BIOLOGIA

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E INVESTIGATIVAS

ESCOLA DE TEMPO INTEGRAL

CADERNO DO PROFESSOR

ENSINO MÉDIO

Distribuição gratuita, **venda proibida**

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO

MATERIAL DE APOIO
AO PROGRAMA ENSINO INTEGRAL
DO ESTADO DE SÃO PAULO

BIOLOGIA

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E INVESTIGATIVAS

ENSINO MÉDIO
CADERNO DO PROFESSOR

Primeira edição

2014

São Paulo

Governo do Estado de São Paulo

Governador

Geraldo Alckmin

Vice-Governador

Guilherme Afif Domingos

Secretário da Educação

Herman Jacobus Cornelis Voorwald

Secretária-Adjunta

Cleide Bauab Eid Bochixio

Chefe de Gabinete

Fernando Padula Novaes

Subsecretária de Articulação Regional

Raquel Volpato Serbi Serbino

Coordenadora da Escola de Formação e Aperfeiçoamento dos Professores – EFAP

Silvia Andrade da Cunha Galletta

Coordenadora de Gestão da Educação Básica

Maria Elizabete da Costa

Coordenadora de Gestão de Recursos Humanos

Cleide Bauab Eid Bochixio

Coordenadora de Informação, Monitoramento e Avaliação Educacional

Ione Cristina Ribeiro de Assunção

Coordenadora de Infraestrutura e Serviços Escolares

Dione Whitehurst Di Pietro

Coordenadora de Orçamento e Finanças

Claudia Chiaroni Afuso

Presidente da Fundação para o Desenvolvimento da Educação – FDE

Barjas Negri

Prezado(a) professor(a),

Em dezembro de 2011, a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo instituiu o Programa Educação – Compromisso de São Paulo, que tem como um de seus pilares expandir e aperfeiçoar a política de Educação Integral, como estratégia para a melhoria da qualidade do ensino e, portanto, para o avanço na aprendizagem dos alunos.

Nesse contexto, foi criado, em 2012, o Programa Ensino Integral, com o objetivo de assegurar a formação de jovens autônomos, solidários e competentes por meio de um novo modelo de escola. Esse novo modelo, entre outras características, prevê jornada integral aos alunos, currículo integrado, matriz curricular diversificada, Regime de Dedicação Plena e Integral dos educadores e infraestrutura que atenda às necessidades pedagógicas do Programa Ensino Integral. Essa estrutura visa proporcionar aos alunos as condições necessárias para que planejem e desenvolvam o seu Projeto de Vida e se tornem protagonistas de sua formação. O Programa, inicialmente direcionado a escolas de Ensino Médio, teve sua primeira expansão em 2013, quando passou a atender também os anos finais do Ensino Fundamental. O Programa deverá continuar sua expansão nos segmentos que já atende e ampliar sua atuação na Educação Básica, compreendendo também escolas dos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Esta série de cadernos contempla um conjunto de publicações que se destina à formação continuada dos profissionais que atuam no Programa Ensino Integral e também ao apoio dos adolescentes e jovens em busca de uma aprendizagem bem-sucedida. Os cadernos ora apresentados têm um duplo objetivo: por um lado, oferecer subsídios para otimizar o uso dos laboratórios, com base nas diretrizes que fundamentam este Programa; por outro, destacar estratégias metodológicas que, em todos os componentes curriculares, concorrem para que os estudantes possam ampliar suas competências na área de investigação e compreensão – para observar, descrever, analisar criticamente os diferentes fenômenos de cada área, levantar hipóteses que os expliquem e propor iniciativas para mudar a realidade observada. A série é composta pelas seguintes publicações:

- Biologia: atividades experimentais e investigativas
- Ciências Físicas e Biológicas: atividades experimentais e investigativas
- Física: atividades experimentais e investigativas
- Manejo e gestão de laboratório: guia de laboratório e de descarte
- Matemática – Ensino Fundamental – Anos Finais: atividades experimentais e investigativas
- Matemática – Ensino Médio: atividades experimentais e investigativas
- Química: atividades experimentais e investigativas
- Pré-iniciação Científica: desenvolvimento de projeto de pesquisa
- Robótica – Ensino Fundamental – Anos Finais
- Robótica – Ensino Médio

Pretende-se, dessa maneira, contribuir para que as escolas desenvolvam atividades experimentais e investigativas nos laboratórios, nos segmentos a seguir:

- Ensino Fundamental – Anos Finais: nas aulas de Ciências Físicas e Biológicas e de Matemática; nas aulas de Práticas Experimentais; e nas aulas de disciplinas eletivas, dependendo da especificidade dos temas e conteúdos selecionados.

- Ensino Médio: nas aulas de Biologia, Física e Química, da 1ª a 3ª séries; nas aulas de Prática de Ciências, na 1ª e 2ª séries; nas aulas de disciplinas eletivas, da 1ª a 3ª séries, dependendo da especificidade dos temas e conteúdos selecionados; e em atividades para o desenvolvimento de Projetos de Pré-iniciação Científica dos alunos.

Bom trabalho!

Equipe do Programa Ensino Integral

SUMÁRIO

Orientações sobre os conteúdos do Caderno **6**

Tema 1: Qualidade de vida **8**

Considerações iniciais 8
Como investigar o problema? 8
Para saber mais 11

Tema 2: Funcionamento do microscópio óptico **11**

Considerações iniciais 11
Como investigar o problema? 12
Para saber mais 17

Tema 3: Observação de células vegetais **17**

Considerações iniciais 17
Como investigar o problema? 18
Para saber mais 21

Tema 4: Observação de células animais **21**

Considerações iniciais 21
Como investigar o problema? 22
Para saber mais 25

Tema 5: Fotossíntese – influência da luz **25**

Considerações iniciais 25
Como investigar o problema? 26
Para saber mais 31

Tema 6: O armazenamento da glicose produzida na fotossíntese **31**

Considerações iniciais 31
Como investigar o problema? 32
Para saber mais 36

Tema 7: A digestão do amido 36
Considerações iniciais 36
Como investigar o problema? 37
Para saber mais 42
Tema 8: A digestão de proteínas 43
Considerações iniciais 43
Como investigar o problema? 44
Para saber mais 47
Tema 9: Sistema musculoesquelético 48
Considerações iniciais 48
Como investigar o problema? 48
Para saber mais 53

ORIENTAÇÕES SOBRE OS CONTEÚDOS DO CADERNO

Prezado(a) Professor(a),

Este Caderno oferece sugestões de atividades práticas experimentais e investigativas como aprofundamento àquelas presentes nas Situações de Aprendizagem dos Cadernos do Professor de apoio ao Currículo do Estado de São Paulo (São Paulo faz escola). Essas atividades abrem espaço para encaminhar uma das propostas do Currículo do Estado de São Paulo, segundo a qual a educação científica não pode se resumir a informar ou a transmitir conhecimento, mas precisa estimular a investigação científica, a participação social, a reflexão e a atuação na resolução de problemas vivenciados pelos estudantes.

A escola é responsável por esse viés da educação do indivíduo: prepará-lo para compreender e reagir aos múltiplos estímulos a que está submetido diariamente, em uma sociedade cada vez mais influenciada pela Ciência e Tecnologia. Saber interpretar o mundo é aproveitar informações diversas para explicar as diferentes manifestações de um fenômeno e saber transferir informações adquiridas e conceitos construídos para novas situações. Para isso, os jovens necessitam desenvolver habilidades básicas que lhes permitam observar, investigar, comparar e relacionar fatos e fenômenos de forma adequada. Assim, é importante que um dos aspectos da educação seja o aprendizado com base no fazer, experimentar, medir, construir e avaliar a realidade das situações a que os jovens são ou serão submetidos em situações da vida, seja no ambiente escolar ou no mundo que os rodeia.

Um dos principais determinantes da postura dos jovens é a tomada de consciência dos problemas que afetam sua comunidade: como estão as condições de vida para eles? Quais são as oportunidades que a sociedade lhes oferece? Como estão a assistência à saúde e a promoção desse atendimento? Água tratada e esgotamento sanitário estão disponíveis para todos? A educação oferecida é de qualidade? Há escolas para todos? E trabalho? E lazer? Quais são as condições de vulnerabilidade? O tema "Qualidade de vida das populações humanas" oferece a oportunidade de pesquisa dos indicadores que medem as condições de vida, não apenas nas longínquas regiões brasileiras, mas em seu bairro ou em sua cidade. Isso possibilita traçar um perfil de sua comunidade e leva a uma reflexão sobre se está sendo oferecido tudo o que uma pessoa deseja e a que tem direito.

Qualquer pessoa, que vive em uma sociedade, também partilha o ambiente e algumas características com milhões de outros seres de outras espécies. Saber como são formados e como funcionam os seres vivos, dos quais o ser humano é um dos representantes, passa pelo conhecimento de sua unidade básica, a célula. Conhecer como funciona o instrumento que permitiu observar e compreender essa unidade é fundamental. No eixo temático "Identidade dos seres vivos – Organização celular e funções vitais básicas", o funcionamento do microscópio óptico, o preparo e a observação de células vegetais e animais oferecem aos estudantes a oportunidade de aprender manipulando, tocando, fazendo, experimentando e comparando diferentes estruturas e métodos de preparação.

A fotossíntese, principal processo autotrófico, é realizada pelos seres clorofilados. Os seres que realizam fotossíntese são imprescindíveis para a manutenção da vida em nosso planeta por serem a base das cadeias alimentares. Quais produtos da fotossíntese a tornam tão importante? Essa é a

pergunta a ser respondida pelas atividades referentes ao eixo temático: "Processos de obtenção de energia pelos seres vivos".

Atividades voltadas para a fisiologia humana, em geral, despertam grande interesse nos estudantes. Os Cadernos de Biologia de apoio ao Currículo do Estado de São Paulo (São Paulo faz escola) trazem uma discussão sobre aspectos teóricos relacionados à nutrição humana, os nutrientes e sua importância em uma dieta balanceada. Mas, onde esses nutrientes podem ser encontrados? Quais são os métodos que permitem a sua detecção? As respostas a essas indagações podem ser exploradas nas atividades sobre a digestão do amido e de proteínas, propostas, respectivamente, nos temas 7 e 8 deste Caderno.

A locomoção está relacionada à sobrevivência dos seres humanos, pois garante a integração com o meio em que vivem. Quais são os elementos que participam da locomoção? Como se estabelecem as relações entre os diferentes elementos? A atividade "Sistema musculoesquelético", proposta no tema 9 deste Caderno, investiga esse sistema em aves e, por meio da comparação, como ele funciona nos seres humanos.

As atividades aqui propostas concorrem para reforçar a ideia de que o valor educacional da Ciência reside não apenas na informação que ela fornece, mas, sobretudo, na maneira de obtê-la. Qualquer investigação inicia-se com um problema, a elaboração de uma hipótese e os procedimentos para testá-la. Não há um modelo com normas prontas, pois podem existir tantos métodos diferentes de abordagem quantos são os problemas ou as pessoas que procuram as soluções.

A prática baseada na resolução de problemas, além de despertar o interesse dos estudantes, estimular sua participação e gerar discussões, é um instrumento importante para o desenvolvimento de habilidades que podem levar a uma mudança de postura, de modo que abandonem a atitude passiva e comecem a perceber que têm nas mãos a condução de seu aprendizado. Assim, o aprendizado se torna eficaz quando os estudantes manuseiam ou experimentam o que está sendo estudado, por meio de experiências ou atividades práticas investigativas.

O laboratório da sua escola dispõe de uma série de equipamentos e outros materiais que podem auxiliá-lo nesse trilhar com os estudantes. É importante fazer uso desse espaço no exercício diário, procurando, com eles, identificar os problemas, levantar as hipóteses, buscar estratégias para resolvê-los e estabelecer as ligações entre os conceitos e os fatos da vida cotidiana de cada um deles.

TEMA 1: QUALIDADE DE VIDA[1]

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Esta Atividade tem como foco estimular os estudantes a refletir sobre a realidade que os cerca. Como estão as condições de vida em seu bairro ou em sua cidade? As condições de vida são medidas pelos indicadores de qualidade de vida de seres humanos e envolvem o bem-estar físico, mental, psicológico, emocional, relacionamentos sociais, como família e amigos, e também saúde, educação, renda, entre outros. Conhecer melhor a realidade de sua comunidade é o primeiro passo.

Problema a ser investigado

Qual é a qualidade da minha vida?

Habilidades

Fazer levantamento, em diversas fontes de pesquisa, de dados e informações sobre os indicadores de qualidade de vida em diferentes regiões da cidade e/ou Estado; elaborar tabelas com dados comparativos que evidenciem as diferenças nos indicadores de saúde da população de diferentes localidades do Estado de São Paulo; construir gráficos dos indicadores sociais e de saúde representativos da situação de seu bairro ou cidade; elaborar mapas da cidade (ou do Estado), indicando as regiões onde se encontram os maiores e os menores valores dos indicadores sociais, de saúde e de educação; caracterizar as condições de saneamento da região em que moram e compará-las com as da cidade ou do Estado; apresentar conclusões baseadas em levantamentos de dados e informações sobre os principais problemas de sua comunidade, bem como propostas para minimizá-los e/ou encaminhar as reivindicações.

Número de aulas

É importante decidir o número de aulas destinadas ao desenvolvimento do tema pensando no ritmo de suas turmas. Uma sugestão seria utilizar cinco aulas: uma para sensibilização, proposta do trabalho e início da pesquisa e uma para terminar a pesquisa; uma para análise dos dados e duas para apresentação dos resultados e fórum de discussão.

COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Levantamento de hipóteses

Mais do que levantar hipóteses sobre o problema proposto, este momento é dedicado a uma reflexão individual e a um diálogo com os jovens que estão vivenciando o que de bom e ruim a

[1] Este tema está articulado no Caderno do Professor da 1ª série do Ensino Médio de apoio ao Currículo do Estado de São Paulo (São Paulo faz escola) no que tange ao tema "Qualidade de vida das populações humanas".

sociedade atual oferece. Mas será que eles têm consciência de que os problemas de saúde, educação, violência e trabalho discutidos nas notícias também estão ali, em casa, na escola e nos lugares que frequentam para o lazer?

Como ponto de partida, resgate os conhecimentos relativos aos parâmetros que compõem a avaliação da qualidade de vida. As seguintes perguntas podem servir como orientação para essa discussão inicial: *O que é qualidade de vida? Como é medida? Quais são os principais indicadores de qualidade de vida? Como são calculados? Você acha que tem qualidade de vida?*

Qualidade de vida é um conceito que envolve a saúde, mas vai além disso. Inclui condições sociais, de habitação, de saneamento, acesso a lazer, cultura, educação e renda. Envolve o bem-estar físico, mental e social, o que implica também uma dimensão individual. A qualidade de vida é medida por indicadores que avaliam várias facetas, chamados Indicadores de Desenvolvimento Humano (IDH). Existem indicadores que avaliam a saúde (taxa de mortalidade infantil; mortalidade proporcional por causas mal definidas; taxa de mortalidade específica por causas externas, taxa de mortalidade específica por neoplasias malignas; taxa de mortalidade específica por acidentes do trabalho; taxa de mortalidade específica por Aids; taxa de mortalidade específica por doenças transmissíveis; cobertura vacinal), a educação (taxa de analfabetismo; níveis de escolaridade), a habitação (cobertura de redes de abastecimento de água; cobertura de esgotamento sanitário; cobertura de coleta de lixo), a renda (razão de renda; proporção de pobres; taxa de desemprego; taxa de trabalho infantil), a vulnerabilidade social (a violência, em suas diversas facetas, o desencanto, as incertezas em relação ao futuro; discriminação em seus diferentes aspectos; as drogas), entre outros.

A intenção desta atividade é familiarizar os estudantes com alguns desses indicadores e promover a oportunidade de conhecer alguns indicadores da comunidade em que vivem. Caberá a você equacionar, com seus alunos, que indicadores serão estudados em cada turma.

Execução da atividade investigativa

Após a classe ser dividida em grupos, os temas escolhidos podem ser sorteados entre eles. A execução terá abordagens diferentes para os estudantes das escolas da capital e das outras regiões do Estado. Enquanto as escolas da capital realizarão pesquisas referentes aos respectivos bairros e farão comparações entre bairros de uma mesma zona (ex.: região Leste), e também com a cidade como um todo e o Estado, as escolas de outras localidades pesquisarão os dados referentes à sua cidade e farão comparações com cidades da mesma região administrativa e com a cidade de São Paulo.

Material necessário

Computador com acesso à internet; material para anotações; papel quadriculado; material para confecção de cartazes.

Procedimentos a ser adotados

É recomendável determinar, por escolha ou sorteio, que indicadores cada grupo pesquisará. Deverão fazer parte da pesquisa: a definição do indicador e como é calculado; o valor mais recente do indicador para o local onde os estudantes vivem; os valores mais antigos do indicador para efeito de comparação; o valor do parâmetro em bairros próximos ou cidades vizinhas.

Uma referência-chave para a pesquisa é o *Atlas do desenvolvimento humano*[2], que traz dados no nível municipal, estadual e por grandes regiões. Caso seja de seu interesse que os estudantes pesquisem dados em níveis mais específicos, é possível usar outra das fontes de pesquisa citadas mais adiante.

