sobre papel, 80 cm × 100 cm.)

A teoria da evolução de Darwin e Wallace

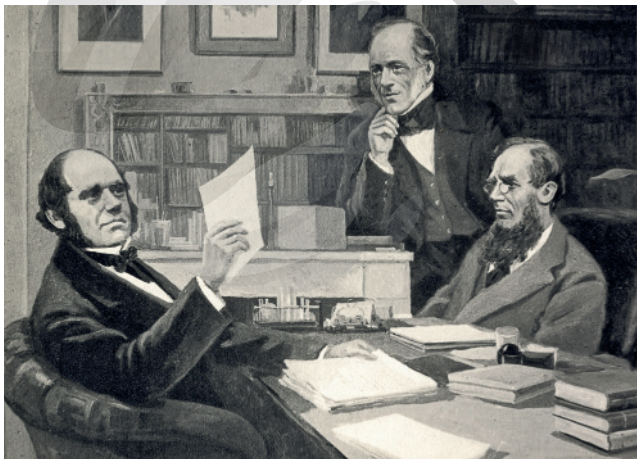
Charles Robert Darwin (1809-1882) nasceu na Inglaterra, filho de Robert e Susannah Darwin e neto do ilustre botânico Erasmus Darwin. Cursou Medicina sob influência do pai, mas não seguiu a carreira. Estudou Teologia em Cambridge, onde desenvolveu o interesse em se tornar um naturalista. Passou a coletar besouros com seu primo William e formou uma extensa coleção.

Com o tempo, Darwin aproximou-se de alguns de seus professores, especialmente o botânico John Henslow e o geólogo Adam Sedgwick, que se tornaram seus mentores, preparando-o para uma vida dedicada às Ciências Naturais.

O professor Henslow foi quem ofereceu a Darwin a chance de participar da expedição do navio H. M. S. Beagle, que daria a volta ao mundo em uma viagem de cinco anos, entre 1831 e 1836.

Darwin foi o naturalista oficial da expedição, designado para observar e coletar espécimes de plantas e animais que encontrava nos locais onde o navio aportava. Em sua passagem pelo Brasil, que durou quatro meses, ele esteve na Bahia e no Rio de Janeiro e ficou encantado com a exuberância da Mata Atlântica, com sua imensa diversidade de plantas e de animais.

Passando pelo extremo sul do continente, entrou em contato com os povos tradicionais que ali viviam. Observou fósseis, testemunhou uma erupção vulcânica e um terremoto. A passagem pelo arquipélago de Galápagos, a cerca de 1.000 km da costa do Equador, também foi importante em suas observações e coletas. Influenciado por esses eventos, chegou a afirmar em sua autobiografia: "A viagem do Beagle foi, de longe, o evento mais importante em minha vida e determinou toda a minha carreira".



SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA - MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL, LONDRES

Obra que representa Joseph Hooker e Charles Lyell aconselhando Darwin (à esquerda) sobre a carta de Wallace. (EVSTAFIEFF, Victor. *Joseph Hooker, Charles Lyell e Charles Robert Darwin*. Litografia a partir da pintura original.)

PETE OXFORD/MINDEN PICTURES/FOTOARENA

Uma das espécies que Darwin observou em Galápagos foi o jabuti-gigante-de-galápagos (*Chelonoidis nigra*). Em cada uma das ilhas do arquipélago, ele encontrou subespécies diferentes desse animal.

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

MODERNA

A influência de Malthus

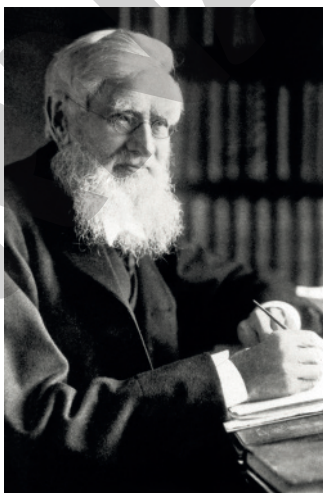
De volta à Inglaterra, Darwin foi muito influenciado pelas ideias do religioso e economista político inglês Thomas R. Malthus (1766-1834). Malthus defendia que a principal causa da miséria era o descompasso entre o crescimento das populações e a capacidade de produção de alimentos, que não aumentava na mesma proporção.

Usando a essência desse pensamento, Darwin postulou que o número de indivíduos de uma espécie produzidos a cada geração é geralmente maior que o número de indivíduos que o meio pode sustentar. Isso os levaria a competir entre si por recursos, principalmente alimento.

Como há variações entre os indivíduos de uma população, alguns estarão mais aptos a vencer essa competição. Assim, aqueles que sobrevivem e se reproduzem a cada geração preferencialmente apresentam características que permitem melhor adaptação às condições ambientais. Dessas ideias, surgiu o conceito de **seleção natural**.

Darwin e Wallace: evolução por seleção natural

Alfred Russel Wallace (1823-1913) nasceu na Inglaterra, em uma família de poucos recursos financeiros, e estabeleceu-se como um dos mais importantes naturalistas de seu tempo. Em 1848, ele e seu amigo, o entomólogo Henry Bates, partiram de navio para Belém do Pará, com o intuito de coletar insetos, aves e outros animais na Amazônia. Naquela época, Wallace já estava desenvolvendo sua teoria da evolução, e a viagem permitiria a coleta de evidências. Em 1852, após percorrer trechos do rio Amazonas e do rio Negro, ele decidiu retornar à Inglaterra para cuidar da saúde. Quando estava em alto-mar, o navio pegou fogo e afundou. Embora um navio cargueiro tenha resgatado os náufragos e Wallace conseguisse voltar para casa, sua preciosa bagagem com anotações, ilustrações e espécimes foi destruída.



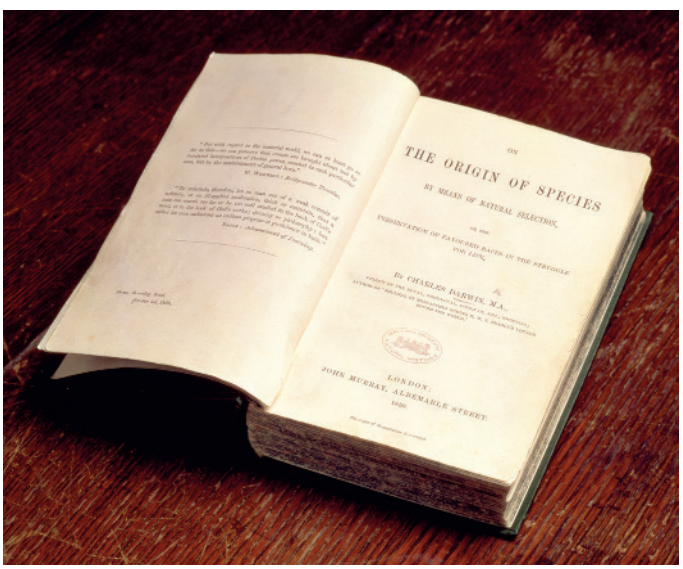
SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Retrato de Alfred Russel Wallace em 1910.

Pouco tempo depois, embarcou novamente, dessa vez para o arquipélago Malaio (a região de Singapura, Malásia e Indonésia), onde permaneceu por quase oito anos realizando extensas pesquisas sobre a fauna e a flora locais e sobre os possíveis mecanismos da evolução biológica. Em 1858, Wallace concebeu a teoria da evolução por seleção natural, também influenciado pela obra de Malthus. Escreveu um ensaio e o encaminhou para Darwin, pedindo-lhe que avaliasse suas ideias e ajudasse em sua publicação.

A essa altura, embora ainda relutasse em tornar público, Darwin já havia teorizado o mecanismo de seleção natural e ficou surpreso pelo fato de Wallace ter chegado às mesmas conclusões. Aconselhado por amigos, Darwin preparou um excerto da obra que estava escrevendo, que foi apresentado junto ao trabalho de Wallace na Sociedade Lineana de Londres, em 1º de julho de 1858.

Esse evento levou Darwin a finalizar uma versão reduzida da obra que vinha elaborando, surgindo o livro *A origem das espécies*. Wallace retornou à Inglaterra apenas em 1862 e dedicou o resto da vida a defender a teoria da evolução por seleção natural. Apesar de os dois cientistas terem chegado às mesmas conclusões, a teoria da evolução por seleção natural é geralmente associada apenas a Darwin, sendo chamada de **darwinismo**.



BRIDGEMAN IMAGES/KEYSTONE BRASIL - MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL, LONDRES

Exemplar da primeira edição de *Sobre a origem das espécies por meio da seleção natural ou a preservação de raças favorecidas na luta pela vida*, publicada em 1859. Somente na sexta edição (1872) o título foi abreviado para *A origem das espécies*, como é popularmente conhecido.

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

CÓPIA

Os fundamentos da evolução por seleção natural

A teoria de Darwin e Wallace é baseada nas observações e nos argumentos a seguir:

- Todas as populações apresentam, em condições ótimas, tendência ao crescimento exponencial.
- A limitação de recursos, como alimentos, abrigo e parceiros sexuais, impede o crescimento indefinido das populações.
- Em decorrência dos fatores acima, os indivíduos de uma população competem entre si pelos recursos naturais.
- Em todas as populações existem variações nas características dos indivíduos, muitas das quais são herdadas pelos descendentes.
- Os indivíduos com características mais favoráveis às condições do meio têm mais chances de sobreviver e deixar descendentes, que herdarão tais características. Esse é o conceito básico da seleção natural.
- Dessa maneira, pelo acúmulo sucessivo de pequenas modificações ao longo das gerações, a seleção natural pode originar novas espécies.

HABILIDADE DE CORRIDA DOS GUEPARDOS, SEGUNDO A TEORIA DE DARWIN E WALLACE

STUART G PORTER/SHUTTERSTOCK

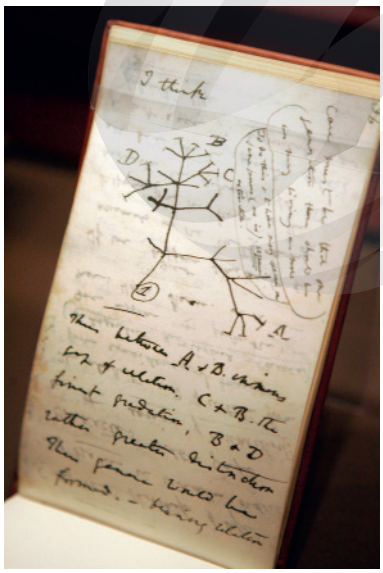
ELANA ERASMUS/SHUTTERSTOCK

A velocidade de corrida dos ancestrais dos guepardos variava entre os indivíduos dessas populações. Essa característica tem natureza hereditária. Os indivíduos mais velozes obtinham mais sucesso nas caçadas. Assim, suas chances de sobreviver e deixar descendentes eram maiores, em comparação com os indivíduos mais lentos.

BRAAM COLLINS/SHUTTERSTOCK

Ao longo de muitas gerações, a seleção natural favoreceu o estabelecimento dos guepardos atuais, que são exímios corredores.

MARY ALTAFFER/GLOW IMAGES – MUSEU AMERICANO DE HISTÓRIA NATURAL, NOVA YORK



Anotação pessoal de Darwin, feita em seu diário em 1837, com o desenho de uma árvore evolutiva.

Ancestralidade comum

Darwin propôs que todos os organismos são descendentes, em última análise, de um único ancestral comum. Assim, obrigatoriamente, dois seres de espécies diferentes possuem um ancestral comum, que pode ser relativamente pouco ou muito distante. Essa proposta fornece explicação para uma dúvida antiga da História Natural: por que existem espécies diferentes tão semelhantes entre si?

Segundo Darwin, essas similaridades se explicam pelo fato de os organismos serem parentes próximos, ou seja, terem descendido de um mesmo ancestral comum relativamente recente, enquanto as diferenças entre eles teriam sido adquiridas desde que as linhagens se separaram, seguindo caminhos evolutivos próprios. É importante ter em mente que a escala de tempo da evolução é de muitas gerações, o que pode significar milhões de anos.

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

Teoria sintética da evolução

Na época da publicação de *A origem das espécies*, os conhecimentos sobre hereditariedade eram rudimentares. Somente na década de 1930 foi possível complementar a teoria darwinista com os conhecimentos do então recente campo da Genética. Esse desenvolvimento da teoria de Darwin, resultado de intenso debate entre cientistas de muitos países, ficou conhecido como **teoria moderna da evolução** ou **teoria sintética da evolução**.

A Genética permitiu explicar a variabilidade entre os indivíduos de uma população e a transmissão das características hereditárias.

Atividades

Não escreva no livro.

1. Em que sentido o pensamento evolucionista de Lamarck e Darwin desafiou a visão de mundo da sua época? Esse conflito ainda existe?
2. Liste alguns exemplos contrários à ideia da herança de características adquiridas.

Comunicando ideias

Não escreva no livro.

1. Em grupo, escolham uma característica marcante de um ser vivo (por exemplo, o canto de uma ave, a maneira de caçar de um predador etc.) e proponham uma hipótese para explicar a evolução dessa característica pela seleção natural. Representem a hipótese em uma tirinha, como a sequência de imagens do exemplo do guepardo, da página anterior. Quando todos finalizarem, organizem uma apresentação dos trabalhos para toda a turma.
2. Pesquise mais sobre a viagem de Darwin a bordo do H. M. S. Beagle e o impacto que teve na formulação das ideias dele. Em grupos, elaborem um mapa indicando a rota dessa viagem.
3. Após mais de 150 anos da publicação de *A origem das espécies*, a teoria de Darwin ainda gera muitas controvérsias. Dividam-se em grupos e pesquisem algumas das principais polêmicas atuais que envolvem essa teoria. Depois, exponham para toda a turma as polêmicas pesquisadas.

Seleção natural e adaptação

Na luta pela sobrevivência, os organismos de uma espécie que apresentam características mais vantajosas para determinado ambiente conseguem se alimentar e se reproduzir com mais sucesso. Ao longo das gerações, esse processo de seleção natural tende a favorecer a manutenção e o aprimoramento de características que conferem melhor desempenho ou ajuste, resultando na adaptação dos organismos ao meio. A seguir, veremos que a seleção natural pode atuar de diferentes maneiras.

Seleção estabilizadora

Como o nome sugere, a **seleção estabilizadora** é uma forma de atuação da seleção natural que favorece a estabilização de uma característica em determinado valor, reduzindo a presença de variações muito discrepantes.

Um exemplo é a massa corporal média dos bebês humanos: 3,6 kg, aproximadamente. Sem acesso a recursos médicos, bebês que nascem com massa muito menor que essa perdem calor mais rapidamente e são mais suscetíveis a infecções; além disso, o parto de bebês muito acima de 3,6 kg é mais difícil, o que também influencia negativamente sua taxa de sobrevivência. A atuação, ao longo de muitas gerações, da seleção estabilizadora sobre os fatores que influenciam o tamanho do bebê tornou mais provável o nascimento de bebês de massa média próxima a 3,6 kg.

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

MODERNA

VITOR MARIGO/TYBA

A mariposa da espécie *Loxolomia serpentina* assemelha-se a folhas secas e a troncos de árvores. (Área de Proteção Ambiental da Serrinha do Alambari, Resende, RJ, 2018.)

Seleção direcional

Quando determinada característica é favorecida, fala-se em **seleção direcional**. A camuflagem, fenômeno em que a cor e a forma de uma espécie se assemelham ao ambiente onde ela vive, é um exemplo desse tipo de seleção. Inicialmente, organismos com alguma semelhança em relação ao meio, mesmo que pequena, são menos predados que outros mais chamativos, por isso tendem a deixar mais descendentes. Se essa vantagem persistir por tempo suficiente, a seleção natural vai atuar de modo direcional, favorecendo a cada geração os indivíduos mais semelhantes ao ambiente.

Seleção disruptiva

Em alguns casos, o ambiente pode favorecer os indivíduos que apresentam características extremas, mais distantes da média. A seleção natural atua, então, de maneira diversificadora ou **disruptiva**, podendo levar à diversificação da população e ao surgimento de outras espécies.

Por exemplo, suponha que uma população de borboletas com coloração variando do azul-claro ao azul-escuro migre para um ambiente onde os predadores apresentam maior capacidade de detectar as borboletas de coloração azul-médio. Nesse caso, a característica média é desfavorecida, e as borboletas muito claras e muito escuras tendem a deixar mais descendentes.

Seleção sexual

É uma forma especial de seleção natural que atua em espécies com reprodução sexuada e relaciona-se com a aptidão do organismo em obter um parceiro para o cruzamento.

Em muitas espécies de vertebrados, são as fêmeas que selecionam os machos para o acasalamento, e as características que definem os machos mais "atraentes" variam muito. Nas aves, em geral, a plumagem mais colorida e vistosa é apresentada pelos machos, muitos dos quais se exibem para as fêmeas em elaborados rituais de corte. O pavão é um caso clássico: o macho tem plumagem colorida e uma enorme cauda, frutos de **seleção sexual** ao longo de muitas gerações. Embora essas características o tornem uma presa mais fácil, a eficácia que lhe conferem na obtenção de parceiras as torna vantajosas evolutivamente.

A seleção sexual também ocorre quando indivíduos intimidam ou derrotam rivais do mesmo sexo na disputa por parceiros. Isso ocorre em muitas espécies de mamíferos, nas quais os machos lutam entre si pelas fêmeas. Aqueles que apresentam características mais vantajosas para essa competição, como porte físico avantajado ou chifres maiores, têm mais chance de se reproduzir, transmitindo então suas características aos descendentes.

EDUCATION IMAGES/ALAMY/FOTOARENA

RENATO GRANIERI/ALAMY/FOTOARENA

(**A**) O pavão (*Pavo cristatus*) macho atrai as fêmeas utilizando sua cauda com plumagens longas e coloridas.
(**B**) Impalas (*Aepyceros melampus*) em embate corporal na disputa por fêmeas.

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

MODERNA

Coevolução

Não são apenas fatores abióticos, ou seja, sem vida, que interferem na evolução dos seres vivos. Como os organismos interagem entre si, a evolução de uma espécie interfere, com maior ou menor intensidade, na evolução de outra.

Sabe-se, por exemplo, que a maioria das espécies de plantas com flores depende de animais para a polinização. Os principais "parceiros" das plantas nesse processo são insetos, mas há também milhares de espécies de vertebrados que atuam como polinizadores, principalmente aves e morcegos. A seleção natural levou as plantas a evoluírem com esses animais, aumentando a eficácia dessa relação.

Aves, em geral, têm visão aguçada e olfato pouco sensível. Em paralelo, as flores de plantas polinizadas por esses animais costumam não ter perfume, mas exibem pétalas vistosas e coloridas. Plantas que dependem de morcegos para a polinização têm flores brancas, que se abrem à noite – período de atividade desses animais – e liberam um intenso perfume, o que facilita sua localização no escuro.

Da mesma forma que existem relações favoráveis para as espécies, há casos de conflito entre elas, como entre as plantas e os insetos que comem suas folhas. Nessas situações, a cada geração, as defesas das plantas são colocadas à prova contra a predação, e aquelas cujas defesas são mais eficientes tendem a deixar mais descendentes. De modo análogo, os insetos também apresentam variações na forma de alimentação, e aqueles cujas variações são mais vantajosas também tendem a deixar mais descendentes. Dessas interações podem surgir mecanismos bastante complexos entre as espécies ao longo das gerações.

FABIO COLOMBINI

Beija-flor-rubi (*Clytolaema rubricauda*) alimentando-se de néctar. Observe o formato do bico da ave e o formato da flor. Ao alimentar-se, o beija-flor leva grãos de pólen para outras flores, proporcionando a polinização.

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

Interligações

Não escreva no livro.

A teoria da evolução mal interpretada

Embora a evolução por seleção natural seja um conceito relativamente simples, conhecido e aceito há muito tempo, não é raro vermos interpretações incorretas dessas ideias serem utilizadas com finalidades diversas.

Um exemplo bastante polêmico diz respeito à homossexualidade. Entre os argumentos utilizados por aqueles que se opõem a ela, é comum a afirmação de que a homossexualidade não é natural, porque tal comportamento em uma espécie animal provocaria sua extinção, pois não ocorreria reprodução. Argumentos supostamente darwinistas também são usados para justificar outras atitudes consideradas anti-humanitárias, como o machismo e o racismo. Esse tipo de discurso pode ser encontrado em conversas no cotidiano, na publicidade e em programas televisivos. Muitas vezes, tais afirmações se valem do humor como justificativa, o que não diminui o impacto que têm sobre determinados grupos.

1. Em grupo, pesquisem um exemplo de propaganda, programa de TV ou mesmo um relato em que argumentos supostamente darwinistas sejam empregados para justificar uma atitude que vocês considerem ofensiva.

2. Analisem o material encontrado, identificando como ele se apropria das ideias darwinistas e apontando possíveis incoerências. Apresentem suas conclusões para a turma.

Atividades

Não escreva no livro.

1. Na charge ao lado, há referências aos conceitos de evolução, adaptação e seleção natural. Como você as interpreta?

2. Em um ambiente hipotético existem roedores vermelhos, rosa e brancos em quantidades semelhantes. Imagine que uma significativa mudança climática fez com que o ambiente passasse a ficar constantemente coberto de neve. Isso favoreceria a sobrevivência de qual tipo de roedor? Como você classificaria esse tipo de seleção natural?

3. Pesquise outro exemplo de planta e sua ave polinizadora que coevoluíram. Faça um desenho ou construa um modelo que mostre a correspondência entre o formato do bico da ave e o da flor da planta.

OFF THE MARK © MARK PARISI/ATLANTIC FEATURE SYNDICATE

Evidências da evolução

Assim como acontece com todas as teorias científicas, as teorias da evolução também foram e continuam sendo testadas e revisadas, em decorrência de observações e experimentos. É dessa maneira que o conhecimento científico se desenvolve.

As ideias centrais propostas por Darwin e Wallace têm resistido a diversos testes realizados até agora, por isso a evolução por seleção natural é amplamente aceita no meio científico.

Fósseis

Os **fósseis** são vestígios ou partes de seres vivos do passado que foram conservados e documentam que, em épocas remotas, nosso planeta foi habitado por seres diferentes dos atuais. Muitas das espécies que foram conhecidas apenas por fósseis apresentam semelhanças com espécies recentes, fornecendo indícios de parentesco evolutivo.

A formação dos fósseis depende de condições extremamente favoráveis, por isso eles são relativamente raros, e dizemos que o registro é fragmentário, ou seja, representa uma parcela pequena dos organismos que existiram.

Logo após a morte de um organismo, entram em ação os decompositores, seres vivos que decompõem a matéria orgânica dos cadáveres. As partes duras do corpo dos organismos, como ossos, dentes, conchas de moluscos ou carapaças de diversos animais, são mais facilmente fossilizadas. Em alguns casos, os restos de organismos mortos passam por petrificação, processo em que minerais dissolvidos na água subterrânea se infiltram nos tecidos e substituem a matéria orgânica, preservando sua morfologia. Também são consideradas fósseis as impressões deixadas no sedimento por organismos que habitaram o planeta no passado, como as pegadas de dinossauros.

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

É muito raro encontrar um organismo inteiro fossilizado. Isso acontece apenas quando o cadáver é mantido em um meio que impeça sua decomposição, como ocorre com os fósseis congelados e os fósseis de insetos encontrados em âmbar.

BIOPHOTO ASSOCIATES/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

GERSON GERLOFF/PULSAR IMAGENS

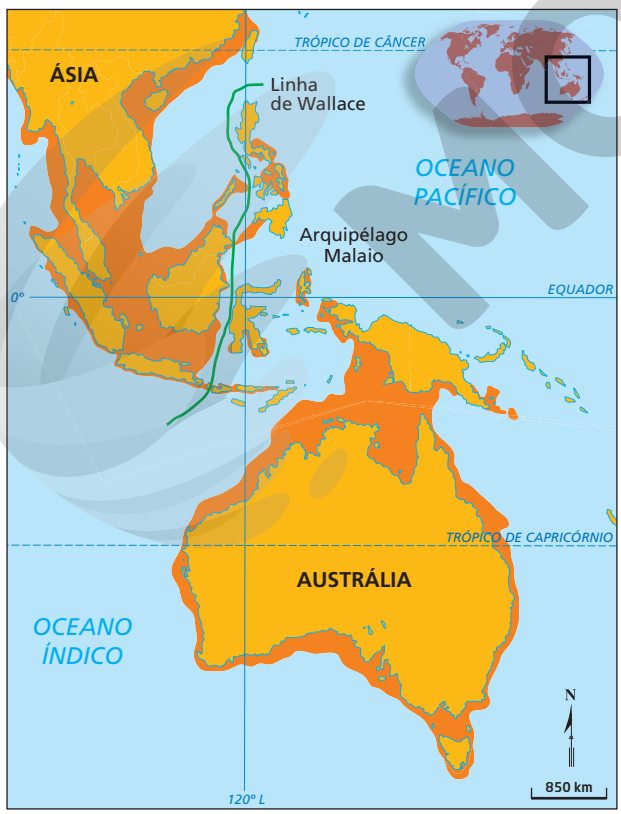
SOVFOTO/UIG/FOTOARENA

FRANCO HOFF/PULSAR IMAGENS

(**A**) Concha de bivalve fossilizada, do período Carbonífero. (**B**) Troncos de árvores fossilizados. (Mata, RS, 2018.) (**C**) Filhote de mamute de 37 mil anos encontrado no norte da Rússia com tecidos preservados. (**D**) Pegada de dinossauro em lama petrificada. (Souza, PB, 2011.)

Analise o mapa com os estudantes. Ajude-os a localizar o arquipélago Malaio, o Sudeste Asiático e a Austrália. É importante comparar a configuração atual com a anterior para compreender as conclusões de Wallace.

ÁREA DE ESTUDO DE WALLACE



FERNANDO JOSÉ FERREIRA

A teoria evolutiva permite prever a existência, no registro fóssil, de espécies ancestrais das espécies atuais. De fato, tais fósseis realmente existem e possibilitam que biólogos e paleontólogos remontem a história evolutiva de diversos grupos de animais. É o caso do *Archaeopteryx*, ave primitiva que viveu no período Jurássico (145 milhões de anos atrás), conhecida somente por intermédio dos fósseis. Esse animal possuía características típicas das aves atuais, como olhos grandes, penas e outras adaptações ao voo; além disso, apresentava características comuns aos répteis, como dentes e cauda longa. Estudos anteriores já indicavam a possibilidade de as aves descenderem de répteis, teoria reforçada pela descoberta dos fósseis de *Archaeopteryx*.

O mapa mostra o arquipélago Malaio e regiões adjacentes, com sua configuração atual (laranja-claro) e durante a era glacial, quando o nível dos mares era mais baixo (laranja-escuro). É possível notar que, durante a era glacial, a distância do arquipélago para a Ásia e para a Austrália era menor, o que deve ter favorecido a migração de espécies desses continentes para as ilhas, como propôs Wallace. Em homenagem ao naturalista, essa região ficou conhecida como "linha de Wallace".