Após a definição dos parâmetros com os quais cada grupo trabalhará, os estudantes iniciarão a pesquisa nos *sites* pré-selecionados e/ou outros, escolherão os dados de interesse e farão a montagem dos gráficos e tabelas para a apresentação de seus resultados para os demais colegas da sala.

Resultados observáveis

Os resultados observados variarão de acordo com o parâmetro pesquisado. Quanto à apresentação desses resultados para a classe, a proposta é discutir com os estudantes um rol de formas adequadas de exposição, incluindo cartazes, mapas e apresentações utilizando a ferramenta PowerPoint.

Discussão dos resultados

Após a apresentação dos resultados, é possível mediar uma discussão sobre a atividade. Essa estratégia desperta grande interesse nos estudantes quando envolve uma pesquisa, individual ou em grupo, e a discussão sobre as conclusões a que chegaram os diferentes grupos. É uma excelente oportunidade para que os estudantes aprendam a se expressar de maneira coerente e inteligível. Além disso, ensina-lhes a ordenar as ideias no intuito de expor e defendê-las perante os colegas, a ouvir críticas e a argumentar.

Além dos dados obtidos na pesquisa, os estudantes poderão incluir na discussão a opinião do grupo sobre os índices estudados, com o objetivo de traçar um perfil da comunidade sob a ótica deles, tendo como referência suas necessidades, satisfações e insatisfações. Como estão atualmente os índices de desenvolvimento da comunidade? Esses índices melhoraram ou pioraram em relação a valores mais antigos? Como estão os índices em relação a outras comunidades do entorno? Nos índices com valores considerados bons, o que cada um pode fazer para a manutenção da qualidade já alcançada e o seu aprimoramento? Nos indicadores com valores ruins, de que forma cada um, como cidadão, pode colaborar para melhorá-los? Alguma estratégia pode ser desencadeada na escola? Como motivar a comunidade escolar? Como a comunidade pode cobrar ações dos poderes públicos? As respostas a esses questionamentos devem levar os estudantes a reconhecer que cada cidadão é também responsável pela sociedade em que vive.

[2] Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). *Atlas do desenvolvimento humano*. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/>. Acesso em: 21 jul. 2014.

PARA SABER MAIS

WHOQOL Group. The development of the World Health Organization Quality of Life Assessment Instrument (the WHOQOL). In: ORLEY, J.; KUYKEN, W. (Eds.). *Quality of life assessment:* international perspectives. Heidelberg: Springer Verlag, 1994. p. 41-60.

WHOQOL Group (1995). *The World Health Organization Quality of Life Assessment* (WHOQOL): position paper from the World Health Organization.

Sugestões de *sites* para pesquisa dos indicadores

Informações sobre os distritos da capital. Disponíveis em:
<http://goo.gl/Zogliv>. Acesso em: 21 jul. 2014.
<http://goo.gl/9RCSyi>. Acesso em: 21 jul. 2014.
<http://www.seade.gov.br/produtos/distritos/index.php?page=consulta&action=ano_save>. Acesso em: 21 jul. 2014.
<http://www.seade.gov.br/produtos/idr/download/mortalidade.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2014.
<https://www.seade.gov.br/produtos/ivj/ivj_2000_05.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2014.
<http://www.conferenciapermanente.com/diagnostico2007>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Informações sobre regiões administrativas e municípios do Estado de São Paulo. Disponíveis em:
<http://sistema.saude.sp.gov.br/tabnet/deftohtm.exe?mortinf_pacto.def>. Acesso em: 21 jul. 2014.
<http://sistema.saude.sp.gov.br/tabnet/deftohtm.exe?VACINA.def>. Acesso em: 21 jul. 2014.
<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>. Acesso em: 21 jul. 2014.
<http://www.iprsipvs.seade.gov.br/view/index.php>. Acesso em: 21 jul. 2014.
<http://goo.gl/EURZsg>. Acesso em: 21 jul. 2014.

TEMA 2: FUNCIONAMENTO DO MICROSCÓPIO ÓPTICO[3]

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Esta atividade tem como foco o funcionamento dos instrumentos utilizados para a visualização da unidade fundamental dos seres vivos: a célula.

A célula é a unidade vital básica e sua observação propicia uma concretude maior aos aspectos morfológicos e fisiológicos. Pelo fato de o olho humano ter o poder de resolução da ordem de 0,1 mm e a maioria das células ser menor do que isso, o estudo delas dependeu do aperfeiçoamento dos instrumentos de microscopia. Um dos mais comuns é o microscópio óptico, que utiliza a propriedade dos raios luminosos de se desviar ao passar de um meio a outro. Assim, a luz, ao atravessar objetos finos, é dirigida para lentes que a desviam, fornecendo uma imagem aumentada dos objetos colocados sob elas.

[3] Este tema está articulado no Caderno do Professor da 2ª série do Ensino Médio de apoio ao Currículo do Estado de São Paulo (São Paulo faz escola) no que tange ao tema "Identidade dos seres vivos" e ao subtema "Organização celular e funções básicas".

Problemas a ser investigados

Qual é a preparação necessária para observar materiais ao microscópio? Quais são as características da imagem formada por meio de um microscópio óptico?

Habilidades

Identificar as características da imagem formada através de um microscópio óptico; reconhecer o microscópio óptico como instrumento adequado para observação de objetos de dimensões diminutas como uma célula; realizar preparações adequadas (com lâmina e lamínula) para observação de materiais ao microscópio; desenvolver a capacidade de operar de maneira adequada instrumentos de precisão como o microscópio.

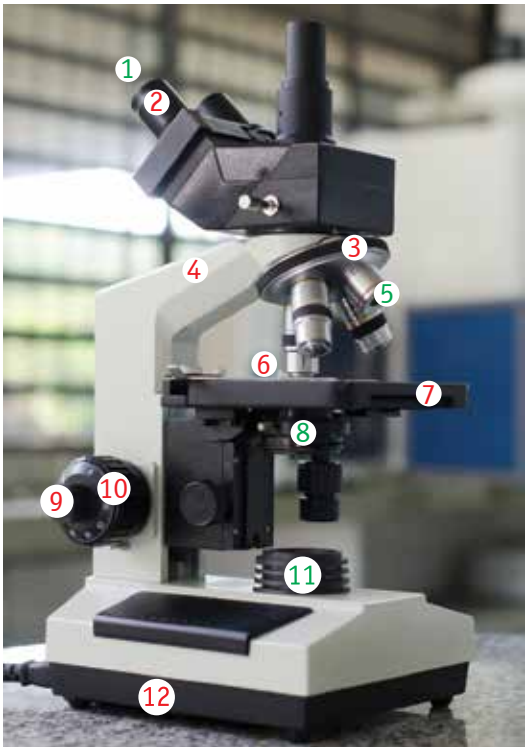
Número de aulas

1 aula.

COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Levantamento de hipóteses

Primeiramente, faça com os estudantes a leitura do esquema e das ementas a seguir.



© Fernando Genaro/Fotoarena

Figura 1 – Esquema dos componentes do microscópio óptico.

1. Lente ocular – encaixada na extremidade superior do tubo, sua função é aumentar a imagem formada pela objetiva. O aumento fornecido pela ocular está, geralmente, gravado nela própria. Por exemplo: 5x, 8x, 10x etc.

2. Tubo ou canhão – nos microscópios que possuem uma só ocular (monoculares), o tubo é um cilindro metálico reto ou oblíquo. Nos microscópios que possuem duas oculares (binoculares), o tubo pode ser inclinado, com ajuste para os diferentes espaços entre os olhos de cada observador.

3. Revólver ou tambor – nele, estão inseridas as lentes objetivas que podem ser movimentadas quando o tambor é girado. Este movimento deve ocorrer sempre no sentido da objetiva de menor para a de maior aumento.

4. Estativa, braço ou coluna – suporte pesado que sustenta os tubos, a mesa, o porta-condensador e os parafusos micro e macrométrico.

5. Lente objetiva – permite a ampliação da imagem de um objeto qualquer. Pode também corrigir os defeitos das cores dos raios luminosos. Para se utilizar a objetiva (100x) de imersão, coloca-se entre ela e a lamínula uma gota de óleo de cedro ou de imersão. Este sistema permite um maior aproveitamento da quantidade de luz com maior ampliação, pois, com esse processo, captam-se os feixes luminosos que com as objetivas secas são desviados. Os aumentos fornecidos pelas objetivas encontram-se gravados nas mesmas.

6. Charriot – peça opcional localizada na mesa e que serve para movimentar a lâmina para localização do campo de observação desejado.

7. Platina ou mesa – pode ser fixa, móvel ou giratória no plano horizontal. A lâmina com o material a ser observado é colocada sobre a platina, que apresenta uma abertura em seu centro permitindo a passagem dos raios luminosos, coletados pelo espelho. Estes são convergidos pelo condensador e pelo diafragma, passando pelo material que está na lâmina, pela lente objetiva do tubo e da ocular até atingir a retina do globo ocular do observador.

8. Condensador ou diafragma – localizado abaixo da platina cuja função principal é o fornecimento de uma grande quantidade de luz. Ao utilizar as objetivas de pequeno aumento, o diafragma deve ser fechado para eliminar os raios laterais. Em maiores ampliações, abre-se proporcionalmente o diafragma.

9. Parafuso micrométrico – a movimentação deste parafuso permite uma focalização mais limitada e mais fina, pois o tubo desloca no máximo dois milésimos de milímetro.

10. Parafuso macrométrico – a movimentação deste parafuso permite uma focalização grosseira do material. Possui um percurso vertical com cerca de 7,5 cm.

11. Espelho ou fonte de luz – peça encaixada por baixo do condensador. O espelho, quando presente, possui duas faces: uma plana e outra côncava. A face plana, usada nas grandes ampliações e na obervação com sistema de imersão, colhe e projeta os raios paralelos e divergentes. A face côncava colhe e projeta os raios convergentes, sendo usada nas pequenas ampliações.

12. Pé ou base – é o local de apoio do aparelho, feito de ligas de metais pesados.

Legenda:
Parte mecânica
Parte óptica

Fonte: Centro de Estudos do Genoma Humano. Disponível em: <http://genoma.ib.usp.br/educacao/materiais_didaticos_protocolos.html>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Se for possível, promova uma discussão com os estudantes utilizando o infográfico interativo disponível no link citado na legenda da Figura 2. Esta etapa será bem esclarecedora.

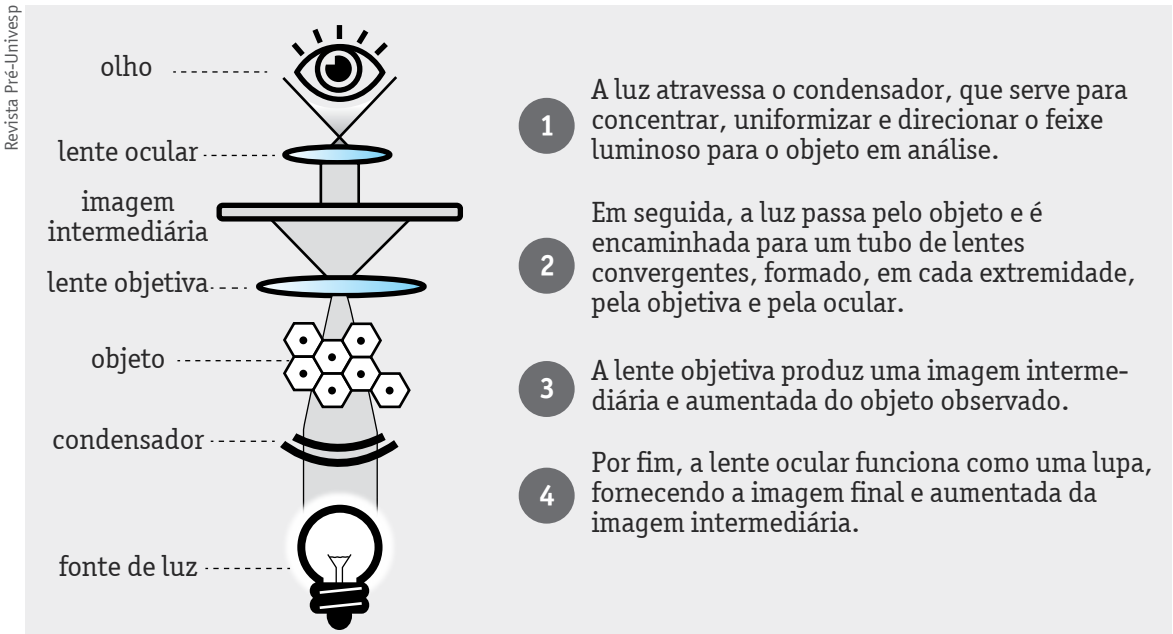


Figura 2 – Esquema do funcionamento do microscópio óptico. Disponível em: <http://www.univesp.ensinosuperior.sp.gov.br/preunivesp/4518/como-funciona-o-microsc-pio.html>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Com base nas informações presentes nos esquemas, incentive os estudantes a elaborar hipóteses sobre as características da imagem formada no microscópio óptico. Espera-se que, nesse ponto, levantem a hipótese de que ela certamente será aumentada. Em seguida, podem ser feitos alguns questionamentos: *A imagem gerada pelo microscópio óptico pode sofrer alterações além do aumento de tamanho? Que alterações? Que partes do microscópio podem ser responsáveis por essas alterações?* Essas indagações devem ser respondidas pelos estudantes após a execução da atividade.

Execução da atividade experimental

Material necessário

Microscópio óptico; lâmina para microscopia; lamínula para microscopia; folha de jornal; papel-filtro ou papel-toalha; conta-gotas; frasco com água.

Procedimentos a ser adotados[4]

- Examinar o instrumento a fim de reconhecer os principais recursos do microscópio: botões de foco, lentes objetiva e oculares, clipe de fixação de lâminas, condensador e diafragma;

[4] Disponível em: <http://genoma.ib.usp.br/educacao/Microscopia_2.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2014.

- Recortar do jornal a menor letra "a" minúscula encontrada;
- Colocá-la sobre uma lâmina de vidro seca e pingar uma gota de água. Se houver excesso de água, retirar encostando um pedaço de papel-filtro em um dos lados da lamínula;
- Antes de observar ao microscópio, desenhar a lâmina como se vê, procurando ser fiel ao que está sendo observado, respeitando as escalas e orientando a letra;
- Posicionar a objetiva de 4x alinhada com a ocular, girando o revólver, e colocar a lâmina preparada sobre a base, fixando-a com o clipe;
- Acender a fonte de luz, regulando a intensidade com o condensador;
- Olhando pelas oculares, girar o parafuso macrométrico, afastando lentamente a base da objetiva até enxergar a letra. Depois, regular o foco com o micrométrico. Desenhar o que está sendo observado;
- Observar com a objetiva de 10x, colocando-a alinhada com a ocular com o giro do revólver. Em seguida, usar apenas o parafuso micrométrico para ajustar o foco. Realizar essa operação com cuidado, pois o uso indevido ou o uso do outro parafuso pode ocasionar a quebra da lamínula. Novamente, desenhar o que está sendo observado.

Resultados observáveis

As três observações (a olho nu, sob aumento de 4x e sob aumento de 10x) devem resultar em três desenhos diferentes a ser feitos pelos estudantes. O aumento total é calculado multiplicando o aumento da ocular pelo da objetiva. Além do proporcional aumento de tamanho, os dois últimos registros devem contemplar ainda duas características da imagem formada no microscópio óptico: é espelhada e invertida.

Discussão dos resultados

A cada registro, peça aos estudantes que identifiquem o aumento final obtido. Ao multiplicarem o aumento fornecido pela ocular e o aumento fornecido pela objetiva, vão se recordar do percurso da luz no interior do microscópio e poderão refletir sobre as características da imagem formada.

Neste momento, seria interessante orientar a discussão propondo questões como:

1. Qual é o aumento máximo obtido nessa atividade?
100 vezes (o aumento total é calculado multiplicando o aumento da ocular pelo da objetiva).

2. Como pode ser caracterizada a imagem formada no microscópio óptico?
É espelhada e invertida.

Se julgar pertinente, é possível também planejar um trabalho conjunto com o professor de Física, de forma que analisem imagens como a incluída a seguir e, então, desenhem o percurso dos raios de luz, a fim de verificar os pontos de inversão e/ou espelhamento da imagem.

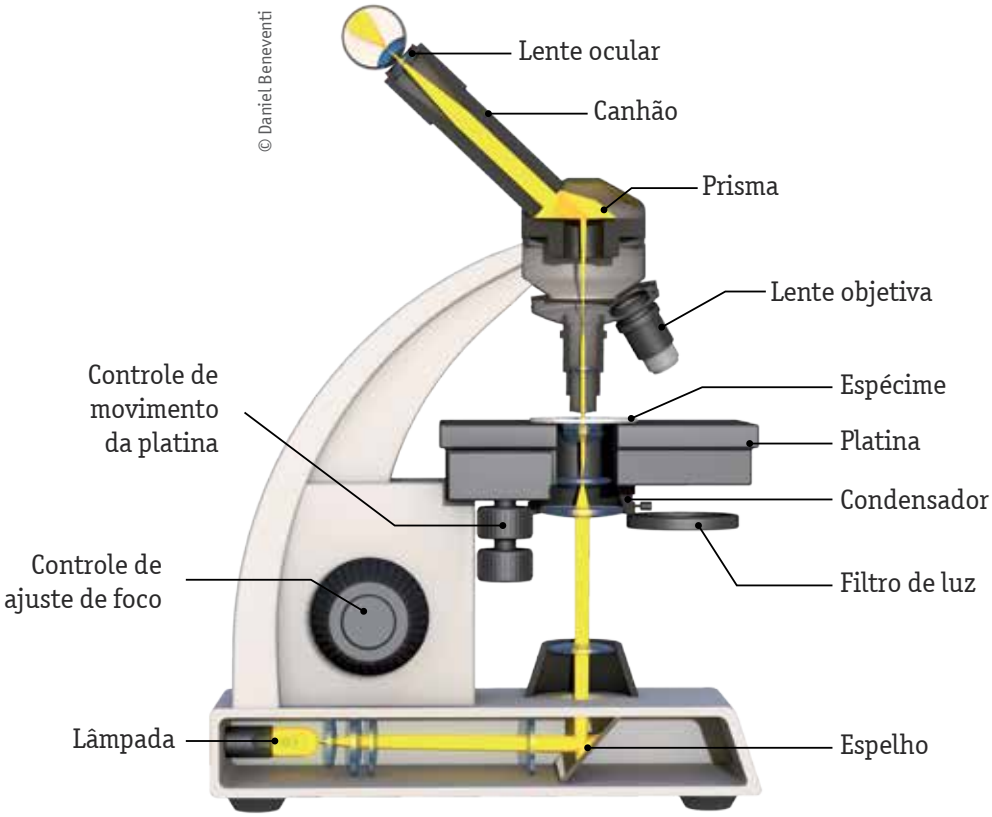


Figura 3 – Desenho esquemático de um microscópio de luz mostrando seus componentes principais e o trajeto da luz desde a fonte luminosa até o olho do observador. Disponível em: <http://files.biogv.webnode.com.br/200000002-12b2713ac3/mic_luz.jpg>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Uma vez respondidas as questões, os estudantes terão observado que a imagem gerada pelo microscópio óptico pode sofrer alterações, além do aumento de tamanho, ou seja, a imagem também muda de posição, tornando-se espelhada e invertida. O aumento final da imagem decorre das lentes oculares e objetivas. Já a inversão e o espelhamento ocorrem pela ação combinada de espelho, condensador e lentes.

Ampliação do estudo experimental

Um desdobramento possível para esta atividade é calcular o tamanho do campo visual e associá-lo ao tamanho real dos materiais observados (agora uma letra de folha de jornal e, nas próximas atividades, células animais e vegetais). A expressão *campo visual* refere-se a toda área visível, nesse caso, no microscópio, sem movimentar a lâmina. Para calcular o campo visual em cada aumento no microscópio óptico, pode-se prender um pedaço de papel milimetrado a uma lâmina de microscopia e nele marcar com lápis um quadrado de 1 mm × 1 mm (1 mm^2). A lâmina deve ser fixada no clipe do microscópio e observada sob as objetivas 4x, 10x e 40x. Em cada caso, deve-se verificar se o

diâmetro do campo visual observado é maior ou menor que o quadrado de referência. Por fim, pode-se estimar a área do campo visual observado em cada aumento com base na medida de seu diâmetro propiciada pelo papel milimetrado (dado que a área da circunferência = $\pi \cdot r^2$).

A obtenção do valor do campo visual para cada aumento do instrumento permitirá, posteriormente, estimar o tamanho dos objetos e seres observados.

PARA SABER MAIS

Como funciona o microscópio – infográfico interativo sobre o funcionamento do microscópio óptico. Disponível em: <http://goo.gl/ZSrQdI>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Cell size and scale – ferramenta virtual interativa que propicia a visualização em escala de diversos objetos, de um grão de café a um átomo de carbono. Disponível em: <http://goo.gl/GkeLi4>. Para tradução dos itens apresentados na ferramenta, é possível consultar: <http://goo.gl/xR7zYk>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Genoma Educação. Disponível em: <http://goo.gl/ox9dhd>. Acesso em: 21 jul. 2014.

TEMA 3: OBSERVAÇÃO DE CÉLULAS VEGETAIS[5]

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Esta Atividade tem como foco a observação de células vegetais.

As células vegetais são células eucarióticas, ou seja, o material genético está organizado no interior de um núcleo celular e o citoplasma possui diversas organelas membranosas. Diferenciam-se de outras células eucarióticas, em especial das células animais, pela presença da parede celular externa à membrana plasmática, além de possuírem cloroplastos e vacúolo no citoplasma. A observação ao microscópio de algumas células vegetais propicia maior concretude a um conteúdo que, na maioria dos casos, é bastante abstrato para os estudantes. Recomenda-se que esta atividade seja feita após a atividade descrita anteriormente ("Funcionamento do microscópio óptico").

[5] Este tema está articulado no Caderno do Professor da 2ª série do Ensino Médio de apoio ao Currículo do Estado de São Paulo (São Paulo faz escola) no que tange ao tema "Identidade dos seres vivos" e ao subtema "Organização celular e funções básicas".

Problemas a ser investigados

Que características das células vegetais podem ser observadas através de um microscópio óptico? Que tipo de preparação deve ser realizado para que determinadas organelas sejam observadas?

Habilidades

Observar que os vegetais são formados por células; reconhecer que a organização e as funções celulares básicas são semelhantes em todos os seres vivos; relacionar as funções vitais das células com seus componentes; indicar os componentes essenciais de uma célula com base em sua observação ao microscópio; representar estruturas celulares observadas em diferentes aumentos; realizar preparações adequadas (com lâmina, lamínula e corante) para observação de materiais ao microscópio; desenvolver a capacidade de operar de maneira adequada instrumentos de precisão como o microscópio.

Número de aulas

1 aula.

COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Levantamento de hipóteses

Revise com os estudantes as características de uma célula vegetal. Questione-os: *Que estruturas devem ser observadas em uma célula vegetal vista ao microscópio? Haverá diferenças se a preparação for feita com órgãos vegetais distintos? Que técnicas de microscopia podem ser empregadas a fim de facilitar a observação de algumas estruturas?* Essas indagações servem de subsídios para que os estudantes elaborem suas hipóteses e tentem respondê-las.

Espera-se que eles compreendam que algumas estruturas presentes na célula, apesar de potencialmente visíveis ao microscópio óptico por conta de seu tamanho, não são de fato visíveis em decorrência de sua transparência. Nesses casos, a adição de substâncias corantes permite a visualização de determinadas estruturas, como o núcleo.

Execução da atividade experimental

Material necessário

Microscópio óptico; lâmina para microscopia; lamínula para microscopia; papel-filtro ou papel-toalha; conta-gotas; pinça; lâmina de barbear; pedaço de cebola (a roxa oferece melhores resultados); ramo de elódea (planta aquática que pode ser obtida em lojas de aquário); corante azul de metileno (pode ser substituído por violeta de genciana, encontrada em farmácias, mas, nesse caso, a remoção dos resíduos na lâmina e na lamínula é mais difícil).

Procedimentos a ser adotados[6]

- Usando um conta-gotas, pingar uma gota de corante na região central de uma lâmina;
- Com o auxílio de uma lâmina de barbear, delimitar um triângulo, com cerca de 1 centímetro de lado, na parte interna de um catáfilo de cebola. (*Atenção:* é fundamental orientar os estudantes para que manuseiem com cuidado as lâminas, que são muito afiadas e podem causar acidentes; dependendo da maturidade e do tamanho da turma, pode-se considerar adequado trazer os cortes já feitos);
- Com a pinça, retirar, do triângulo delimitado, a "pele" da cebola, uma película bem fina e transparente. O termo técnico para designar essa "pele" é epiderme, cujas células serão observadas nesta atividade;
- Colocar a epiderme removida sobre a gota de corante;
- Pingar mais uma gota de corante sobre a epiderme e esperar cerca de dois minutos antes de cobrir a preparação com a lamínula, a fim de garantir a penetração do corante;
- Retirar as bolhas de ar pressionando levemente a lamínula com a pinça e remover o excesso de corante com o auxílio do papel-filtro;
- Posicionar a objetiva de 4x alinhada com a ocular, girando o revólver, e colocar a lâmina preparada sobre a base, fixando-a com o clipe;
- Acender a fonte de luz, regulando a intensidade com o condensador;
- Observando pelo lado de fora, aproximar ao máximo da objetiva a base com a lâmina;
- Olhando pelas oculares, girar o parafuso macrométrico, afastando lentamente a base da objetiva até enxergar a preparação. Depois, regular o foco com o micrométrico até identificar as células. Desenhar o que está sendo observado, identificando as estruturas com legendas;
- Observar com a objetiva de 10x, colocando-a alinhada com a ocular. Em seguida, usar apenas o parafuso micrométrico para ajustar o foco. Realizar essa operação com cuidado, pois o uso do outro parafuso pode ocasionar a quebra da lamínula. Novamente, desenhar o que se observa. Repetir a operação com a objetiva de 40x;
- Em seguida, retirar a lâmina e a lamínula do microscópio e lavá-las com água e sabão;
- Fazer uma nova montagem experimental, agora com folha da planta aquática *Elodea* sp. Para isso, pingar uma gota de água na lâmina, colocar a folha sobre ela, pingar mais uma gota de água, cobrir com a lamínula e retirar o excesso de água com o papel-filtro;
- Fazer o foco com as objetivas de 4x, 10x e 40x, desenhando o que está sendo observado em cada aumento e registrando as observações por meio de desenhos com legendas.

Resultados observáveis

As duas sequências de observações (cebola e elódea) devem resultar em desenhos diferentes a ser feitos pelos estudantes. Em ambos os casos, é possível visualizar a parede celular e inferir a localização do citoplasma. O núcleo é observado nas células de cebola por conta do corante específico adicionado à preparação. Os cloroplastos são observados nas células de elódea em razão da presença do corante, a clorofila, no interior dessas organelas.

[6] Atividade adaptada. Disponível em: <http://genoma.ib.usp.br/educacao/Observacao_Celulas_Vegetais_web.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Discussão dos resultados

Algumas questões podem guiar a discussão dos resultados:

1. Qual é o papel do corante empregado em uma das preparações dessa atividade?

Estruturas muito finas (como a membrana plasmática) ou muito pequenas (como os ribossomos) não são observadas nos aumentos proporcionados pelo microscópio utilizado. Mas outras estruturas que seriam passíveis de observação por conta do tamanho não o são pela ausência de corante; é o que explica a observação do núcleo na preparação com cebola e sua não observação na preparação com elódea, em que não foi usado o corante.

2. Por que foram observadas estruturas diferentes nas duas células, apesar de ambas serem células vegetais?

A preparação com células vegetais de diversos órgãos resulta em diferentes observações e isso pode ser associado às funções desempenhadas pelos órgãos dos quais as células foram extraídas. É o caso dos cloroplastos que foram observados na preparação com elódea, mas não na preparação com cebola. Isso porque, na elódea, foram observadas células da folha, o órgão da fotossíntese, onde há abundância de cloroplastos.

Após a discussão, ficará claro que o uso de corante propicia a visualização de algumas estruturas específicas e que, portanto, tal procedimento faz parte dos estudos de microscopia. Isso não exclui, porém, o aproveitamento de corantes naturais dos seres observados. É interessante até mesmo acrescentar que, em preparações mais complexas, corantes distintos podem ser usados para evidenciar diversas estruturas celulares.

Ampliação do estudo experimental

Uma complementação interessante para esta sequência é a observação de outras células vegetais, de modo que se identifique o que é comum e o que se diferencia em cada caso específico. Uma planta que proporciona uma bonita visualização ao microscópio é a *Tradescantia* sp., planta ornamental conhecida como trapoeraba-roxa. Como as folhas são roxas, os estômatos são vistos de maneira bem destacada do restante das células epidérmicas, dada a coloração intensa propiciada pela presença de clorofila nos cloroplastos das células que formam essas estruturas. É uma boa oportunidade para discutir o papel dos estômatos na fotossíntese (captura de gás carbônico) e na condução da seiva inorgânica (sua abertura provoca perda de vapor d'água – transpiração, o que gera uma tensão que puxa as moléculas de água ao longo dos vasos xilemáticos que atravessam a planta). Outras informações sobre o passo a passo no preparo de lâminas de células vegetais e questões que podem ser discutidas com os estudantes estão disponíveis em: <http://genoma.ib.usp.br/educacao/Observacao_Celulas_Vegetais_web.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Outra possibilidade é trabalhar os níveis de organização com base nas observações em microscópio. O foco da atividade estava no nível celular, mas o nível dos órgãos foi indiretamente trabalhado durante a observação de células de folha (no caso da elódea) e células de um tipo especial de caule (no caso da cebola). Isso pode ser ampliado pela observação de cortes de outros órgãos vegetais, o que incluiria a comparação deles em termos dos tecidos presentes. A caixa de lâminas

permanentes disponíveis no laboratório é um ótimo recurso para isso, pois, nela, há lâminas de caule (em corte transversal e longitudinal) e de raiz (também nos dois tipos de corte), além de uma lâmina de folha de jasmim.

PARA SABER MAIS

Anatomia vegetal – *site* com fotomicrografias de diversos órgãos vegetais. Disponível em: <http://docentes.esa.ipcb.pt/lab.biologia/disciplinas/botanica/Anatomia.html>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Atlas de anatomia vegetal – cortes de raiz, caule e folha em imagens de microscopia acompanhados de esquemas. Disponível em: <http://atlasveg.ib.usp.br/focara.html>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Tecidos vegetais – *site* com animações em *flash* e breves descrições dos diversos tipos de tecido vegetal. Disponível em: <http://www.planetabio.com/tecidosvegetais.html>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Tecidos vegetais – informações sobre os diversos tipos de tecido vegetal, figura com esquema geral dos tecidos nos diferentes órgãos e as principais diferenças no arranjo anatômico entre os subgrupos de angiospermas. Disponível em: <http://goo.gl/xCJF07>. Acesso em: 21 jul. 2014.

TEMA 4: OBSERVAÇÃO DE CÉLULAS ANIMAIS[7]

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As células animais são células eucarióticas, ou seja, o material genético está organizado no interior de um núcleo celular e o citoplasma possui diversas organelas membranosas. Diferenciam-se de outras células eucarióticas, em especial das células vegetais, pela ausência de parede celular, cloroplastos e vacúolo. Como não há a parede de celulose, o formato da célula animal é mais variado. Recomenda-se que esta atividade seja feita após a atividade anterior, sobre observação de células vegetais, pois isso permitirá aos estudantes a realização de comparações. Uma vez que a atividade anterior propiciou a observação de células vegetais e suas principais características, os estudantes poderão, agora, observar células animais e realizar a comparação.

Problemas a ser investigados

Que características das células animais podem ser observadas através de um microscópio óptico? Em que as células animais se diferenciam das células vegetais?

[7] Este tema está articulado no Caderno do Professor da 2ª série do Ensino Médio de apoio ao Currículo do Estado de São Paulo (São Paulo faz escola) no que tange ao tema "Identidade dos seres vivos" e ao subtema "Organização celular e funções básicas".

Habilidades

Reconhecer que os animais são formados por células; reconhecer que a organização e as funções celulares básicas são semelhantes em todos os seres vivos; relacionar as funções vitais das células com seus componentes; diferenciar a organização e o funcionamento de células animais das vegetais; indicar os componentes essenciais de uma célula por meio de sua observação ao microscópio; representar estruturas celulares observadas em diferentes aumentos; realizar preparações adequadas (com lâmina, lamínula e corante) para observação de materiais ao microscópio; desenvolver a capacidade de operar de maneira adequada instrumentos de precisão como o microscópio.

Número de aulas

1 aula.

COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Levantamento de hipóteses

Revise com os estudantes as características de uma célula animal, propondo-lhes as seguintes questões: *Que estruturas devem ser observadas em uma célula animal vista ao microscópio? Que tipo de preparação deve ser empregada para a observação das células animais de forma que seja possível a comparação com as células vegetais observadas anteriormente?* Espera-se que os estudantes se recordem de que o corante é necessário para a visualização de determinadas estruturas e que sugiram sua utilização nesta atividade.

Execução da atividade experimental

Material necessário

Microscópio óptico; lâmina para microscopia; lamínula para microscopia; papel-filtro ou papel-toalha; conta-gotas; pinça; cotonete ou palito de fósforo; álcool 70%; corante azul de metileno (pode ser substituído por violeta de genciana, encontrada em farmácias, mas a remoção dos resíduos na lâmina e na lamínula, nesse caso, é mais difícil); béquer ou outro frasco de vidro.

Procedimentos a ser adotados[8]

- Com o auxílio do palito, realizar uma leve raspagem do epitélio bucal na região interna da bochecha, usando uma das faces da madeira ao longo da extensão do palito (não se deve usar a extremidade do palito para coletar o material). Tomar cuidado para não perfurar;

[8] Disponível em: <http://genoma.ib.usp.br/educacao/Observacao_Celulas_Humanas_web.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2014.