Fonte: QUAMMEN, David. *The Song of the Dodo:* Island Biogeography in an Age of Extinctions. New York: Scribner, 1996.

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

Interligações

Não escreva no livro.

Rochas sedimentares

As rochas sedimentares são formadas pela deposição de sedimentos. Ao longo de milhões de anos, os depósitos se acumulam e comprimem os sedimentos mais antigos. Assim, as rochas sedimentares vão sendo formadas em camadas ou estratos, de modo que os estratos mais recentes ficam geralmente acima dos mais antigos.

Em certas situações, organismos mortos podem se depositar junto ao sedimento e ser fossilizados. Com isso, as idades relativas dos fósseis podem ser determinadas pela camada em que se encontram: fósseis em camadas superiores são mais novos que os localizados em camadas mais profundas. Terremotos e erupções vulcânicas, no entanto, podem mexer nessa ordem das camadas, de modo que são utilizados outros métodos para confirmar a idade de um fóssil.

JOÃO PRUDENTE/PULSAR IMAGENS

As rochas sedimentares trazem importantes indícios geológicos e biológicos de como a Terra era em épocas remotas. Observe na imagem as camadas que compõem esse tipo de rocha. (Parque do Varvito, Itu, SP, 2017.)

1. Por que as rochas sedimentares favorecem a formação de fósseis?
2. Qual é a importância de datar os fósseis para os estudos dos processos evolutivos? Pesquise exemplos de técnicas empregadas para essa finalidade.
3. Qual é a relação entre petróleo, rochas sedimentares e fósseis?

Comunicando ideias

Não escreva no livro.

1. Em grupo, pesquisem sobre os fósseis de dinossauros encontrados no Brasil e respondam às seguintes perguntas:
   a) Quantas espécies de dinossauros são conhecidas no Brasil?
   b) Em que Estados já foram encontrados fósseis desses animais?
   c) Por que os fósseis de dinossauros encontrados no país fornecem grande contribuição para os estudos evolutivos de dinossauros?

   Depois, elaborem um texto jornalístico e compartilhem essas informações com os colegas da turma e da escola, por meio de um mural ou outra forma de divulgação dos textos.

Biogeografia

O estudo da distribuição geográfica dos organismos através do tempo, chamado de **Biogeografia**, também corrobora a teoria da evolução. Alfred Wallace foi o primeiro a ligar a distribuição geográfica de seres vivos à evolução, durante sua estadia no arquipélago Malaio (um grupo de ilhas entre o Sudeste Asiático e a Austrália).

Wallace reparou que os animais que ocupavam o norte desse conjunto de ilhas eram mais semelhantes aos do sul do continente asiático, enquanto os que viviam no sul do arquipélago se assemelhavam a espécies australianas. Ele propôs uma explicação evolutiva para esse fato: há muito tempo, organismos do sul do continente asiático migraram para o norte do arquipélago. Com o passar das gerações, a seleção natural levou à diferenciação das populações nessas duas regiões, originando espécies novas, mas cuja ancestralidade comum é relativamente recente. O mesmo raciocínio se aplica às espécies do sul do arquipélago, que possuem ancestrais comuns às espécies da Austrália.

Anatomia comparada

A teoria evolucionista permite prever que, quanto mais aparentadas são duas espécies, mais semelhanças elas apresentam. De fato, a comparação entre estruturas corporais de diferentes espécies, ciência denominada Anatomia comparada, oferece argumentos importantes e favoráveis à evolução.

Pesquisadores ligados a essa ciência identificam e estudam as estruturas homólogas, análogas e vestigiais.

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

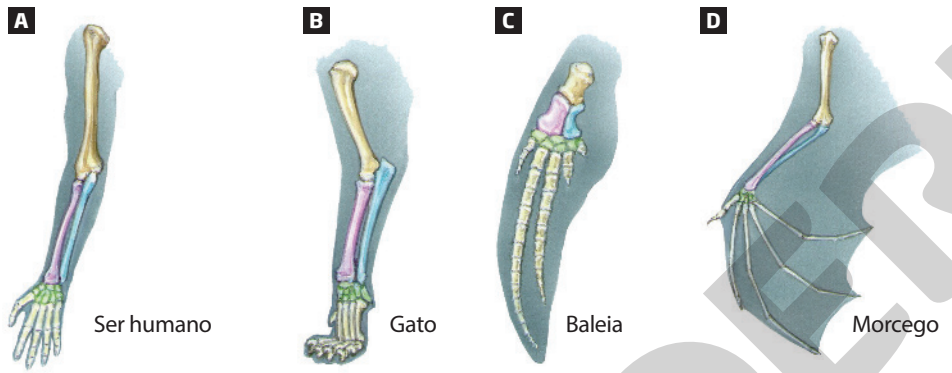
MODERNA

Estruturas homólogas

Estudos anatômicos dos membros superiores de mamíferos bastante distintos, como seres humanos, gatos, baleias e morcegos, revelam um grau de semelhança grande na quantidade, proporção e disposição de alguns ossos. A explicação evolutiva para isso é que todos esses animais compartilham um ancestral comum, do qual herdaram, entre outras características, essa configuração dos membros superiores. Essa explicação é apoiada pela Paleontologia: quanto mais antigos são os fósseis de ancestrais desses quatro animais, maiores são as semelhanças entre eles.

Assim, dizemos que os membros superiores de seres humanos, gatos, baleias e morcegos são **estruturas homólogas**, isto é, com a mesma origem evolutiva. Essas estruturas apresentam uma organização interna similar e se desenvolvem de modo semelhante em embriões de diferentes espécies. Geralmente representam casos de **divergência evolutiva**, ou seja, de estruturas que se diversificaram pela adaptação das espécies a diferentes ambientes. Estruturas homólogas constituem importantes indícios de parentesco evolutivo, uma vez que são herdadas de ancestrais comuns.

ESTRUTURAS HOMÓLOGAS



ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

O braço do ser humano (**A**), o membro dianteiro do gato (**B**), a nadadeira da baleia (**C**) e a asa do morcego (**D**) são exemplos de estruturas homólogas, derivadas de um ancestral comum a todos esses organismos. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al*. *Biology*: concepts and connections. 6. ed. San Francisco: Benjamin Cummings, 2009.

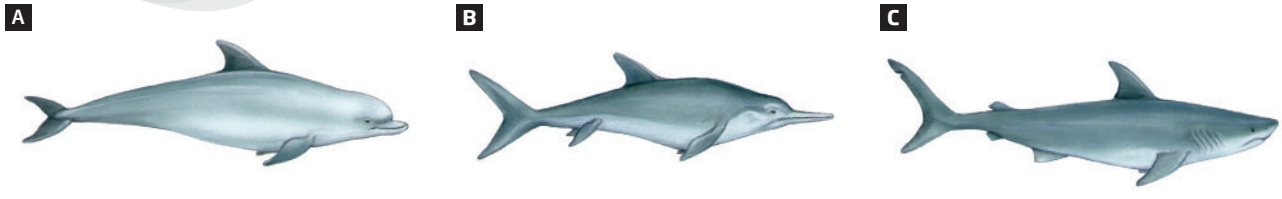
Estruturas análogas

Estruturas semelhantes que desempenham a mesma função em espécies diferentes, mas não têm a mesma origem evolutiva, são chamadas de **estruturas análogas**. Isso se dá por **convergência evolutiva**, que ocorre quando espécies com relativamente pouco parentesco evolutivo vivem em condições ambientais parecidas, o que favorece o surgimento de adaptações semelhantes.

Um exemplo é a semelhança na forma do corpo entre ictiossauros (répteis marinhos já extintos), tubarões (peixes cartilaginosos) e golfinhos (mamíferos). O corpo desses organismos é bastante hidrodinâmico. Essa semelhança, no entanto, não é derivada de um ancestral comum, mas surgiu de modo independente na história evolutiva desses animais. O golfinho, por exemplo, descende do ancestral dos demais mamíferos, um animal que vivia em terra firme.

Esse é um caso de convergência evolutiva, em que a seleção natural imposta pelo ambiente aquático favoreceu os indivíduos ancestrais desses animais com características mais hidrodinâmicas. Com o passar de muitas gerações, essas espécies adquiriram um formato altamente eficaz para o deslocamento na água.

ESTRUTURAS ANÁLOGAS

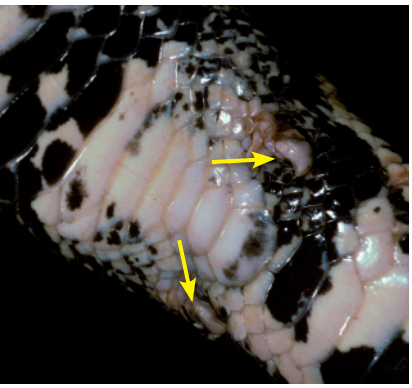


ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

O formato hidrodinâmico do corpo do golfinho (**A**), do ictiossauro (**B**) e do tubarão (**C**) é um exemplo de convergência evolutiva, que produz estruturas análogas. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

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

MODERNA



ZIGMUND LESZCZYNSKI/ANIMALS ANIMALS/KEYSTONE BRASIL

Ventre da serpente *Boa constrictor* (jiboia). Em espécies ancestrais, as estruturas vestigiais (indicadas pelas setas) foram mais desenvolvidas e representam as patas traseiras do animal.

Estruturas vestigiais

Estruturas atrofiadas, que não têm função aparente, mas que são encontradas maiores e funcionais em outras espécies aparentadas evolutivamente são chamadas de **estruturas vestigiais**.

O esqueleto de algumas serpentes atuais, por exemplo, apresenta vestígios da pelve e ossos das patas traseiras, estruturas que eram completamente desenvolvidas nos ancestrais que caminhavam. A teoria da evolução explica que as serpentes foram perdendo progressivamente suas patas ao longo de milhares de anos.

Embriologia comparada

No século XIX, pesquisadores já realizavam estudos comparativos entre embriões de diferentes animais em busca de semelhanças que indicassem seu parentesco evolutivo. A comparação de embriões de diversas espécies revela uma semelhança significativa entre os organismos, especialmente nas fases iniciais de desenvolvimento.

Nesse estágio, os embriões de peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos são bastante parecidos, sugerindo ancestralidade comum. À medida que o embrião se desenvolve, surgem as características típicas de cada grupo, enquanto as semelhanças diminuem. Quanto mais semelhantes são os organismos adultos, mais parecido é seu desenvolvimento embrionário.

ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

Observe as semelhanças especialmente nos primeiros estágios do desenvolvimento embrionário de peixes, anfíbios (salamandra), répteis (jabuti), aves (galo) e mamíferos (porco e ser humano). (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: Evolução. *Ciência Hoje na Escola*, Rio de Janeiro: Global, v. 9, 2001.

Evidências moleculares

Mesmo quando comparamos organismos muito distintos, como bactérias, fungos, plantas e animais, é possível notar semelhanças que sugerem a ancestralidade comum. Entre grupos assim distantes, tais semelhanças existem principalmente no nível molecular: todos possuem moléculas de DNA como material genético hereditário da célula. Essas moléculas são constituídas por uma sequência de bases nitrogenadas, que podem ser de quatro tipos: adenina (A), timina (T), guanina (G) e citosina (C). A comparação dessas sequências possibilita determinar o grau de parentesco evolutivo entre as espécies. Quanto maiores as semelhanças genéticas, maior a proximidade evolutiva. Esse raciocínio é o mesmo que explica o fato de irmãos apresentarem maior similaridade entre si do que em relação a outros indivíduos.

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

Atividades

Não escreva no livro.

1. As asas das aves e dos insetos são um exemplo de estruturas homólogas ou análogas? Justifique.

2. Com base na teoria da evolução por seleção natural, elabore uma explicação para o fato de encontrarmos peixes cegos em cavernas.

ATIVIDADE PRÁTICA

Não escreva no livro.

Debate: criação ou evolução?

Atenção

Organizem-se em grupo. Leiam todo o procedimento antes de iniciar o trabalho.

Objetivos

- Esclarecer as divergências entre ideias evolucionistas e criacionistas.
- Desenvolver habilidades de pesquisa, organização de informações e argumentação.
- Valorizar o respeito à divergência e o debate como formas de solucionar conflitos.

Procedimento

1. A turma deve ser dividida em dois grupos. Um deles será responsável por pesquisar e organizar as ideias defendidas por criacionistas; o outro deverá organizar as ideias evolucionistas estudadas nesta unidade e aprofundar as que julgar necessárias.
2. Os estudantes devem representar o papel de defensores de uma das ideias, independentemente de seu posicionamento pessoal. Os dois grupos não devem compartilhar suas informações e argumentos antes do debate.
3. Após o levantamento de informações, cada grupo deve elaborar argumentos e organizá-los de acordo com sua relevância.
4. É importante tentar antecipar os argumentos que serão levantados pelo outro grupo e elaborar respostas fundamentadas e coerentes.
5. Para o momento do debate, as cadeiras podem ser organizadas formando dois grupos frente a frente.
6. Um integrante de cada grupo deve compor a mesa de intermediação. Esses dois estudantes devem discutir algumas regras para o debate. Por exemplo, inicialmente, cada grupo terá dois minutos para expor sua tese principal. Em seguida, um grupo poderá formular uma pergunta, e o outro terá dois minutos para respondê-la. Depois, alternam-se entre quem pergunta e quem responde.
7. Os mediadores devem garantir que a discussão seja feita em tom de respeito de ambos os lados.
8. Os argumentos elaborados durante a pesquisa e durante o debate devem ser registrados por todos os estudantes.
9. Para finalizar, elabore individualmente um pequeno texto comentando a experiência.

Discussão

1. Que informações levantadas durante a pesquisa eram desconhecidas e chamaram sua atenção?
2. Qual grupo foi capaz de elaborar os argumentos mais coerentes?
3. A defesa do criacionismo está ligada a crenças religiosas. De alguma forma isso se refletiu no debate?
4. Em sua opinião, o debate de temas polêmicos deve ser incentivado?

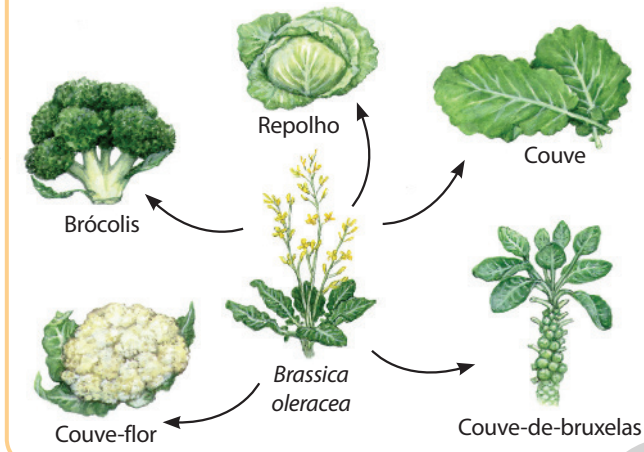
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

SCIENCE VU/JOHN DOEBLEY/VISUALS UNLIMITED, INC/GLOW IMAGES

Descobertas arqueológicas revelaram a evolução do milho ao longo de milhares de anos de cruzamentos seletivos. As variedades mais antigas apresentam espigas muito menores que as atuais.

SELEÇÃO ARTIFICIAL DE *BRASSICA OLERACEA*



ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

A seleção artificial de *Brassica oleracea* resultou em diversas variedades de hortaliças comumente encontradas. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Interferência humana na evolução

Estima-se que a humanidade tenha iniciado a agricultura há pelo menos 10 mil anos. A partir da compreensão rudimentar de como plantas e animais se reproduzem, o ser humano pré-histórico tornou-se capaz de interferir nesse processo, favorecendo os organismos com características mais desejáveis e, dessa forma, interferindo na evolução de algumas espécies.

A prática de cruzamentos seletivos realizados por seres humanos, chamada **seleção artificial**, é responsável pela existência de boa parte da variedade de alimentos que consumimos atualmente, como tomate, milho e banana.

Em geral, as plantas são selecionadas artificialmente para que tenham sabor mais agradável, tamanho maior, melhores teores nutritivos, maior resistência ao clima e ao transporte etc. Ao longo das gerações, essa seleção pode gerar variedades bastante distintas entre si; por exemplo, a partir da variedade selvagem de *Brassica oleracea*, foram obtidas as variedades conhecidas como brócolis, couve-flor, repolho, couve e couve-de-bruxelas. Em feiras ou supermercados, é possível encontrar inúmeras variedades de frutas, hortaliças e legumes produzidos por seleção artificial.

Esclareça que a interferência humana na evolução também ocorre pela extinção de espécies. Há muitas evidências de que ações como caça e pesca, poluição, destruição de ambientes naturais e inserção de espécies exóticas têm impactos na biodiversidade, alterando as pressões seletivas que vigoram nos ambientes afetados.

Atividades

Não escreva no livro.

1 Os elefantes-marinhos do Norte (*Mirounga angustirostris*) vivem no oceano Pacífico, na costa da América do Norte. Na década de 1860, caçadores reduziram a população desses animais a cerca de 20 indivíduos. Desde então, esse mamífero se tornou uma espécie protegida, e sua população cresceu para mais de 30 mil membros – todos descendentes daqueles 20 indivíduos sobreviventes. Esse exemplo pode ser considerado um caso de seleção artificial? Justifique.

2 Elabore uma lista de alguns alimentos consumidos por você que são produtos de seleção artificial. Escolha um deles, pesquise como surgiu e compare as características atuais com as características apresentadas pelas variedades originais. Compartilhe os seus resultados com os colegas.

Comunicando ideias

Não escreva no livro.

1. A interferência humana na evolução gera problemas como o surgimento de pragas agrícolas resistentes a agrotóxicos. Em grupo, pesquisem sobre esse assunto e possíveis alternativas para o uso de pesticidas. Produzam uma campanha informativa a ser divulgada em um *blog*, em redes sociais ou em *podcast*.
2. Conversem sobre o papel do conhecimento científico na discussão de temas que envolvem valores éticos e morais. O conhecimento científico deve se sobrepor a esses valores?

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

MODERNA

Não escreva no livro.

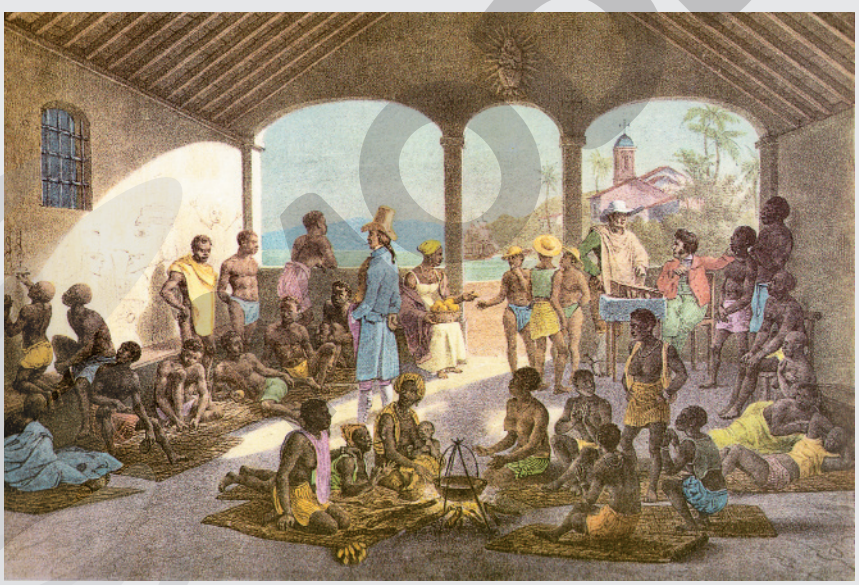
Uso e abuso da teoria da evolução

As ideias de Darwin e Wallace sobre a evolução das espécies influenciaram as mais diversas áreas do conhecimento. Contudo, esse amplo impacto gerou inúmeras confusões e interpretações distorcidas. Alguns pensadores, por exemplo, tentaram aplicar os princípios da evolução biológica para explicar as diferenças observadas nas sociedades humanas. Darwinismo social é o nome informal dado a essas teorias sociais e políticas que se utilizam dos conceitos de "luta pela sobrevivência" e "sucesso do mais apto" para explicar e, em muitos casos, justificar desigualdades sociais. Em comum, essas teorias afirmam que os conflitos entre grupos sociais são benéficos, pois o grupo "mais apto" se sobrepõe ao "inferior", levando ao progresso.

Atualmente, o conceito de darwinismo social é duramente criticado, em especial ao ser utilizado por grupos de intolerância como justificativa para a violação de direitos humanos. Um dos exemplos mais catastróficos foi o Holocausto, o extermínio em massa de judeus promovido pelo regime nazista no período da Segunda Guerra Mundial. Esse massacre foi motivado por ideais distorcidos de eugenia, segundo os quais a raça ariana, considerada superior pelos nazistas, deveria se manter pura e dominar as demais raças, consideradas inferiores por eles, como judeus e ciganos, que deveriam ser exterminados.

Alguns afirmam que o darwinismo social é uma extensão lógica das ideias de Darwin, algo rebatido pela grande maioria da comunidade científica. Embora pesquisadores reconheçam haver ligações entre a teoria da evolução e certas formas de darwinismo social, é consenso entre eles que o uso dos conceitos de evolução e seleção natural por tais teorias sociológicas carrega problemas conceituais e falácias.

Com os recentes avanços na Biologia, ideias de "melhoramento" da espécie humana estão voltando ao debate. Em alguns países, é possível escolher o sexo de um embrião na fertilização *in vitro* ou saber se uma criança será portadora de uma doença genética e, nesse caso, decidir pela descontinuidade da gestação. Assim, dilemas éticos nos desafiam diante das possibilidades de direcionar a evolução da nossa própria espécie. É importante ressaltar, entretanto, que evolução não significa progresso ou melhoria das populações, apenas mudança ao longo do tempo, seja ela ao acaso, seja por seleção natural ou artificial.



JOHANN MORITZ RUGENDAS - BIBLIOTECA MUNICIPAL MÁRIO DE ANDRADE, SÃO PAULO

Obra que retrata a comercialização de negros escravizados no Brasil. (RUGENDAS, Johann Moritz. *Mercado de escravos*. 1835. Litografia colorida à mão, 35,5 cm × 51,3 cm.)

Discuta com seus colegas:

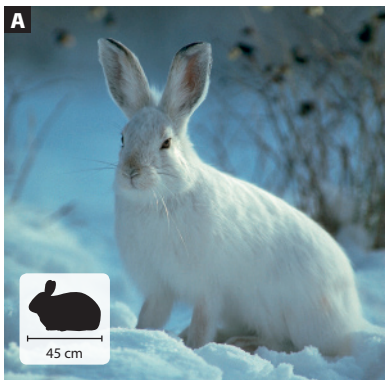
1. Que argumentos você usaria diante de uma afirmação de que o darwinismo social é uma extensão da teoria da evolução proposta por Darwin?
2. Pesquise outros exemplos do uso de interpretações distorcidas da teoria evolutiva para justificar práticas discriminatórias em diferentes momentos da história humana.
3. Atualmente, critica-se muito a crença de que a abordagem científica deve ser absoluta sobre as outras visões de mundo, pois entende-se que isso pode levar à violação de valores éticos e morais. Você concorda com essa afirmação? Justifique.

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

Processos de especiação

Para tratar de especiação é necessário entender o que é uma espécie. Esse conceito vem sendo alterado ao longo do tempo, incluindo novas descobertas e ideias propostas em diferentes estudos.

Por muito tempo a morfologia do organismo, ou seja, sua estrutura externa, foi considerada a principal característica para definir a espécie. O filósofo grego Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.) e o naturalista sueco Lineu (1707-1778) consideravam que cada espécie correspondia a um grupo de organismos com semelhanças físicas típicas. Esses pensadores, vale lembrar, acreditavam que as espécies fossem imutáveis. Esse é o chamado **conceito tipológico de espécie**. Um problema associado a essa definição de espécie é que alguns indivíduos podem apresentar diferenças morfológicas, e um mesmo indivíduo pode apresentar diferenças dependendo da época do ano, do período reprodutivo etc.



ALAN & SANDY CAREY/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

DESIGN PICS INC/ALAMY/FOTOARENA

A lebre americana (*Lepus americanus*) apresenta uma pelagem de inverno (**A**) e uma de verão (**B**). Parecem animais diferentes, mas são a mesma espécie em estações diferentes.

Outra definição foi proposta nas décadas de 1930 e 1940 pelo geneticista ucraniano Theodosius Dobzhansky (1900-1975) e pelo biólogo de origem alemã Ernst Mayr (1904-2005). De acordo com eles, uma espécie corresponde a um grupo de indivíduos que são capazes de, em condições naturais, cruzar entre si, produzindo descendentes férteis, e estão isolados reprodutivamente de outros grupos. Esse é o chamado **conceito biológico de espécie**, que também apresenta limitações: ele não poder ser aplicado a espécies extintas ou a organismos que não se reproduzem sexuadamente.

Atualmente os cientistas tentam levar em conta tanto o conceito tipológico quanto o biológico de espécie para classificar um organismo. Nessa tarefa também são levadas em conta características moleculares, fisiológicas e filogenéticas.

Especiação

O processo de formação de espécies é chamado **especiação**. Algumas das espécies atuais podem ter surgido como resultado de transformações graduais dentro de uma população de indivíduos, em um processo denominado **anagênese**. Acredita-se, porém, que a maioria das espécies hoje existentes na Terra surgiu a partir de um processo chamado **cladogênese**. A cladogênese é o evento evolutivo que resulta na divisão de uma espécie em duas ou mais espécies. Isso ocorre como consequência do isolamento de alguns indivíduos de uma população, levando à formação de grupos distintos. Com o passar do tempo, ocorrem transformações evolutivas que resultam na perda da capacidade dos indivíduos pertencentes aos diferentes grupos de cruzarem entre si.

PROCESSOS DE ESPECIAÇÃO

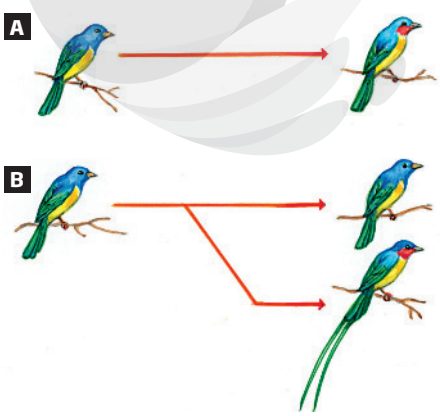


ILUSTRAÇÃO: CECÍLIA IWASHITA

(**A**) Exemplo de especiação por anagênese, na qual o acúmulo de alterações na população a transforma em uma nova espécie. (**B**) Exemplo de cladogênese, em que alterações em parte da população isolada criam espécies distintas. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

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

A especiação por cladogênese pode ser classificada em **alopátrica** ou **simpátrica**, dependendo da existência ou não de separação geográfica.