- Preparar o esfregaço deslizando o palito sobre uma lâmina de microscopia como indicado na imagem:

© Daniel Beneventi

Figura 4 – Disponível em: <http://genoma.ib.usp.br/educacao/materiais_didaticos_protocolos_Observacao_Celulas_Humanas.html>. Acesso em: 21 jul. 2014.

- Mergulhar a lâmina com o esfregaço bucal em frasco com álcool 70%, a fim de fixar o material, como indicado na Figura 5. Após dois minutos, secar o excesso de líquido nas laterais e na face inferior da lâmina;
- Pingar uma gota de corante sobre a preparação e esperar cerca de dois minutos a fim de garantir a penetração do corante;
- Remover o excesso de azul de metileno, jogando sobre a lâmina um jato de água;
- Pingar uma gota de água sobre o esfregaço e cobrir a preparação com a lamínula;
- Retirar as bolhas de ar, pressionando levemente a lamínula com a pinça, e remover o excesso de corante com o auxílio do papel-filtro;
- Posicionar a objetiva de 4x alinhada com a ocular e colocar a lâmina preparada sobre a base, fixando-a com o clipe;
- Acender a fonte de luz, regulando a intensidade com o condensador;
- Observando pelo lado de fora, aproximar ao máximo da objetiva a base com a lâmina;
- Olhando pelas oculares, girar o parafuso macrométrico, afastando lentamente a preparação da objetiva até enxergá-la. Depois, regular o foco com o micrométrico até identificar as células. Desenhar o que está sendo observado, identificando as estruturas com legendas;
- Observar com a objetiva de 10x, colocando-a alinhada com a ocular. Em seguida, usar apenas o parafuso micrométrico para ajustar o foco. Realizar essa operação com cuidado, pois o uso indevido ou o uso do outro parafuso pode ocasionar a quebra da lamínula. Novamente, desenhar o que se observa. Repetir a operação com a objetiva de 40x.

© Daniel Beneventi

Figura 5 – Disponível em: <http://genoma.ib.usp.br/educacao/materiais_didaticos_protocolos_Observacao_Celulas_Humanas.html>. Acesso em: 21 jul. 2014

Resultados observáveis

As observações em diferentes aumentos devem resultar em três desenhos diferentes realizados pelos estudantes. É possível visualizar o citoplasma corado mais claro e o núcleo corado mais escuro. A membrana plasmática em si não pode ser visualizada, mas sua presença pode ser inferida pelo contorno dado ao citoplasma.

Discussão dos resultados

A discussão dos resultados pode ser estimulada por meio das seguintes questões:

1. Compare suas observações com as realizadas anteriormente, no estudo das células vegetais. Em que as células animais se diferenciam das células vegetais, apesar de ambas serem células eucarióticas?

As células vegetais observadas possuem parede celular externa à membrana plasmática e as células animais não. Por isso, nas células animais, não é possível visualizar uma membrana, apenas inferir sua presença pelo contorno dado ao citoplasma. Em termos do citoplasma, a célula da folha observada apresentava cloroplastos, organela que não está presente em células animais, pois é característica de organismos autotróficos fotossintetizantes.

2. As células do epitélio da bochecha aparecem isoladas umas das outras e não unidas como nas células vegetais. O que pode explicar essa diferença?

Esse "espalhamento" das células da bochecha decorre do tipo de preparação utilizado nessa atividade: o processo de raspagem com o palito rompeu a aderência que existe entre as células.

Essa discussão permite a retomada das técnicas de preparação em microscopia: além da questão do corante, a forma de disponibilização do material na lâmina interfere na observação final, como visto no caso do esfregaço. No que diz respeito ao uso de corante, isso acaba contribuindo para uma das diferenças observáveis entre células animais e vegetais, por conta da presença dos cloroplastos nas células vegetais. Contudo, as diferenças não se encerram aí, pois há outras estruturas e organelas próprias de cada tipo de célula, embora nem todas sejam observáveis no microscópio óptico.

Ampliação do estudo experimental

Se houver óleo de imersão à disposição, uma complementação interessante para esta atividade é a observação de células de bactérias encontradas no esfregaço bucal. É possível que os estudantes avistem bactérias presentes normalmente em nossa boca, pois elas podem ser visíveis como pontos mais escuros na superfície das células. O tamanho desses micro-organismos é em torno de 1 micrômetro (μm) de diâmetro de forma que, para observá-los adequadamente, é necessário usar a objetiva de 100x, que exige o uso de óleo de imersão.

Ao utilizar o aumento de 1 000x (objetiva de 100x e ocular de 10x), pode-se observar que algumas bactérias apresentam forma esférica (cocos), outras têm forma cilíndrica (bacilos) e outras, filamentosa. Essa comparação entre células eucarióticas e células procarióticas pode ser ampliada usando

as lâminas prontas da caixa de lâminas permanentes disponíveis no laboratório, que contêm lâminas com bactérias (*Salmonella* sp., *Escherichia colli* e estreptococos), além de lâminas de fungos.

Outra possibilidade é observar outras células animais e compará-las com as células da mucosa bucal. Nessa comparação, é possível identificar algumas especializações (na membrana ou no citoplasma) dependendo do tipo de célula observada. A caixa de lâminas permanentes disponíveis no laboratório também é um ótimo recurso nesse caso, pois há lâminas prontas de neurônios, sangue, diversos tipos de músculo, intestino delgado e pele.

PARA SABER MAIS

Atlas histológico *on-line* – cortes de diversos tecidos animais em imagens de microscopia acompanhados de legendas. Disponível em: <http://www.icb.ufmg.br/mor/hem/index.html>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Atlas digital de Biologia celular – imagens de microscopia destacando diversas organelas de células procarióticas e eucarióticas. Disponível em: <http://goo.gl/bznj2G>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Tecidos animais – *site* com animações em *flash* e breves descrições dos diversos tipos de tecido animal. Disponível em: <http://www.planetabio.com/histologia.html>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Cell size and scale – ferramenta virtual interativa que propicia a visualização, em escala, de diversas estruturas, desde os grãos de arroz e feijão a células de bactérias, organelas de células eucarióticas e diversidade de células eucarióticas. Disponível em: <http://goo.gl/GkeLi4>. Acesso em: 21 jul. 2014. Para tradução dos itens apresentados na ferramenta, é possível consultar: <http://goo.gl/xR7zYk>. Acesso em: 21 jul. 2014.

TEMA 5: FOTOSSÍNTESE – INFLUÊNCIA DA LUZ[9]

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Esta atividade tem como foco a verificação da influência de um dos fatores necessários à fotossíntese: a energia luminosa.

O processo de fotossíntese depende da presença dos reagentes iniciais, água e gás carbônico, mas também da existência de energia luminosa, uma vez que se trata de um processo que vai promover a transformação de matéria inorgânica em matéria orgânica. Como a matéria orgânica produzida (glicose) contém muita energia química e é obtida de reagentes pouco energéticos, é preciso fornecer energia, o que ocorre por meio da energia luminosa, geralmente solar.

[9] Este tema está articulado no Caderno do Professor da 2ª série do Ensino Médio de apoio ao Currículo do Estado de São Paulo (São Paulo faz escola) no que tange ao tema "Identidade dos seres vivos" e ao subtema "Organização de células e funções básicas".

A influência da luz na fotossíntese pode ser medida utilizando lâmpadas que forneçam energia luminosa sem aquecer demasiadamente a planta. A taxa de fotossíntese pode ser medida por meio da formação dos produtos do processo – gás oxigênio e glicose. Como a glicose que se formou é incorporada à biomassa da planta e/ou consumida no processo de respiração celular, é mais fácil medir a taxa de fotossíntese por meio da taxa de produção de gás oxigênio, uma vez que este será liberado para o ambiente, se a taxa de fotossíntese for maior que a taxa de respiração celular.

Problema a ser investigado

Será que a ocorrência de fotossíntese varia conforme a energia luminosa fornecida?

Habilidades

Interpretar fatores ambientais que interferem na fotossíntese das plantas; identificar a transformação de energia luminosa em energia química por meio da fotossíntese; compreender que a fotossíntese, além das substâncias orgânicas, produz gás oxigênio; reconhecer o papel do grupo-controle em um arranjo experimental; identificar a variável em teste em um experimento; criar ambiente controlado para minimizar o possível efeito das demais variáveis no fenômeno em estudo.

Número de aulas

1 aula.

Como a ocorrência de fotossíntese depende da ação de enzimas, o experimento proposto funciona melhor se realizado com a sala sob temperatura entre 25 °C e 26 °C. A uma temperatura um pouco acima ou abaixo dessa faixa, ainda é possível realizar o experimento, mas, para além de 28 °C ou abaixo de 23 °C, tudo ocorrerá de maneira mais lenta, tornando mais difícil a realização das medidas pretendidas.

COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Levantamento de hipóteses

Primeiramente, é importante revisar com os estudantes a equação geral da fotossíntese:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{energia luminosa}} 6O_2 + C_6H_{12}O_6$$

Com base nas informações da equação, os estudantes podem ser incentivados a identificar os elementos necessários para a ocorrência da fotossíntese. Questione-os sobre o que aconteceria na

ausência de luz ou na presença de pequena quantidade de energia luminosa. Espera-se que, nesse ponto, levantem as hipóteses de que, na ausência de luz, o processo não ocorre e que, na presença de luz, a taxa de fotossíntese será tanto maior quanto maior for a intensidade luminosa (desde que os reagentes estejam presentes em quantidades adequadas).

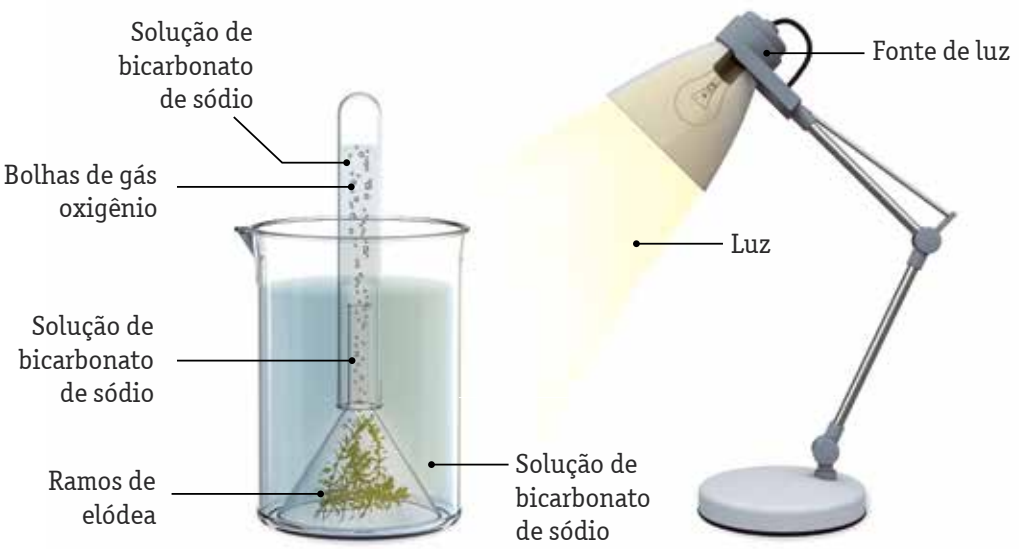
Execução da atividade experimental

Material necessário

5 béqueres; 5 funis de vidro transparente; 5 tubos de ensaio; solução de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) 20 g/L; 5 ramos da planta aquática *Elodea* sp. (pode ser encontrada em lojas de aquário); régua; caneta que escreve em vidro ou etiqueta adesiva; 4 luminárias; 1 pedaço de pano preto de mais ou menos 1 m^2; 4 lâmpadas LED ou fluorescentes (a lâmpada incandescente não é adequada, pois esquenta muito e isso interfere na taxa de fotossíntese realizada pela planta, por isso, a preferência por "lâmpadas frias").

Procedimentos a ser adotados

- Serão realizadas cinco montagens: um grupo-controle (sem luz) e quatro grupos experimentais (que variam com relação à intensidade de energia luminosa – a variável que está sendo testada);
- Preparar cinco montagens da seguinte forma: o ramo de elódea deve ser disposto em um béquer e coberto com um funil emborcado, sendo ambos preenchidos com a solução de bicarbonato de sódio, tendo o devido cuidado para que a solução cubra também a haste do funil sem formar bolhas. Em seguida, encher um tubo de ensaio com a mesma solução de bicarbonato e posicioná-lo emborcado e acoplado à haste do funil, conforme esquema a seguir:



© Daniel Beneventi

Figura 6.

- É importante que os ramos de elódea colocados em cada frasco sejam aproximadamente do mesmo tamanho e contenham aproximadamente o mesmo número de folhas, de forma que se permita comparações e evite a introdução de uma nova variável no experimento;
- Com cuidado, para evitar a entrada de bolhas de ar no tubo, fazer uma marca a fim de indicar a altura da coluna de água no início do experimento. Para isso, usar a caneta de retroprojetor ou uma etiqueta;
- Posicionar a fonte de luz na distância apropriada em relação a quatro montagens, ou seja, cada grupo experimental terá a luminária posicionada a uma distância específica da montagem. Por exemplo: 0 cm, 25 cm, 50 cm e 75 cm;
- A quinta montagem, que corresponde ao grupo-controle, não terá uma luminária associada a ela e será coberta com um pano preto de forma que não receba luz, nem mesmo luz indireta proveniente das demais montagens;
- Quando todas as montagens estiverem prontas e o controle experimental já houver recebido o pano preto, acender as luminárias e desligar a luz da sala;
- Observar e anotar as alterações durante um período de 30 a 40 minutos. Findo o período, bater suavemente no tubo de ensaio a fim de liberar as bolhas produzidas que ficaram presas em sua parede. Mas essa operação deve ser realizada com cuidado para que não ocorra entrada de bolhas adicionais;
- Fazer nova marca no tubo de ensaio a fim de identificar eventual alteração na altura da coluna de água em seu interior. Depois, desligar as luminárias e religar a luz da sala;
- Anotar em uma tabela os valores da alteração na coluna de água em função da distância da fonte luminosa, como no exemplo a seguir:

Distância em relação à fonte luminosa (cm)	Altura da coluna de água (cm)
0	
25	
50	
75	
controle	

Tabela 1.

- Elaborar um gráfico de barras que ilustre a variação da taxa de fotossíntese em função da intensidade luminosa utilizando os dados obtidos no experimento. No eixo *x* estará a distância em relação à fonte luminosa (que, neste caso, funciona como uma variável categórica) e, no eixo *y*, estará a altura da coluna de água.

Resultados observáveis

Ao longo do experimento, espera-se que os estudantes observem a formação de bolhas, especialmente nas montagens experimentais mais próximas da fonte de luz. Ao final do experimento,

as bolhas que subiram pelo tubo de ensaio deslocaram a água para baixo, de modo que, quanto mais bolhas, maior a variação na altura da coluna de água em relação ao ponto inicial. Dessa forma, essa variação é uma medida indireta da taxa de fotossíntese em função da intensidade de energia luminosa fornecida.

O gráfico elaborado pelos estudantes deverá ser similar ao exemplo a seguir (é importante se certificar de que tenham identificado os dois eixos do gráfico):

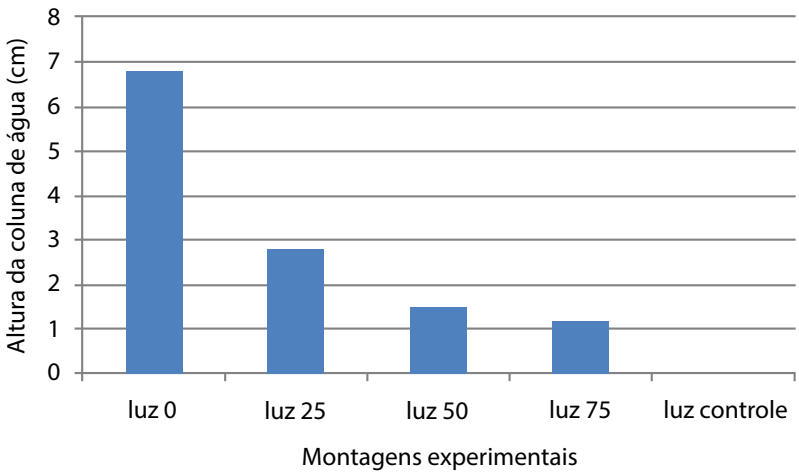


Gráfico 1.

Discussão dos resultados

A discussão dos resultados obtidos no experimento pode ser conduzida mediante as seguintes questões:

1. Em quais montagens a coluna de água diminuiu em comparação ao início do experimento?

2. Em qual das montagens a coluna de água mais diminuiu? Por que você acha que isso aconteceu?

3. A altura da coluna de água é um indicador da taxa de fotossíntese. Em qual dos tubos ocorreu a menor taxa de fotossíntese?

É possível que os estudantes não tenham clareza de que a descida do nível da coluna de água dentro do tubo de ensaio esteja relacionada à produção de oxigênio pela planta; em outras palavras, é possível que não reparem que, quanto mais baixo o nível da água, maior a taxa de ocorrência da fotossíntese. Nesse caso, é importante garantir que esse ponto fique bem claro, pois essa é a chave para compreender os resultados: espera-se que, quanto mais próxima da fonte de luz, mais descerá a coluna de água na montagem.

4. Por que foi montado um tubo que não permitiu a incidência de luz?

Este é o momento para discutir o papel do grupo-controle em uma montagem experimental e também a necessidade de garantir que apenas um parâmetro varie entre os grupos experimentais.

5. Qual é o papel do bicarbonato de sódio nesse experimento? (Se achar necessário, você pode escrever a seguinte equação na lousa: $NaHCO_3 + H_2O \Rightarrow CO_2 + NaOH + H_2O$).

A adição de bicarbonato de sódio proporciona um suprimento de gás carbônico, um dos reagentes da fotossíntese, de forma que se garanta que a taxa de fotossíntese seja maior que a de respiração celular. Assim, pode-se inferir que o gás liberado é o gás oxigênio, produto da fotossíntese, e não o gás carbônico, produto da respiração celular.

Após essa discussão, ficará claro aos estudantes o papel da energia luminosa como um dos fatores limitantes da fotossíntese. Adicionalmente, perceberão a importância de utilizar um grupo-controle em uma montagem experimental. A esse respeito, caso os resultados observados tenham fugido da expectativa inicial, é interessante aproveitá-los também para discutir: *Será que as demais variáveis foram isoladas adequadamente? Por exemplo: a temperatura da sala estava adequada? As janelas foram fechadas com cortinas para evitar a entrada de luz além da fornecida pelas luminárias? Os ramos de elódea continham aproximadamente a mesma quantidade de folhas? Foi a mesma pessoa que realizou as medidas nos cinco tubos ou as medidas foram realizadas exatamente da mesma forma por diferentes experimentadores?* É importante que os estudantes compreendam que todo experimento contém fontes de erro e variação que precisam ser consideradas para avaliar os resultados.

Ampliação do estudo experimental

Um desdobramento possível desse experimento é solicitar aos estudantes que planejem montagens experimentais a fim de verificar a influência de outros fatores na fotossíntese, como a temperatura e o gás carbônico. Assim, poderão pôr em prática, em situações diferentes, os aprendizados acerca do controle experimental, tanto em termos da introdução de um grupo-controle quanto do cuidado para que haja somente uma variável em estudo.

Também seria interessante expandir o experimento verificando a influência de diferentes comprimentos de luz na taxa de fotossíntese. Para isso, a mesma montagem experimental poderia ser utilizada, mas agora com as luminárias cobertas com papel celofane de diversas cores (azul, vermelho, verde, amarelo). As fontes luminosas devem ser posicionadas todas à mesma distância das montagens experimentais (escolher uma das distâncias que resultaram em maiores taxas de fotossíntese no experimento anterior) e deve haver um grupo-controle, que pode ser com a luminária sem cobertura, ou até mesmo um controle negativo (sem luz, como no experimento anterior). A medida da taxa de fotossíntese (por meio da variação da altura da coluna de água) permitirá avaliar se ocorre variação na taxa de fotossíntese em função do comprimento de onda da luz.

Se achar pertinente, após a realização da atividade proposta acima, você poderá apresentar o gráfico disponível em: <http://biogeolearning.com/site/v1/wp-content/uploads/2012/11/grafico_pigmentos_arealeditores450.png> (acesso em: 21 jul. 2014), que ilustra o espectro de ação da fotossíntese em função do comprimento de onda de luz. Com esses dados, é possível discutir o papel complementar dos diversos tipos de clorofila e demais pigmentos vegetais para a fotossíntese, dados os diferentes picos de absorção de cada um deles.

PARA SABER MAIS

Vídeo de montagem experimental similar à descrita nesta atividade. Disponível em: <http://goo.gl/bPSb9p>. Acesso em: 11 set. 2014.

TEMA 6: O ARMAZENAMENTO DA GLICOSE PRODUZIDA NA FOTOSSÍNTESE[10]

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A atividade anterior (Fotossíntese – influência da luz) propiciou a revisão do processo de fotossíntese, cuja taxa foi avaliada indiretamente por meio da formação de um de seus produtos, o gás oxigênio. Esta atividade abordará outro produto da fotossíntese, a glicose, visando esclarecer que essa biomolécula não é usada somente na respiração celular, mas também é acumulada na forma de amido nas folhas e, posteriormente, até em outros órgãos vegetais.

Problemas a ser investigados

Qual é o destino da glicose produzida por meio da fotossíntese? Como é possível identificar a presença de reservas de glicose em uma planta?

Habilidades

Avaliar que fatores ambientais interferem na fotossíntese das plantas; identificar a transformação de energia luminosa em química por meio da fotossíntese; compreender que a fotossíntese, além de gás oxigênio, produz substâncias orgânicas; identificar que as substâncias orgânicas produzidas pela fotossíntese são armazenadas para uso posterior em outros processos energéticos; reconhecer o papel do grupo-controle em um arranjo experimental; identificar a variável em teste em um experimento; criar ambiente controlado para minimizar possível efeito das demais variáveis no fenômeno em estudo.

Número de aulas

São necessários seis dias para a realização do experimento: cinco para a preparação e montagem, e um, para a realização. O primeiro e o quinto dias demandam apenas cerca de cinco minutos de preparação, os dias intermediários são somente de espera e o experimento de fato ocorre no sexto dia, ocupando uma aula completa. Como os resultados são obtidos seis dias após o início do experimento, é conveniente programar com antecedência o momento de sua montagem e o de análise e discussão dos resultados.

[10] Este tema está articulado no Caderno do Professor da 2ª série do Ensino Médio de apoio ao Currículo do Estado de São Paulo (São Paulo faz escola) no que tange ao tema: "Processos de obtenção de energia pelos seres vivos - fotossíntese e respiração celular".

COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Levantamento de hipóteses

Primeiramente, é fundamental relembrar com os estudantes a equação geral da fotossíntese:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{energia luminosa}} 6O_2 + C_6H_{12}O_6$$

A partir das informações presentes na equação, destaque a glicose como um dos produtos formados. Questione-os: *O que ocorre com a glicose produzida na fotossíntese?* Espera-se que os estudantes recordem-se do uso dessa biomolécula como reagente de outro importante processo energético, a respiração celular, e também para a formação da biomassa da planta. Informe-os que esta atividade permitirá identificar um dos destinos da glicose produzida pela fotossíntese.

Execução da atividade experimental

Material necessário

Duas folhas de tamanhos aproximados de um mesmo galho (melhor utilizar plantas de folhas lisas; podem ser de uma planta do jardim da escola ou de um vaso trazido especialmente para esse fim. Uma sugestão é usar folhas verdes de bico-de-papagaio, *Euphorbia pulcherrima*); papel-alumínio; tesoura de ponta fina; fonte de luz (preferencialmente luz solar direta. Se não for possível, realizar iluminação artificial com lâmpada fluorescente); frascos de vidro (béqueres ou vidros de alimentos limpos); 2 metros de barbante; álcool; panela para banho-maria; placa aquecedora; duas bandejas pequenas; tintura de iodo 2% (encontrada em farmácias); papel-toalha.

Procedimentos a ser adotados[11]

- Cobrir as folhas com papel-alumínio, de maneira que fiquem totalmente cobertas durante quatro dias (Figura 7);
- No quinto dia, recortar uma pequena janela quadrada no centro das folhas, tomar cuidado para não feri-las. A luz deverá iluminar as folhas apenas por essa pequena abertura (Figura 8);

[11] Atividade adaptada. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=1668>. Acesso em: 21 jul. 2014.

© Eduardo Santaliestra/Estúdio Paulista

Figura 7 – Folhas totalmente cobertas por quatro dias.

© Eduardo Santaliestra/Estúdio Paulista

Figura 8 – Folhas cobertas com pequena abertura por um dia.

- Após mais um dia, retirar as folhas da planta e separá-las como "folhas-teste";
- Retirar da mesma planta mais duas folhas que tenham ficado totalmente expostas ao Sol neste período. Essas serão classificadas como "folhas-controle";

IMPORTANTE

Como os procedimentos seguintes requerem o uso de fogo e álcool, devem ser realizados exclusivamente por você, professor, a fim de evitar acidentes.

- Colocar cada uma das quatro folhas dentro de frascos limpos e marcar os que têm as "folhas-teste" amarrando um barbante na parte superior deles;
- Cobrir as folhas de cada frasco com álcool e dispor os quatro frascos dentro de uma panela com água, a qual deve chegar até a metade da altura dos frascos;

© Eduardo Santaliestra/Estúdio Paulista

Figura 9.

© Eduardo Santaliestra/Estúdio Paulista

Figura 10.

- Ferver em banho-maria por meia hora;
- Quando as folhas estiverem amareladas ou brancas, depositá-las em bandejas separadas por grupo;

© Eduardo Santaliestra/Estúdio Paulista

Figura 11.

- Passar tintura de iodo na superfície de todas as folhas e aguardar alguns minutos;
- Secar levemente as folhas, prensando-as com papel-toalha;

© Eduardo Santaliestra/Estúdio Paulista

Figuras 12, 13 e 14.

Descrever em um quadro (como o exemplo a seguir) os resultados obtidos no experimento.

	Folhas totalmente expostas ao Sol	Parte recoberta das folhas-teste	Parte exposta das folhas-teste
Tempo de exposição ao Sol			
Observações após a exposição ao Sol			
Observações após a fervura com álcool			
Observações após a utilização do iodo			

Tabela 2.

Resultados observáveis

Espera-se que os estudantes observem que as folhas que ficaram totalmente expostas ao Sol (controle) sofreram alteração de cor com a adição do iodo (ficaram escurecidas), que as folhas que tiveram apenas uma parte exposta ao Sol sofreram alteração de cor somente nessa região (ou nem isso, em razão do pouco tempo de exposição à luz) e que as folhas que ficaram totalmente cobertas não sofreram alteração de cor com a adição do iodo.

Discussão dos resultados

Para conduzir a discussão final dos resultados, pergunte aos estudantes:

1. Como podem ser explicadas as diferenças observadas entre as folhas após a adição da tintura de iodo?

Ao final, é importante se certificar de que os estudantes tenham compreendido que nem toda a glicose produzida na fotossíntese é usada imediatamente pela planta em suas atividades vitais. Uma parte é armazenada sob a forma de amido, constituindo suas reservas energéticas. Na presença de iodo, o amido fica azul; essa reação permite identificar a presença de amido nas folhas. Naquelas que ficaram expostas à luz, o amido acumulou-se em suas partes verdes, que possuem clorofila. Nas folhas envoltas em papel-alumínio, na porção recoberta, não houve acúmulo de amido pela ausência da luz, o que impossibilitou a ocorrência de fotossíntese. Na porção em que foi aberta uma janela, possivelmente não houve acúmulo de amido por causa do pouco tempo de exposição à luz.

2. Por que as folhas recobertas não morrem após o período de cinco dias?

A reserva de glicose sob a forma de amido garante que as células realizem respiração celular e produzam energia suficiente para manutenção do metabolismo celular por alguns dias.

Após a análise e discussão dos resultados, será possível identificar que parte da glicose produzida por meio da fotossíntese é usada como reagente em outro processo biológico fundamental na vida da planta – a respiração celular – e que parte é armazenada sob a forma de amido. Tal reserva pode garantir a continuidade da respiração celular da planta em situações em que ela não tenha como realizar fotossíntese (por exemplo, ausência temporária de luz).

Ampliação do estudo experimental

É possível aproveitar a oportunidade para apresentar aos estudantes alguns tecidos e órgãos de reserva de nutrientes nos vegetais. A atividade realizada permitiu a identificação de certa quantidade de amido nas folhas. Esse órgão, porém, raramente se configura como o principal local de reserva de amido, dada a sua dimensão diminuta. As reservas de nutrientes normalmente são acumuladas em caules ou raízes, como é o caso dos bulbos, tubérculos e raízes tuberosas. Aproveite este momento, então, para esclarecer uma confusão comum a respeito da batata: *É raiz ou caule*?

Pode-se iniciar explicando que os bulbos e os tubérculos são caules com reserva de nutrientes, como, por exemplo, a cebola e o alho (bulbos) e a batata (tubérculo). As raízes dos tubérculos e bulbos apenas fixam o vegetal ao solo, absorvem e conduzem água e nutrientes inorgânicos, sem acumular reservas. Já as tuberosas são raízes, como a beterraba e a cenoura. Nesse caso, os nutrientes orgânicos, como o amido, acumulam- se dentro da raiz, embaixo da terra, e o caule fica acima da superfície.

PARA SABER MAIS

FRANCISCO Jr., W. E. Carboidratos: estrutura, propriedades e funções. *Química Nova na Escola*, 29: 8-13, 2008. Disponível em: <http://goo.gl/A1gPrZ>. Acesso em: 21 jul. 2014.

OLIVEIRA, Adilson de. Memórias de um carbono. *Ciência Hoje On-line*, 18 maio 2007. Disponível em: <http://goo.gl/mIjMA7>. Acesso em: 21 jul. 2014.

TEMA 7: A DIGESTÃO DO AMIDO[12]

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O amido está presente em muitos alimentos que ingerimos, como batata, arroz, massas e pães. Trata-se de um polímero de glicose, portanto, um nutriente muito energético. Para que se possa extrair do amido a glicose que será usada como reagente da respiração celular para a produção de

[12] Este tema está articulado no Caderno do Professor da 3ª série do Ensino Médio de apoio ao Currículo do Estado de São Paulo (São Paulo faz escola) no que tange ao tema "Nutrição humana: digestão, respiração e circulação" e tem como foco o processo de digestão química dos alimentos.

energia, é preciso romper as ligações químicas entre as subunidades dessa macromolécula, o que ocorre ao longo do processo de digestão. A digestão do amido inicia-se na boca e é catalisada por uma enzima presente na saliva, a amilase salivar.

Problemas a ser investigados

Uma enzima é capaz de acelerar a hidrólise de amido? Como as variações de pH e temperatura interferem na ação dessa enzima?

Habilidades

Reconhecer que o alimento é composto por macromoléculas que serão digeridas e aproveitadas pelo organismo; identificar o papel das enzimas como catalisadores das hidrólises envolvidas em nossa digestão de macromoléculas; interpretar fatores ambientais que interferem na eficácia da ação catalítica das enzimas; reconhecer a amilase salivar como enzima capaz de catalisar a hidrólise de amido; reconhecer o papel do grupo-controle em um arranjo experimental; identificar a variável em teste em um experimento; criar ambiente controlado para minimizar possível efeito das demais variáveis no fenômeno em estudo; desenvolver a capacidade de organização para identificação de diversos grupos experimentais e anotação dos resultados de forma que facilitem a sua interpretação.

Número de aulas

Para esta atividade, serão necessárias duas aulas, sendo a primeira reservada para montagem dos tubos experimentais e observação de parte dos resultados e a segunda, para observar outra parte dos resultados e ser realizada a discussão geral.

COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Levantamento de hipóteses

Para que os estudantes tenham elementos para construir suas hipóteses, é importante resgatar com eles a definição de enzima e, em seguida, escrever a equação química que resume o processo de digestão do amido catalisado por uma amilase:

$$\text{Amido + água} \xrightarrow{\text{amilase}} \text{maltose}$$

Como preparação para a atividade experimental, você pode solicitar aos estudantes que pesquisem a constituição do amido. Se preferir, você pode explicar que o amido é um polissacarídeo constituído por duas variedades de polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina. A proporção de cada tipo de molécula depende da fonte de amido; por isso, não é possível escrever uma fórmula molecular específica na equação. Por exemplo, a amilopectina é o principal componente em

muitas plantas, constando em aproximadamente três quartos do amido total na farinha de trigo. Já a maltose formada pela hidrólise do amido é um dissacarídeo ($C_{12}H_{22}O_{11}$), que, para ser absorvido pelo intestino delgado, que absorve apenas glicose, ainda precisará passar antes por outra quebra, mas isso já se trata de outra hidrólise catalisada por outra enzima, a maltase.

Relembre que nosso tubo digestório apresenta duas instâncias de quebra do amido: a boca, por ação da amilase salivar, e o duodeno, por ação da amilase pancreática. Nesta Atividade, será estudada a ação da amilase que está na saliva.

Agora é o momento de questionar os estudantes: *Se adicionarmos saliva a um pedaço de alimento que contém amido, ele será digerido mais rapidamente? Se deixarmos esse mesmo alimento imerso em água sem saliva, ele será digerido ainda assim? Como podemos testar se a digestão do amido de fato ocorreu em cada uma dessas situações?* Solicite aos estudantes que respondam a essas perguntas após a realização do experimento.

Execução da atividade experimental

Material necessário

Tubos de ensaio; béqueres; gelo picado; água em temperatura ambiente; água aquecida (cerca de 40 °C); vinagre ou suco de limão; solução de iodo a 2% (encontrada em farmácias); solução de amido (por exemplo, amido de milho dissolvido em água); solução de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) 20 g/L; conta-gotas; copo para coleta de saliva; canetas que escrevem em vidro ou etiquetas para identificação dos tubos.