- **Especiação alopátrica:** as espécies surgem como resultado de isolamento geográfico. Os membros de uma população são separados fisicamente, por exemplo, com o surgimento de uma montanha, um desfiladeiro, uma ilha, com a alteração do curso de um rio ou com uma mudança climática. Uma vez separados, eles não se cruzam mais e acumulam mutações genéticas diferentes. A seleção natural atua de acordo com o ambiente em que cada grupo se encontra, conduzindo-os a adaptações distintas. Os organismos desses grupos podem se tornar incompatíveis para o cruzamento; nesse caso, se diz que estão em **isolamento reprodutivo**, e eles constituem duas espécies diferentes.
- **Especiação simpátrica:** as espécies surgem mesmo sem isolamento geográfico, como resultado de barreiras que impeçam o sucesso na reprodução dos indivíduos em uma mesma área. Uma explicação para isso foi proposta por Darwin por volta de 1850: indivíduos que competem em uma população teriam vantagem adaptativa usando nichos um pouco diferentes, o que levaria os grupos a se tornarem isolados reprodutivamente um do outro. O mesmo ocorre caso um grupo de organismos, por exemplo, apresente uma característica preferencial para o acasalamento. Essas situações fazem surgir grupos com conjuntos gênicos distintos que acabam se tornando isolados reprodutivamente.

Isolamento reprodutivo

O isolamento reprodutivo pode ocorrer de duas formas:

- **Pré-zigótica:** quando ocorre antes da fecundação. Por exemplo, casos de hábitats diferentes, incompatibilidade entre os órgãos sexuais, cantos ou períodos diferentes de acasalamento, época de florada em diferentes períodos do ano, estrutura floral e polinizadores específicos.
- **Pós-zigótica:** quando ocorre após o evento de fecundação. Por exemplo, quando há formação de um novo indivíduo, mas ele não é viável ou não se desenvolve completamente e morre ou não é fértil e não consegue se reproduzir.

FABIO COLOMBINI

A mula é um caso clássico de isolamento reprodutivo pós-zigótico. Nasce a partir do cruzamento de um jumento (*Equus asinus*) com uma égua (*Equus caballus*), mas é estéril.

Atividades

Não escreva no livro.

1. Pesquisadores encontraram, em duas ilhas próximas, duas populações de borboletas aparentemente semelhantes. As borboletas da ilha A apresentam listras amarelas horizontais nas asas, que estão ausentes nas borboletas da população da ilha B. Esses pesquisadores observaram que os indivíduos das duas populações conseguiam voar de uma ilha para outra e acasalavam na natureza, gerando descendentes. Discuta se essas duas populações pertencem ou não à mesma espécie. O que você considerou para dar essa classificação?

2. Leia o texto abaixo e responda ao que se pede.
Uma troca de uma única letra do DNA em um único gene da ave papa-moscas-monarca (*Monarcha castaneiventris*) fez com que as aves de duas ilhas vizinhas apresentassem padrões corporais distintos: as aves de uma das ilhas têm barriga alaranjada, e as da outra são completamente pretas. Essa alteração morfológica aparentemente bastou para que as populações de aves das duas ilhas vizinhas parassem de se reconhecer como membros de um mesmo grupo e de se acasalar umas com as outras.

   a) Você consideraria que as aves dessas duas populações são pertencentes a espécies diferentes? Por quê?

   b) Que outros estudos você faria para responder à questão acima?

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

MODERNA

Fique por dentro

Internet

Museu de Geociências
<http://www.igc.usp.br/museu/>

Na página do museu de Geociências da Universidade de São Paulo é possível navegar por imagens de seu acervo, incluindo a coleção completa de réplicas de fósseis.

Acesso em: 17 jul. 2020.

Filmes

Criação. Direção: John Amiel. Reino Unido, 2009. (108 min.)

O filme mostra a história do jovem Charles Darwin, especialmente os conflitos entre a fé e sua teoria evolutiva.

O desafio de Darwin. Direção: John Bradshaw. Estados Unidos, 2010. (104 min.)

O filme apresenta um período conturbado da vida do naturalista e mostra como sua esposa, Emma, consegue ajudá-lo.

A viagem esquecida de Alfred Russel Wallace. Direção: Peter Crawford. Reino Unido, 1983. (72 min.)

Narra a história dramatizada de Alfred R. Wallace, coautor da teoria da evolução com Darwin, que sobrevive a um naufrágio depois de ter passado quatro anos na região do rio Negro, Amazonas.

Livros

BROWNE, J. *Darwin por Darwin:* um panorama de sua vida e obra através de seus escritos. Rio de Janeiro: Zahar, 2019.

O livro traz citações feitas por Darwin em cartas para amigos e anotações pessoais apresentando, além da figura pública de botânico e geólogo, a pessoa de Charles Darwin.

DAWKINS, R. *O relojoeiro cego:* a teoria da evolução contra o desígnio divino. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

Escrito por um dos biólogos contemporâneos mais influentes, o livro faz uma defesa da teoria sintética da evolução contra o criacionismo.

DESMOND, A.; MOORE, J. *Darwin:* a vida de um evolucionista atormentado. São Paulo: Geração Editorial, 2000.

Biografia de Charles Darwin escrita na forma de um romance histórico. Permite compreender o desenvolvimento de suas ideias evolutivas e os conflitos pessoais que viveu por causa delas.

LEITE, M. *Folha explica:* Darwin. São Paulo: Publifolha, 2009.

O livro faz uma introdução às ideias evolutivas de Darwin em uma linguagem clara e direta.

RAGAZZO, M. T. *Peixes do rio Negro*. São Paulo: Edusp, 2002.

Reprodução completa de ilustrações de peixes feitas por Alfred Russell Wallace durante sua expedição ao rio Negro, realizada entre os anos de 1850 e 1852.

ATIVIDADES FINAIS

Não escreva no livro.

1 A hemoglobina das lhamas possui maior afinidade pelo gás oxigênio do que a de outros mamíferos, característica vantajosa considerando que vivem no alto dos Andes, onde o ar é rarefeito. Essa característica é um exemplo de:

a) adaptação.
b) uso e desuso.
c) seleção artificial.
d) divergência evolutiva.

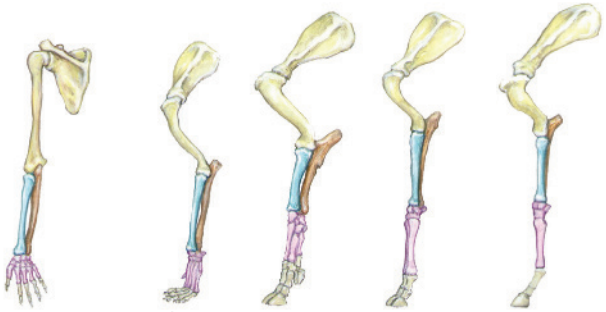
2 Considere as seguintes afirmações:

I. Os ancestrais das aves tinham caudas longas sustentadas por inúmeras vértebras. Nas aves atuais, a cauda está reduzida ao curanchim, que mantém ainda inúmeros pequenos ossos em sua estrutura, embora um único osso fosse suficiente.

II. O cóccix, presente no final da coluna vertebral dos seres humanos, é composto de algumas vértebras originárias da cauda de nossos ancestrais primatas.

Utilizando os conceitos de ancestralidade comum e órgãos vestigiais, explique a existência das estruturas citadas em animais tão diferentes como aves e seres humanos.

3 A figura abaixo mostra uma comparação anatômica entre os membros de diferentes espécies de mamíferos. Analise-a e escreva um parágrafo para descrever e explicar, segundo a teoria da evolução por seleção natural, a existência dessas estruturas semelhantes.



ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

MODERNA

4 Você consegue localizar o animal na imagem a seguir? Qual é o nome desse tipo de característica, que dificulta sua visualização no ambiente? Elabore um argumento para explicar sua evolução.

EDSON GRANDISOLI/PULSAR IMAGENS

Sapo-de-chifres (*Ceratophrys cornuta*).
(São Miguel Arcanjo, SP, 2017.)

5 Ao comer as folhas das plantas, os insetos prejudicam o crescimento delas. No entanto, muitas plantas apresentam defesas químicas e físicas que afastam os insetos famintos. Um exemplo muito interessante é de determinada planta que libera substâncias químicas que atraem uma espécie de vespa parasita de lagartas. A vespa fêmea deposita seus ovos no interior da lagarta, que é devorada pelas larvas que eclodem dos ovos.

a) Esse é um exemplo de qual fenômeno relacionado à evolução biológica? Justifique.

b) Como a teoria da evolução por seleção natural explica a origem das defesas dessa planta contra a herbivoria?

6 O corte parcial ou total das caudas de cães de determinadas raças tem sido praticado durante séculos. Por que os filhotes de cães dessas raças não nascem com caudas menores? Relacione essa observação com a teoria de Lamarck.

7 Uma longa parte de *A origem das espécies* descreve o cruzamento de pombos e como os criadores conseguiram produzir tamanha diversidade de formas e padrões de plumagem. Por que Darwin atribuiu grande importância a esse tema? Como isso se relaciona à evolução por seleção natural?

8 Organismos que possuem estruturas homólogas provavelmente:

a) vivem em um ambiente parecido.

b) evoluíram de um mesmo ancestral.

c) possuem maior diversidade genética.

d) sofreram, por acaso, mutações similares no passado.

e) não são aparentados.

O déficit de água, a variação térmica e a salinidade do ambiente estão entre os fatores limitantes à vida mais comuns na natureza. O trecho a seguir, do poema de João Cabral de Melo Neto, ilustra as dificuldades que a seca impõe aos organismos no sertão nordestino. Leia o texto, observe a fotografia e responda às questões de 9 a 11.

[...]
Por trás do que lembro,
ouvi de uma terra desertada,
vaziada, não vazia,
mais que seca, calcinada.
De onde tudo fugia,
onde só pedra é que ficava,
pedras e poucos homens
com raízes de pedra, ou de cabra.
Lá o céu perdia as nuvens
derradeiras de suas aves;
as árvores, a sombra,
que nelas já não pousava.
Tudo o que não fugia,
gaviões, urubus, plantas bravas,
a terra devastada,
ainda mais fundo devastava.
[...]

Fonte: MELO NETO, J. C. de. *O rio ou relação da viagem que faz o Capibaribe de sua nascente à cidade do Recife*. São Paulo: Comissão do IV Centenário da Cidade de São Paulo, 1954.

9 De acordo com o poema, como a seca afeta os seres vivos que habitam o sertão?

10 Pesquise algumas das espécies que habitam as regiões áridas e semiáridas do Brasil e as adaptações que possuem para lidar com o estresse hídrico.

11 Elabore argumentos para explicar, com base na teoria da evolução por seleção natural, como teriam surgido as adaptações citadas na questão anterior.

12 (Fuvest-SP) No início da década de 1950, o vírus que causa a doença chamada de mixomatose foi introduzido na Austrália para controlar a população de coelhos, que se tornara uma praga. Poucos anos depois da introdução do vírus, a população de coelhos reduziu-se drasticamente.

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

MODERNA

Após 1955, a doença passou a se manifestar de forma mais branda nos animais infectados e a mortalidade diminuiu. Considere as explicações para esse fato descritas nos itens de I a IV:

I. O vírus promoveu a seleção de coelhos mais resistentes à infecção, os quais deixaram maior número de descendentes.

II. Linhagens virais que determinavam a morte muito rápida dos coelhos tenderam a se extinguir.

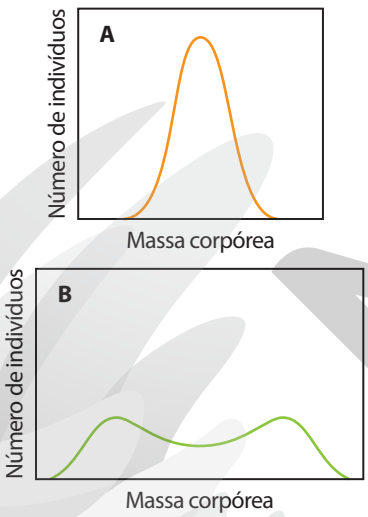
III. A necessidade de adaptação dos coelhos à presença do vírus provocou mutações que lhes conferiram resistência.

IV. O vírus induziu a produção de anticorpos que foram transmitidos pelos coelhos à prole, conferindo-lhe maior resistência com o passar das gerações.

Estão de acordo com a teoria da evolução por seleção natural apenas as explicações:

a) I e II. **c)** II e III. **e)** III e IV.
b) I e IV. **d)** II e IV.

Os gráficos abaixo representam a massa corpórea média de duas populações de animais que vivem em ambientes distintos (A e B). Analise-os para responder às questões de 13 a 15.



Fonte: Dados fictícios.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

13 Que tipo de seleção está ocorrendo no ambiente A?

a) Seleção disruptiva.
b) Seleção direcional.
c) Seleção estabilizadora.
d) Seleção sexual.

14 Que tipo de seleção está ocorrendo no ambiente B?

a) Seleção disruptiva.
b) Seleção direcional.
c) Seleção estabilizadora.
d) Seleção sexual.

15 As mesmas condições ambientais devem estar atuando nos dois ambientes? Justifique.

16 (Enem) A principal explicação para a grande variedade de espécies na Amazônia é a teoria do refúgio. Nos últimos 100.000 anos, o planeta sofreu vários períodos de glaciação, em que as florestas enfrentaram fases de seca. Dessa forma, as matas expandiram-se e depois reduziram-se. Nos períodos de seca prolongados, cada núcleo de floresta ficava isolado do outro. Então, os grupos de animais dessas áreas isoladas passaram por processos de diferenciação genética, muitas vezes se transformando em espécies ou subespécies diferentes das originais e das que ficaram em outros refúgios.

Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br>. Acesso em: 29 jul. 2020.

O principal processo evolutivo relacionado ao texto é a:

a) anagênese.
b) coevolução.
c) evolução alopátrica.
d) evolução simpátrica.
e) convergência adaptativa.

Próximos passos

Neste capítulo estudamos alguns dos mecanismos básicos que propiciam a evolução da vida, responsável pela diversidade de seres vivos. A teoria moderna da evolução evidencia a importância da ação conjunta da variabilidade genética entre os membros de uma espécie e da pressão evolutiva. No próximo capítulo vamos entender as fontes dessa variabilidade genética, compreendendo como a informação hereditária é transmitida de uma geração para a seguinte.

MODERNA

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

CAPÍTULO

6 Genética

Veja respostas e comentários para as atividades do capítulo no **Suplemento do Professor**.

BNCC:
EM13CNT201
EM13CNT202
EM13CNT205
EM13CNT302
EM13CNT304

Para começo de conversa

Poucos assuntos mexem mais com o imaginário das pessoas que os avanços no campo da Genética. A ficção científica explora bastante esse tema, o que se reflete em livros, filmes e outras produções envolvendo todo tipo de organismo geneticamente modificado.

No entanto, a importância da Genética vai muito além. Para um cidadão, nos dias de hoje, compreender a transmissão das características hereditárias é necessário para a tomada de boas decisões cotidianas, abrangendo desde a escolha dos alimentos que consome até o apoio a políticas públicas voltadas à saúde pública ou à produção de alimentos, por exemplo.

Pense em filmes, desenhos ou livros que você conhece que abordam assuntos de Genética. Reflita sobre os seguintes pontos e compartilhe suas impressões com os colegas.

Essas histórias apresentam explicações científicas sobre as técnicas retratadas? Como é o contexto ambiental, econômico e social em que essas histórias se passam? Na sua opinião, esses cenários fictícios são muito diferentes da realidade?

Neste capítulo, estudaremos como se organiza a informação genética e abordaremos alguns mecanismos de transmissão das características hereditárias e os avanços recentes na Engenharia Genética.

LANDMARK MEDIA/ALAMY/FOTOARENA

O filme *Jurassic Park: reino ameaçado* (EUA, 2018) explora de maneira ficcional algumas noções de Genética, retratando um mundo onde dinossauros são criados artificialmente para serem expostos em um parque de diversões.

FOTOARENA

Cromossomos eucariontes

As informações hereditárias dos seres vivos estão contidas no **DNA** (ácido desoxirribonucleico), no interior das células. A molécula de DNA é formada por duas cadeias longas, compostas de desoxirribonucleotídeos que formam uma dupla-hélice. A quantidade de DNA varia entre as espécies. As células humanas, por exemplo, têm 46 moléculas de DNA, enquanto as de galinha têm 78 e as de camundongo, 40.

Determinadas regiões da fita de DNA, chamadas **genes**, contêm informações que permitem a produção de proteínas e, assim, determinam a constituição do organismo e o funcionamento dele. Nos organismos eucariontes, os graus de condensação e de atividade do DNA variam de acordo com a fase em que a célula se encontra no **ciclo celular**. Na maior parte da vida da célula, o DNA se apresenta nos níveis mais baixos de compactação e está ativo. O conjunto dessas moléculas em baixa compactação é chamado **cromatina**.

Durante a divisão celular, as moléculas de DNA encontram-se altamente compactadas, sob a forma de **cromossomos**. Durante essa fase, o DNA está praticamente inativo. O alto nível de condensação dos cromossomos reduz a ocorrência de quebras e perda de material genético ao longo da divisão celular.

Em muitos organismos com reprodução sexuada, as células apresentam um número diploide de cromossomos, composto de um conjunto de cromossomos provenientes do pai e outro proveniente da mãe. Os cromossomos que formam pares nas células diploides e têm a mesma sequência de genes, tamanho e morfologia semelhantes são chamados **cromossomos homólogos**. Um dos cromossomos do par de homólogos tem origem materna e o outro, origem paterna. É importante ressaltar que, embora sejam correspondentes, os cromossomos homólogos não são idênticos, pois a sequência de nucleotídeos apresenta variações.

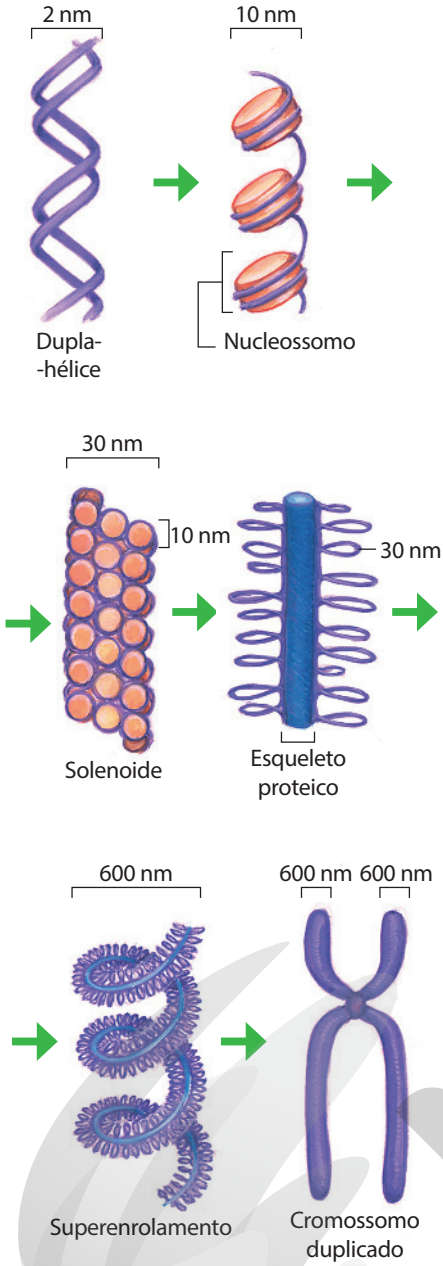
Em organismos pluricelulares, as células somáticas são aquelas que não participam diretamente do processo de reprodução. Na espécie humana, elas contam com 22 pares de cromossomos homólogos, chamados **autossomos** (presentes igualmente em indivíduos dos dois sexos), além de um par de cromossomos envolvidos na determinação do sexo, os **cromossomos sexuais**.

Cariótipo

O conjunto de todos os cromossomos de uma célula é denominado **cariótipo**. Cada espécie apresenta número e morfologia de cromossomos característicos, portanto possui um cariótipo típico, que geralmente só varia em relação ao par de cromossomos sexuais. Isso porque os cromossomos sexuais são diferentes em células masculinas e femininas. Nos seres humanos, o sexo feminino corresponde a dois cromossomos X, e o masculino corresponde a um cromossomo X e um Y.

A análise de cariótipos humanos permite o diagnóstico de doenças congênitas acompanhadas de anomalias na estrutura e no número dos cromossomos das células. Para a realização de estudos assim, o cariótipo é organizado com base na identificação dos pares de cromossomos homólogos, dispostos lado a lado em uma única figura, em ordem decrescente de tamanho, e numerados. A identificação se realiza pela análise da morfologia, de acordo com a posição centromérica, pelo tamanho dos cromossomos e pelo padrão de bandas (listras horizontais) gerado por certos tratamentos a que os cromossomos são submetidos.

COMPACTAÇÃO DO DNA



ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

Representação esquemática dos vários níveis de compactação do DNA em eucariontes. O nucleossomo é formado pela associação entre a dupla-hélice de DNA e histonas. Ao se agruparem, os nucleossomos formam solenoides, que se "enrolam" e aumentam a compactação do material genético. Atente para os valores de escala na figura. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: STRACHAM, T.; READ, A. P. *Human molecular genetics*. 3. ed. New York: Garland Science, 2004.

MODERNA

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

Código genético

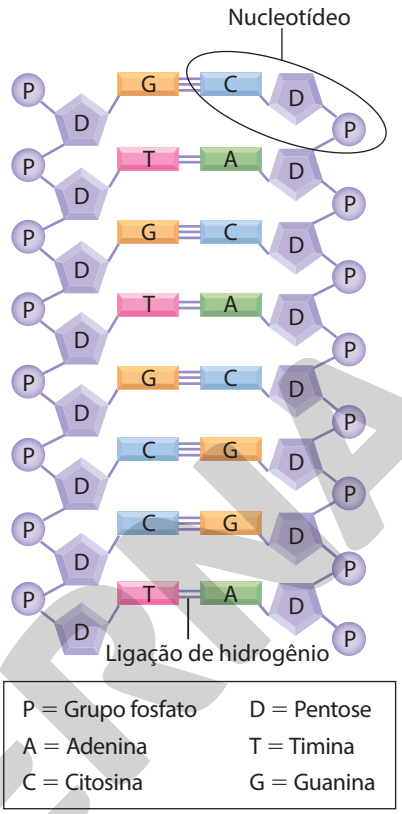
Os genes estão localizados nas moléculas de DNA, em regiões específicas dos cromossomos denominadas **lócus gênico**. **Alelos** são formas distintas de genes encontradas nessas regiões; cada alelo carrega informações levemente diferentes, utilizadas na expressão gênica. Essas informações estão armazenadas em sequências compostas de apenas quatro bases nitrogenadas: adenina (A), citosina (C), guanina (G) e timina (T).

A expressão da maioria dos genes resulta na produção de proteínas formadas por combinações específicas de aminoácidos. O **código genético** corresponde à relação entre determinado aminoácido e uma sequência de nucleotídeos.

Existem 20 aminoácidos diferentes. No código genético, cada sequência de três nucleotídeos codifica um aminoácido. Como existem quatro tipos de nucleotídeos, há 64 combinações possíveis de trincas de nucleotídeos, denominadas **códons**. Existem códons diferentes que codificam o mesmo aminoácido, o que torna o código genético redundante ou **degenerado**. Existem ainda códons de início e de parada. Na tabela a seguir é apresentado o código genético padrão.

ESTRUTURA DO DNA

ILUSTRAÇÃO: CANÇADO



Representação esquemática da estrutura plana da molécula de DNA.

Código genético padrão

Primeira letra	Segunda letra U	Segunda letra C	Segunda letra A	Segunda letra G	Terceira letra
U	fenilalanina	serina	tirosina	cisteína	U
	fenilalanina	serina	tirosina	cisteína	C
	leucina	serina	parada	parada	A
	leucina	serina	parada	triptofano	G
C	leucina	prolina	histidina	arginina	U
	leucina	prolina	histidina	arginina	C
	leucina	prolina	glutamina	arginina	A
	leucina	prolina	glutamina	arginina	G
A	isoleucina	treonina	asparagina	serina	U
	isoleucina	treonina	asparagina	serina	C
	isoleucina	treonina	lisina	arginina	A
	início metionina	treonina	lisina	arginina	G
G	valina	alanina	aspartato	glicina	U
	valina	alanina	aspartato	glicina	C
	valina	alanina	glutamato	glicina	A
	valina	alanina	glutamato	glicina	G

Exercite a leitura da tabela com a turma. Um exemplo inicial pode ser a metionina, cujo códon correspondente é AUG. Peça aos estudantes que identifiquem outros códons e seus respectivos aminoácidos.

Cada códon é representado por três letras e codifica um dos 20 aminoácidos. Alguns códons não codificam aminoácidos, mas informam pontos de início e de parada (término) de síntese proteica. O códon da metionina marca o início da síntese.

Fonte: *BSCS Biology*: A Molecular Approach. 9. ed. Columbus: Glencoe/McGraw-Hill, 2006.

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

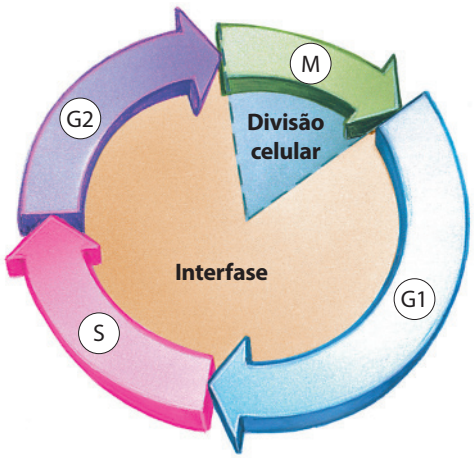
MODERNA

Ciclo celular e mitose

O período que se inicia com a formação de uma célula e vai até final da divisão celular, com a formação de células-filhas, é chamado de **ciclo celular** e é composto de duas etapas: a **interfase** e a **divisão celular**.

FASES DO CICLO CELULAR

CECÍLIA IWASHITA



Representação esquemática das fases do ciclo celular mostrando a sequência em que ocorrem.

Fonte: ALBERTS, B. *et al. Molecular biology of the cell*. 5. ed. New York: Garland Science, 2008.

Interfase

A interfase, em que as células geralmente passam a maior parte de sua vida, corresponde ao período que antecede a divisão celular, ou fase **M**. Durante a interfase, as células crescem, e o DNA permanece em baixo grau de compactação, enquanto os processos nucleares de transcrição são intensos. Essa etapa pode ser dividida em três fases: **G1**, **S** e **G2**.