Procedimentos a ser adotados

- Coletar saliva em um copo (é importante estar com a boca bem limpa, sem restos de alimentos, para fazer essa coleta);
- Colocar 1 mL de solução de amido em cada tubo de ensaio (7 ao todo);
- Pingar 1 gota de solução de iodo em cada tubo a fim de verificar a presença do amido no início dos testes: a solução deve ficar azul ou arroxeada em virtude da reação entre o amido e o indicador;
- Identificar os tubos da seguinte forma:
  - Tubo 1: saliva a 0 °C;
  - Tubo 2: saliva a 40 °C;
  - Tubo 3: água a 0 °C;
  - Tubo 4: água a 40 °C;
  - Tubo 5: saliva previamente fervida a 40 °C;
  - Tubo 6: vinagre ou suco de limão;
  - Tubo 7: bicarbonato de sódio.

- Preparar os tubos segundo a ilustração a seguir:

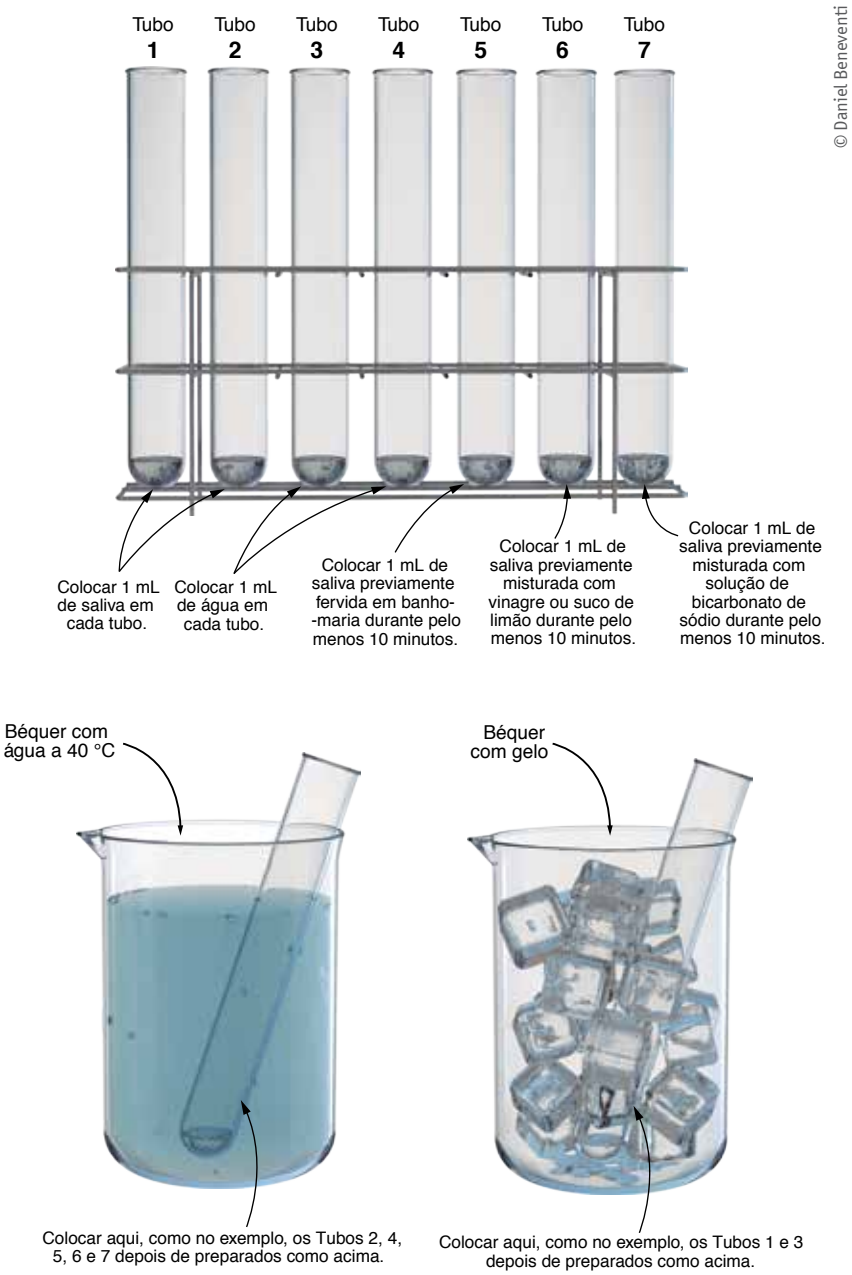


Figura 15.

- Aguardar 20 minutos para observar alterações nos frascos e anotar os resultados. Observados os resultados nos demais tubos, reservar os Tubos 3 e 4 para dar sequência às observações no dia seguinte (esperar um tempo mínimo de 24 horas). Até lá, esses frascos podem ser mantidos na temperatura ambiente e serão chamados 3B e 4B;
- Anotar os resultados em uma tabela como a seguinte:

TUBO	COR ANTES DE ACRESCENTAR A SOLUÇÃO	COR DEPOIS DE ACRESCENTAR A SOLUÇÃO	RESULTADO (DIGERIDO/ NÃO DIGERIDO)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
3B			
4B			

Tabela 3.

Resultados observáveis

São propostas as seguintes questões de observação dos resultados:

- Qual é a cor da solução quando o amido é digerido?
- Em quais dos tubos o amido foi digerido?

Os resultados esperados na primeira observação (após 20 minutos) são os seguintes:

- *Tubo 1 – inalterado ou pequena mudança de cor, mantendo-se azul ou roxo – não digerido;*
- *Tubo 2 – mudança para lilás até perder totalmente a cor – digerido;*
- *Tubo 3 – sem modificação – não digerido;*
- *Tubo 4 – sem modificação – não digerido;*
- *Tubo 5 – sem modificação – não digerido;*
- *Tubo 6 – sem modificação – não digerido;*
- *Tubo 7 – sem modificação – não digerido.*

Os resultados esperados na segunda observação (após 24 horas ou mais) são os seguintes:

- *Tubo 3B – mudança para lilás até perder totalmente a cor – digerido;*
- *Tubo 4B – mudança para lilás até perder totalmente a cor – digerido.*

Discussão dos resultados

As seguintes questões podem ser propostas para guiar a discussão.

1. Descreva os resultados obtidos no teste da digestão do amido com saliva, ou seja, Tubos 2 e 4 em comparação ao de controle.

O tubo em teste é o 2 (presença de enzima, temperatura próxima à do corpo humano e pH ótimo para ação da enzima dado pela própria saliva) e o tubo-controle é o Tubo 4 (ausência de saliva e demais condições mantidas). A comparação entre os dois tubos permite identificar a ação da amilase salivar na digestão do amido, pois, no Tubo 2, essa digestão ocorreu – o que se pode verificar pela mudança de cor do indicador (iodo).

2. Descreva os resultados obtidos no teste da variação de temperatura sobre a ação da amilase salivar, ou seja, Tubos 1 e 5 em comparação ao de controle.

Os tubos em teste são 1 e 5 e os tubos-controle são o 3 e o 4 do experimento anterior. No Tubo 1, a enzima foi mantida fora da temperatura ótima de ação, de modo que pode não ser capaz de catalisar a reação da mesma forma que no tubo em que a saliva esteve preservada a 40 °C (Tubo 2). Assim, a digestão não aconteceu ou estava acontecendo de forma muito lenta. Já no Tubo 5, como a enzima foi desnaturada pela fervura prévia, não havia como catalisar a reação química; portanto, a digestão não ocorreu. No Tubo 3, com a ausência de enzima, a digestão não ocorreu, a exemplo do que ocorreu no Tubo 4.

3. Descreva os resultados obtidos no teste da variação de pH sobre a ação da amilase salivar, ou seja, Tubos 6 e 7 em comparação ao de controle.

Os tubos em teste são 6 (pH ácido) e 7 (pH básico) e o tubo-controle é o 2 (presença de enzima, temperatura próxima à do corpo humano e pH ótimo para ação da enzima dado pela própria saliva). Como nos Tubos 6 e 7 o pH era distinto do pH ótimo de ação da amilase salivar (pH neutro ou ligeiramente básico), a digestão não ocorreu.

4. Descreva os resultados obtidos no teste da digestão do amido sem saliva, ou seja, Tubos 3B e 4B em comparação ao de controle.

Os tubos em teste são 3B e 4B, que contêm somente água e solução de amido. Na primeira observação (após 20 minutos), não houve digestão nos Tubos 3 e 4 por causa da ausência de enzima. Porém, como a quebra do amido é uma hidrólise, a digestão deve ocorrer mesmo na ausência de enzima, apenas levando muito mais tempo. Após 24 horas, a digestão já deve ter ocorrido ao menos parcialmente, o que explica a alteração de cor.

5. Considerando as informações obtidas sobre o funcionamento da amilase salivar, explique por que essa enzima não atua no estômago ou no duodeno. Dica: leve em consideração as condições de acidez (pH) em cada órgão.

A enzima não atua no estômago ou no duodeno, porque no estômago o pH é ácido e no duodeno o pH é básico alcalino, e a amilase salivar tem seu ótimo de ação em pH neutro.

Após esse conjunto de testes, os estudantes poderão reforçar o conhecimento de que as digestões de moléculas que ocorrem ao longo de nosso tubo digestório são hidrólises catalisadas por enzimas específicas de forma tal que a reação com a água ocorra mais rapidamente. A temperatura corpórea mantida em torno de 37 °C garante a temperatura ótima de funcionamento de nossas enzimas e, consequentemente, a velocidade adequada do processo de digestão. O mesmo se aplica em relação ao pH, que é mantido em níveis adequados para o funcionamento das enzimas em cada órgão (por exemplo, a saliva contém água que garante o pH ótimo de funcionamento da amilase salivar, o suco gástrico contém ácido clorídrico que garante o pH ótimo de funcionamento da pepsina e o suco pancreático contém bicarbonato de sódio que garante o pH ótimo de funcionamento das enzimas presentes nesse suco e também no suco entérico).

Ampliação do estudo experimental

Uma possibilidade de expandir esta atividade é realizar um teste de presença de amido em diversos alimentos, a fim de identificar quais contêm maior quantidade dessa substância. Para isso, basta obter amostras diversas de alimentos (por exemplo: rodelas de batata, clara de ovo, rodelas de mandioca, uma colher de sopa de óleo de cozinha, pedaços de bolacha de amido de milho, três fios de macarrão cozidos, um cubo de carne, uma colher de sopa de açúcar, uma colher de sopa de leite), pingar cinco gotas da solução de iodo sobre elas e comparar a cor resultante, em cada amostra, à cor de duas referências, preparadas previamente em dois frascos: um com água em copo transparente (ou tubo de ensaio) e outro com água e uma colher pequena de farinha de trigo em frasco similar. Pingue cinco gotas de solução de iodo em cada frasco e as cores resultantes servirão como referência de ausência de amido (frasco com água) e presença de amido (frasco com farinha).

PARA SABER MAIS

FRANCISCO Jr., W. E. Carboidratos: estrutura, propriedades e funções. *Química Nova na Escola*, 29: 8-13, 2008. Disponível em: <http://goo.gl/w0UcNf>. Acesso em: 21 jul. 2014.

MUSSATTO, S. I. e cols. Enzimas: poderosa ferramenta na indústria. *Ciência Hoje*, 41 (242), 2007. Disponível em: <http://goo.gl/afMnFn>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Trânsito digestivo – vídeo educativo do acervo da biblioteca do Centro de Ciências da Saúde da UFRJ. Disponível em: <http://goo.gl/DZkCYf>. Acesso em: 21 jul. 2014.

TEMA 8: A DIGESTÃO DE PROTEÍNAS[13]

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As proteínas estão presentes em muitos alimentos que ingerimos. É comum que os estudantes pensem apenas em alimentos de origem animal como fonte de proteínas (por exemplo, carne, peixe, ovos e leite), mas os vegetais também são fonte importante de proteína, em especial os provenientes das plantas leguminosas, como feijão e soja. A principal diferença está no tamanho das proteínas e nos tipos de aminoácido existentes em cada uma delas. Em geral, as proteínas de origem animal são bem maiores e incluem todos os tipos de aminoácidos em sua composição. Por sua vez, as proteínas de origem vegetal podem não conter todos os tipos de aminoácidos.

Os aminoácidos encontrados nas proteínas ingeridas desempenham, principalmente, um papel estrutural em nosso organismo, mas também são utilizados para formar proteínas transportadoras, como a hemoglobina, hormônios proteicos, como a insulina, ou mesmo anticorpos. Para que possamos obter os aminoácidos, é preciso romper as ligações químicas entre as subunidades das proteínas. Essa quebra ocorre ao longo do processo de digestão e é catalisada por algumas proteases e peptidases.

A primeira protease a agir sobre as proteínas do alimento ingerido é a pepsina, secretada no suco gástrico. Algumas frutas possuem enzimas similares à pepsina que, além de realizarem a digestão parcial de proteínas (catalisam a hidrólise de proteínas resultando em peptídeos menores), também têm seu ótimo de ação em pH ácido. É o caso da bromelina presente no abacaxi ou da papaína encontrada no mamão.

Problemas a ser investigados

Há enzimas capazes de digerir proteínas nos alimentos que ingerimos? Como as variações de pH e temperatura interferem na ação dessas enzimas? Cascas e sementes de mamão podem ser usadas para amaciar carnes?

Habilidades

Reconhecer que o alimento é composto por macromoléculas que devem ser digeridas de forma que permitam seu aproveitamento pelo organismo; identificar o papel das enzimas como catalisadores das hidrólises que caracterizam nossa digestão de macromoléculas; interpretar fatores ambientais que interferem na eficácia da ação catalítica das enzimas; reconhecer as proteases como enzimas capazes de catalisar a hidrólise de proteínas; reconhecer o papel do grupo-controle em um arranjo experimental; identificar a variável em teste em um experimento; criar ambiente controlado para minimizar possível efeito das demais variáveis no fenômeno em estudo; desenvolver a capacidade de organização para identificação de diversos grupos experimentais; registro dos resultados de forma que facilitem a interpretação pelos estudantes.

Número de aulas

1 aula.

[13] Este tema está articulado no Caderno do Professor da 3ª série do Ensino Médio de apoio ao Currículo do Estado de São Paulo (São Paulo faz escola) no que tange ao tema "Nutrição humana: digestão, respiração e circulação" e tem como foco o processo de digestão química dos alimentos.

COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Levantamento de hipóteses

A atividade anterior (digestão de amido) já propiciou a revisão do conceito de enzima, especificamente de enzimas digestivas que catalisam hidrólises de macromoléculas. Para apoiar os estudantes no levantamento de hipóteses, certifique-se de que esse conceito está bem claro e, então, escreva a equação química que resume o processo de digestão de proteínas catalisado por uma protease:

$$\text{Proteína + água} \xrightarrow{\text{protease}} \text{Peptídeos menores}$$

Solicite aos estudantes que citem algumas proteases que atuam em nosso sistema digestório e os órgãos em que agem catalisando a digestão de proteínas. Vale lembrar que algumas frutas possuem proteases de ação similar à que atua em nosso estômago e que, nesta atividade, será testada sua ação.

Proponha algumas questões aos estudantes: *Se adicionarmos bromelina, uma protease presente no abacaxi, a um pedaço de carne, ele será digerido mais rapidamente? Como podemos testar se a digestão de proteína de fato ocorreu em uma situação como essa?* Caso restem dúvidas, é o momento de esclarecer que o abacaxi realmente contém uma enzima capaz de digerir proteína, pois essa informação é central para a compreensão do experimento. Lembre os estudantes de que, para a digestão da proteína, são também necessárias certas condições ambientais (temperatura e pH), além da presença da enzima.

Espera-se que os estudantes lembrem-se de que o iodo funcionou como substância indicadora em relação ao amido e que imaginem o uso de algo equivalente para as proteínas. De fato, isso pode ser feito com o teste de biureto: as soluções que compõem esse teste apresentam coloração azul, tornam-se violeta na presença de proteínas e mudam para rosa quando combinadas com polipeptídeos de cadeia curta. Assim, a cor final indicaria ocorrência ou não de digestão, exatamente como na atividade anterior. Porém, esta atividade se valerá de outro recurso, a fim de ampliar o repertório experimental dos estudantes: o uso de controle positivo e controle negativo.

Por fim, é interessante explicar que a gelatina é uma proteína solúvel em água obtida do colágeno, que é insolúvel em água. O princípio desse experimento consiste em monitorar a gelificação, processo que depende da integridade das cadeias da proteína. E esta pergunta pode ser feita aos estudantes: *Qual é a consequência da digestão de proteína para o processo de gelificação?* Espera-se que antecipem que, caso haja alguma fragmentação nas proteínas, a gelificação não ocorrerá.

Execução da atividade experimental

Material necessário

Pedaços de abacaxi (pode ser também outra fruta que possua protease, como mamão ou kiwi; quanto menos maduros estiverem os frutos, melhor); pedaços de maçã (pode ser também outra

fruta que não possua protease, como banana ou pera); amaciante para carnes (encontrado em supermercados); água; peneira; liquidificador; micro-ondas (pode ser substituído por aquecimento a lamparina); geladeira (pode ser substituída por banho de gelo); gelatina em pó sem sabor; 4 tubos de ensaio; conta-gotas; bastões de vidro (ou colheres para misturar as soluções); espátula (ou colher de café para medida do amaciante de carne); béquer de 500 mL; canetas que escrevem em vidro ou etiquetas para identificação dos tubos.

Procedimentos a ser adotados

- Preparar os sucos das frutas utilizando o liquidificador e um pouco de água. Peneirar e reservar cada um dos sucos;
- Diluir aos poucos o pó da gelatina em 200 mL de água fria e colocar essa solução em potência alta no micro-ondas por 30 segundos (alternativamente, pode-se aquecer a mistura com a lamparina ou bico de gás);
- Colocar 10 mL da gelatina ainda líquida em cada um dos quatro tubos de ensaio. No Tubo 1, adicionar 3 mL de água apenas (controle negativo). No Tubo 2, adicionar 3 mL de suco de abacaxi. No Tubo 3, adicionar 3 mL de suco de maçã. No Tubo 4, adicionar uma espátula rasa de amaciante para carne previamente diluído em 3 mL de água (controle positivo);
- Depois de preparar os tubos, introduzir um bastão de vidro e registrar como está a consistência da gelatina. Por exemplo, anotar se o bastão pode ser introduzido até o fundo do tubo, se o meio está líquido ou não. A ocorrência ou não da proteólise será avaliada pela gelificação, monitorada pela introdução de bastões de vidro nos tubos de ensaio;
- Retirar os bastões e deixar os tubos em temperatura ambiente por 10 minutos. Depois desse período, colocar os tubos na geladeira, onde permanecerão por mais 20 minutos;
- Após esse período, reavaliar a gelificação, introduzindo novamente os bastões dentro dos tubos de ensaio e anotando até onde eles se inseriram no interior dos tubos;
- Anotar os resultados em uma tabela como a seguinte:

Tubo	Gelificação logo após preparação da solução	Gelificação logo após resfriamento da solução	Resultado (digerido/não digerido)
1			
2			
3			
4			

Tabela 4.

Resultados observáveis

Os resultados esperados na primeira observação (antes do resfriamento) são os mesmos para os quatro tubos: todos devem estar igualmente líquidos. Após o resfriamento, espera-se que a gelatina endureça, mas isso não ocorrerá nos tubos em que houve a ação de proteases, as quais digerem as

proteínas da gelatina. É o caso dos Tubos 2 e 4. No Tubo 2, isso ocorre em razão da presença de bromelina, característica do abacaxi. No Tubo 4, isso ocorre pela presença de uma protease adicionada à mistura que forma o amaciante de carne (a protease mais usada é a papaína, encontrada no mamão).

Discussão dos resultados

A discussão dos resultados pode ser encaminhada com base nas seguintes questões:

1. Em quais dos tubos ocorreu a digestão de proteínas da gelatina?
Nos Tubos 2 e 4, onde não houve gelificação.

2. Explique brevemente o processo que impede a gelificação no tubo em que há proteases.
As proteases digerem as cadeias de proteínas e impedem que elas se associem em cadeias muito longas. Como a formação da gelatina depende dessas cadeias, a gelificação não acontece.

3. O preparo prevê dois tubos de ensaio que funcionam como controles: um negativo e outro positivo. Qual a função desses controles?
O controle negativo, produzido apenas com gelatina e água, funciona como o "padrão de não ocorrência de digestão de proteínas". O controle positivo, feito com amaciante de carne, funciona como o "padrão de ocorrência de digestão de proteínas". Assim, os resultados dos Tubos 2 e 3 podem ser comparados a esses para então se afirmar a ocorrência ou não de digestão nesses tubos.

4. Que analogia se pode fazer entre esse conjunto de resultados experimentais e o processo de digestão que ocorre em nosso estômago?
A enzima do abacaxi é similar à protease que atua no estômago, ou seja, catalisa a digestão de proteínas e age melhor em pH ácido.

5. Muitas pessoas têm a prática de colocar cascas de mamão na carne por cerca de 20 minutos antes de prepará-la para que fique mais macia. Essa prática tem algum embasamento científico?
Tem fundamento, pois o mamão contém uma proteína similar à enzima do abacaxi (bromelina) e à protease do suco gástrico (pepsina). Trata-se da papaína, que também catalisa a digestão de proteínas e pode romper fibras da carne, amaciando-a.

6. E quanto à prática de ingerir frutas, como abacaxi, para auxiliar na digestão de determinados alimentos, como feijoada?
Também tem fundamento pela mesma razão: algumas frutas, como o mamão ou o abacaxi, possuem proteases, que vão atuar de maneira complementar às nossas próprias proteases na digestão do alimento, desde que encontrem o pH ótimo para atuação.

Após a discussão dos resultados, os estudantes serão capazes de identificar que a adição de uma protease, como a bromelina, leva à digestão mais rápida de um pedaço de carne ou de qualquer alimento que contenha muita proteína em sua constituição. É o caso, por exemplo, da gelatina, cujo processo de gelificação depende da integridade estrutural das moléculas de proteínas presentes.

Se achar pertinente, aproveite a ocasião para comentar o papel desempenhado pelas enzimas proteolíticas existentes nas plantas. Na maior parte dos casos, como a ficina (figo), a papaína (mamão) e a bromelina (abacaxi), elas estão relacionadas ao processo de amadurecimento dos frutos. Pergunte o que seria esperado se o experimento tivesse usado sucos industrializados em vez da fruta *in natura*. Espera-se que os estudantes percebam que esses sucos não contêm todas as substâncias presentes na fruta, o que pode incluir a protease, mais característica de certos frutos que ainda estão em estágio de amadurecimento.

Ampliação do estudo experimental

Uma possível extensão desta atividade é realizar um teste de presença de proteína em diversos alimentos, a fim de identificar quais contêm maior quantidade de proteína. Também é uma boa forma de abordar a concepção muito difundida, embora errônea, de que proteínas existem apenas em alimentos de origem animal. Para isso, basta obter amostras diversas de alimentos (por exemplo: rodelas de batata, clara de ovo, um pouco de feijão cozido, uma colher de sopa de óleo de cozinha, pedaços de bolacha de amido de milho, um punhado de cogumelos, um cubo de carne, uma colher de sopa de açúcar, uma colher de sopa de leite) e submetê-las ao teste de biureto. Nesse caso, o teste funciona melhor se feito em soluções, ou seja, se cada porção de alimento for previamente diluída em água (bater no liquidificador ou *mixer*).

O teste de biureto é feito adicionando-se, a cada solução a ser testada, 5 gotas de solução de sulfato de cobre a 1% (1 g para 100 mL de água), seguidas de 5 gotas de solução de hidróxido de sódio a 10% (10 g para 100 mL de água), comparando a cor resultante, em cada amostra, à cor de duas referências, previamente preparadas em dois fracos: um com água (controle negativo após teste de biureto) em copo transparente (ou tubo de ensaio) e outro com clara de ovo (controle positivo após teste de biureto).

PARA SABER MAIS

LIMA, S. L. T. de e cols. Estudo da atividade proteolítica de enzimas presentes em frutos. *Química Nova na Escola*, 28: 47-49, 2008. Disponível em: <http://goo.gl/rYqu6w>. Acesso em: 21 maio 2014.

MUSSATTO, S. I. e cols. Enzimas: poderosa ferramenta na indústria. *Ciência Hoje*, 41 (242), 2007. Disponível em: <http://goo.gl/afMnFn>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Trânsito digestivo – vídeo educativo do acervo da biblioteca do Centro de Ciências da Saúde da UFRJ. Disponível em: <http://goo.gl/DZkCYf>. Acesso em: 21 jul. 2014.

TEMA 9: SISTEMA MUSCULOESQUELÉTICO[14]

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A locomoção e a sustentação corpórea dos vertebrados são funções desempenhadas pelo sistema musculoesquelético. Esse sistema é composto principalmente por ossos, músculos, articulações, tendões e ligamentos. Cada tecido que forma essas estruturas possui características próprias.

O conjunto de coxa e sobrecoxa de frango será usado neste estudo como exemplo da organização do sistema musculoesquelético nos animais vertebrados. O objetivo deste trabalho, mais que saber nomear as partes desse sistema, é identificar como elas se complementam para produzir sustentação e movimento. Dessa forma, a proposta é realizar uma análise comparativa entre o material fresco (conjunto de coxa e sobrecoxa de frango) e imagens sobre o equivalente no ser humano.

Problemas a ser investigados

Como você consegue se movimentar? Como os componentes do sistema musculoesquelético se articulam de forma que produzam movimento?

Habilidades

Compreender a organização funcional do sistema musculoesquelético; identificar a relação entre arranjo anatômico e desempenho funcional dos componentes desse sistema; realizar a dissecação de material fresco utilizando instrumentos cirúrgicos; comparar uma estrutura no material fresco com sua representação em pranchas anatômicas.

Número de aulas

1 aula.

COMO INVESTIGAR O PROBLEMA?

Levantamento de hipóteses

É fundamental resgatar com os estudantes os níveis de organização da vida contidos em organismo (para o caso de organismos pluricelulares). Também é preciso se certificar de que identificam que, uma vez que um sistema é formado por órgãos e outras estruturas que se complementam de modo que preservem o desempenho da função do sistema, o arranjo anatômico dos componentes desse sistema deve refletir as funções parciais de cada estrutura. Questione-os: *Que tipo de informação relacionada à produção de movimento pode-se extrair da dissecação de um conjunto de coxa e sobrecoxa de frango? Que órgãos/estruturas associadas ao movimento esperam encontrar nessa*

[14] Este tema está articulado no Caderno do Professor da 3ª série do Ensino Médio de apoio ao Currículo do Estado de São Paulo (São Paulo faz escola) no que tange ao tema "Diversidade da vida - especificidades dos seres vivos" e tem como foco as estruturas anatômicas que propiciam a locomoção de animais vertebrados.

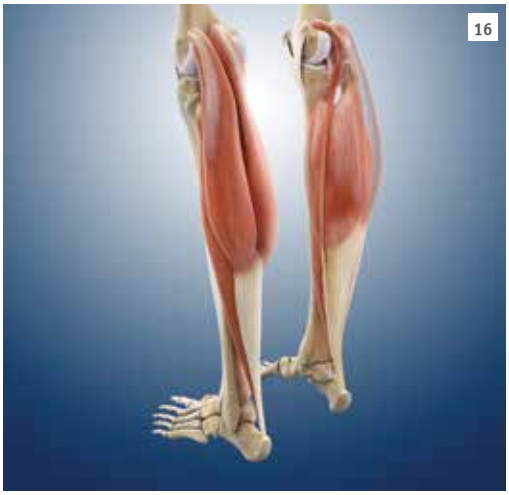
dissecação? Quanto esse arranjo anatômico e sua respectiva função se assemelham ao que ocorre no ser humano?

Espera-se que os estudantes mencionem, ao menos, ossos e músculos como componentes do movimento que devem ser observados na dissecação. Caso indiquem outros componentes, como tendões ou ligamentos, é conveniente perguntar o que sabem sobre eles e estimulá-los a trazer informações de seu cotidiano, como notícias de jogadores de futebol temporariamente afastados dos treinos por ligamentos rompidos ou lesão de outra natureza.

Execução da atividade experimental

Material necessário

Conjunto de coxa e sobrecoxa de frango com pele (a quantidade vai depender do arranjo escolhido para a aula. Recomenda-se que você, professor, proceda à dissecação, sob a forma de demonstração para toda a sala, e, nesse caso, apenas um conjunto é suficiente. Se decidir dividir os estudantes em grupos, será preciso disponibilizar um conjunto por grupo. Em qualquer caso, é importante ter em mente que o material usado em aula não deve ser aproveitado para alimentação pelo risco de contaminação. Também é fundamental controlar o desperdício de alimento, utilizando apenas uma quantidade de frango compatível com o ganho pedagógico propiciado pela atividade); bandeja de plástico ou folhas de jornal cobertas com sacos plásticos; instrumentos para dissecação: bisturi, tesoura de ponta romba, tesoura de ponta fina e pinça; pranchas de anatomia humana ou imagens de livros de anatomia disponíveis na biblioteca da escola ou fotocópias de imagens, como as inseridas a seguir, para que possam funcionar como fonte de comparação com o material fresco a ser dissecado.



© SPRINGER MEDIZIN/SCIENCE PHOTO LIBRARY/ SPL DC/Latinstock

© lukaves/iStock/Thinkstock/Getty Images

Figuras 16 e 17.

Procedimentos a ser adotados

Antes de iniciar a atividade, é fundamental avisar que os instrumentos de dissecação devem ser usados com cuidado. Especial cuidado deve ser tomado com o bisturi, pois seu corte é muito afiado e pode machucar seriamente. É importante destacar também que o material biológico deve ser utilizado responsavelmente, evitando brincadeiras inadequadas e o desperdício, pois, além de tudo, poderia ter sido usado como alimento.

Primeiramente, é necessário examinar a pele, puxando-a levemente com a pinça, de modo que se possa sentir sua elasticidade e a frouxa ligação com os tecidos abaixo dela. Depois, observar os pontos de inserção das penas e destacar o papel desses anexos epidérmicos.

© Eduardo Santaliestra/Estúdio Paulista

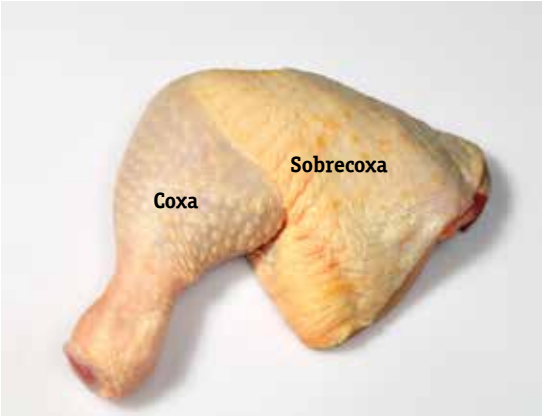


Figura 18.

Cortar a pele ao longo da sobrecoxa e da coxa do frango e desprendê-la da musculatura, tomando cuidado para não danificar os músculos. Nesse processo, procurar identificar o tecido conjuntivo (fina camada que liga a pele ao músculo) e o tecido adiposo, que nessa região não é muito abundante (são agrupamentos esparsos de substância amarelada).

© Eduardo Santaliestra/Estúdio Paulista

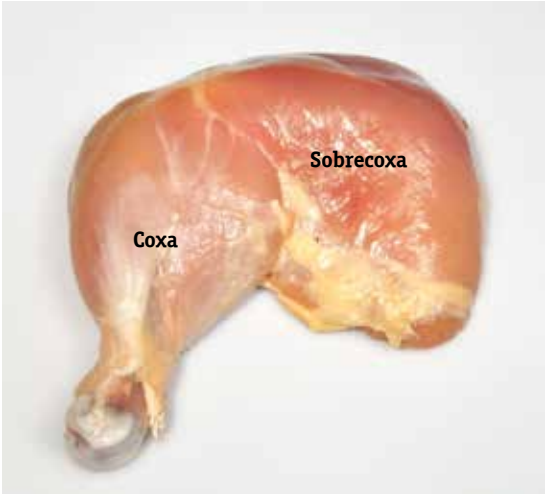
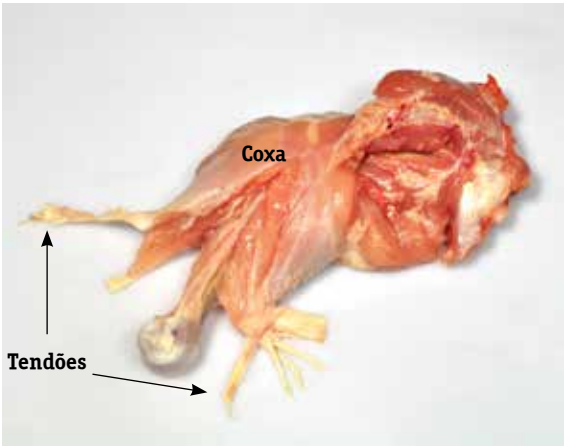


Figura 19.

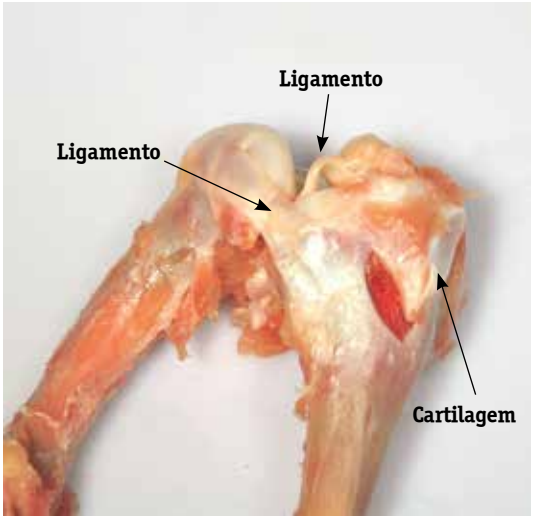
Observar os músculos tentando identificar os diversos grupos de acordo com o sentido das fibras. Identificar os tendões partindo dos músculos. Depois, desprender os músculos dos ossos e observar o revestimento cartilaginoso das articulações.



© Eduardo Santaliestra/Estúdio Paulista

Figura 20.