- **Fase G1**: é considerada a primeira fase do ciclo celular e corresponde ao intervalo entre o surgimento da célula e o começo da síntese de DNA. O G do nome faz referência ao termo em inglês *gap*, que significa intervalo.
- **Fase S**: fase em que ocorre a síntese de DNA. O DNA da célula é duplicado, e cada cromossomo passa a ser constituído por duas moléculas idênticas de DNA. Essa duplicação é essencial para que as células-filhas tenham o mesmo número de cromossomos que a célula-mãe tinha na fase G1.
- **Fase G2**: corresponde ao intervalo entre o final da fase S e o início da divisão celular. Nessa fase, os cromossomos já estão completamente duplicados. Essas duas cópias idênticas, que permanecem unidas pelo centrômero até a divisão celular, são chamadas de **cromátides-irmãs**.

QUANTIDADE DE DNA AO LONGO DO CICLO CELULAR

ADILSON SECCO

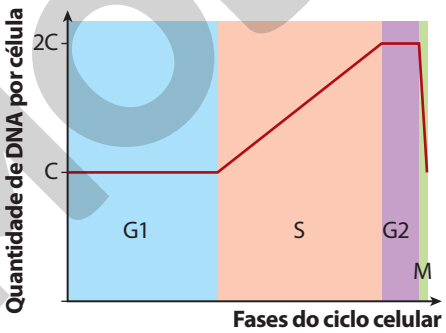


Gráfico da variação da quantidade de DNA ao longo do ciclo celular. Note que a duplicação do DNA se inicia e termina na fase S. Na fase M, essa quantidade cai pela metade, voltando ao valor inicial (C).

Fase M

A última etapa do ciclo celular corresponde à divisão celular ou fase M, processo pelo qual uma célula se reproduz dando origem a células-filhas. Essencial para a perpetuação da vida, essa etapa permite o desenvolvimento e o crescimento dos organismos pluricelulares, a substituição de células danificadas, funcionalmente deficientes ou mortas, e possibilita a reprodução dos organismos unicelulares.

Na fase M ocorrem a divisão nuclear (**mitose**) e a divisão citoplasmática (**citocinese**). A mitose consiste na separação dos cromossomos e na formação de dois novos núcleos, enquanto a citocinese envolve a formação final de duas células-filhas pela separação dos citoplasmas. Apesar de o termo "mitose" abranger apenas a divisão nuclear, ele é comumente empregado para se referir à divisão celular como um todo.

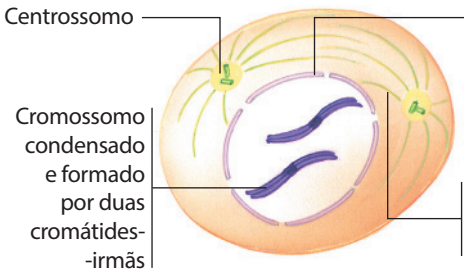
O processo de mitose é didaticamente dividido em quatro fases subsequentes: **prófase**, **metáfase**, **anáfase** e **telófase**, resumidas no quadro a seguir.

MODERNA

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

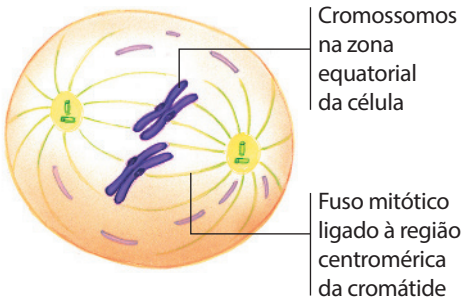
FASES DA MITOSE

1. Prófase



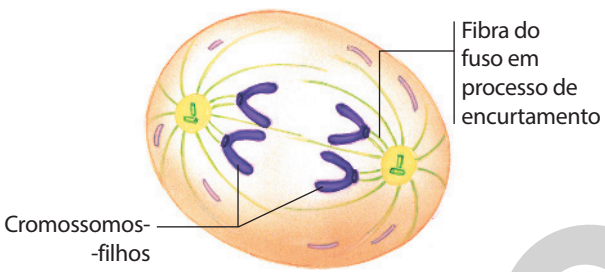
- A cromatina, que estava difusa, se condensa, formando os cromossomos com duas cromátides-irmãs.
- As duas regiões relacionadas à estruturação do citoesqueleto (centrossomos) migram para polos opostos da célula.
- Forma-se o **fuso mitótico**, constituído por microtúbulos associados a proteínas.
- O nucléolo se desfaz.
- Ocorre fragmentação do envelope nuclear, resultando na dispersão do material do núcleo no citoplasma.

2. Metáfase



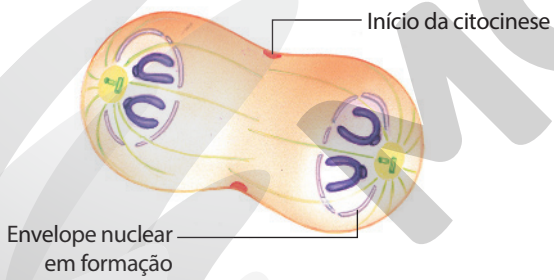
- Os cromossomos encontram-se em seu maior grau de condensação.
- Os cromossomos localizam-se na zona equatorial ou central da célula, formando a **placa metafásica**.
- A região centromérica de cada cromátide-irmã se liga a fibras do fuso mitótico de polos opostos da célula.

3. Anáfase



- Os centrômeros estão duplicados e ocorre a separação das cromátides-irmãs, que migram para polos opostos da célula. Essa separação ocorre em razão do encurtamento dos microtúbulos das fibras do fuso mitótico em direção aos polos da célula a que estão ligados.

4. Telófase



- Inicia-se a descondensação dos cromossomos, que voltam a tornar-se ativos.
- As fibras do fuso mitótico desaparecem.
- Novos envelopes nucleares são formados ao redor dos dois grupos de cromossomos, formando novos núcleos.
- O nucléolo reaparece.
- Tem início a citocinese, que culmina na separação de duas células-filhas.

(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: ALBERTS, B. *et al*. *Molecular biology of the cell*. 5. ed. New York: Garland Science, 2008.

ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

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

MODERNA

Meiose

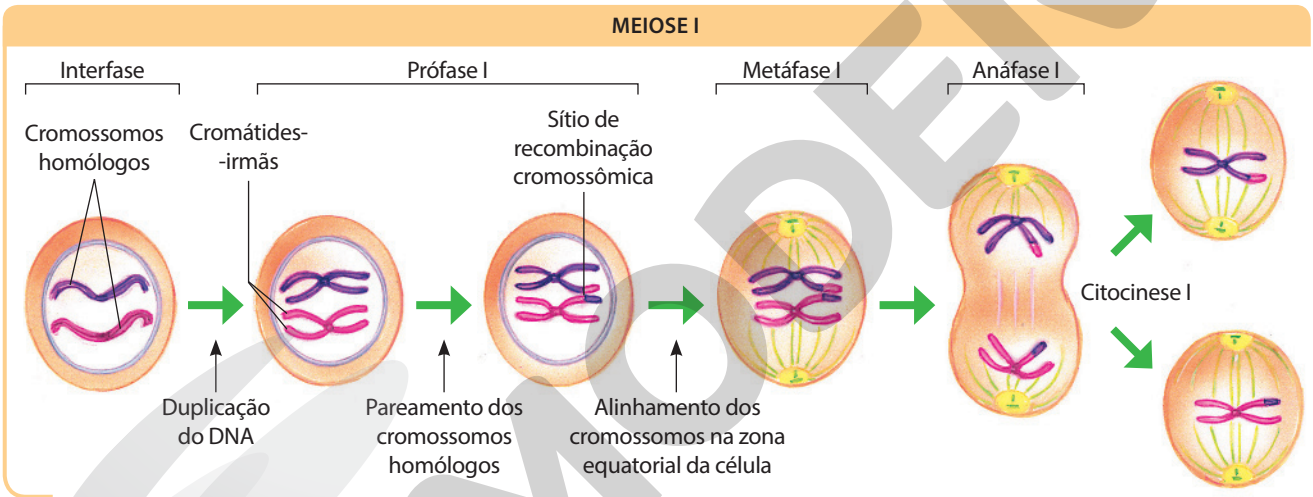
A **meiose**, ao contrário do que ocorre na mitose, resulta em células-filhas com um número de cromossomos diferente do que havia na célula-mãe. Mais precisamente, as células-filhas geradas na meiose têm metade dos cromossomos da célula-mãe. Isso é essencial para a produção dos gametas.

A meiose consiste em duas divisões nucleares sucessivas, denominadas **meiose I** e **meiose II**, precedidas por uma única interfase e, consequentemente, uma única fase de duplicação do DNA. Nesse processo, são produzidas quatro células-filhas.

Meiose I

A primeira divisão meiótica, iniciada logo após a interfase, pode ser dividida em quatro fases: prófase I, metáfase I, anáfase I e telófase I.

- **Prófase I**: é uma fase longa e complexa, em que os cromossomos aumentam gradativamente seu grau de compactação e ocorre o **pareamento** dos cromossomos homólogos, que se unem formando uma estrutura chamada bivalente. Esse pareamento permite a ocorrência de recombinação cromossômica, como será visto adiante. O fim dessa fase caracteriza-se pelo desaparecimento do envelope nuclear e do nucléolo.
- **Metáfase I**: nesta fase, os cromossomos encontram-se em seu maior grau de compactação e localizam-se na zona equatorial da célula. Cada cromossomo do par de homólogos se encontra associado a fibras do fuso de um polo da célula, diferentemente do que ocorre na metáfase mitótica, em que cada cromátide-irmã de um mesmo cromossomo apresenta essa ligação.
- **Anáfase I**: na meiose, os centrômeros não estão duplicados e, assim, as cromátides-irmãs permanecem unidas. Ocorre a separação dos cromossomos homólogos, que migram para polos opostos da célula pela ação das fibras do fuso.
- **Telófase I**: é a última fase da meiose I, semelhante à telófase mitótica. Os núcleos formados nessa fase possuem metade do número de cromossomos da célula-mãe, porque contêm apenas um representante de cada par de homólogos, separados na anáfase I, que ainda estão constituídos pelas cromátides-irmãs.



ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

Representação esquemática simplificada da meiose I mostrando algumas características sequenciais das células durante o processo. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: ALBERTS, B. *et al. Molecular biology of the cell*. 5. ed. New York: Garland Science, 2008.

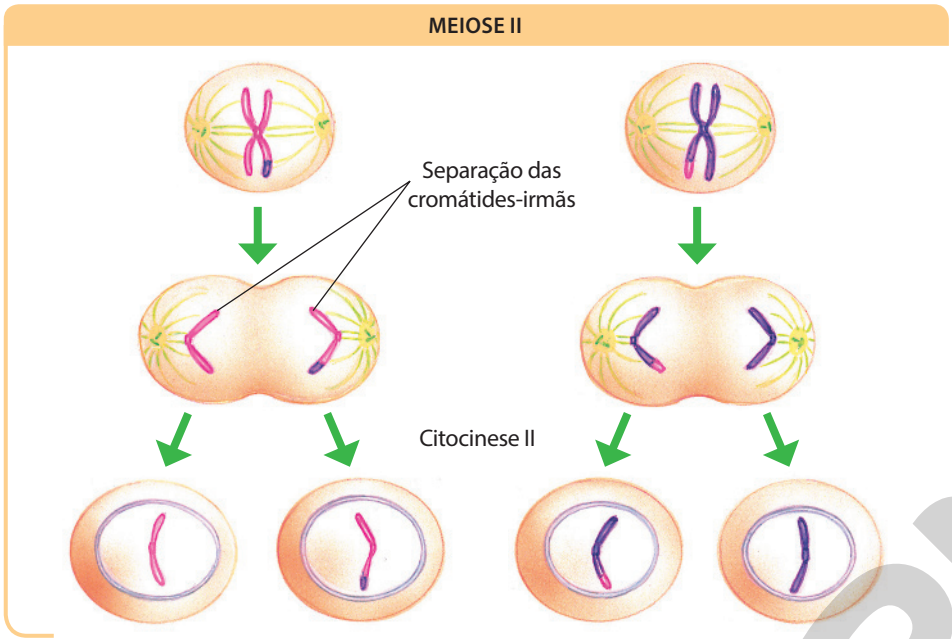
Meiose II

A passagem da meiose I para a meiose II é imediata. Tão logo as células são formadas após a citocinese I, já iniciam o novo processo de divisão. A meiose II é dividida em prófase II, metáfase II, anáfase II e telófase II. Enquanto a meiose I apresenta diferenças significativas em relação à mitose, as fases da segunda divisão meiótica se assemelham muito às suas correspondentes mitóticas.

- **Prófase II**: ocorrem a condensação da cromatina e o desaparecimento do envelope nuclear e do nucléolo.
- **Metáfase II**: os cromossomos, em seu maior grau de condensação, localizam-se na zona equatorial da célula. Fibras do fuso ligam-se nas regiões dos centrômeros de cada cromátide-irmã que compõe os cromossomos.
- **Anáfase II**: os centrômeros são duplicados, e as cromátides-irmãs de cada cromossomo migram para polos opostos da célula pelo encurtamento das fibras do fuso.
- **Telófase II**: ocorre a reorganização do nucléolo e do envelope nuclear, formando dois novos núcleos e, após a citocinese II, duas células-filhas.

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

Na meiose, portanto, uma única célula-mãe origina quatro células-filhas com metade do número de cromossomos da célula-mãe e geneticamente diferentes entre si.



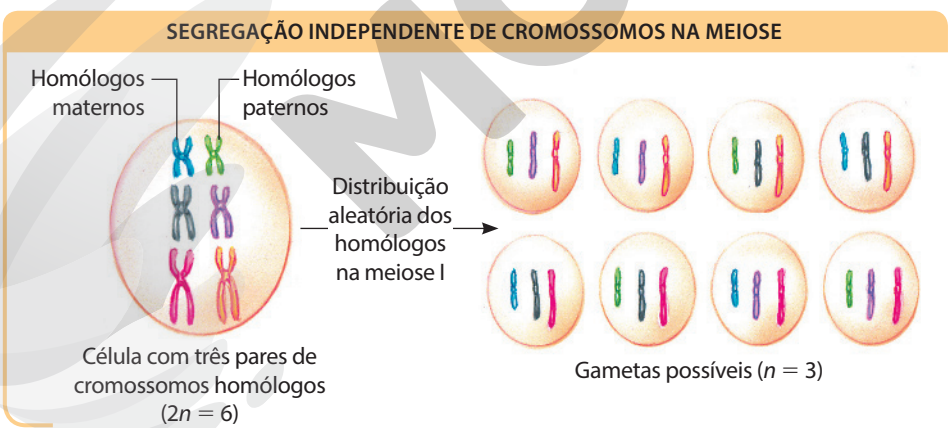
ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

Representação simplificada da meiose II mostrando algumas características sequenciais das células durante o processo. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: ALBERTS, B. *et al. Molecular biology of the cell*. 5. ed. New York: Garland Science, 2008.

Meiose e variabilidade genética

A variação na constituição genética dos indivíduos de uma população, chamada **variabilidade genética**, desempenha um importante papel na evolução das espécies. A meiose é uma fonte importante de variabilidade genética nos organismos com reprodução sexuada. Isso se deve, em parte, à distribuição aleatória dos homólogos maternos e paternos entre as células-filhas na meiose I. Por exemplo, no caso de uma célula com $2n = 6$, oito gametas geneticamente distintos podem ser produzidos por um indivíduo, levando em conta apenas a distribuição dos homólogos (veja esquema na página seguinte). Para uma célula humana, com $2n = 46$, podem ser produzidos cerca de 8.400.000 gametas diferentes em relação apenas à distribuição dos homólogos.



Gametas que podem ser formados por uma célula $2n = 6$, considerando a distribuição aleatória dos homólogos na meiose I. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: ALBERTS, B. *et al. Molecular biology of the cell*. 5. ed. New York: Garland Science, 2008.

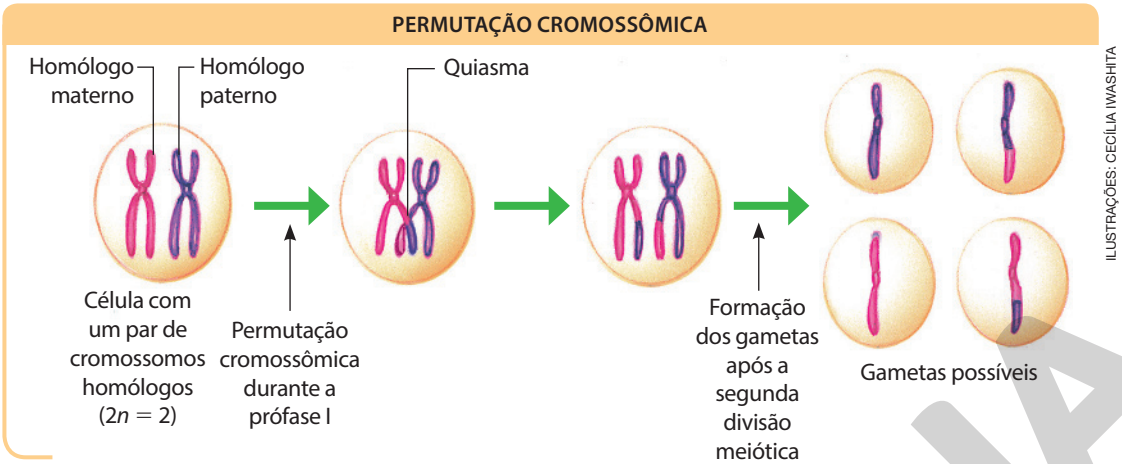
A variabilidade genética dos gametas, porém, é muito maior que isso. Ela se deve, em grande parte, à **permutação cromossômica** (ou *crossing-over*). Trata-se de um processo de recombinação cromossômica que acontece durante a prófase I, quando os cromossomos estão pareados (reveja a imagem da página 134).

A permutação cromossômica se caracteriza pela quebra de uma porção de uma cromátide e sua posterior reunião a uma cromátide não irmã, ou seja, pertencente ao outro cromossomo do par de homólogos. Durante a meiose, ocorrem geralmente duas ou três permutações em cada par de cromossomos homólogos.

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

MODERNA

A permutação cromossômica, portanto, leva a uma troca de material genético entre os cromossomos homólogos de origem materna e paterna, aumentando a variabilidade genética nos gametas.



Permutação cromossômica em uma célula $2n = 2$ em meiose. O quiasma é a ligação entre as cromátides-irmãs na permutação. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: ALBERTS, B. *et al. Molecular biology of the cell*. 5. ed. New York: Garland Science, 2008.

Atividades

Não escreva no livro.

1. Durante a vida de um ser humano, ocorrem, em média, cerca de 10^{17} eventos de divisão celular. Explique a importância desse processo.
2. Considerando uma célula com $2n = 10$, defina a quantidade de cromossomos e a de moléculas de DNA encontradas na célula original e nas células-filhas formadas ao final da meiose I e da meiose II. Justifique sua resposta.
3. Explique como a meiose promove a variabilidade genética, enquanto a mitose não.

Comunicando ideias

Não escreva no livro.

Em grupo, elaborem um quadro comparando meiose e mitose, apontando as diferenças e semelhanças entre esses processos. Em seguida, comparem esse quadro com os dos outros grupos.

A primeira lei de Mendel

Aproveite o estudo dos trabalhos de Mendel para retomar a importância de alguns dos procedimentos científicos, como observação, coleta de dados, formulação de hipóteses, condução de experimentos, teste de hipóteses e conclusão.

Gregor Johann Mendel (1822-1884) nasceu em uma pequena aldeia, em um território atualmente pertencente à República Tcheca. Em 1843, entrou como noviço para um mosteiro agostiniano na cidade de Brno. Grande estudioso de diversas ciências, tornou-se conhecido postumamente por seus extensivos experimentos com a planta de ervilha (*Pisum sativum*), realizados no jardim do mosteiro ao longo de dez anos. Em sua pesquisa, Mendel identificou padrões de herança e estabeleceu as leis que hoje levam seu nome.

A escolha da planta de ervilha

As plantas de ervilha eram especialmente favoráveis aos estudos de Mendel tanto por serem simples de cultivar e manipular quanto por possuírem diversas características contrastantes e fáceis de observar. Além disso, o ciclo de vida curto permitia obter várias gerações em pouco tempo, e a estrutura de suas flores facilitava a polinização manual, algo essencial para os experimentos. Mendel focou seus estudos em sete características, que podiam estar presentes em duas variedades fáceis de distinguir.

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

ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

Características das plantas de ervilha estudadas por Mendel e suas variedades	
Características	**Variedades**
Textura da semente (ervilha)	lisa rugosa
Cor da semente (ervilha)	amarela verde
Textura da vagem	inflada comprimida
Cor da flor	violeta branca
Cor da vagem	verde amarela
Altura da planta	alta baixa
Posição da flor	axilar terminal

As características estudadas são correspondentes às sementes (como textura e cor) ou às plantas originadas dessas sementes (como altura da planta e posição da flor). (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al. Introduction to genetics analysis*. 9. ed. New York: W. H. Freeman, 2008.

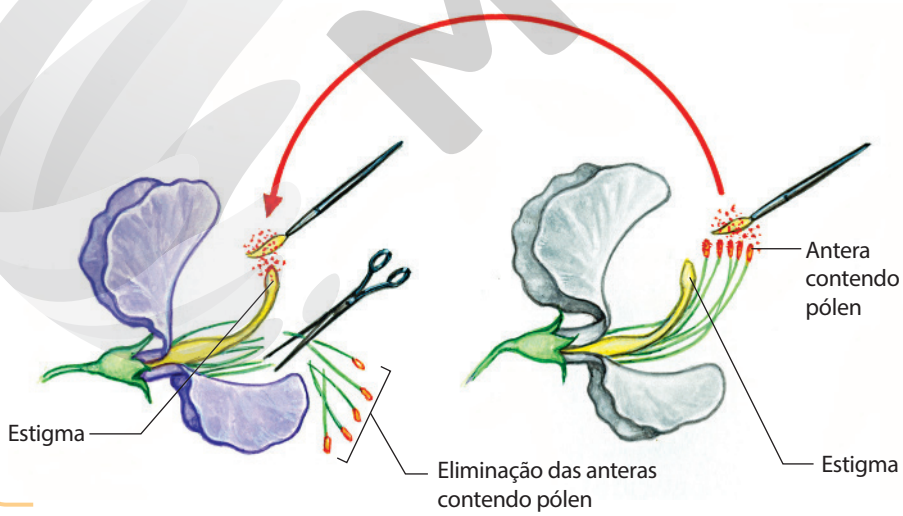
Ao descrever os experimentos de Mendel, esquematize o crescimento de uma planta de ervilha. Explique aos estudantes que algumas características estudadas se referem ao indivíduo no estágio embrionário ou semente: forma e cor da ervilha (referente aos cotilédones do embrião); outras estão relacionadas ao indivíduo adulto: altura da planta, posição das flores, cor da flor e cor e textura da vagem.

Os experimentos de Mendel

Em seus experimentos, Mendel realizava cruzamentos entre plantas de diferentes linhagens puras. Por exemplo, plantas altas eram cruzadas com plantas baixas, plantas originadas de sementes amarelas eram cruzadas com plantas originadas de sementes verdes, plantas com flores axilares eram cruzadas com plantas com flores terminais etc. Mendel, então, analisava como essas características se manifestavam na descendência.

POLINIZAÇÃO ARTIFICIAL

CECÍLIA IWASHITA



Representação esquemática do processo de polinização artificial usado por Mendel em seus experimentos de fecundação cruzada. Nesse caso, grãos de pólen de uma flor branca são aplicados no estigma de uma flor violeta, que teve suas anteras previamente retiradas. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al. Introduction to genetics analysis*. 9. ed. New York: W. H. Freeman, 2008.

Caixa de ferramentas

Uma **linhagem pura** é uma população de indivíduos que não apresentam variabilidade em determinada característica e que, quando cruzados entre si, originam apenas descendentes com a mesma variedade. No caso da planta de ervilha, a característica cor da vagem, por exemplo, tem duas variedades: verde e amarela. Plantas de uma linhagem pura produzem apenas vagens de uma das cores.

Mendel passou dois anos selecionando as variedades de planta de ervilha e produzindo as linhagens que utilizaria em seus estudos.

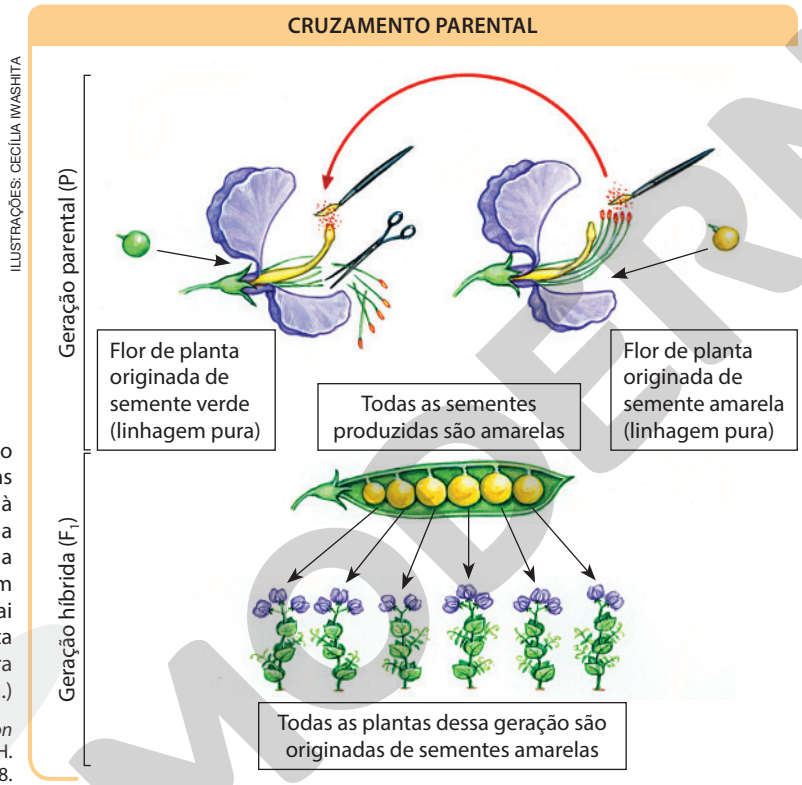
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODELO

Fecundação e geração F_1

Denominam-se **geração parental** (ou **geração P**) as plantas de linhagens puras empregadas no primeiro cruzamento. Elas dão origem à **geração híbrida** (ou **geração F_1**). Inicialmente, Mendel esperava encontrar na geração F_1 plantas que apresentassem as duas variedades presentes na geração parental, ou então alguma variedade intermediária. O cruzamento de plantas de semente verde com plantas de semente amarela, por exemplo, deveria gerar uma geração F_1 com sementes das duas cores ou de uma cor intermediária.

Os resultados obtidos, porém, foram diferentes da expectativa. As plantas da geração F_1 apresentavam apenas uma das variedades presentes na geração parental: no caso da característica cor das sementes, todos os descendentes eram amarelos. Mendel obteve esse mesmo padrão de resultado para as sete características estudadas. Também verificou que o resultado independia de qual planta era a doadora de pólen e qual era a fecundada.



ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

Representação esquemática do cruzamento parental entre duas plantas distintas em relação à cor da semente. Note que cada ervilha produzida pelas plantas da geração parental corresponde a um indivíduo da geração F_1, que vai germinar e formar uma planta adulta dessa geração. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al. Introduction to genetics analysis*. 9. ed. New York: W. H. Freeman, 2008.

Geração F_2

Mendel, então, permitia a autofecundação das plantas da geração F_1 e analisava sua descendência, denominada **segunda geração** ou **geração F_2**. A maioria dos indivíduos dessa geração apresentava a mesma variedade da geração F_1, mas alguns manifestavam a outra variedade. No caso da característica cor da semente, a autofecundação das plantas da geração F_1 (todas originadas de sementes amarelas) resultava na produção de sementes amarelas e algumas verdes. A variedade semente verde, portanto, tinha voltado a aparecer.

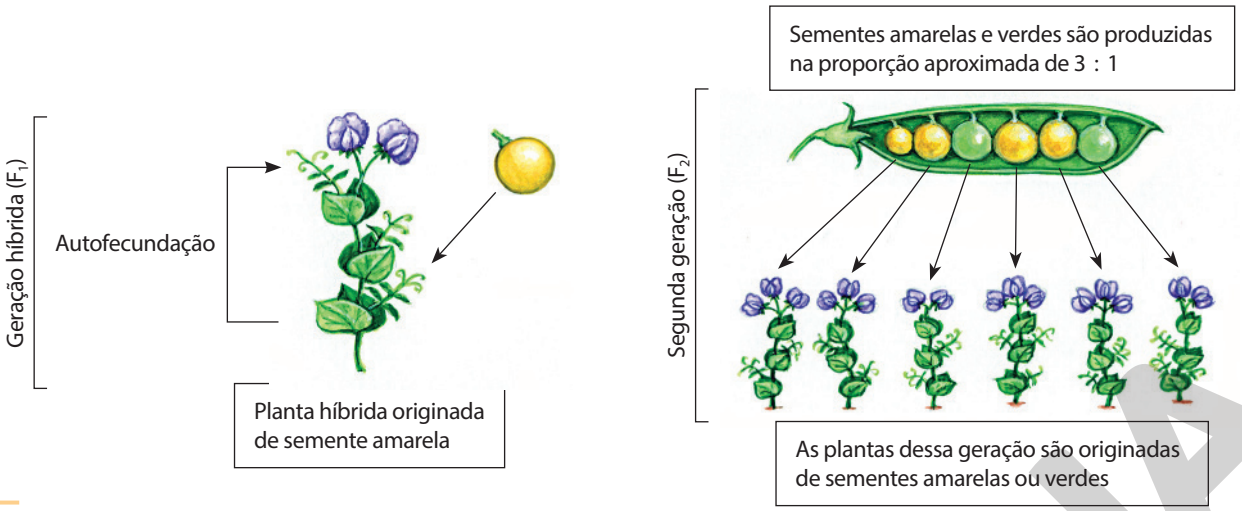
Mendel deu prosseguimento aos estudos passando a contar quantos indivíduos da geração F_2 apresentavam cada uma das variedades. Quanto à característica cor da semente, obteve 258 plantas na geração F_1, que sofreram autofecundação e geraram 8.023 sementes na geração F_2. Dessas, 6.022 (cerca de 3/4) eram amarelas, e 2.001 (cerca de 1/4) eram verdes. Essa proporção corresponde a 3 : 1, o que significa que, para cada 3 sementes amarelas, havia 1 semente verde, aproximadamente. Mendel fez essa contagem para todas as sete características, obtendo em todos os casos uma proporção próxima de 3 : 1 nas variedades da geração F_2. Desse modo, concluiu que não se tratava de algo casual, mas de um padrão que precisava ser explicado.

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

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

AUTOFECUNDAÇÃO DA GERAÇÃO F_1

ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA



Representação esquemática do resultado do segundo cruzamento, em que são formadas sementes amarelas e verdes, na proporção aproximada de 3 : 1, na geração F_2. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)
Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al. Introduction to genetics analysis*. 9. ed. New York: W. H. Freeman, 2008.

Dominância e recessividade

Mendel chamou de **fatores hereditários** as unidades que condicionam as características hereditárias e postulou que eles ocorrem aos pares nos indivíduos e são herdados em igual quantidade de cada um dos genitores. Além disso, assumiu que cada par de fatores se separa na formação dos gametas. Por serem de linhagens puras, as plantas da geração parental deveriam possuir apenas um tipo de fator, produzindo gametas de um único tipo no que diz respeito àquela característica. As plantas da geração F_1, por sua vez, seriam híbridas, isto é, deveriam possuir os dois tipos de fatores. Consequentemente, seriam capazes de produzir dois tipos de gametas, contendo ou o fator materno ou o fator paterno. Atualmente, o que Mendel chamava de fatores são chamados de **alelos**, presentes nos cromossomos das células.

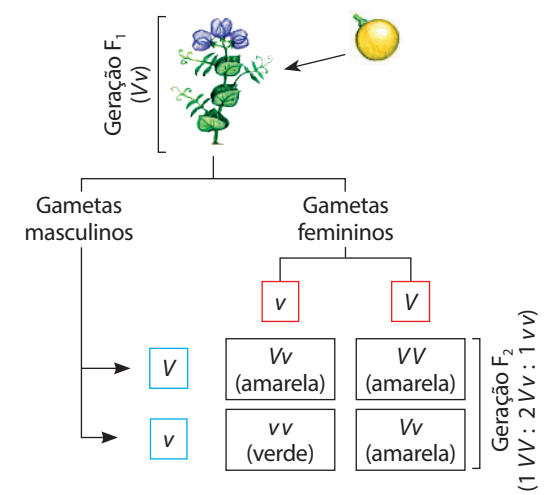
Mendel tinha observado que, para cada característica, apenas uma variedade se manifestava na geração F_1. Assim, ele denominou **variedades dominantes** aquelas que se manifestavam na geração F_1 e **variedades recessivas** aquelas que não apareciam na geração F_1, mas reapareciam na geração F_2.

Por convenção, empregam-se letras para representar os fatores. Fatores de variedades recessivas são representados por letras minúsculas (geralmente a primeira da característica recessiva) e os de variedades dominantes, pela mesma letra, porém maiúscula.

Uma vez que a variedade ausente na geração F_1 voltava a aparecer na geração F_2, Mendel concluiu que as plantas da geração F_1 continham os fatores para produzir as duas variedades, mesmo que não manifestassem uma delas. As plantas da geração F_1 deveriam produzir dois tipos de gametas, contendo um ou o outro fator. Por exemplo, para a característica cor da semente, metade dos gametas conteria o fator relativo à cor amarela (representado por *V*) e a outra metade, o fator relativo à cor verde (representado por *v*). A união desses gametas levaria à formação de indivíduos da geração F_2 que poderiam apresentar sementes amarelas (*VV* ou *Vv*) ou verdes (*vv*). Essas hipóteses explicam a proporção encontrada na geração F_2 de 3 indivíduos com variedade dominante para 1 indivíduo com variedade recessiva.

GAMETAS E INDIVÍDUOS FORMADOS NA AUTOFECUNDAÇÃO DE F_1 (GENÓTIPO *Vv*)

ILUSTRAÇÃO: CECÍLIA IWASHITA



Representação esquemática dos gametas que podem ser formados por plantas da geração F_1 em relação à característica cor da semente e os possíveis resultados da fecundação desses gametas. Note a proporção de 3 sementes amarelas (1 *VV* e 2 *Vv*) para 1 verde (1 *vv*). (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

MODERNA

Condição das características estudadas por Mendel		
Características	**Variedade dominante**	**Variedade recessiva**
Textura da semente	lisa	rugosa
Cor da semente	amarela	verde
Textura da vagem	inflada	comprimida
Cor da flor	violeta	branca
Cor da vagem	verde	amarela
Altura da planta	alta	baixa
Posição da flor	axilar	terminal

Com esses experimentos e as explicações que formulara, Mendel identificou uma regularidade que chamou de **lei da segregação dos fatores**, também conhecida como **primeira lei de Mendel**, que pode ser sintetizada assim: *Os fatores que condicionam uma característica hereditária existem aos pares e são separados durante o processo de formação de gametas*.

O quadrado de Punnett

Assim denominado em homenagem a seu criador, o geneticista britânico Reginald Punnett (1875-1967), o quadrado de Punnett é um diagrama de dupla entrada que apresenta, na parte superior, os gametas formados por um dos sexos e, na lateral esquerda, os gametas formados pelo sexo oposto. Nos quadrados centrais são representadas as possíveis combinações formadas com a fecundação de cada par de gametas. Esse diagrama é empregado para prever os resultados possíveis de um cruzamento.

	Gametas masculinos	
Gametas femininos	***A***	***a***
A	*AA*	*Aa*
a	*Aa*	*aa*

No exemplo ao lado, um indivíduo masculino *Aa* é cruzado com um indivíduo feminino *Aa*. A frequência (ou probabilidade) de o cruzamento originar um indivíduo *AA* é 1/4 ou 25%, a de originar um indivíduo *Aa* é 2/4 ou 50% e a de originar um indivíduo *aa* é 1/4 ou 25%. Com relação apenas à variedade, a probabilidade de originar um indivíduo com variedade dominante (*AA* ou *Aa*, também indicado por *A_*) é de 3/4 ou 75%, e a de originar um indivíduo com variedade recessiva (*aa*) é de 1/4 ou 25%.

Atividades

Não escreva no livro.

1. Suponha que, no cruzamento entre plantas de ervilha altas e plantas baixas, todas de linhagens puras, tenham sido geradas 200 plantas. Com base na tabela **Condição das características estudadas por Mendel**, indique quantas devem ser altas e quantas devem ser baixas.

2. Suponha que as 200 plantas da questão anterior tenham sofrido autofecundação e gerado 1.000 plantas. Quantas devem ser altas e quantas devem ser baixas?

A segunda lei de Mendel

Além da transmissão de características isoladas, Mendel também estudou a transmissão de duas características combinadas. Para tanto, ele realizou cruzamentos entre plantas de linhagens puras para duas características distintas. Em um experimento, plantas de linhagens puras originadas de sementes amarelas e lisas (*VVRR*) foram cruzadas com plantas de linhagens puras originadas de sementes verdes e rugosas (*vvrr*). Todas as ervilhas da geração F_1 eram amarelas e lisas (*VvRr*), manifestando as duas características dominantes.

Assim como nos estudos anteriores, Mendel permitiu a autofecundação da geração F_1. Foram produzidas, na geração F_2, sementes com combinações das quatro variedades estudadas: amarelas e lisas, amarelas e rugosas, verdes e lisas, verdes e rugosas, na proporção 9 : 3 : 3 : 1, respectivamente.

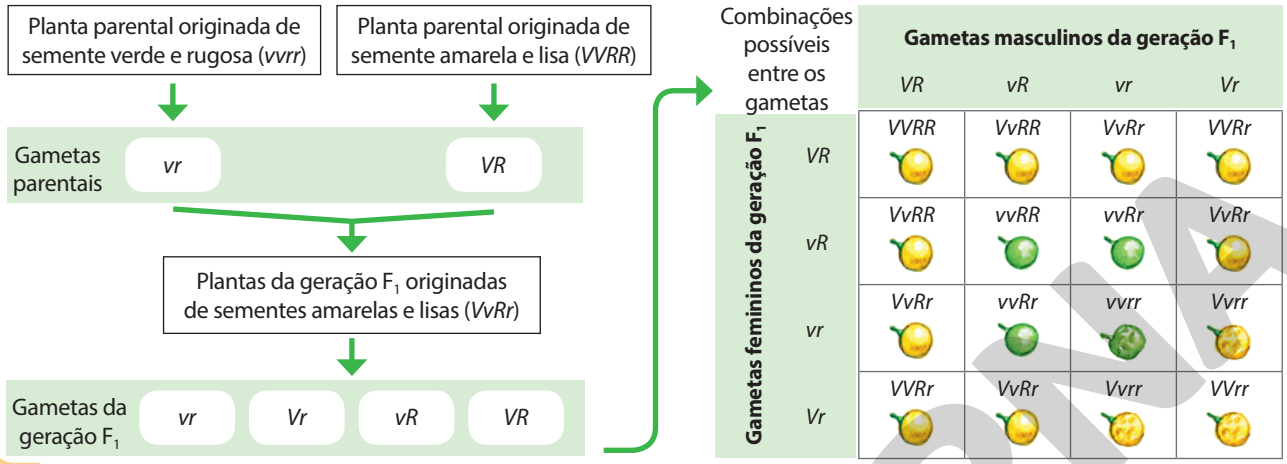
Isso significa dizer que, para cada 16 indivíduos de F_2, 9 são originados de sementes amarelas e lisas (*V_R_*), 3, de sementes amarelas e rugosas (*V_rr*), 3, de sementes verdes e lisas (*vvR_*), e 1 é originado de sementes verdes e rugosas (*vvrr*). Mendel observou a mesma proporção em F_2 para cruzamentos entre plantas com as outras combinações das sete características, sugerindo tratar-se de um padrão.

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

A partir desses resultados, Mendel sugeriu que os fatores hereditários de características diferentes se separam de maneira independente durante a formação dos gametas. Quando analisamos em conjunto as características cor da semente e textura da semente, por exemplo, as plantas da geração F_1 podem produzir quatro tipos de gametas, contendo as combinações de fatores *VR*, *Vr*, *vR* ou *vr*. Na fecundação, os gametas se unem, e as características encontradas na geração F_2 dependerão da combinação dos fatores.

CRUZAMENTOS PARA ESTUDAR A HERANÇA DE DUAS CARACTERÍSTICAS

ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA



Representação esquemática do cruzamento parental entre plantas originadas de ervilhas amarelas e lisas (*VVRR*) e de ervilhas verdes e rugosas (*vvrr*). A autofecundação da geração F_1 resulta na proporção de 9 : 3 : 3 : 1 na geração F_2. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al. Introduction to genetics analysis*. 9. ed. New York: W. H. Freeman, 2008.

Os resultados desses experimentos levaram Mendel a estabelecer outra regra geral da hereditariedade, conhecida por **lei da segregação independente dos fatores** ou **segunda lei de Mendel**, que pode ser assim expressa: *Os fatores que condicionam determinada característica são separados na formação dos gametas e transmitidos para as gerações seguintes de modo independente dos fatores que condicionam outras características*.

Atividade

Não escreva no livro.

1 Suponha que o cruzamento de plantas de ervilha híbridas para as características textura da vagem e cor das flores tenha gerado 800 plantas. Quais características se espera encontrar nessas plantas e em que quantidades?

Comunicando ideias

Não escreva no livro.

Na época em que Mendel viveu, praticamente ninguém sabia o que eram gametas, fatores hereditários nem mesmo hereditariedade. Em grupos, imaginem que vocês são contemporâneos de Mendel e estão encarregados de explicar o trabalho dele. Quais informações seriam mais relevantes? Quais estariam além da compreensão do senso comum? Como essa comunicação poderia ser feita? Discutam entre si a estratégia a ser adotada e, ao final, apresentem o resultado para os outros grupos.

Conceitos importantes em Genética

Genes e alelos

O que Mendel chamava de fatores hereditários corresponde ao que hoje conhecemos como **genes** ou, mais precisamente, como os **alelos** de um gene. Um gene corresponde a uma sequência de DNA que é transcrita em um RNA. No geral, o RNA codifica a produção de proteínas (ou polipeptídios), que atuam em conjunto e são essenciais para o funcionamento do organismo. Algumas proteínas, por exemplo, são enzimas e controlam reações metabólicas; outras formam as estruturas que organizam a célula.

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

MODERNA

No caso dos experimentos de Mendel com ervilhas, cada um dos sete fatores (relativos às sete características) corresponde a um gene com duas versões ou alelos. O gene que condiciona a cor da semente, por exemplo, possui dois alelos: um condiciona a cor amarela e o outro, a cor verde. Outro gene condiciona a textura da semente: um alelo condiciona semente lisa e o outro, rugosa, e assim por diante.

Caixa de ferramentas

As características condicionadas por um único gene são chamadas de **monogênicas**.
Ao estudar esse tipo de herança, é comum dizer que se trata do "gene para" determinada característica – por exemplo, o "gene para altura da planta" ou o "gene para cor da semente".

Genótipo e fenótipo

A constituição genética de um indivíduo é chamada de **genótipo**. O termo pode se referir a todo o conjunto de alelos que apresenta ou apenas aos alelos específicos do gene estudado. Pode-se dizer, por exemplo, que o genótipo do organismo é *AA*, *AaBB* ou *aaBbCCDd*. Já o **fenótipo** de um indivíduo corresponde às características apresentadas por ele, sejam morfológicas, fisiológicas ou comportamentais. Essas características se desenvolvem ao longo da vida do organismo e dependem do genótipo e também de fatores do ambiente. Considerando a característica cor da semente, por exemplo, uma planta de ervilha da geração F_1 com genótipo *Aa* apresentará o fenótipo cor amarela da semente.

Homozigoto e heterozigoto

Células diploides (2*n*) possuem dois alelos para cada gene, e cada alelo se localiza em um dos cromossomos de cada par de homólogos. Diz-se que um indivíduo é **homozigoto** quando possui dois alelos idênticos de um gene. Caso os alelos sejam diferentes, o indivíduo é denominado **heterozigoto**.

As plantas da geração parental, de linhagens puras, são homozigotas para a característica estudada (*AA* ou *aa*), enquanto as plantas da geração F_1 são todas heterozigotas (*Aa*). Na geração F_2, aparecem plantas homozigotas (*AA* e *aa*) e heterozigotas (*Aa*).

Alelos dominantes e recessivos

Alelos dominantes são aqueles que se manifestam tanto em homozigose (*AA*) quanto em heterozigose (*Aa*). Isso significa que a presença desse alelo determina o fenótipo do indivíduo, independentemente do fato de ele aparecer em homozigose ou em heterozigose.

Alelos recessivos são aqueles que se manifestam apenas em homozigose (*aa*), ou seja, sua presença determina o fenótipo apenas quando não há outro tipo de alelo para esse gene no indivíduo.

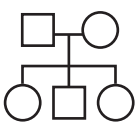
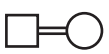
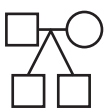
Estudo de genealogias

Para estudar o padrão de herança de características em humanos ou outros seres vivos, os geneticistas costumam representar as relações de parentesco de uma família por meio de uma árvore genealógica, também chamada genealogia ou **heredograma**. Esse recurso é muito útil na identificação dos diferentes padrões de herança.

Na construção de um heredograma, diversos símbolos são usados para representar características hereditárias e relações de parentesco. Os indivíduos da mesma geração são representados na mesma linha. Cada geração é indicada por um algarismo romano, e cada indivíduo é numerado com algarismos arábicos, da esquerda para a direita. Os filhos de cada casal são representados na ordem do nascimento, da esquerda para a direita. Quando se quer identificar um indivíduo em um heredograma, é preciso indicar a geração e o indivíduo, por exemplo: III-2 refere-se ao indivíduo 2 da geração III.

Herança autossômica

O padrão de **herança autossômica** corresponde à herança de características condicionadas por genes localizados nos **autossomos**, cromossomos que não participam da determinação do sexo. Indivíduos do sexo masculino e do sexo feminino têm as mesmas chances de herdar esse tipo de característica.

Principais símbolos usados em heredogramas	
	indivíduo do sexo masculino
	indivíduo do sexo feminino
	indivíduo de sexo desconhecido
	união com filhos
	irmãos
	indivíduos com a característica em estudo
	união consanguínea
	união com filhos gêmeos idênticos
	indivíduos que já faleceram

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

EM MODERNA

Herança autossômica dominante

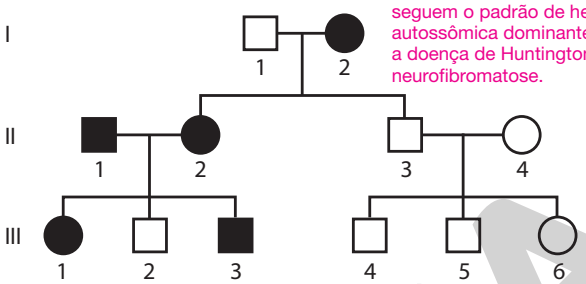
Uma característica que segue o padrão de herança autossômica dominante é condicionada pelo alelo dominante de um gene localizado em um autossomo. Portanto, manifesta-se tanto nos homozigotos como nos heterozigotos para esse alelo (*AA* ou *Aa*).

Nos heredogramas desse tipo de herança, observamos que:

- indivíduos cujos pais apresentam a característica não necessariamente a terão. Se um dos pais for homozigoto, todos os filhos terão a característica; se ambos os pais forem heterozigotos, eles podem ter filhos com a característica ou sem ela;
- se nenhum dos pais possui a característica, os filhos também não a terão.

Alguns distúrbios genéticos humanos seguem esse padrão de herança, como é o caso da polidactilia, que condiciona a formação de seis ou mais dedos na mão ou no pé.

Outros distúrbios genéticos que seguem o padrão de herança autossômica dominante são a doença de Huntington e a neurofibromatose.



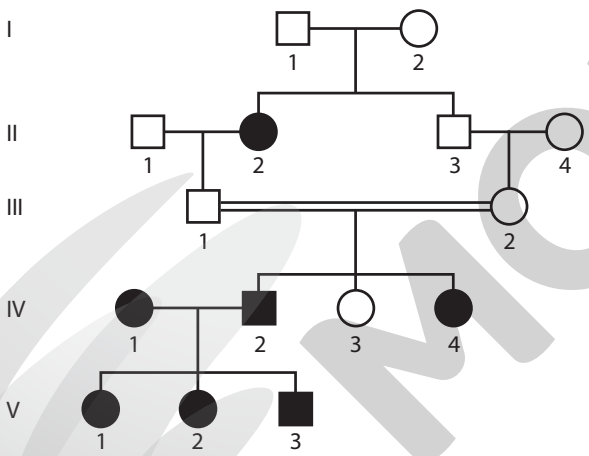
Exemplo de heredograma mostrando herança autossômica dominante. Note que pais com a característica podem não transmiti-la a seus filhos.

Herança autossômica recessiva

Outros distúrbios genéticos que seguem o padrão de herança autossômica recessiva são a fenilcetonúria e a anemia falciforme.

Uma característica que segue o padrão de herança autossômica recessiva é determinada pelo alelo recessivo de um gene localizado em um autossomo. Portanto, ela se manifesta apenas em homozigose (*aa*). Nos heredogramas desse tipo de herança, observamos que:

- pais sem a característica podem transmiti-la a seus filhos, se forem heterozigotos;
- um casal em que ambos apresentem a característica terá apenas filhos com a característica.



Exemplo de um heredograma mostrando herança autossômica recessiva. Note que casais que não apresentam a característica em questão podem transmiti-la a seus filhos e que todos os filhos de indivíduos com a característica também a possuem.

DRAZEN/ISTOCK/GETTY IMAGES

O albinismo se caracteriza pela falta de pigmentação na pele, nos pelos e em outras estruturas.

É muito comum a manifestação de doenças ou distúrbios genéticos recessivos em uniões consanguíneas, pois o risco de os dois membros do casal serem heterozigotos é maior. Um exemplo é o albinismo, caracterizado pela falta de pigmentação na pele, nos cabelos e nos olhos, causada pela ausência do pigmento melanina.

Herança ligada ao cromossomo X

Nos mamíferos, grupo que inclui os seres humanos, indivíduos do sexo feminino possuem dois cromossomos X, enquanto indivíduos do sexo masculino têm um cromossomo X e um Y. Embora exista um pequeno trecho homólogo nesses cromossomos, na maior parte deles não é. Assim, as mulheres apresentam dois alelos da maioria dos genes localizados nesses cromossomos, enquanto os homens contam com apenas um. A **herança ligada ao cromossomo X** corresponde à herança de características condicionadas por genes localizados na parte não homóloga do cromossomo X. Portanto, a herança dessas características depende do sexo dos descendentes.

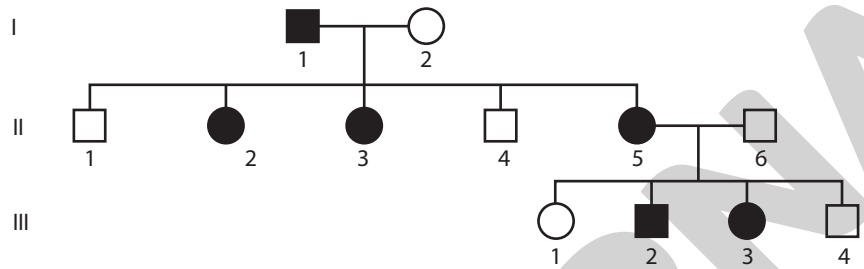
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Herança dominante ligada ao cromossomo X

Uma característica que segue o padrão da herança dominante ligada ao cromossomo X é determinada pelo alelo dominante de um gene localizado na região não homóloga do cromossomo X. Portanto, ela se manifesta em todos os homens portadores desse alelo (X^AY), assim como nas mulheres homozigotas e heterozigotas (X^AX^A ou X^AX^a). Nos heredogramas desse tipo de herança, observamos que:

- indivíduos do sexo masculino só podem herdar a característica da mãe, de quem herdam o cromossomo X;
- uma mulher homozigota dominante (X^AX^A) sempre transmite a característica para seus filhos e filhas, enquanto uma mulher heterozigota (X^AX^a) pode ou não transmiti-la;
- nos casais em que o homem possui a característica (X^AY), todas as filhas a terão.



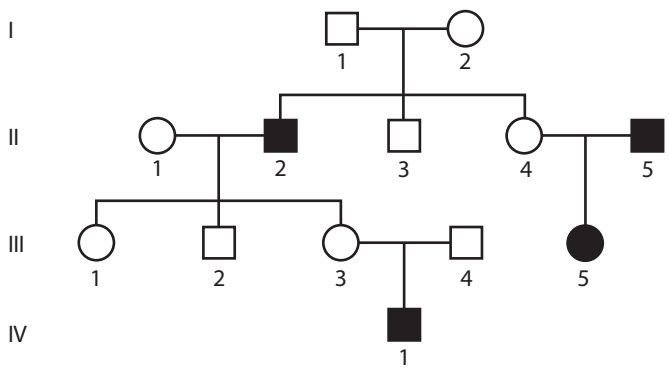
Heredograma mostrando um exemplo de herança dominante ligada ao cromossomo X. Note que todas as filhas do pai com a característica em questão também a apresentam, e que mães com a característica podem transmiti-la tanto aos filhos como às filhas.

Distúrbios genéticos humanos que seguem o padrão de herança ligada ao cromossomo X dominante são muito raros. Um exemplo é o raquitismo hipofosfatêmico, caracterizado pela mineralização inadequada dos ossos.

Herança recessiva ligada ao cromossomo X

Uma característica determinada pelo alelo recessivo de um gene localizado no cromossomo X se manifesta em todos os homens portadores desse alelo (X^aY) e nas mulheres homozigotas recessivas (X^aX^a). Esse padrão é chamado de herança recessiva ligada ao cromossomo X, e ocorre em distúrbios como o daltonismo e a hemofilia. Nos heredogramas desse tipo de herança, observamos que:

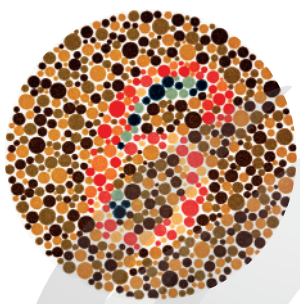
- homens são mais comumente afetados pela característica do que mulheres;
- todos os filhos homens de mulheres afetadas (X^aX^a) são afetados;
- homens com a característica (X^aY) transmitem o alelo recessivo para todas as suas filhas;
- mulheres heterozigotas (X^AX^a) podem transmitir o alelo recessivo (e, portanto, a característica) a metade de seus filhos homens;
- para que uma mulher apresente a característica (X^aX^a), ela precisa ter o pai afetado (X^aY). A mãe deve ser afetada (X^aX^a) ou heterozigota (X^AX^a).



Exemplo de um heredograma mostrando herança recessiva ligada ao cromossomo X. Note que o filho de um casal sem a característica pode apresentá-la, e que apenas um casal em que o homem tem a característica pode ter uma filha também com a característica.

Pessoas com visão normal enxergam o número 6 nesta imagem.

Caixa de ferramentas



PRISMA BILDAGENTUR AG/ALAMY/FOTOARENA

O **daltonismo** é a incapacidade de diferenciar algumas ou todas as cores, especialmente verde e vermelho. Os cartões de cores do teste de Ishihara, como o acima, são utilizados para identificar pessoas com daltonismo. Eles possuem um círculo com cores ligeiramente diferentes e um número que apenas o indivíduo não daltônico consegue ver.

MODERNA

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

Cálculo da proporção da descendência

Para calcular a proporção do genótipo e do fenótipo da descendência de uma união, é necessário determinar o genótipo dos genitores, os tipos de gametas formados e as combinações possíveis entre eles. O heredograma e o quadrado de Punnett são métodos práticos que auxiliam nessa tarefa.

Por exemplo, um indivíduo heterozigoto (*Aa*) para uma doença com herança autossômica dominante pode formar gametas com o alelo dominante (*A*) e com o alelo recessivo (*a*). Supondo que os pais sejam heterozigotos, o quadrado de Punnett permite concluir que a união desses gametas pode levar à formação de três genótipos distintos na proporção de 1 *AA* : 2 *Aa* : 1 *aa*.

Também é possível determinar a proporção fenotípica da descendência. Como a doença apresenta padrão de herança autossômica dominante, a proporção nesse caso é de 3 : 1 ou três indivíduos afetados pela doença (1 *AA* + 2 *Aa*) para cada um indivíduo sem a doença (1 *aa*).

	Gametas masculinos	
Gametas femininos	***A***	***a***
A	*AA*	*Aa*
a	*Aa*	*aa*

Caixa de ferramentas

Para calcular a probabilidade de dois eventos independentes ocorrerem conjuntamente, multiplicam-se as probabilidades de cada um deles ocorrer de forma isolada. Essa regra é conhecida como **regra da multiplicação** ou regra do "e".
Para calcular a probabilidade de ocorrência de dois eventos alternativos, isto é, aqueles em que a ocorrência de um exclui a possibilidade de ocorrência do outro, devem-se somar as probabilidades de que cada evento ocorra isoladamente. Esse princípio é conhecido como a **regra da soma** ou regra do "ou".

Atividades

Não escreva no livro.

1. Suponha que ambos os indivíduos de um casal apresentem determinada característica com padrão de herança autossômica dominante. Os filhos nascerão com a característica? Utilize um quadrado de Punnett para ilustrar sua resposta.
2. Explique por que um casal que não apresenta uma doença genética com padrão de herança autossômica recessiva pode ter filhos com a doença.
3. Com relação à herança recessiva ligada ao cromossomo X, explique por que todos os filhos homens de uma mulher afetada também são afetados. Utilize um quadrado de Punnett para ilustrar sua resposta.

Explique aos estudantes que, diferentemente do exemplo das ervilhas de Mendel, muitas características contam com mais de dois alelos na população. Essa variabilidade é importante para a seleção natural.

Outros tipos de herança

Algumas características hereditárias não seguem o padrão fenotípico de herança esperado pelo modelo mendeliano de segregação de fatores. Isso, no entanto, não significa que os alelos responsáveis por essas características tenham um padrão de segregação diferente dos demais. Veremos como isso é possível.

Dominância incompleta

Quando nenhum dos alelos que condicionam uma característica apresenta dominância completa sobre o(s) outro(s), fala-se em **herança com dominância incompleta**. Nesses casos, os indivíduos heterozigotos apresentam um fenótipo intermediário em relação aos homozigotos.

Na planta maravilha (*Mirabilis* sp.), por exemplo, indivíduos homozigotos podem apresentar flores com coloração vermelha (F^VF^V) ou branca (F^BF^B), e indivíduos heterozigotos apresentam flores com coloração rosa (F^VF^B). Isso ocorre porque o alelo F^V codifica a produção normal de pigmento vermelho, enquanto o F^B não a codifica. Por isso, plantas homozigotas F^VF^V possuem flores vermelhas, e plantas homozigotas F^BF^B, flores brancas. Plantas heterozigotas F^VF^B, por possuírem apenas uma cópia do alelo funcional F^V, produzem uma quantidade reduzida de pigmento vermelho, resultando em flores rosadas.

DR. ROBERT CALENTINE/VISUALS UNLIMITED/GLOW IMAGES

Flores da planta maravilha (*Mirabilis jalapa*), cuja característica cor das pétalas segue o padrão de herança com dominância incompleta. A cor rosa é o fenótipo intermediário, apresentado pelo heterozigoto.

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

MODERNA

Codominância

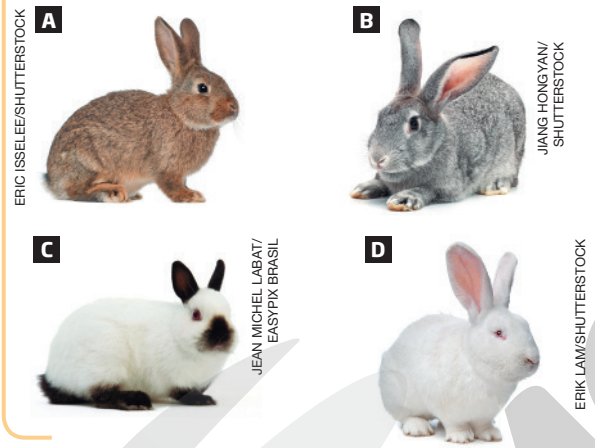
Na **codominância**, também não há relação de dominância entre os alelos; diferentemente da dominância incompleta; no entanto, ambos os alelos são funcionais e, por isso, o heterozigoto não apresenta um fenótipo intermediário, mas um fenótipo resultante da manifestação simultânea dos dois alelos.

Um exemplo é a cor da pelagem de gado da variedade Shorthorn. Os homozigotos podem ter pelos da cor vermelha (P^VP^V) ou branca (P^BP^B), e os heterozigotos (P^VP^B) apresentam pelos vermelhos e brancos, que resultam na coloração malhada, denominada ruão.

COR DA PELAGEM EM GADO SHORTHORN

Variação da cor da pelagem em gado Shorthorn, que mede cerca de 1,4 m de altura: (**A**) pelagem vermelha no homozigoto (P^VP^V); (**B**) pelagem branca no homozigoto (P^BP^B); (**C**) pelagem ruão no heterozigoto (P^VP^B).

PADRÃO DA PELAGEM EM COELHOS



A herança da cor da pelagem dos coelhos envolve quatro tipos de alelos cujas combinações resultam em diferentes padrões: (**A**) coloração castanha; (**B**) chinchila; (**C**) himalaia; (**D**) albina.

Alelos múltiplos

Até agora mencionamos genes com apenas dois alelos. Na herança com alelos múltiplos existem três ou mais alelos em uma população para o gene relacionado à característica, embora cada indivíduo apresente apenas um par deles.

Um exemplo é a cor da pelagem em coelhos, que envolve quatro tipos de alelos com relação de dominância entre si. O alelo *C* determina pelagem selvagem (castanha); o alelo C^{ch}, pelagem chinchila (acinzentada); o alelo C^h, pelagem himalaia (branca com extremidades escuras) e o alelo *c* determina pelagem albina. O alelo *C* é dominante em relação aos outros três, C^{ch} é dominante em relação a C^h e a *c*, e C^h é dominante em relação a *c*. Dessa forma, os fenótipos e respectivos genótipos são: coloração castanha (*C_*); coloração chinchila ($C^{ch}C^{ch}$, $C^{ch}C^h$ ou $C^{ch}C$); coloração himalaia (C^hC^h ou C^hC); albinismo (*cc*).

Epistasia

A **epistasia** é outro tipo de interação entre genes. Nesse caso, a presença de determinado alelo (dito **epistático**) inibe a expressão de outros genes (ditos **hipostáticos**). Fala-se em epistasia dominante se apenas um alelo epistático for suficiente para inibir o alelo hipostático, e em epistasia recessiva se a inibição ocorrer apenas com o alelo epistático em homozigose.

Um exemplo de epistasia recessiva ocorre na pelagem de cães labradores, que é condicionada por dois genes (*B/b* e *E/e*). Um deles está envolvido na produção de pigmento (alelo *B*: pigmento preto; alelo *b*: pigmento marrom), enquanto o outro atua na deposição de pigmentos nos pelos (alelo *E*: pigmento é depositado; alelo *e*: pigmento não é depositado).

Cães com genótipo *ee* apresentam pelos dourados (sem pigmentos), independentemente dos alelos que carregarem para o gene *B/b*. Cães com genótipo *Ee* ou *EE* apresentam pelos pretos (se forem *BB* ou *Bb*) ou marrons (se forem *bb*). Ou seja, o alelo *e* atua como epistático recessivo sobre os alelos *B/b*.

O cruzamento de cães pretos com genótipo *BBEE* e cães dourados com genótipo *bbee* origina cães pretos (*BbEe*) em F_1. O cruzamento de cães da geração F_1 origina, em F_2, cães pretos (*B_E_*), marrons (*bbE_*) e dourados (*__ee*) na proporção 9 : 3 : 4, uma variação da proporção mendeliana.

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

Gametas femininos	Gametas masculinos			
	BE	***Be***	***bE***	***be***
BE	*BBEE*	*BBEe*	*BbEE*	*BbEe*
Be	*BBEe*	*BBee*	*BbEe*	*Bbee*
bE	*BbEE*	*BbEe*	*bbEE*	*bbEe*
be	*BbEe*	*Bbee*	*bbEe*	*bbee*
	9 *B_E_*	3 *bbE_*	3 *B_ee*	1 *bbee*
	pelagem preta	pelagem marrom	pelagem dourada (nariz preto)	pelagem dourada (nariz marrom)

CYNOCLUB/SHUTTERSTOCK

A cor da pelagem em cães da raça labrador apresenta padrão de herança com epistasia.

Herança poligênica ou quantitativa

Muitas características dos organismos são determinadas por genes que atuam de forma quantitativa, ou seja, a partir da soma de seus efeitos. Nesse caso, fala-se de **herança quantitativa** ou **herança poligênica**. Como não há dominância entre os alelos, ocorre uma graduação dos fenótipos. Estatura, massa corpórea e cor da pele em seres humanos são exemplos desse tipo de interação gênica. Nos casos de herança poligênica, geralmente os fenótipos sofrem forte influência de fatores ambientais. Estatura e massa corpórea, por exemplo, são influenciados pela alimentação e grau de atividade física, enquanto a cor da pele é bastante influenciada pela exposição à radiação solar.

Herança dos grupos sanguíneos

Sistema ABO

O **sistema ABO** de grupos sanguíneos é determinado por um gene com três alelos: I^A, I^B e i. Trata-se, portanto, de um caso de herança com alelos múltiplos. Os alelos I^A e I^B têm uma relação de codominância entre si, e ambos são dominantes em relação ao alelo i.

Esse gene determina a presença de uma molécula chamada aglutinogênio na membrana plasmática das hemácias. O alelo I^A determina a produção do aglutinogênio A, enquanto o alelo I^B determina a produção do aglutinogênio B, e o alelo i não leva à produção de aglutinogênios.

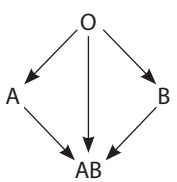
A presença apenas de aglutinogênio A (genótipos I^AI^A e I^Ai) corresponde ao grupo sanguíneo tipo A; a presença apenas de aglutinogênio B (genótipos I^BI^B e I^Bi) corresponde ao grupo sanguíneo tipo B; a presença tanto de aglutinogênio A quanto de aglutinogênio B (genótipo I^AI^B) corresponde ao grupo sanguíneo tipo AB, e a ausência de aglutinogênios nas hemácias (genótipo ii) corresponde ao grupo sanguíneo tipo O.

A tabela ao lado resume a relação entre fenótipos e genótipos no sistema ABO.

Aglutininas são anticorpos que os indivíduos produzem contra os tipos de aglutinogênio que não possuem em suas próprias hemácias. Assim, indivíduos com sangue tipo A produzem anticorpos contra o aglutinogênio B (aglutinina anti-B). Indivíduos com sangue tipo B produzem anticorpos contra o aglutinogênio A (aglutinina anti-A). Indivíduos do tipo O produzem aglutininas contra os dois aglutinogênios (anti-A e anti-B). E, finalmente, indivíduos do tipo AB não produzem anticorpos para nenhum dos dois aglutinogênios, já que suas hemácias possuem ambos.

Se uma pessoa receber uma transfusão de sangue que contenha aglutinogênios diferentes dos seus, o organismo reagirá produzindo anticorpos e ocasionando a aglutinação do sangue, o que pode levar a embolias e à morte. Por isso, a transfusão de sangue entre indivíduos de grupos diferentes só pode ocorrer entre determinados tipos sanguíneos. Todos os tipos sanguíneos podem receber sangue de seu próprio tipo e também do tipo O, considerado doador universal. Pessoas com tipo sanguíneo AB podem receber transfusão de todos os tipos sanguíneos.

Sistema ABO	
Fenótipo	**Genótipo**
Sangue tipo A	I^AI^A ou I^Ai
Sangue tipo B	I^BI^B ou I^Bi
Sangue tipo AB	I^AI^B
Sangue tipo O	ii



Esquema mostrando as possibilidades de transfusão de sangue. As letras representam os quatro tipos sanguíneos do sistema ABO. As setas indicam os indivíduos (na origem) que podem doar sangue a outros (na ponta).

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

MODERNA

Caixa de ferramentas

A eritroblastose fetal é uma doença que ocorre nos casos em que uma mulher Rh^-, já sensibilizada para a produção de anticorpo anti-Rh, está grávida de um filho Rh^+. Essa sensibilização pode ter ocorrido em um parto anterior de bebê Rh^+ ou em uma transfusão sanguínea. Durante a gestação, anticorpos da mãe podem atravessar a placenta, destruindo as hemácias do feto, que então apresenta diversas complicações, entre elas uma severa anemia.

Sistema Rh

Outro aspecto que deve ser considerado em transfusões sanguíneas é o sistema Rh. Indivíduos Rh positivo (Rh^+) produzem, nas hemácias, uma proteína chamada antígeno Rh. Por sua vez, indivíduos Rh negativo (Rh^-) não produzem essa proteína e, se entrarem em contato com sangue Rh positivo, seu organismo reagirá produzindo anticorpos. Por esse motivo, uma pessoa Rh^- só pode receber sangue de outra pessoa Rh^-, enquanto uma pessoa Rh^+ pode receber dos dois tipos.

O sistema Rh é determinado por um par de alelos de um gene que condiciona a presença (Rh^+) ou ausência (Rh^-) do antígeno Rh nas hemácias. A herança segue o padrão autossômico dominante: o fenótipo Rh^+ é determinado pelos genótipos *RR* ou *Rr*, e o fenótipo Rh^- é determinado pelo genótipo *rr*.

Atividades

Não escreva no livro.

1. Um criador de gado Shorthorn cruzou animais de pelagem branca com animais de pelagem ruão. Suponha que, ao todo, tenham nascido 20 bezerros. Quantos bezerros você espera que tenham pelagem branca?

2. Em grupo, montem um heredograma de uma família fictícia, com quatro gerações, indicando o tipo sanguíneo em relação aos sistemas ABO e Rh de todas as pessoas. Comecem com um casal e adicionem outras pessoas na sequência. Fiquem atentos para que o padrão de herança esteja correto.

Engenharia Genética

Além da pesquisa básica, a Biologia Molecular estuda maneiras de aplicar esses conhecimentos para diferentes finalidades. A **Engenharia Genética** é um ramo que se dedica a isso, utilizando técnicas diversas a fim de desenvolver novas soluções para problemas diversos.

Organismos geneticamente modificados

Uma das mais controversas aplicações da tecnologia do DNA recombinante é a criação de **organismos geneticamente modificados** (**OGMs**), também chamados de transgênicos.

Um organismo é classificado como OGM quando tem seu material genético modificado, com exclusão ou inserção de genes, por exemplo. Caso receba genes de outra espécie, o organismo é classificado como transgênico. Alguns dos objetivos da criação desses organismos são:

- **Facilitar o cultivo**: um exemplo é a inserção, em plantas, de genes que promovem resistência a parasitas, reduzindo a necessidade de pesticidas químicos. O gene inserido pode fazer com que a planta produza uma substância que iniba o desenvolvimento de larvas, por exemplo. Outra possibilidade, muito mais polêmica, consiste em introduzir na planta um gene que lhe confira resistência a um herbicida específico. Com isso, o agricultor pode utilizar agrotóxicos para se livrar de plantas indesejadas sem afetar o cultivo. Ambientalistas afirmam que esse tipo de OGM contribui para a poluição de solos e da água, por exemplo.
- **Produzir substâncias de interesse para a espécie humana**: um exemplo bem conhecido é a produção de insulina em escala comercial para suprir os tratamentos de pessoas com diabetes. Bactérias geneticamente modificadas contêm plasmídeos com o gene humano codificador para a insulina e são capazes de produzir esse hormônio.
- **Fornecer novas características ao OGM**: um exemplo é a combinação, em um único plasmídeo, de diversos genes que possibilitam às bactérias metabolizar os componentes do petróleo. Um OGM marinho com essa característica permite minimizar os impactos de vazamentos de petróleo no oceano. Outros exemplos são bactérias que, após serem geneticamente modificadas, apresentam metabolismos eficientes para o tratamento de esgotos e em processos industriais, como a produção de etanol.

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

A liberação da produção e comercialização de OGMs, especialmente para consumo humano, desperta intensos debates. Em oposição aos benefícios prometidos, argumenta-se que há falta de estudo e conhecimento sobre todas as consequências da presença deles na natureza. A nova característica poderia fornecer vantagens ao OGM em relação a organismos naturais a ponto de acarretar desequilíbrios ecológicos. Outra crítica diz respeito ao modelo de negócios do uso de OGMs na produção agrícola, que favorece grandes empresas e ameaça cultivos e povos tradicionais.

Impressão digital do DNA

Outra importante aplicação das técnicas de manipulação de DNA é a identificação de indivíduos por "impressão digital do DNA" (tradução da expressão em inglês *DNA fingerprinting*). Consiste no uso de fragmentos de DNA que apresentam tamanhos específicos em todos os indivíduos, sendo muito similares entre membros próximos da mesma família.

Combinações de técnicas diferentes, como PCR e eletroforese em gel, são utilizadas nesse tipo de análise para separação dos fragmentos. Em relação às aplicações práticas, a impressão digital do DNA pode ser usada para:

- **Verificação de paternidade**: a verificação do padrão de tamanho dos fragmentos das moléculas de DNA em uma criança pode identificar seu pai e sua mãe. É um recurso muito empregado judicialmente em casos de homens que se negam a reconhecer a paternidade dos filhos.
- **Identificação criminal**: a análise comparativa do DNA encontrado em amostras de cabelo, pele, sangue e outros fluidos corporais retirados de cenas de crime pode confirmar a presença ou não de um suspeito no local do crime.
- **Identificação pessoal única**: ainda não é realizada, principalmente em virtude do elevado custo para sua implantação, mas teoricamente a tecnologia poderia ser empregada para gerar impressões digitais do DNA que seriam únicas e exclusivas de cada indivíduo.

Clonagem de organismos multicelulares

Os avanços da Engenharia Genética também levaram, no começo dos anos 1990, ao desenvolvimento de uma metodologia revolucionária e controversa de manipulação do material genético conhecida como **clonagem por transferência nuclear**. Essa técnica permite a transferência de todo o conjunto de moléculas de DNA, com toda a estrutura nuclear, de uma célula somática qualquer de um indivíduo para o citoplasma de uma célula germinativa (óvulo) sem núcleo de outro indivíduo. Após estimular o crescimento dessa nova célula, que mimetiza um zigoto recém-formado, o novo organismo em desenvolvimento apresenta a mesma bagagem genética do organismo doador do núcleo. Em outras palavras, essa técnica permite a clonagem de organismos multicelulares.

O primeiro animal gerado dessa maneira foi uma ovelha, chamada Dolly, que se tornou mundialmente famosa a partir de 1996. Desde então, a técnica foi aprimorada e, atualmente, sua utilização é relativamente comum na pecuária para a reprodução de animais com características consideradas "nobres". No Brasil, além da pecuária, a clonagem tem sido testada para a reprodução de animais ameaçados de extinção, como o lobo-guará e o gato-palheiro.

Apesar de, por definição, permitir a obtenção de cópias idênticas de organismos multicelulares, o desenvolvimento da clonagem desses organismos é justificado pela possibilidade de produção em série de animais inteiros ligeiramente modificados para atender a demandas humanas. Como exemplo, podemos mencionar a criação de cabras que secretam leite com fatores de coagulação humana. Essa técnica permite, ainda, a criação de organismos-modelo clonáveis para o estudo de doenças humanas.

CLONAGEM DA OVELHA DOLLY

ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

Esquema simplificado do processo de clonagem por transferência nuclear usado para gerar o primeiro clone multicelular da história: a ovelha Dolly. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: POSTLETHWAIT, J. H.; HOPSON, J. L. *Modern Biology*. Orlando: Holt, Rinehart and Winston, 2006.

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

MODERNA

Comunicando ideias

Não escreva no livro.

Em grupo, pesquisem quais setores da sociedade são mais ativos no combate ao cultivo de OGMs e na defesa dele. Identifiquem os principais argumentos utilizados por eles e analisem essas informações para formar a opinião de vocês sobre o assunto. Em seguida, compartilhem essas informações com a turma em uma roda de conversa, na qual cada um pode expor o que pensa sobre o assunto.

Interligações

Não escreva no livro.

Bioética

Com os avanços na Biologia Molecular, aumentou a necessidade de discutir cada vez mais as consequências ambientais, sociais e éticas das novas descobertas. A Bioética trata dessas questões. O termo foi criado pelo médico oncologista estadunidense Van Rensselaer Potter, em 1970. Desde então, mas principalmente agora, as principais preocupações da Bioética são: abuso na utilização de cobaias (animais e seres humanos) em experimentos; consequências do surgimento acelerado de novas técnicas de manipulação de moléculas, células, tecidos, órgãos e organismos completos; uso de informações biológicas pessoais para fins discriminatórios, e impactos das descobertas biológicas na ecologia global.

A obtenção da sequência do genoma da nossa espécie é um ponto de muita atenção para a Bioética, assim como a manipulação de **células-tronco**. A análise de genomas individuais pode tanto trazer benefícios — como a possibilidade de criação de tratamentos específicos para cada paciente — quanto ser usada para discriminar indivíduos nos quais propensões a doenças graves sejam detectadas. O uso das células com potencial para originar tecidos e órgãos para fins medicinais levanta questionamentos éticos em sua forma de obtenção, que apresenta melhores resultados quando oriundas de embriões humanos recém-formados.

Outro importante ponto de discussão são os OGMs e as consequências ainda pouco avaliadas de seu uso na produção de alimentos.

De qualquer forma, quanto mais avanços na Biologia Molecular, mais frequentes e importantes serão as discussões sobre os aspectos bioéticos da Ciência.

1. Discuta com a turma suas respostas para os seguintes questionamentos: Você pagaria para ter seu genoma sequenciado? Qual é sua opinião sobre a busca por predisposição a doenças genéticas? Apenas benefícios surgem com o conhecimento de tais predisposições? Essa prática deveria ser implantada como rotina ou se tornar obrigatória em nosso país?

Fique por dentro

Internet

Sociedade Brasileira de Genética
<https://www.sbg.org.br/>

A sociedade reúne pesquisadores brasileiros e disponibiliza informações sobre temas como biotecnologia, transgênicos, células-tronco, terapia gênica e animais transgênicos.

Centro de Estudos do Genoma Humano
<https://genoma.ib.usp.br/>

Apresenta informações sobre as pesquisas científicas e os projetos realizados e em realização no Centro de Estudos do Genoma Humano. As informações contidas na página são de fácil compreensão e tratam de temas atuais da Biologia Molecular.

Acessos em: 24 jul. 2020.

Filmes

Colegas. Direção: Marcelo Galvão. Brasil, 2013. (94 min.)

Comédia que narra de maneira poética a vida de três amigos com síndrome de Down apaixonados por cinema. Um dia, inspirados por um filme, eles decidem fugir em busca de seus sonhos.

Gattaca. Direção: Andrew Niccol. Estados Unidos, 1997. (106 min.)

O filme retrata um futuro em que os seres humanos são criados geneticamente em laboratório, e as pessoas concebidas biologicamente são consideradas inválidas.

Livros

SCHULTZ, Mark. *Genética e DNA em quadrinhos*. São Paulo: Blucher, 2011.

O livro conta a história da Genética por meio de uma história em quadrinhos fictícia, explicando seus principais fundamentos em uma linguagem clara, simples e divertida.

ZATZ, Mayana. *Genética*: escolhas que nossos avós não faziam. Rio de Janeiro: Globo Livros, 2012.

O livro aborda os avanços recentes na Genética, suas aplicações práticas e suas implicações éticas. A geneticista explora temas como teste de paternidade, escolha do sexo do filho, pesquisas com células-tronco e projetos genoma.

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

MODERNA

Não escreva no livro.

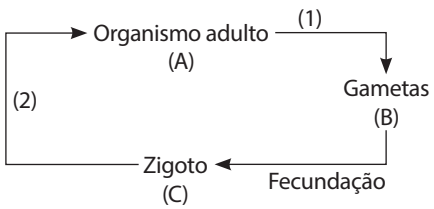
1 Identifique qual é a fase da interfase descrita em cada uma das situações abaixo.

a) Fase anterior à duplicação dos cromossomos.

b) Fase anterior à divisão celular.

c) Fase em que ocorre a duplicação dos cromossomos.

2 O esquema abaixo representa o ciclo de vida de um animal com $2n = 30$. Substitua as letras pela quantidade de cromossomos das células indicadas e os números pelo tipo de divisão celular.



3 Todas as afirmações a seguir são falsas. Reescreva-as em seu caderno corrigindo os erros.

a) As fases da interfase são: prófase, metáfase, anáfase e telófase.

b) Na mitose, a partir de uma única célula-mãe são produzidas quatro células-filhas idênticas geneticamente.

c) O ciclo celular pode ser dividido em três fases: interfase, mitose e divisão celular.

d) Na meiose são produzidas quatro células-filhas, distintas geneticamente e com o mesmo número de cromossomos da célula-mãe.

e) Durante a anáfase I da meiose ocorre a separação das cromátides-irmãs, enquanto na anáfase II os cromossomos homólogos são separados.

4 Em uma célula humana, qual é o número de moléculas de DNA, de cromossomos e de cromátides ao final das seguintes fases da meiose: prófase I, metáfase I, prófase II e telófase II?

5 Leia a frase abaixo e responda às questões.

A variabilidade genética, fornecida principalmente pela meiose, é um importante fator envolvido na sobrevivência das espécies.

a) Como a variabilidade genética pode ser gerada?

b) Que problemas envolvidos com a baixa variabilidade genética você acha que podem ser encontrados nas grandes plantações agrícolas de um único tipo de produto, as chamadas monoculturas?

6 Qual das alternativas a seguir não corresponde a uma evidência da relação entre os fatores mendelianos e os cromossomos?

a) Variações nos cromossomos podem provocar alterações fenotípicas, assim como variações nos fatores.

b) Os dois fatores de dada característica são herdados de um dos genitores, assim como os dois cromossomos de cada par de homólogos são herdados do mesmo genitor.

c) Tanto os cromossomos como os fatores se encontram sempre em pares.

d) A segregação dos fatores na formação dos gametas é independente da segregação de outros fatores, assim como a distribuição dos cromossomos homólogos para as células-filhas na meiose é independente da distribuição de outros pares.

7 Determine os tipos de gametas formados pelos seguintes indivíduos:

a) *AA*

b) *Aa*

c) *AAbb*

d) *AABb*

e) *AaBb*

8 Considerando os experimentos de Mendel, identifique quais afirmações estão corretas e quais estão incorretas. Justifique.

a) Na descendência do cruzamento entre dois indivíduos de linhagens puras com fenótipos distintos para determinada característica autossômica com dominância completa, são observados os fenótipos dos dois genitores em uma proporção de 3 : 1.

b) A característica que não é observada em F_1 reaparece em F_2 em, aproximadamente, 25% (1/4) dos descendentes.

c) Machos e fêmeas contribuem equitativamente para a formação do material genético da descendência.

d) Em F_1 os indivíduos apresentam características intermediárias dos dois genitores.

9 Suponha que, em coelhos, a cor do pelo cinza seja dominante em relação à cor branca e que olhos pretos sejam dominantes em relação a olhos vermelhos. Em um cruzamento de um coelho heterozigoto para cor cinza e com olhos vermelhos com uma coelha branca e heterozigota para olhos pretos que resultou em uma ninhada de 16 filhotes, qual seria o número esperado de coelhos brancos com olhos vermelhos?

Analise o texto e a tabela a seguir para responder às questões de 10 a 12.

Em 1931, o químico Arthur Fox acidentalmente espalhou pó da substância feniltiocarbamida (PTC) em seu laboratório. Alguns colegas que trabalhavam ao seu lado disseram sentir um forte gosto amargo, que não foi sentido por ele, mesmo estando mais próximo. De fato, foi observado que algumas pessoas eram capazes de sentir o gosto amargo do PTC, enquanto outras não sentiam gosto nenhum. No ano seguinte, o botânico Alfred Baskelee analisou a frequência de pessoas que sentiam o gosto do PTC (fenótipo *T*, do inglês *tasters*) e de pessoas que não sentiam o gosto do PTC (fenótipo 0).

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

MODERNA

Os resultados estão apresentados na tabela abaixo.

Pais		Filhos		
Tipo de casais	Quantidade de casais	*0*	*T*	Totais
0 × *0*	10	22	0	22
0 × *T*	39	32	42	74
T × *T*	64	22	109	131
Total	103	76	151	227

Fonte: BLAKESLEE, A. F.; FOX, A. L. Our different taste worlds: PTC as a demonstration of genetic differences in taste. *J. Hered.*, 23: 97-107, 1932.

10 A capacidade de sentir o gosto de PTC é uma característica dominante ou recessiva? Justifique sua resposta.

11 De acordo com a tabela, qual é a proporção fenotípica dos filhos de casais em que ambos os pais não sentem o gosto de PTC? Explique esse resultado.

12 Com os valores da tabela, calcule a proporção fenotípica observada para os filhos de casais em que um dos pais sente o gosto do PTC (*T*) e o outro, não (*0*). Explique se é possível saber o genótipo provável de cada pai nesses cruzamentos e, em caso positivo, qual seria.

13 Leia o seguinte texto para responder às questões.

Maria foi adotada quando criança e, ao se tornar adulta, resolveu buscar informações sobre seus pais biológicos. No entanto, houve um problema no arquivo da instituição, de forma que a ficha dos pais de Maria foi misturada com outras duas fichas. Maria sabia que seu tipo sanguíneo era O, Rh^+ e tinha as seguintes informações sobre o tipo sanguíneo dos três casais que poderiam ser seus pais:

- Casal 1: mulher AB, Rh^+ e homem A, Rh^+
- Casal 2: mulher A, Rh^- e homem B, Rh^-
- Casal 3: mulher A, Rh^- e homem B, Rh^+

a) Maria pode receber transfusão sanguínea de que tipos de sangue?

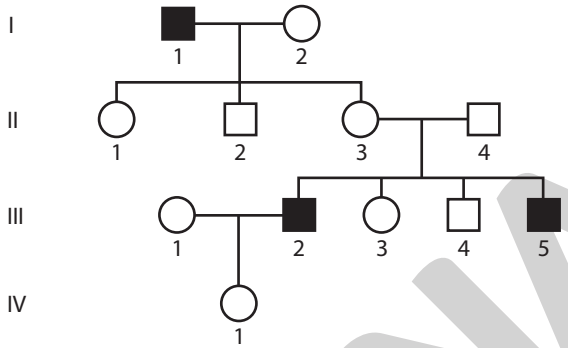
b) Maria pode doar sangue para pessoas de que tipos sanguíneos?

c) Quais são os genótipos possíveis para Maria?

d) Que casal corresponde aos pais biológicos de Maria? Justifique.

e) Quais eram os genótipos dos pais de Maria?

Com base no heredograma abaixo, que mostra a herança de uma doença monogênica em uma família, responda às perguntas de 14 a 18.



14 Que indivíduos são afetados pela doença?

15 Qual é o tipo de herança apresentado por essa doença? Justifique sua escolha.

a) Ligada ao cromossomo X recessiva.

b) Ligada ao cromossomo X dominante.

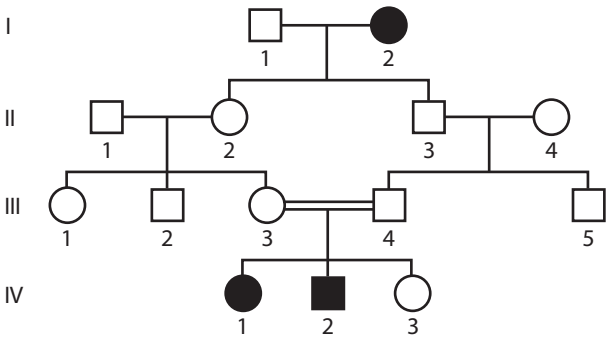
c) Autossômica dominante.

16 Determine o genótipo das pessoas representadas.

17 O genótipo de quais pessoas não pode ser determinado?

18 Que indivíduo da segunda geração transmitiu a doença para a terceira geração? Por quê?

Observe o heredograma abaixo, que mostra a herança do albinismo em determinada família, para responder às perguntas 19 a 23. Os indivíduos I-1, II-1 e II-4 não têm nenhum parente albino.



19 Quais indivíduos são albinos?

20 Determine o genótipo das pessoas representadas.

21 Qual é o risco de o casal III-3 e III-4 ter outro filho albino?

22 Qual é o risco de o casal I-1 e I-2 ter um filho albino?

23 Qual é o risco de o indivíduo III-1 ter um filho albino em um casamento com um homem heterozigoto?

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

Como estudamos neste volume, condições de equilíbrio estão presentes nos movimentos tanto dos automóveis quanto dos astros celestes, nas reações químicas reversíveis entre moléculas das substâncias, naturais ou artificiais; enfim, não há como pensar em vida e sobrevivência sem identificar a presença de alguma condição de equilíbrio em seus diversos significados.

Os conceitos aqui trabalhados permitem refletir sobre questões mais amplas, que extrapolam do plano individual para o coletivo. Nesse sentido, uma questão para ser analisada é o papel atual da produção de alimentos considerados transgênicos, sua relação com as indústrias de fertilizantes e de agrotóxicos e ainda com o objetivo humanitário de combate à fome dos habitantes de algumas regiões do nosso planeta em especial.

Para começar, reúna-se em um grupo formado por 6 a 8 estudantes e avalie se todos os integrantes têm uma resposta clara à seguinte questão: Quais características permitem diferenciar um alimento transgênico de um não modificado? Em caso de dúvida, recorram a uma pesquisa, que pode ser feita na internet.

As primeiras pesquisas podem demonstrar que o tema dos transgênicos envolve polêmicas. Para alguns setores, os aspectos benéficos de sua produção e distribuição superam eventuais problemas de natureza ecológica e de saúde pública; para outros grupos, essa relação é inversa, isto é, predomina o peso dos malefícios. O trabalho do grupo será, então, analisar as questões envolvidas nos dois lados dessa situação. Com base nelas, deverão criar maneiras de apresentar para toda a escola as justificativas envolvidas na polêmica.

Os passos seguintes serão úteis para a organização do trabalho.

1. Dividam-se igualmente em dois subgrupos. Cada um argumentará a favor da produção e distribuição de alimentos transgênicos ou contra ela, destacando os principais problemas e as alternativas ao não uso da transgenia em alimentos.

2. Para fundamentar a defesa em cada caso, os dois subgrupos deverão buscar respostas às seguintes questões:

a) Quais são os alimentos transgênicos mais comuns?

b) De que modo o controle de pragas na agricultura pode ser relacionado à produção de alimentos transgênicos?

c) Existem ou não interesses da indústria de agrotóxicos na produção de alimentos transgênicos? Se existem, quais são?

d) Qual é a comparação possível entre a produção de alimentos transgênicos e a de não transgênicos no que se refere ao uso de fertilizantes?

e) Há interesses da indústria de fertilizantes na produção de alimentos transgênicos? Em caso positivo, quais são eles?

f) Quais países são maiores produtores de alimentos transgênicos?

g) Existe relação entre o grau de produção de alimentos transgênicos por um país e as dimensões do parque de indústria química nele instalado?

h) Em quais países a população mais consome alimentos transgênicos? Neles, os habitantes vivem em que condições de alimentação e de sobrevivência?

i) Quais conhecimentos de Física, Biologia, Química, Geografia, Matemática etc. o subgrupo acredita que foram ou serão necessários para a elaboração desta proposta?

3. Cada subgrupo deverá organizar os resultados das pesquisas com o objetivo de defender suas posições, contra ou a favor da produção e distribuição de alimentos transgênicos, buscando convencer um júri especial e a comunidade escolar a aceitar a transgenia ou rejeitá-la expondo outras opções viáveis. Poderão recorrer à produção de painéis com gráficos, tabelas, desenhos, depoimentos e, se possível, ao uso de recursos digitais.

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

MODERNA

RESPOSTAS DAS ATIVIDADES E ATIVIDADES FINAIS

Capítulo 1 Como se equilibrar?

Atividades
Página 17

1. A afirmação é falsa, pois a resultante de forças nula é possível em dois casos: quando o carro está em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (MRU). Logo, o carro pode estar parado, mas também pode estar em MRU.
2. Antes de ser abandonado, o telefone celular, assim como qualquer objeto dentro do avião, se movimenta com velocidade horizontal constante de 1.000 km/h. Ao ser abandonado, o celular tende a manter seu movimento devido à inércia, deslocando-se horizontalmente em relação à Terra junto com o avião, isto é, com a mesma velocidade horizontal do avião. Assim, o telefone celular deve cair no ponto *R* localizado sobre os pés do passageiro.
3. Porque, ao saltar de um veículo em movimento, devido à inércia, temos uma velocidade diferente de zero em relação ao solo. Ao encostar no solo, a pessoa sofrerá uma desaceleração brusca e tenderá ao desequilíbrio.
4. A configuração do sistema de equilíbrio do indivíduo no *slackline* resulta do alinhamento das forças aplicadas nos pontos onde a fita está presa, das forças nos pontos de apoio do indivíduo sobre a fita e da força gravitacional agindo no centro de massa do indivíduo. Caso o centro de massa seja deslocado do plano do alinhamento, o corpo será conduzido para longe de seu ponto de equilíbrio. Além disso, a elasticidade da fita solicita do indivíduo reconfigurações posturais constantes, com o uso de braços e pernas para manter a estabilidade.

Atividades
Página 19

1. As balanças das imagens medem a intensidade da força de contato que a pessoa exerce na superfície da balança. No caso da figura A, a componente normal da força de contato tem aproximadamente o mesmo módulo da força peso. Assim, usualmente, dizemos que nos pesamos. Se diminuirmos a intensidade dessa força de contato, a pessoa "pesará" menos, como é o caso da figura B, em que a mulher está diminuindo a intensidade da componente normal da força de contato ao se puxar na barra. Na figura C, a intensidade da força de contato tem módulo aproximadamente igual ao módulo da força peso da balança.
2. **I.** Correta. No momento do chute, o jogador aplica na bola uma força que altera seu estado de equilíbrio, e ela passa a se mover.
   II. Incorreta. A força que o pé exerce sobre a bola e a força que a bola exerce sobre o pé constituem um par ação-reação, tendo intensidades iguais, mesma direção e sentidos opostos.
   III. Correta. As duas forças constituem um par ação-reação e são aplicadas em corpos diferentes, de forma que não se anulam.
3. O boi aplica uma força na carroça e esta, como reação, exerce a mesma força de sentido contrário sobre ele. As duas forças não se anularão porque estão aplicadas em corpos diferentes. A força que o boi aplica na carroça só poderia ser anulada por outra força de mesma direção, mas de sentido contrário; porém, deveria ser aplicada na própria carroça, não no boi.
4. Pela 3ª lei de Newton, as forças de ação e reação possuem a mesma intensidade e atuam na mesma direção, mas apontam sempre em sentidos opostos. Por essa lei, as forças surgem aos pares e atuam em corpos distintos, ou seja, não é possível que um par de forças de ação e reação ocorra em um único corpo. Assim, para que o patinador possa se mover, ele empurra o chão para trás com um dos pés enquanto se equilibra no outro; o chão, por sua vez, empurra o patinador para a frente.
5. 80 N
6. **a)** Considerando que o barco e o homem têm massas semelhantes, o homem praticamente não se moverá em relação a um ponto fixo na plataforma. Isso ocorre porque é como se ele estivesse andando em uma esteira: ao mesmo tempo que ele tenta andar para a frente, o barco vai para trás.
   b) O barco, visto de um ponto fixo na plataforma, se afastará dela, porque será é empurrado para trás pelos pés da pessoa devido à 3ª lei de Newton: ação e reação. Ao mesmo tempo que o homem empurra o barco para trás, o barco empurra o homem para a frente.
7. **a)** 60 N **b)** 40 N **c)** 0
8. Na tirinha, Garfield contraria a 3ª lei de Newton ao aplicar uma força sobre a própria cauda, ou seja, ele a puxa de forma que seu corpo seja elevado, mas não sofre nenhuma reação da cauda sobre sua mão, que impeça esse movimento de elevação.

Atividades
Página 22

1. A força exercida pela pessoa será maior na situação B.
2. $\frac{50}{\sqrt{3}}$ N
3. 600 N
4. 192 N
   14,4 kg

Atividades
Página 26

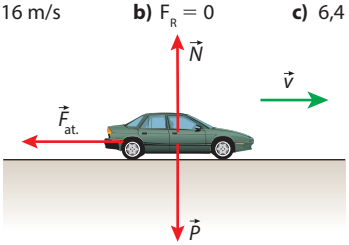
1. 80 N
2. A moça consegue soltar o parafuso.
3. 1,45 m
4. O comprimento da haste *AB* é igual a 40 cm.

Atividades
Página 29

1. **a)** 200 N
   b) A direção da força de atrito é a mesma da força que puxa o corpo, isto é, horizontal. O sentido da força de atrito é contrário ao da força aplicada, isto é, da direita para a esquerda.
   $F_{at.(e)} = 80$ N
2. **a)** 200 N **b)** 120 N **c)** 0,6
3. **a)** Falsa. **b)** Verdadeira. **c)** Falsa. **d)** Falsa. **e)** Falsa.
4. **a)** 50 N **b)** 0,8 **c)** 40 N
5. **a)** 200 N **b)** 0,25
6. **a)** 20 N **b)** 40 N **c)** 40 N **d)** 20 N **e)** 0,5

Atividades
Página 32

1. **a)** 3 m/s² **b)** 15 N
2. $F = 400$ N
   $F_{at.(c)} = 100$ N
   $a = 0{,}5$ m/s²
3. **a)** 16 m/s **b)** $F_R = 0$ **c)** 6,4 N **d)** 10 s
4. **a)**



LUIZ RUBIO

   b) 12.000 N
   c) 8 m/s²
5. O motorista não atingiu o buraco.

MODERNA

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

Atividades

Página 36

1. 50 N
2. **a)** Há, com certeza, atrito entre a criança e o escorregador, uma vez que, para existir movimento uniforme, a resultante de forças sobre a criança é nula. Nesse caso, é preciso que a componente $\vec{P}_x$ do peso que a puxa plano abaixo seja compensada por alguma força de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto. Essa é a força de atrito.
   b) 192 N
3. **a)** 120 N **b)** 120 N **c)** 130 N
4. **a)** 2 m/s² **b)** 42 N
5. **a)** 4 m/s² **b)** 40 N
6. **a)** 7 N
   b) A força que tenta impedir o bloco B de descer é a força de tração existente no fio.
   c) 8 N
   d) 1,6 m/s²
   e) 12,6 N
7. **a)** Situação 1: 1 m/s²
   Situação 2: 9 m/s²
   b) 4,5 N

Atividades finais

Página 38

1. Alternativa **d**.
2. **a)** 2,25 kg **b)** 157,5 N
3. A distância entre o polo O (segundo apoio) e o ponto em que a prancha começa a tombar é 3*d*; portanto, em relação ao ponto *A*, a distância é igual a 5*d*.
4. Alternativa **d**.
5. Alternativa **b**.
6. Alternativa **e**.
7. Alternativa **d**.
8. Alternativa **d**.
9. Alternativa **b**.

Capítulo 2 Equilíbrios químicos

Atividades

Página 47

1. As velocidades se igualam, de modo que os dois processos continuam com igual intensidade. Do ponto de vista macroscópico, as propriedades do sistema ficam constantes (cor e volume de cada uma das fases do sistema, por exemplo).
2. De modo geral, isso não acontece. As concentrações se mantêm constantes a partir do momento em que o equilíbrio químico é atingido (as reações direta e inversa ocorrem com a mesma velocidade), o que não pode ser confundido com igualdade de concentrações.
3. O catalisador reduz a energia de ativação das reações direta e inversa. Isso porque a presença do catalisador altera as etapas intermediárias das reações químicas. Com isso, a situação de equilíbrio químico é atingida em menor intervalo de tempo.
4. **a)** $N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$
   b) $K \simeq 5{,}6$
   c) Porque a constante de equilíbrio só pode ser calculada com base na concentração dos reagentes quando a situação de equilíbrio químico é atingida, e, para que essa condição ocorra, é necessário que a concentração das substâncias participantes do processo não varie.
5. O catalisador provoca o aumento da velocidade da reação 1.
6. A energia de ativação da reação 1 diminui.
7. Sim.
8. Não.
9. Porque os catalisadores reduzem o tempo necessário para que a situação de equilíbrio químico seja atingida (quando $v_1 = v_2$), por isso aumentam a produtividade industrial.
10. 2.000 °C

Atividades

Página 55

1. **a)** Não. A quantidade de matéria de gases dos produtos é maior do que a dos reagentes. Nesse caso, portanto, um aumento da pressão diminuirá o rendimento da reação no sentido indicado.
   b) Não. O aumento da pressão provocaria um favorecimento do equilíbrio químico no sentido de formação dos reagentes, pois entre os produtos é que temos um gás.
   c) Sim. Nesse caso, a quantidade de matéria de gases é menor nos produtos da reação química do que nos reagentes.
   d) Não, pois a quantidade de matéria de gases nos produtos é equivalente à quantidade de matéria de gases nos reagentes.
2. $N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$
3. O aumento da pressão favorece o equilíbrio no sentido em que há menor quantidade de matéria de gases, ou seja, de formação de amônia. Portanto, é mais interessante aumentar a pressão.
4. Como a variação de entalpia relativa à formação de amônia é negativa, essa reação é exotérmica. Assim, quanto menor a temperatura em que a reação ocorrer, maior será o rendimento em amônia; isso porque a redução da temperatura de um sistema em equilíbrio favorece o processo no qual há liberação de calor.
5. **a)** O catalisador reduz o tempo necessário para que a situação de equilíbrio químico seja atingida.
   b) Sob baixas temperaturas, a situação de equilíbrio químico demora mais tempo para ser atingida, mas a quantidade de amônia obtida é maior, visto que a diminuição da temperatura favorece a reação exotérmica: a formação de amônia.

Atividades

Página 58

1. A amônia é uma substância-chave para a obtenção de vários produtos economicamente importantes, como gases de refrigeração e adubos nitrogenados, e para a produção de ácido nítrico e explosivos (usados, por exemplo, pela engenharia civil na abertura de túneis em estradas).
2. O condensador possibilita que se retire gás amônia do sistema, uma vez que ele passa ao estado líquido, favorecendo assim a reação direta de formação de amônia.
3. **a)** Com o aumento da incidência de luz, é favorecida a reação em que a energia luminosa será absorvida, a que origina a prata metálica. De acordo com o princípio de Le Chatelier, se a reação que utiliza energia luminosa for favorecida, o sistema responderá no sentido de minimizar essa luminosidade.
   b) O raciocínio é inverso ao feito para o item **a**.
4. **a)** Resposta pessoal. **b)** Resposta pessoal.

Atividades

Página 65

1. O íon acetato proveniente da dissociação do acetato de sódio (I) aumenta a concentração de um dos produtos da ionização do ácido (II), os íons acetato. De acordo com o princípio de Le Chatelier, isso favorece a associação de parte desses íons H^+, originando mais ácido acético.
2. **a)** 0,01 mol/L **b)** 0,01 mol/L **c)** 10^{-12} mol/L
3. **a)** 10^{-5} mol/L **b)** $2 \cdot 10^{-5}$ mol/L **c)** $5 \cdot 10^{-10}$ mol/L
4. **a)** 10^{-9} mol/L **b)** $4{,}9 \cdot 10^{-4}$ g/L
5. **a)** De acordo com os dados da tabela, o valor de K_w aumenta.
   b) Endotérmica, pois o aumento da temperatura favorece a ionização, o que ocasiona o aumento da constante de ionização da água.
   c) Maior.

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

MODERNA

Atividades

Página 66

1 **a)** O meio é ácido.
b) O meio é básico.
c) O meio é ácido.
d) O meio é ácido.
e) O meio é básico.
f) O meio é neutro.

2 **a)** 10^{-12} mol/L
b) A solução é ácida.
c) Eles provêm da autoionização da água.

3 Para uma solução de pH = 1, a concentração de íons H^+ é 10^{-1} mol/L ou 0,1 mol/L. Para uma solução de pH = 4, a concentração de íons H^+ é 10^{-4} mol/L ou 0,0001 mol/L, ou seja, é 1.000 vezes menor que a solução de pH igual a 1.

4

Sistema	$[H^+]$	$[OH^-]$	pH	pOH	Meio
$HClO_4$: 0,1 mol/L	10^{-1} mol/L	10^{-13} mol/L	1	13	ácido
água "pura"	10^{-7} mol/L	10^{-7} mol/L	7	7	neutro
KOH: 0,001 mol/L	10^{-11} mol/L	10^{-3} mol/L	11	3	básico
H_2SO_4: $5 \cdot 10^{-5}$ mol/L	10^{-4} mol/L	10^{-10} mol/L	4	10	ácido

Atividades

Página 69

1 pH = 12

2 **a)** Neutro.
b) Básico.

3 A existência de aftas provavelmente está associada a um meio com pH abaixo do normal. A utilização de $NaHCO_3$ (sal derivado de base forte, NaOH, e ácido fraco, H_2CO_3) diminui a acidez do meio, pois o ânion sofre hidrólise.

4 A deterioração de alimentos geralmente é causada por um processo de oxidação, que ocorre pelo contato do alimento com o oxigênio do ar, com a importante participação de microrganismos. É comum observarmos esse processo em frutas, alimentos facilmente perecíveis. Quando cortamos uma maçã ou uma banana, por exemplo, propiciamos a liberação de substâncias do interior de células do vegetal, as quais, ao se oxidarem, resultam em compostos responsáveis pelo escurecimento da fruta. Na aceleração desse processo, participam certas enzimas, as polifenol oxidases. Para que elas possam atuar, favorecendo a oxidação da fruta, o pH deve apresentar valores próximos de 6,0, portanto, ácido. A adição de ácidos, entre outras funções, torna essas enzimas inativas.

Atividades finais

Página 70

1 **a)** O erro está na conclusão, porque a diferença de 2 unidades no pH indica uma relação de 100 vezes; o certo seria dizer que o limão é 100 vezes (10^2) mais ácido que a água do rio Negro.
b) A vantagem é que a acidez da água do rio Negro atua como controlador de vetores impedindo o desenvolvimento do vibrião colérico, bactéria causadora da cólera.
c) O engenheiro ambiental ou sanitário reduz ou evita danos causados ao ambiente pelas atividades humanas. Ele pode, por exemplo, construir e gerenciar a operação de sistemas de obtenção e distribuição de água, de coleta e tratamento de esgoto e de descarte ou reciclagem de resíduos sólidos. Também avalia e previne a poluição do ar, do solo ou da água causada por indústrias e pela construção de residências em áreas vulneráveis, como encostas e mananciais. Esse profissional precisa ter boas habilidades em Física, Química, Biologia e Matemática, mas também deve ter familiaridade com Sociologia, Geografia e História, uma vez que vai lidar com pessoas e comunidades.

2 Alternativa **d**.

3 Alternativa **c**.

4 Alternativa **c**.

5 0-0) Verdadeira. A adição de reagentes favorece o equilíbrio químico no sentido de formação dos produtos, uma vez que aumenta a velocidade da reação direta.
1-1) Verdadeira. A diminuição da concentração do produto favorece a reação em que essa substância é formada, aumentando seu rendimento.
2-2) Falsa. A adição de um catalisador diminui a energia de ativação das reações direta e inversa, mas não interfere no aumento de produção dessas reações.
3-3) Falsa. O aumento da temperatura favorece a reação no sentido endotérmico, de acordo com o princípio de Le Chatelier.
4-4) Verdadeira. A diminuição do volume favorece o equilíbrio no sentido da redução da quantidade de matéria, em mol; nesse caso, quando mais NH_3 é formado.

6 Alternativa **b**.

7 Alternativa **d**.

8 Alternativa **e**.

9 Alternativa **d**.

Capítulo 3 Movimento circular e gravitação universal

Atividades

Página 77

1 Caso não se segure ao fazer a curva, como está sem cinto, o motorista será lançado de encontro à porta do carro. O carro empurrará o motorista com uma força que impedirá que este continue em linha reta por inércia. Se, por qualquer razão, a porta do carro se abrir, o motorista se moverá em uma direção tangente à curva. Logo, a resultante centrípeta sobre o motorista é a força com que a porta do carro o empurra para o centro da trajetória circular.

2 **a)** 26 N
b) 22 N
c) 1,7 m/s

3 2.240 N

4 $12\sqrt{5}$ m/s

5 N = 6.188 N

6 **a)** 50 m/s
b) 15.000 N. No ponto B, a reação do piso da estrada sobre o carro tem intensidade duas vezes maior que no ponto O.

Atividades

Página 80

1 588 N

2 **a)** Incorreta.
b) Correta.
c) Incorreta.
d) Correta.
e) Correta.

3 **a)** $F' = \frac{F}{100}$
b) $F'' = \frac{3F}{8}$

4 **a)** $F = G \cdot \frac{M_{planeta} \cdot M_{corpo}}{D^2}$
b) $F' = \frac{F}{9}$

Atividades

Página 84

1 Garfield poderia ir a qualquer planeta onde a gravidade fosse menor que a da Terra. Seu peso mudaria devido ao fato de a gravidade do outro planeta ser menor, mas sua massa corporal continuaria sendo a mesma.

2 **a)** $\frac{10}{9}$ m/s²
b) 0,4 m/s²

3 5 m/s²

4 A intensidade do campo gravitacional independe da massa do corpo que sofre sua ação, porém depende da massa do corpo que o gera e da distância a que um corpo é colocado do seu centro. Portanto, dois corpos colocados no mesmo ponto sofrerão a mesma aceleração gravitacional.

5 1,7 m/s²

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

Atividades

Página 91

1. No modelo de Copérnico, as trajetórias dos astros são circulares. Apesar de procurar durante muitos anos fazer coincidir suas observações do movimento dos planetas com traçados circulares, Kepler constatou que as órbitas descreviam elipses de pequena excentricidade. Além disso, Copérnico acreditava que o movimento no céu era circular e uniforme. A 2ª lei de Kepler introduz a ideia de que o planeta executa um movimento variado, ora acelerando, quando mais próximo do Sol, ora retardando, quando mais afastado.
2. **a)** Como a excentricidade da órbita de Marte é aproximadamente 0,09, sua trajetória ao redor do Sol é quase circular.
   b) Supondo o movimento de Marte no sentido anti-horário, teremos: movimento acelerado – trecho do afélio para o periélio (laranja); movimento retardado – trecho do periélio para o afélio (verde).
   c) Considerando que 1 ano na Terra tem 365 dias, vem: $\frac{660}{365} = 1{,}8$ ano terrestre.
3. 3,5 dias
4. **a)** Quanto mais próximo estiver o ponto do Sol, maior será a velocidade do cometa; então:
   $v_I > v_J > v_L > v_K$
   b) No ponto I, a aceleração centrípeta é maior, pois o planeta está mais próximo do Sol e com uma velocidade linear maior.
5. Como a massa do satélite é pequena em relação à da Terra, o período de revolução do satélite não depende de sua massa, apenas do raio da órbita. Pela 3ª lei de Kepler, sabemos que $\frac{T^2}{R^3}$ é constante. Então, se a massa duplicar, o valor do período continuará sendo o mesmo.
6. **I.** Verdadeira. A afirmativa corresponde à 1ª lei de Kepler.
   II. Falsa. A velocidade de cada um dos planetas não é constante. É maior quando o planeta está em um ponto da trajetória mais próximo do Sol e menor quando está mais afastado.
   III. Verdadeira. A órbita de Urano é menor e, por ser entre os astros representados o mais próximo do Sol, sua velocidade orbital é maior; portanto, é o que gasta menos tempo para completar uma volta em torno do Sol.
7. 10,4 h

Atividades finais

Página 92

1. Alternativa **b**.
2. Alternativa **d**.
3. 4,32 N/m
4. Alternativa **b**.
5. Porque, ao chegar a algum ponto do espaço onde a interação gravitacional com qualquer astro seja desprezível, por inércia, ela continuará se movimentando com a mesma velocidade do instante em que os motores forem desligados.

Capítulo 4 A vida: origem e as moléculas orgânicas

Atividades

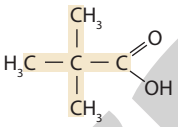
Página 98

1. Resposta pessoal.
2. VI a.C. – Teoria da geração espontânea.
   XVIII – Lavoisier – Trabalho de "destruir moléculas".
   XIX – Berthelot – Síntese de compostos de carbono.
   1825 – Liebig – Funda a primeira escola para químicos.
   1828 – Wöhler – Síntese da ureia.
   1845 – Kolbe – Obtenção de ácido acético em laboratório.
   1857 – Kekulé – Teoria das quatro valências do carbono.
   1860 – Produção industrial de compostos orgânicos.
   1864 – Pasteur – Refuta a teoria da geração espontânea.
   1873 – Le Bel e Van't Hoff – Teoria que possibilitou explicar inúmeros fatos experimentais e introdução de modelos espaciais para as moléculas orgânicas.
   1920 – Oparin – Defendia que o aparecimento de tecidos vivos foi precedido por um longo e gradual processo de evolução de compostos nitrogenados ("azotados") e carbonados.
   1953 – Miller – Realizou experimentos que recriavam as condições nas quais a vida teria surgido, que revelavam reações abióticas.

Atividades

Página 102

1. **a)** $C_8H_{11}N_5O_3$ **b)** $C_9H_8O_4$ **c)** $C_8H_{10}N_4O_2$
2. 18 átomos de carbono.
3. **a)** Incorreta. Cadeias normais não podem apresentar ramificações, ou seja, não podem apresentar carbonos terciários ou quaternários.
   b) Incorreta. Substâncias orgânicas podem apresentar nitrogênio que não está entre carbonos da cadeia, por exemplo: $H_3C-CH_2-CH_2-NH_2$.
   c) Incorreta. Uma substância que contenha ligações duplas entre carbonos da cadeia não pode ser saturada; no entanto, se a ligação dupla ocorrer entre o carbono e um substituinte, isso não interfere quanto a saturação. Por exemplo:



Atividades

Página 106

1. **a)** Propeno.
   b) Etino.
   c) Metanol.
   d) Eteno.
   e) Hept-3-eno.
   f) Heptan-1-ol.
   g) Hex-1-ino.
   h) Decan-1-ol.
   i) Hexan-3-ol.
2. pent-1-ino
   $HC\equiv C-CH_2-CH_2-CH_3$
   pent-2-ino
   $H_3C-C\equiv C-CH_2-CH_3$

Atividades finais

Página 107

1. Alternativa **c**.
2. Alternativa **d**.
3. Alternativa **c**.
4. **a)** Os 12 POPs proibidos na Convenção de Estocolmo eram: DDT, aldrin, clordano, dieldrin, endrin, heptacloro, mirex, toxafeno, bifenilas policloradas, hexaclorobenzeno, dioxinas e furanos.
   b) Ambos são organoclorados e pesticidas extremamente tóxicos.
   DDT: $C_{14}H_9Cl_5$
   HCB: C_6Cl_6

Capítulo 5 A evolução da vida

Atividades

Página 113

1. Lamarck e Darwin desafiaram a visão de mundo da sua época por terem rejeitado a ideia de que as espécies eram as mesmas desde a "origem dos tempos". Certos de que elas mudavam, ambos tentaram explicar de que maneira isso acontecia. Do ponto de vista científico, esse conflito não existe mais.
2. A resposta deve conter exemplos de características que são adquiridas durante a vida de um indivíduo, mas não são transmitidas para sua descendência, como é o caso de membros amputados.

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

MODERNA

Atividades

Página 116

1. A charge mostra uma situação fictícia de evolução de uma espécie em que a pesca atuou como pressão seletiva, favorecendo uma espécie de peixe que apresenta grande semelhança com botas. Peixes semelhantes a botas teriam sido favorecidos porque sua forma incentiva os pescadores a jogá-los de volta à água, permitindo que sobrevivam e deixem mais descendentes. Essa característica morfológica poderia ser considerada uma adaptação.
2. A alteração climática favoreceria a sobrevivência de roedores brancos, que ficariam camuflados no ambiente. A camuflagem é um exemplo de seleção direcional.
3. Resposta pessoal.

Atividades

Página 121

1. As asas de aves e insetos são exemplos de estruturas análogas, pois são semelhantes e desempenham a mesma função, mas apresentam origem evolutiva diferente.
2. Com a ausência de luz no ambiente de caverna, a visão torna-se um sentido que não oferece vantagem evolutiva ao indivíduo.

Atividades

Página 122

1. Sim, esse é um exemplo que mostra como ações humanas podem interferir na evolução dos seres vivos. Ao reduzir a população dos elefantes-marinhos do Norte a apenas 20 indivíduos, a interferência humana fez com que toda a população fosse descendente desses 20 indivíduos.
2. Resposta pessoal.

Atividades

Página 125

1. Pelo conceito tipológico de espécie, que leva em conta a morfologia, as borboletas podem ser consideradas duas espécies. Pelo conceito biológico, que analisa a capacidade de cruzamento em condições naturais, essas borboletas podem ser consideradas duas populações de uma mesma espécie com algumas diferenças morfológicas.
2. **a)** As duas aves possuem diferenças morfológicas suficientes para não se reconhecerem como membros de um mesmo grupo e acasalarem; portanto, podem ser consideradas espécies diferentes.
   b) Podem ser realizados estudos comportamentais e moleculares, por exemplo, para evidenciar que se trata de espécies diferentes.

Atividades finais

Página 126

1. Alternativa **a**.
2. Aves e seres humanos apresentam ancestrais que tinham caudas longas, por isso têm estruturas derivadas dessa região. A evolução dos grupos de aves e dos seres humanos resultou na transformação de parte da coluna vertebral, correspondente à longa cauda, em órgãos vestigiais.
3. Seres humanos, cachorros, porcos, carneiros e cavalos possuem um ancestral comum que apresentava uma versão dos ossos mostrados na ilustração. Com o tempo, diferentes populações ancestrais, apresentando variabilidade em sua anatomia, originaram os diferentes grupos atuais em um processo chamado de divergência evolutiva, em que a seleção natural de ambientes diversos favorece diferentes características.
4. O animal é um sapo-de-chifres. Esse tipo de característica é chamado de camuflagem. A população ancestral dessa espécie continha indivíduos com variações morfológicas. Os indivíduos que se assemelhavam ao ambiente eram detectados mais dificilmente e, portanto, tinham mais chances de sobreviver e se reproduzir. Com o tempo, essas variações produziram a morfologia típica da espécie atual.
5. **a)** Esse é um exemplo de coevolução. Ao longo do tempo, foram selecionadas características na planta e na vespa que beneficiam ambas as espécies.
   b) A população ancestral de plantas apresentava pequenas variações, e os herbívoros eliminavam preferencialmente as plantas com características menos favoráveis à sobrevivência. A seleção pelos herbívoros explica a origem dessas características observadas atualmente.
6. A cauda dos cães surge durante o desenvolvimento embrionário e é uma característica hereditária. O corte da cauda é realizado quando os cães são filhotes e, portanto, não poderia ser transmitido aos descendentes. Essa observação demonstra a falha da hipótese da transmissão das características adquiridas, em que Lamarck acreditava.
7. Darwin se interessou pela diversidade de tipos de pombos porque imaginou que, se tantas mudanças puderam ser geradas em um tempo relativamente curto, por seleção artificial, então, em centenas ou milhares de gerações, a seleção natural também poderia produzir modificações suficientes para que, em um longo intervalo de tempo, novas espécies surgissem. Darwin supôs que a seleção natural se assemelhava à seleção artificial, considerada uma das evidências da evolução.
8. Alternativa **b**.
9. O poema é rico em descrições da paisagem seca e com poucas plantas e animais, por exemplo: "terra desertada", "calcinada", "onde só pedra é que ficava". Também indica alguns organismos típicos, como gaviões e urubus. A expressão "plantas bravas" pode se referir à presença de espinhos e galhos retorcidos, adaptações típicas em áreas secas.
10. Resposta pessoal.
11. Resposta pessoal.
12. Alternativa **a**.
13. Alternativa **c**.
14. Alternativa **a**.
15. Não. As condições ambientais em A estão favorecendo o valor médio da massa corpórea da população, enquanto as de B estão favorecendo valores extremos.
16. Alternativa **c**.

Capítulo 6 Genética

Atividades

Página 136

1. Esse processo é essencial para a manutenção da nossa vida, pois a mitose possibilita a formação de novas células, enquanto a meiose gera gametas.
2. A célula original apresenta 10 cromossomos e 10 moléculas de DNA. Ao final da meiose I, as células formadas contam com 5 cromossomos distintos e 10 moléculas de DNA, já que, nessa divisão, os homólogos são separados, mas cada cromossomo ainda está duplicado. Ao final da meiose II, as células formadas apresentam 5 cromossomos e 5 moléculas de DNA, pois, ao final dessa divisão, ocorre a separação das cromátides-irmãs.
3. Enquanto na mitose são formadas duas células-filhas idênticas à célula-mãe, na meiose ocorre a distribuição aleatória dos homólogos maternos e paternos entre as células-filhas, que forma diversos gametas distintos, e também pode ocorrer a permutação cromossômica, que gera cromossomos diferentes dos da célula-mãe. Esses eventos promovem a variabilidade genética.

Atividades

Página 140

1. Todas devem ser altas, pois essa é a variedade dominante.
2. Aproximadamente 750 devem ser altas, e 250 devem ser baixas.

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

MODERNA

Atividade

Página 141

1. São esperadas: 450 (ou 9/16) plantas com vagem inflada e flores violeta; 150 (ou 3/16) plantas com vagem inflada e flores brancas; 150 (ou 3/16) plantas com vagem comprimida e flores violeta; e 50 (ou 1/16) plantas com vagem comprimida e flores brancas.

Atividades

Página 145

1. Pais que apresentam característica autossômica dominante podem ser homozigotos ou heterozigotos. Se forem homozigotos, todos os seus filhos receberão o alelo dominante e também apresentarão a característica. Se os dois pais forem heterozigotos, existe a chance de 1/4, ou 25%, de nascer um filho homozigoto recessivo. Esse caso está representado sombreado no quadrado de Punnett, abaixo:

	Gametas masculinos	
Gametas femininos	***A***	***a***
A	*AA*	*Aa*
a	*Aa*	*aa*

2. Um casal que não apresenta uma doença genética com padrão de herança autossômica recessiva poderá ter um filho com essa doença se ambos forem heterozigotos.
3. Uma mulher afetada por uma característica recessiva ligada ao cromossomo X terá o genótipo X^aX^a. Como os filhos homens recebem um cromossomo X da mãe e um cromossomo Y do pai, todos os filhos homens terão o genótipo X^aY e serão afetados.

Atividades

Página 148

1. Esperam-se 10 bezerros com pelagem branca. Afinal, do cruzamento de animais *Shorthorn* de pelagem branca (P^BP^B) com animais de pelagem ruão (P^BP^V), esperam-se 50% de descendentes com pelagem branca (P^BP^B) e 50% com pelagem ruão (P^BP^V).
2. Resposta pessoal.

Atividades finais

Página 151

1. **a)** Fase G1. **b)** Fase G2. **c)** Fase S.
2. (A) 30; (B) 15; (C) 30; (1) meiose; (2) mitose.
3. **a)** As fases da interfase são G1, S e G2.
   b) Na mitose, a partir de uma única célula-mãe são produzidas duas células-filhas idênticas geneticamente.
   c) O ciclo celular pode ser dividido em duas fases: interfase e divisão celular.
   d) Na meiose são produzidas quatro células-filhas, distintas geneticamente e com metade do número de cromossomos da célula-mãe.
   e) Durante a anáfase I da meiose, ocorre a separação dos cromossomos homólogos, enquanto, na anáfase II, as cromátides-irmãs são separadas.
4. Prófase I: 92 moléculas de DNA, 46 cromossomos e 92 cromátides.
   Metáfase I: 92 moléculas de DNA, 46 cromossomos e 92 cromátides.
   Prófase II: 46 moléculas de DNA, 23 cromossomos e 46 cromátides.
   Telófase II: 23 moléculas de DNA, 23 cromossomos e 23 cromátides.
5. **a)** A variabilidade genética pode ser gerada durante o processo de meiose pela permutação cromossômica e pela segregação aleatória dos homólogos. Além disso, a reprodução sexuada permite uma mistura do material genético, promovendo a variabilidade genética. Ela ainda pode ser gerada por alterações espontâneas no DNA das células.
   b) Em monoculturas, a baixa variabilidade genética aumenta as chances de essas culturas serem atingidas por algum microrganismo ou por alguma alteração ambiental e toda a plantação ser afetada, pois são todas geneticamente muito parecidas, o que poderia ser evitado se houvesse maior variabilidade genética.
6. Alternativa **b**.
7. **a)** Forma apenas gametas com o alelo *A*.
   b) Pode formar gametas com o alelo *A* e gametas com o alelo *a*.
   c) Forma apenas gametas com os alelos *Ab*.
   d) Pode formar gametas com alelos *AB* ou com alelos *Ab*.
   e) Pode formar gametas com alelos *AB*, gametas com *Ab*, gametas com *aB* e gametas com *ab*.
8. **a)** Incorreta. A proporção 3 : 1 é observada nos descendentes de cruzamento entre dois heterozigotos.
   b) Correta. A proporção equivale à observação de 3 : 1.
   c) Correta. Cada genitor contribui com um conjunto completo de cromossomos.
   d) Incorreta. Em F1, os indivíduos híbridos apresentam as características dominantes.
9. É esperado que 25% dos filhotes sejam brancos e com olhos vermelhos; portanto, são esperados quatro filhotes com essa característica.
10. É dominante; isso é evidenciado no caso de pais que sentem o gosto e têm filhos que não sentem, enquanto quando os dois pais não sentem o gosto, eles só têm filhos que também não sentem.
11. Nesse caso, 100% dos filhos apresentam o fenótipo dos pais. Isso ocorre porque ambos os pais são homozigotos recessivos (*00*) e, portanto, só produzem gametas contendo o alelo recessivo.
12. As proporções encontradas são de aproximadamente 44% e 56%. Nesse caso, os indivíduos que sentem o gosto podem ser heterozigotos (*T0*) ou homozigotos (*TT*); por isso, os valores das proporções são diferentes. No caso em que um dos pais é homozigoto dominante e o outro, homozigoto recessivo, todos os filhos sentirão o gosto de PTC (genótipo *T0*). No caso em que um dos pais é heterozigoto dominante e o outro, homozigoto recessivo, 50% dos filhos sentirão o gosto (genótipo *T0*) e 50% não sentirão (genótipo *00*). Pelos resultados apresentados na tabela, não é possível saber a quantidade de pais homozigotos dominantes e heterozigotos.
13. **a)** Sangue O, Rh^- e sangue O, Rh^+.
    b) Maria pode doar sangue para pessoas de qualquer tipo do sistema ABO, desde que Rh^+.
    c) iiRR ou iiRr.
    d) Casal 3. A mulher e o homem desse casal devem ser heterozigotos para o sistema ABO. O casal 1 não poderia, pois a mulher é AB, e o casal 2 não poderia, pois ambos são Rh^-.
    e) Mãe I^Airr e pai $I^BiR_$.
14. I-1; III-2 e III-5.
15. Alternativa **a**.
16. I-1: X^aY; I-2: $X^AX_$; II-1: $X^AX_$; II-2: X^AY; II-3: X^AX^a; II-4: X^AY; III-1: $X^AX_$; III-2: X^aY; III-3: $X^AX_$; III-4: X^AY; III-5: X^aY; IV-1: X^AX^a.
17. I-2; III-1; III-3.
18. O indivíduo II-3, uma mulher que teve filhos homens afetados.
19. I-2; IV-1; IV-2.
20. I-1: *AA*; I-2: *aa*; II-1: *AA*; II-2: *Aa*; II-3: *Aa*; II-4: *AA*; III-1: *A_*; III-2: *A_*; III-3: *Aa*; III-4: *Aa*; III-5: *A_*; IV-1: *aa*; IV-2: *aa*; IV-3: *A_*.
21. O risco é de 1/4.
22. O risco é zero, pois todos os filhos serão heterozigotos.
23. Para nascer um filho albino, é necessário que (1) a mulher seja heterozigota e que (2) o filho herde os dois alelos recessivos: $1/2 \times 1/4 = 1/8$.

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

EM MORFRIA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMENTADAS

BRAGA, M.; GUERRA, A.; FREITAS, J.; REIS, J. C. *Newton e o triunfo do mecanicismo*. São Paulo: Atual, 1999.

O livro parte da questão "Como o conhecimento científico foi construído?" para estabelecer uma ligação entre a história da ciência e os tempos atuais, além de discutir a relação entre as ideias defendidas pelo físico Isaac Newton sobre as leis do movimento e da gravitação universal.

BRASIL. Ministério da Saúde. Disponível em: <https://saude.gov.br/>. Acesso em: 9 jun. 2020.

O *site* do Ministério da Saúde disponibiliza notícias, informações, serviços e programas relacionados à saúde.

BRASIL. Ministério do Meio ambiente. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/>. Acesso em: 9 jun. 2020.

No *site* do Ministério do Meio Ambiente é possível encontrar notícias, informações, serviços, projetos, programas e consultas públicas que envolvem o meio ambiente.

CAVALCANTE, M. A. *et al*. *Física moderna experimental*. São Paulo: Manole, 2007.

A publicação trabalha os conceitos que deram origem à Física quântica e traz experimentos para a compreensão de fenômenos ligados a situações do cotidiano.

GAMOW, G. *O incrível mundo da Física Moderna*. São Paulo: Ibrasa, 1980.

O físico George Gamow torna acessível alguns conceitos da teoria da relatividade e da Física quântica por meio de analogias entre fatos cotidianos e fenômenos estudados pela ciência.

GAZZINELLI, R. *Teoria da relatividade especial*. Rio de Janeiro: Edgard Blücher, 2009.

A obra expõe, de forma didática, a teoria da relatividade especial proposta por Albert Einstein em 1905.

GLEISER, M. *A harmonia do mundo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

O romance, contado do ponto de vista do astrônomo alemão Michael Maeslin, narra a vida atribulada de Johannes Kepler que formulou as três leis fundamentais do movimento planetário pela observação da órbita de Marte.

GLEISER, M. *O fim da terra e do céu*. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

Nessa obra, Marcelo Gleiser aborda as teorias científicas mais atuais sobre o início e o fim do Universo sob um enfoque multidisciplinar ao explorar as relações entre ciência e religião. O autor também mostra de que maneira ideias sobre o "fim" inspiram a literatura, a arte, o cinema, as religiões e as pesquisas científicas.

GREENE, B. *O Universo elegante*. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

Brian Greene traduz o pensamento físico-matemático para o plano da lógica visual, mostrando a importância da teoria das supercordas para a ciência e a perspectiva de alcançar uma compreensão final sobre a estrutura e o funcionamento do Universo.

GRIBBIN, J. *Fique por dentro da Física Moderna*. São Paulo: Cosac Naify, 2001.

John Gribbin escreve, em uma linguagem simples, um guia que explica as teorias da Física moderna ao mundo quântico.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; TOWNSEND, J. R.; TREICHEL, D. A. *Química geral e reações químicas*. São Paulo: Cengage Learning, 2016. v. 2.

A obra contém muitos capítulos voltados aos conceitos básicos da Química Geral, abordados neste volume, dirigido a cursos superiores. Em especial, os capítulos 15 (Princípios da Reatividade Química: Equilíbrios), 16 (Princípios da Reatividade Química: A Química dos Ácidos e Bases) e 23 (Carbonos: Mais que um elemento). Na obra também destacam-se as seções em que aspectos relevantes no mundo contemporâneo são abordados.

QUÍMICA Nova na Escola (QNEsc). Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/>. Acesso em: 9 jun. 2020.

A revista disponibiliza diversos artigos com debates e reflexões sobre o ensino de Química, propostas de experimentos e atualizações relacionadas à área Química.

ROBERTS, Royston M. *Descobertas acidentais em Ciências*. 2. ed. São Paulo: Papirus, 1995.

Por meio de uma linguagem simples, o autor relata descobertas e invenções científicas que foram possíveis graças a um incidente, acidente ou acaso e o olhar sagaz do cientista.

ROCHA, J. F. *Origem e evolução das ideias da Física*. Bahia: EDUFBA, 2002.

Partindo das noções expostas pelos filósofos gregos até as concepções da teoria da relatividade e da Física quântica, as origens e a evolução das ideias da Física são apresentadas em linguagem simples.

SAGAN, C. *Bilhões e bilhões*. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

O livro póstumo do astrônomo Carl Sagan traz dezenove artigos de temas variados que abordam a vida e a morte, a possibilidade de haver vida em Marte, o aquecimento global, o Universo, a luta contra a doença e a vivência humana individual e coletiva.

SNYDER, C. H. *The extraordinary Chemistry of ordinary things*. 2. ed. Estados Unidos: John Wiley & Sons, 1995.

Partindo de produtos de consumo, muitos deles de uso cotidiano, o autor explora princípios químicos relacionados a eles. Destaca-se o capítulo 19, que aborda os polímeros.

SPEYER, E. *Seis caminhos a partir de Newton*. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

A obra mostra as seis importantes evoluções teóricas da Física: ondulatória, campos, estatística, relatividade espacial, quântica e relatividade geral.

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

MODERNA

MODERNA

ISBN 978-65-5779-317-6

MODERNA