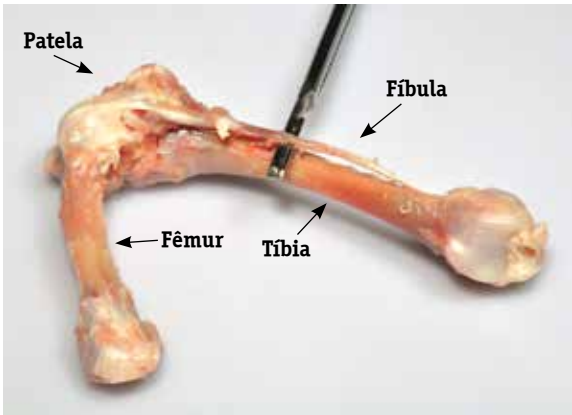
Remover o máximo possível do tecido muscular da região de articulação, com cuidado para não romper os ligamentos. Identificar os ligamentos, procurando verificar em quantos sentidos estão distribuídos na articulação.



© Eduardo Santaliestra/Estúdio Paulista

Figura 21.

Por fim, deixar os ossos totalmente livres de músculo. Observar que partes dos ossos estão revestidas por cartilagem.



© Eduardo Santaliestra/Estúdio Paulista

Figura 22.

Todos devem lavar bem as mãos após o final da atividade.

Resultados observáveis

Os diversos grupos musculares podem ser identificados pelo sentido das fibras. Os longos filamentos brancos que ligam os músculos aos ossos são os tendões. Com a contração muscular, os ossos são puxados graças a essa conexão. Os ossos de uma articulação móvel estão conectados entre si pelos ligamentos, pequenos fios esbranquiçados que se distribuem em diversos sentidos, garantindo que o movimento de um osso não provoque seu deslocamento em relação ao conjunto. Os ossos são revestidos por cartilagem, em especial na região de contato na articulação móvel, o que evita o desgaste e o atrito durante a realização do movimento.

Discussão dos resultados

A discussão dos resultados pode ser encaminhada com as seguintes questões:

1. Que tipos de tecido puderam ser identificados no material fresco analisado?
Tecido epitelial, tecido conjuntivo, tecido adiposo, tecido muscular, tecido ósseo.

2. A coxa do frango corresponde à coxa de humanos ou a outra porção de seu sistema musculoesquelético?
Na verdade, a peça conhecida por coxa, no frango, corresponde à nossa panturrilha ("batata da perna") e a peça conhecida por sobrecoxa é que corresponde à nossa coxa. Certifique-se de que os estudantes estão conseguindo formar bem essa imagem, perguntando onde estaria o "joelho" do frango no conjunto observado (é a articulação analisada) e onde estaria o pé do frango nesse mesmo conjunto (abaixo da coxa).

3. Descreva como o conjunto observado produz movimento. Em sua resposta, indique a função específica de cada componente do sistema musculoesquelético.

Os músculos são compostos por diversas fibras. Eles são capazes de se contrair e encurtar, gerando o movimento dos ossos. Os tendões são cordões fibrosos de tecido conjuntivo, altamente resistentes, que ligam os músculos aos ossos. Por conta dessa ligação é que a contração dos músculos resulta no movimento dos ossos. Estes, por sua vez, oferecem apoio para os músculos, garantindo a sustentação do corpo durante o movimento. Os ligamentos conectam os ossos articulados uns aos outros, formando as articulações. A cartilagem, tecido conjuntivo caracterizado pela resistência aliada à flexibilidade, reveste os ossos ligados que formam uma articulação. Tem a função de evitar o desgaste e o atrito dos ossos durante o movimento.

A dissecação permite que os estudantes conheçam os componentes do sistema musculoesquelético e como se articulam para produzir movimento. Assim, eles podem ter uma noção geral da estreita associação entre forma e função nos seres vivos. Além disso, podem comparar o que observaram na dissecação com as imagens consultadas no início da atividade.

Ampliação do estudo experimental

Um possível desdobramento desta atividade é utilizar os ossos que sobraram ao final da dissecação para investigar sua composição. Para isso, eles podem ser mergulhados em vinagre por cerca de duas semanas. O ácido acético do vinagre vai reagir com o carbonato de cálcio do osso (a substância que dá a "dureza" ao osso), deixando-o flexível. Estimule os estudantes a explicar por que o osso, mesmo desmineralizado, não perde a forma, que se deve à estrutura de fibras de colágeno.

PARA SABER MAIS

HARMON, Katherine. Peça fundamental para os movimentos. Disponível em: <http://goo.gl/UQi7Yk>. Acesso em: 21 jul. 2014.

KRIEGER, John. How to dissect a chicken leg. Disponível em: <http://goo.gl/XtN7wQ>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Site com boas explicações e imagens sobre os diversos sistemas do corpo humano. Disponível em: <http://www.auladeanatomia.com/site/index.php>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Como fazer um osso flexível. Disponível em: <http://goo.gl/Gnwx8C>. Acesso em: 21 jul. 2014.

PARA FAZER MAIS

Atualmente, docentes de muitas instituições de ensino superior têm colocado a sua experiência em Projetos de Educação e Difusão, que são destinados ao apoio didático dos professores do Ensino Básico. As próprias instituições ou revistas especializadas em ensino de Biologia disponibilizam um grande acervo de protocolos de aulas práticas, atividades interativas, vídeos ou capacitação

para o desenvolvimento de experimentos relacionados aos temas do Currículo do Estado de São Paulo, para que os professores possam selecionar e adaptar as atividades mais adequadas aos perfis de suas turmas. A seguir, alguns exemplos de temas e de materiais disponíveis.

DNA

DNA vegetal na sala de aula. Disponível em: <http://goo.gl/k9qnAI>. Acesso em 21 jul. 2014.

Extração caseira de DNA de morango. Disponível em: <http://goo.gl/ZZewUn>. Acesso em: 21 jul. 2014.

O teste de DNA na sala de aula: é possível ensinar Biologia a partir de temas atuais? Disponível em: <http://geneticanaescola.com.br/vol-v1-artigo-01/>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Divisão celular

Observação de mitose em raiz de cebola:
Disponível em: <http://goo.gl/Kb4n0g>. Acesso em: 21 jul. 2014.
Disponível em: <http://geneticanaescola.com.br/vol-vii2-artigo-05/>. Acesso em: 21 jul. 2014.

As atividades de preparação de lâminas e observação de células em divisão celular podem ser complementadas com a identificação das fases e estabelecimento da sequência em que os eventos ocorrem usando os modelos de divisão celular presentes nos laboratórios da escola.

© Fernando Genaro/Fotoarena

Figura 23.

Genética

Mutantes de drosófila em aulas práticas de genética – o Laboratório de Drosofilídeos do Departamento de Genética e Biologia Evolutiva da Universidade de São Paulo fornece amostras de linhagens mutantes e selvagens de *Drosophila melanogaster* a escolas de Ensino Médio e oferece orientação didática para a utilização adequada do material em aulas práticas de Genética com foco nas leis de Mendel. As amostras devem ser solicitadas com antecedência mínima de duas semanas mediante preenchimento de formulário próprio, que deverá ser impresso, preenchido e enviado para o fax (11) 3091-7553. Alternativamente, esse formulário pode ser editado e enviado por correio eletrônico para crvilela@ib.usp.br. A orientação didática deve ser agendada via telefone. Não há serviço de remessa. As amostras deverão ser retiradas no local de atendimento na data estipulada.

Combinar e recombinar com os dominós. Disponível em: <http://geneticanaescola.com.br/wp-home/wp-content/uploads/2012/10/Genetica-na-Escola-32-Artigo-01.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Mutantes de tomateiro em aulas práticas de genética. Disponível em: <http://geneticanaescola.com.br/vol-vii1-artigo-01/>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Evolução

Selecione a mosca. Disponível em: <www.ib.usp.br/microgene>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Entendendo a seleção natural. Disponível em: <http://geneticanaescola.com.br/vol-vii2-artigo-08/>. Acesso em: 21 jul. 2014.

O papel da seleção natural na camuflagem. Disponível em: <http://geneticanaescola.com.br/vol-viii2-artigo-02/>. Acesso em: 21 jul. 2014.

A seleção natural em ação: o caso das joaninhas. Disponível em: <http://geneticanaescola.com.br/vol-iv2-artigo-09/>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Os tentilhões de Galápagos: o que Darwin não viu, mas os Grant viram. Disponível em: <http://geneticanaescola.com.br/wp-home/wp-content/uploads/2012/10/Genetica-na-Escola-11-Artigo-01.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2014.

Outros temas

Os Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPIDs) são grupos de pesquisa financiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo (Fapesp) e que disponibilizam uma série de materiais para professores do Ensino Básico. Os CEPIDs abrangem uma grande diversidade de tópicos de pesquisa, como Genética Humana e Células-Tronco, Câncer, Sono, Obesidade, Neurociências, entre vários outros. Vale a pena conhecer os materiais de difusão desses centros, que estão espalhados pelo Estado de São Paulo. Disponível em: <http://cepid.fapesp.br/home/>. Acesso em: 21 jul. 2014.

CONCEPÇÃO E COORDENAÇÃO GERAL
PRIMEIRA EDIÇÃO 2014

COORDENADORIA DE GESTÃO DA EDUCAÇÃO BÁSICA (CGEB)

Coordenadora
Maria Elizabete da Costa

Diretor do Departamento de Desenvolvimento Curricular de Gestão da Educação Básica
João Freitas da Silva

Diretora do Centro de Ensino Fundamental dos Anos Finais, Ensino Médio e Educação Profissional – CEFAF
Valéria Tarantello de Georgel

Coordenação Técnica
Roberto Canossa
Roberto Liberato
Suely Cristina de Albuquerque Bomfim

PROGRAMA ENSINO INTEGRAL

Coordenação da elaboração dos materiais de apoio ao Programa Ensino Integral
Valéria de Souza

Apoio técnico e pedagógico
Marilena Rissutto Malvezzi

Equipe Técnica
Maria Silvia Sanchez Bortolozzo (coordenação), Carlos Sidiomar Menoli, Dayse Pereira da Silva, Elaine Aparecida Barbiero, Helena Cláudia Soares Achilles, João Torquato Junior, Kátia Vitorian Gellers, Maria Camila Mourão Mendonça de Barros, Maria Cecília Travain Camargo, Maria do Carmo Rodrigues Lurial Gomes, Maúna Soares de Baldini Rocha, Pepita de Souza Figueredo, Sandra Maria Fodra, Tomás Gustavo Pedro, Vera Lucia Martins Sette, Cleuza Silva Pulice (colabor.) e Wilma Delboni (colabor.)

GESTÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO EDITORIAL 2014

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI
Presidente da Diretoria Executiva
Mauro de Mesquita Spínola

Vice-Presidente da Diretoria Executiva
José Joaquim do Amaral Ferreira

GESTÃO DE TECNOLOGIAS EM EDUCAÇÃO

Direção da Área
Guilherme Ary Plonski

Coordenação Executiva do Projeto
Angela Sprenger e Beatriz Scavazza

Gestão da Produção Editorial
Luis Marcio Barbosa e Renata Simões

Equipe de Produção

Editorial: Guiomar Milan (coordenação), Bruno Reis, Carina Carvalho, Karina Kempter, Karinna A. C. Taddeo, Letícia Maria Delamare Cardoso, Marina Murphy e Natália Pereira Leal

Direitos autorais e iconografia: Denise Blanes (coordenação), Beatriz Fonseca Micsik, Érica Marques, José Carlos Augusto, Marcus Ecclissi e Vanessa Leite Rios

Produção editorial: Adesign (projeto gráfico) e Jairo Souza Design Gráfico (diagramação e ilustrações não creditadas)

ELABORAÇÃO DOS CONTEÚDOS ORIGINAIS

Coordenação do desenvolvimento dos conteúdos dos volumes de apoio ao Programa Ensino Integral
Ghisleine Trigo Silveira

Cadernos do Gestor

Avaliação da aprendizagem e nivelamento
Zuleika de Felice Murrie

Diretrizes do Programa Ensino Integral
Valéria de Souza (coord.), Carlos Sidiomar Menoli, Dayse Pereira da Silva, Elaine Aparecida Barbiero, Helena Cláudia Soares Achilles, João Torquato Junior, Kátia Vitorian Gellers, Maria Camila Mourão Mendonça de Barros, Maria Cecília Travain Camargo, Maria do Carmo Rodrigues Lurial Gomes, Maria Silvia Sanchez Bortolozzo, Maúna Soares de Baldini Rocha, Pepita de Souza Figueredo, Sandra Maria Fodra, Tomás Gustavo Pedro, Vera Lucia Martins Sette, Cleuza Silva Pulice (colabor.) e Wilma Delboni (colabor.)

Formação das equipes do Programa Ensino Integral – Vol. 1
Beatriz Garcia Sanchez, Cecília Dodorico Raposo Batista, Maristela Gallo Romanini e Thais Lanza Brandão Pinto

Formação das equipes do Programa Ensino Integral – Vol. 2
Beatriz Garcia Sanchez, Cecília Dodorico Raposo Batista, Maristela Gallo Romanini e Thais Lanza Brandão Pinto

Modelo de gestão do Programa Ensino Integral
Maria Camila Mourão Mendonça de Barros

Modelo de gestão de desempenho das equipes escolares
Ana Carolina Messias Shinoda e Maúna Soares de Baldini Rocha

Cadernos do Professor

Biologia: atividades experimentais e investigativas
Maria Augusta Querubim e Tatiana Nahas

Ciências Físicas e Biológicas: atividades experimentais e investigativas
Eugênio Maria de França Ramos, João Carlos Miguel Tomaz Micheletti Neto, Maíra Batistoni e Silva, Maria Augusta Querubim, Maria Fernanda Penteado Lamas e Yassuko Hosoume

Física: atividades experimentais e investigativas
Eugênio Maria de França Ramos, Marcelo Eduardo Fonseca Teixeira, Ricardo Rechi Aguiar e Yassuko Hosoume

Manejo e gestão de laboratório: guia de laboratório e de descarte
Solange Wagner Locatelli

Matemática: atividades experimentais e investigativas – Ensino Fundamental – Anos Finais
Maria Silvia Brumatti Sentelhas

Matemática: atividades experimentais e investigativas – Ensino Médio
Ruy César Pietropaolo

Pré-iniciação Científica: desenvolvimento de projeto de pesquisa
Dayse Pereira da Silva e Sandra M. Rudella Tonidandel

Preparação Acadêmica
Marcelo Camargo Nonato

Projeto de Vida – Ensino Fundamental – Anos Finais
Isa Maria Ferreira da Rosa Guará e Maria Elizabeth Seidl Machado

Projeto de Vida – Ensino Médio
Isa Maria Ferreira da Rosa Guará e Maria Elizabeth Seidl Machado

Protagonismo Juvenil
Daniele Próspero e Rayssa Winnie da Silva Aguiar

Química: atividades experimentais e investigativas
Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto e Maria Fernanda Penteado Lamas

Robótica – Ensino Fundamental – Anos Finais
Alex de Lima Barros

Robótica – Ensino Médio
Manoel José dos Santos Sena

Tutoria e Orientação de estudos
Cristiane Cagnoto Mori, Jacqueline Peixoto Barbosa e Sandra Maria Fodra

Cadernos do Aluno

Projeto de Vida – Ensino Fundamental – Anos Finais
Pepita de Souza Figueredo e Tomás Gustavo Pedro

Projeto de Vida – Ensino Médio
Pepita de Souza Figueredo e Tomás Gustavo Pedro

Apoio
Fundação para o Desenvolvimento da Educação – FDE

• Nos cadernos de apoio ao Programa Ensino Integral são indicados *sites* para o aprofundamento de conhecimentos, como fonte de consulta dos conteúdos apresentados e como referências bibliográficas. Todos esses endereços eletrônicos foram checados. No entanto, como a internet é um meio dinâmico e sujeito a mudanças, a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo não garante que os *sites* indicados permaneçam acessíveis ou inalterados.

• Os mapas reproduzidos no material são de autoria de terceiros e mantêm as características dos originais no que diz respeito à grafia adotada e à inclusão e composição dos elementos cartográficos (escala, legenda e rosa dos ventos).

Catalogação na Fonte: Centro de Referência em Educação Mario Covas

S239b São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.

Biologia: atividades experimentais e investigativas; Ensino Médio - Caderno do Professor/ Secretaria da Educação; coordenação, Valéria de Souza; textos, Maria Augusta Querubim, Tatiana Nahas. - São Paulo : SE, 2014.

56 p.

Material de apoio ao Programa Ensino Integral do Estado de São Paulo.

ISBN 978-85-7849-696-8

1. Biologia 2. Atividade prática 3. Ensino Médio 4. Programa Ensino Integral 5. São Paulo I. Souza, Valéria de. II. Querubim, Maria Augusta. III. Nahas, Tatiana. IV. Título.

CDU: 371.314:373.5:573(815.6)

A Secretaria da Educação do Estado de São Paulo autoriza a reprodução do conteúdo do material de sua titularidade pelas demais secretarias de educação do país, desde que mantida a integridade da obra e dos créditos, ressaltando que direitos autorais protegidos* deverão ser diretamente negociados com seus próprios titulares, sob pena de infração aos artigos da Lei nº 9.610/98.
* Constituem "direitos autorais protegidos" todas e quaisquer obras de terceiros reproduzidas no material da SEE-SP que não estejam em domínio público nos termos do artigo 41 da Lei de Direitos Autorais.

GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO