KLS

Diversidade de Fanerógamas

Diversidade de Fanerógamas

Aldení Silva de Lima

© 2019 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente
Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica
Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico
Ana Lucia Jankovic Barduchi
Danielly Nunes Andrade Noé
Grasiele Aparecida Lourenço
Isabel Cristina Chagas Barbin
Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica
Sônia Aparecida Santiago
Rafaela Benatti de Oliveira

Editorial
Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)
Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Lima, Aldení Silva de
L732d Diversidade de fanerógamas / Aldení Silva de Lima. –
Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.
184 p.

ISBN 978-85-522-1375-8

1. Morfologia vegetal. 2. Gimnospermas. 3. Angiospermas. I. Lima, Aldení Silva de. II. Título.

CDD 580

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2019
Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza
CEP: 86041-100 — Londrina — PR
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br
Homepage: http://www.kroton.com.br/

Sumário

Unidade 1

Biologia de gimnospermas 7

Seção 1.1

Origem e classificação: gimnospermas 9

Seção 1.2

Ciclo de vida das gimnospermas 21

Seção 1.3

Identificação de gimnospermas 35

Unidade 2

Biologia de angiospermas 49

Seção 2.1

Origem e evolução das angiospermas 51

Seção 2.2

Classificação das angiospermas 63

Seção 2.3

Anatomia e reprodução das angiospermas 76

Unidade 3

Morfologia de órgãos vegetativos 91

Seção 3.1

Estrutura: flor e fruto 93

Seção 3.2

Dispersão de sementes 105

Seção 3.3

Produtos vegetais 117

Unidade 4

Sistemática vegetal e coleções botânicas 131

Seção 4.1

Sistemática botânica 133

Seção 4.2

Taxonomia de angiospermas 145

Seção 4.3

Montagem de exsicata para herbários 160

Palavras do autor

Caro aluno, seja bem-vindo à disciplina de Diversidade de Fanerógamas!

Neste livro didático, você encontrará informações atualizadas, bem como uma linguagem dialogada com ilustrações que irão te auxiliar na compreensão de conceitos referentes à diversidade de fanerógamas.

O termo diversidade se refere à amplitude de formas, variedades, ou seja, é amplo, mas essa amplitude está direcionada a outro termo: fanerógamas – que são as plantas com órgão sexuais visíveis. Em um contexto mais atual, também podemos considerar as fanerógamas como espermatófitas, que significa plantas com sementes, as quais estão divididas em gimnospermas e angiospermas.

O conhecimento sobre as características evolutivas, reprodutivas e morfoanatômicas, bem como os representantes desses grupos de plantas são muito importantes, uma vez que as espermatófitas representam as plantas vasculares mais diversificadas.

Assim, prezado aluno, é de extraordinária relevância para sua profissão conhecer as gimnospermas e angiospermas, pois seus representantes têm uma história de origem, evolução e adaptação muito interessantes para o entendimento da ocupação do ambiente terrestre pelos vegetais assim como para relacionar com os impactos sobre a sociedade humana. Reflita em como as fanerógamas são importantíssimas para a diversidade da flora e fauna global além do seu valor ornamental, madeireiro, alimentício, de reflorestamento, na produção de fármacos, cosméticos e até mesmo no artesanato. Assim, saber identificar as fanerógamas baseadas nas suas características morfológicas e reprodutiva e aplicar esses conhecimentos de forma prática, entre outras finalidades, constitui parte da formação profissional.

Caro aluno, nesta disciplina você vai conhecer e identificar as fanerógamas, além de desvendar como se originaram e evoluíram, e distinguir as principais características reprodutivas das gimnospermas e angiospermas. Mais adiante, você aplicará corretamente os conhecimentos de sistemática botânica para classificar e nomear a vegetação coletada de um determinado

local. É importante ressaltar ainda a aplicação do processo de herborização e montagem de exsicatas do material coletado, pois essa é uma ferramenta extraordinária para documentar a ocorrência da espécie em determinada localidade.

Ao longo deste livro didático, apresentaremos todos os conteúdos fundamentais em quatro unidades, cada qual com três seções, com o objetivo de prepará-lo de forma teórica e prática para o conhecimento das características evolutivas, morfoanatômicas e reprodutivas, bem como para identificação taxonômica das fanerógamas.

Vamos conhecer a surpreendente diversidade das fanerógamas; dedique-se à leitura de todos os textos, pesquise mais os itens indicados em cada seção e discuta com seus colegas sobre os casos apresentados e as soluções deles. Não deixe de desenvolver seu aprendizado com as aulas práticas, pois elas lhe ajudarão muito a ter, entre outras aptidões primordiais, autonomia e uma capacidade de reflexão mais acurada, o que aumentará sua visão de mundo e será um diferencial na sua vida acadêmica e profissional.

Bons estudos!

Unidade 1

Biologia de gimnospermas

Convite ao estudo

Olá, caro aluno. Vamos começar nossos estudos de diversidade de fanerógamas! Na primeira unidade desta disciplina, você descobrirá como as gimnospermas surgiram, suas características evolutivas, como ocorre a sua distribuição nos diferentes habitats e os seus principais representantes – que formam o grupo de plantas com sementes nuas. Você já parou para pensar como as primeiras gimnospermas surgiram? E qual será sua relação com as angiospermas? De que forma o conhecimento da diversidade de fanerógamas pode auxiliar atividades profissionais de um biólogo, seja lecionando ou trabalhando em alguma empresa? Desvende em cada seção desta disciplina como a diversidade de fanerógamas lhe ajudará em sua profissão.

Nesta unidade, abordaremos assuntos que o possibilitarão aplicar os fundamentos da filogenia, evolução, classificação, morfologia e reprodução de gimnospermas e angiospermas, os quais são indispensáveis na sua profissão. Então, para apreender esses conhecimentos corretamente e de forma eficiente, ao concluir esta unidade, você deverá efetuar a classificação de gimnospermas e angiospermas mediante levantamento botânico de campo, com elaboração de cartilha ilustrada.

Para auxiliá-lo nesta trajetória, vamos avaliar o contexto a seguir.

Refletindo sobre a diversidade vegetal, há um grupo de plantas composto por raiz, caule, folhas e sementes, estando ausentes flores e frutos, portanto, as sementes são nuas, não revestidas por frutos. Para alguns, ocorrem estruturas em forma de cone e com escamas, que atuam na proteção e dispersão das sementes. Você já sabe de qual grupo de plantas estamos nos referindo? As gimnospermas!

A ampla diversidade de gimnospermas demonstra sua importância ecológica nos ecossistemas naturais, da mesma forma que corresponde aos mais diversos tipos de aplicabilidades para o homem. Ela também representa particular importância aos estudos botânicos por serem as primeiras plantas a desenvolver sementes no processo evolutivo dos vegetais, além de constituírem os primeiros vegetais com independência da água para a reprodução.

Caro aluno, para desbravar o mundo da diversidade de fanerógamas, você, enquanto biólogo, foi contratado por uma empresa de consultoria vegetal e sustentabilidade com destaque em relação à utilização das gimnospermas como elemento paisagístico. Geralmente, algumas gimnospermas são cultivadas como ornamentais, compondo jardins e arborização de zonas urbanas devido ao seu porte exuberante.

Para alcançar os objetivos rotineiros do trabalho, você percebeu que precisaria se esforçar muito para conhecer as espécies de gimnospermas que poderiam ser utilizadas com a finalidade de elemento paisagístico, além de dominar o conhecimento sobre a morfoanatomia e ocorrência natural dessas plantas.

Você também foi selecionado para ser o coordenador do setor responsável pelas visitas técnicas aos locais em que serão prestadas as consultorias e, ao reunir-se com o seu grupo de trabalho, percebeu que a maioria não tinha conhecimentos suficientes sobre esse grupo de plantas, pois esse era um projeto inovador da empresa, com uma equipe formada por arquitetos, engenheiros, biólogos e agrônomos. Então, você sugeriu um treinamento à sua equipe com visitas de campo, coleta e identificação dos materiais de interesse. Logo após esse treinamento, você e sua equipe terão de elaborar uma cartilha ilustrada com as principais espécies de gimnospermas utilizadas como elemento paisagístico, tornando-a um guia de consulta aos novatos da empresa.

Caro aluno, vamos juntos resolver esse desafio.

Preparado? Então vamos iniciar!

Seção 1.1

Origem e classificação: gimnospermas

Diálogo aberto

Prezado aluno, neste primeiro momento da disciplina você aprenderá sobre as características e os conceitos das gimnospermas, assim como a sua história evolutiva. Abordaremos as gimnospermas extintas e atuais e entenderemos como esses grupos são importantes para o estudo da evolução das plantas com sementes. Esses aspectos lhe ajudarão a perceber e aplicar corretamente os saberes botânicos em sua carreira profissional.

Dessa forma, uma das primeiras demandas após você ter sido contratado pela empresa de consultoria vegetal foi o acompanhamento de uma visita técnica solicitada por uma determinada universidade. Essa universidade está buscando empresas que trabalhem com a diversidade vegetal na prática e também efetue palestras de divulgação de sustentabilidade e Educação Ambiental, pois isso será interessante no aprendizado de como aplicar os conhecimentos adquiridos em aula, para mostrar o mercado profissional para os alunos e despertar o seu interesse para as mais diversas áreas profissionais. Após o seu supervisor ter recebido o memorando solicitando a visita técnica, ele demandou que você e sua equipe coordenassem esse trabalho a fim de repassarem e aprimorarem o conhecimento que adquiriram durante o treinamento inicial, com as visitas de campo e participações em mesas redondas e debates em vários congressos e reuniões. Considerando que a palestra será para os alunos dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Biologia, algumas questões foram levantadas pela equipe além do tema sustentabilidade: como a empresa que você trabalha poderia ajudar esses alunos a fixarem os conhecimentos sobre gimnospermas? Como você e sua equipe apresentariam os conhecimentos da diversidade vegetal para esses alunos? Como esses alunos poderiam utilizar o conhecimento da morfologia das gimnospermas de forma prática, trabalhando na mesma empresa que você?

Vamos lá?

Não pode faltar

Prezado aluno, vamos começar nossa trajetória para desvendar a biologia das gimnospermas!

Nesta seção abordaremos as características e os conceitos das gimnospermas e as gimnospermas extintas e atuais, relacionando-as com as suas características evolutivas.

Você já observou algumas árvores altas com folhas em forma de agulha (aciculadas) que liberam estruturas em forma de cone, as quais contêm sementes que são bastante utilizadas na culinária gaúcha e conhecidas como pinhão? A descrição dessa planta corresponde aos pinheiros, que é um dos representantes das gimnospermas, e também se refere ao grupo pelo qual iniciaremos os estudos nesta seção.

Na linha evolutiva das plantas, veremos mais adiante que as gimnospermas surgiram após as pteridófitas e compartilham com estas a presença de vasos condutores (xilema e floema), tendo como novidade evolutiva o surgimento da semente, que não apareceu por acaso, mas sim, provavelmente, a partir de caracteres de seu grupo ancestral, as progimnospermas. Essa origem bem como a evolução desse grupo serão abordadas mais adiante; por ora, vamos nos concentrar nas características das gimnospermas.

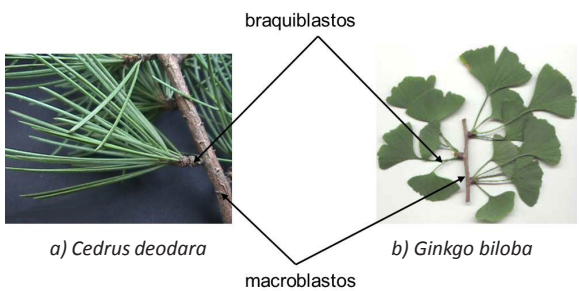
Para falar das características desse grupo de plantas, vamos relembrar quais as partes que formam um vegetal? Essa é uma tarefa bem fácil, mas devemos considerar um detalhe importantíssimo: as gimnospermas não possuem flores nem frutos, portanto, suas sementes são nuas, não revestidas por frutos, ou seja, seus óvulos e sementes são expostos. Já as outras partes das plantas, como a raiz, o caule e as folhas estão presentes nas gimnospermas.

O sistema radicular é axial, podendo ocorrer raízes subterrâneas ou aéreas, além disso, os caules podem ser ramificados ou não, com o ápice contendo um conjunto de folhas verticiladas. Os seus ramos podem ter duas denominações, ambos demostrados na Figura 1.1:

1. Braquiblastos – são denominados os ramos curtos e laterais do caule, de crescimentos limitados e diferenciados apenas para a inserção de folhas e não para a expansão da planta.

2. Macroblastos – por sua vez, são longos e abrigam os braquiblastos. As folhas podem ser simples (apenas para Cycadales) ou compostas.

Figura 1.1| Braquiblastos e Macroblastos



Fontes: adaptada de http://www.plantasyhongos.es/glosario/braquiblasto.htm; http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema1/1-2tallo.htm. Acesso em: 20 ago. 2018.

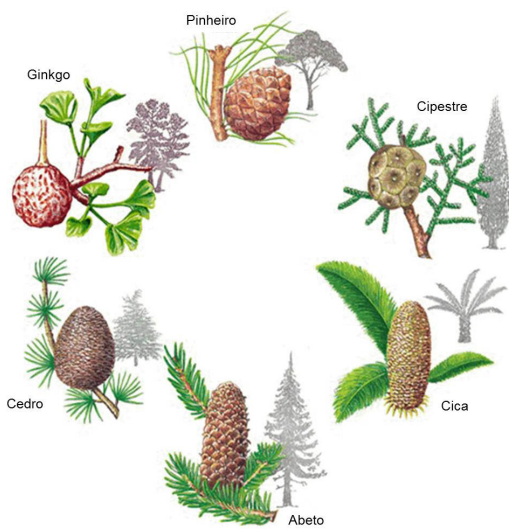
Dentre os tipos mais comuns de folhas das gimnospermas, são observadas folhas acículas, longas e finas ou folhas escamiformes, sendo curtas e espessas, em forma de escamas.

As gimnospermas são plantas lenhosas, que apresentam, em muitos casos, crescimento secundário. Elas também possuem vasos condutores (traqueófitas), com a presença de xilema e floema, em que o xilema é formado por feixes de condução de lignina e resina.

Caro aluno, agora que já falamos sobre raiz, caule e folhas das gimnospermas, vamos voltar àquele detalhe importantíssimo que mencionamos anteriormente: se as gimnospermas não possuem frutos, o que seriam aquelas estruturas que se situam nas laterais dos ramos, que apresentam escamas, abrigam as sementes e em algumas espécies possuem forma de cone? Essas estruturas são chamadas de estróbilos ou cones, as quais são compostas por folhas modificadas, organizando-se de forma espiralada e atuando na proteção e dispersão das sementes. Esses estróbilos podem ser simples, formados por um eixo com esporofilos, ou composto constituído por escamas ovulíferas que portam esporângios.

A Figura 1.2 demonstra alguns tipos de estróbilos com formas e tamanhos variados de acordo com a espécie.

Figura 1.2 | Tipos de estróbilos



Fonte: adaptada de https://www.algosobre.com.br/biologia/gimnospermas. Acesso em: 20 ago. 2018.

O estróbilo pode ser masculino, que produzirá grãos de pólen, ou feminino e produzir óvulos, tendo função primordial na reprodução das gimnospermas

(mas esse assunto você vai aprender na próxima seção). Após essa breve descrição sobre essa estrutura diferencial (estróbilo) encontrada nas gimnospermas, vamos enfatizar que o surgimento das sementes e a independência da água para a fecundação foram novidades evolutivas que permitiram que esse grupo de plantas conquistassem definitivamente o ambiente terrestre. Essa independência da água só se tornou possível devido ao desenvolvimento de estruturas receptoras do grão de pólen e posterior formação do tubo polínico.

Reflita

Caso as plantas não tivessem essa surpreendente característica evolutiva, que é a semente, qual o impacto que isso poderia ter causado na ocupação e diversidade das plantas no mundo? Isso afetaria a biodiversidade de plantas e animais? Pense em como seria o mundo sem as plantas com sementes!

Caro aluno, para entendermos como surgiram as primeiras plantas com sementes e a sua relação com as gimnospermas, precisamos viajar no tempo, mais precisamente cerca de 380 milhões de anos atrás (Reece et al., 2015), pois os fósseis encontrados naquela época revelam que algumas plantas apresentavam megásporos e micrósporos, características essas que também estão presentes em plantas com sementes. Podemos citar como exemplo: *Archaeopteris, que* dominaram as florestas entre 370 e 340 milhões de anos atrás (EVERT; EICHHORN, 2014) e apresentavam várias características similares às gimnospermas, como algumas espécies heterosporadas (formação de dois tipos de esporos: masculinos - micrósporos e femininos - megásporos) com um caule lenhoso e diâmetros superiores a 10 m, assim, com indicativos de que alguns representantes desse gênero tinham um porte alto, mas ela apresentava folhas semelhantes às das samambaias (Pteridófitas) e não desenvolviam sementes, então, não podia ser classificada como planta com sementes.

Você já pensou que as primeiras plantas com sementes que aparecerem no registro fóssil datam de 360 milhões de anos atrás, ou seja, 55 milhões de anos antes dos primeiros fósseis de gimnospermas atuais e mais de 200 milhões de anos antes dos primeiros fósseis de angiospermas atuais? Infelizmente, essas primeiras plantas com sementes foram extintas e vários autores (JUDD et al., 2009; EVERT; EICHHORN, 2014; REECE et al., 2015, entre outros) relatam não saberem ao certo qual linhagem extinta deu origem às gimnospermas.

Dois grupos de gimnospermas extintas, que são as Pteridospermales ("samambaias com sementes") e as Cordaitales (plantas primitivas semelhantes a coníferas) são citadas por Evert e Eichhorn (2014). As Pteridospermales habitaram o mundo do Devoniano ao Jurássico, formando um grupo bastante diversificado e muito artificial. Evert e Eichhorn (2014) também supõem que

as Pteridospermales, incluindo *Medullosa*, estão situadas na base da filogenia das plantas com sementes, porém, a relação exata entre esses diferentes grupos de pteridospermas e as gimnospermas atuais permanece incerta.

As Bennettitales ou cicadoídeas são outro grupo de gimnospermas extintas que apresentavam folhas semelhantes às das palmeiras, lembrando, de alguma forma, as cicadófitas atuais. Esse grupo de plantas esteve presente no período Mesozoico e possivelmente desapareceu durante o Cretáceo. As Bennettitales diferem das cicadófitas em vários aspectos quanto à reprodução, incluindo a presença de estruturas reprodutivas semelhantes às flores, que eram bissexuadas em algumas espécies.

Os fósseis mais antigos de gimnospermas atuais datam de cerca de 305 milhões de anos atrás, e os ambientes em que habitavam eram caracterizados como ecossistemas úmidos do Carbonífero e ainda dominados por licófitas, cavalinhas, samambaias e outras plantas vasculares sem sementes.

Figura 1.3 | Ambiente da Era Mesozoica

Fonte: iStock.

Caro aluno, agora que já falamos sobre as características das gimnospermas, as teorias da sua possível origem bem como seus aspectos, vamos conhecer as gimnospermas atuais? Podemos dizer que as gimnospermas atuais estão agrupadas em quatro filos (Cycadophyta, Ginkgophyta, Conipherophyta e Gnetophyta), mas vale ressaltar que as relações filogenéticas entre eles continuam incertas. Análises moleculares recentes indicam que esses quatro grupos atuais são monofiléticos, isto é, os grupos têm um ancestral e todos os seus descendentes. Porém, quando grupos fósseis e atuais são considerados, as gimnospermas são consideradas parafiléticas, contendo um ancestral comum e alguns dos seus descendentes.

Vamos iniciar nosso estudo das gimnospermas atuais pelo filo Cycadophyta. As Cycas são plantas com aspecto de palmeiras, pouco ou não ramificadas, caule lenhoso e com as folhas compostas, pinadas (na maioria dos representantes), concentradas no ápice do caule e distribuídas em forma de espiral. As cicas se desenvolveram durante a era Mesozoica, conhecida como a idade das cicas ou

idade dos dinossauros, como vimos anteriormente. As Cycadales compartilham algumas características morfológicas visivelmente derivadas, como a ausência de ramificação lateral, a presença de traços foliares em forma de ômega e a produção de raízes coraliformes que abrigam cianobactérias fixadoras de nitrogênio. É importante ressaltar que esse filo manteve uma suposta condição ancestral, que foi possuir diversos óvulos aderidos a megasporófilos foliáceos, os quais não estavam condensados em estróbilos.

No filo Ginkgophyta, o seu único representante (*Ginkgo biloba* L.) possui folhas decíduas em forma de leque e com venação dicotômica, sendo essa característica considerada por Judd et al. (2009) como uma das prováveis características mais marcantes. Assim como as cicas, os ginkgos têm gametas masculinos capazes de se locomover, fato esse considerado uma característica ancestral.

Filo Conipherophyta tem como seus representantes arbustos ou árvores com madeira bem desenvolvida e, geralmente, com folhas aciculares. Na maior parte dos seus representantes, as folhas nascem de forma isolada ao longo do caule, mas nos pinheiros (*Pinus* sp.) elas se encontram condensadas em pequenos ramos. Outra característica das coníferas é que muitas delas são monoicas, possuindo estróbilos formadores de pólen (simples) e estróbilos formadores de sementes (complexos) na mesma planta.

Exemplificando

É interessante ressaltar que as gimnospermas constituem um grupo de espécies amplamente utilizadas para fins econômicos e ornamentais. Nesse sentido, os pinheiros, que são representantes do filo Conipherophyta, possuem uma resina (Figura 1.4) que é extraída e utilizada comercialmente na indústria química, originando dois produtos principais: terebintina e breu. Esses dois produtos, por sua vez, são usados na fabricação de cosméticos, pneus, verniz, tinta, goma de mascar e vários outros produtos.

Figura 1.4 | Exemplo de resina de pinheiro, representante das coníferas

Fonte: iStock.

Filo Gnetophyta tem representantes que podem possuir desde folha escamiformes e muito reduzidas até folhas largas, essas últimas parecidas com as folhas que ocorrem na maioria das plantas com flores. Mesmo apresentando essa amplitude na diversificação das folhas, os seus representantes compartilham algumas características peculiares, como folhas

opostas, gemas axilares múltiplas, elementos de vasos com aberturas em forma de círculo entre as células próximas, estróbilos masculinos e femininos compostos e condição ancestral de pólen elipsoide com estrias longitudinais marcantes. Esse pólen estriado, característico de espécies de *Ephedra* sp. e *Welwitschia mirabilis* Hook.f. foi aparentemente perdido ao longo da linhagem que deu origem às espécies atuais de *Gnetum* (que possuem grãos de pólen sem aberturas). Alguns autores sugerem que os representantes desse filo são mais próximos das angiospermas, mas isso ainda é controverso.

Caro aluno, o ponto fundamental da biologia das gimnospermas são os conceitos e as características morfológicas, assim como a sua origem e evolução, pois, a partir dessa base teórica, iremos avançar nos conhecimentos sobre esse grupo de plantas tão importante para o entendimento da ocupação das plantas no ambiente terrestre.

Nas próximas seções vamos conhecer mais aspectos importantes sobre as gimnospermas.

Até a próxima!

Dica

Não deixe de ler o texto *É pau, é pedra*, da Maria Guimarães, publicada na Revista FAPESP. Nesse curiosíssimo texto você descobrirá como plantas petrificadas são importantes para revelar como era a paisagem de um local há quase 300 milhões de anos.

GUIMARÃES, M. É pau, é pedra. **Revista Pesquisa FAPESP.** 210. ed., ago. 2013.

Sem medo de errar

Caro aluno, até o momento você aprendeu sobre as características e os conceitos das gimnospermas, como surgiram e evoluíram – ressaltando que o entendimento da evolução das gimnospermas não seria possível se não falássemos sobre as gimnospermas extintas, seus representantes e características. Após conhecer a história evolutiva desse grupo de plantas, podemos avançar para os seus representantes atuais e relacionar algumas características das gimnospermas extintas com as atuais. Sabe-se que mesmo as relações filogenéticas sobre os quatro filos atuais de gimnospermas (Cycadophyta, Ginkgophyta, Conipherophyta e Gnetophyta) continuam indefinidas.

Todos esses aspectos observados demostram a importância de estudar esse grupo de plantas para entendermos como se deu a ocupação do ambiente

terrestre pelas plantas e quais as adaptações/evoluções que foram necessárias para isso.

Dessa forma, uma das primeiras demandas após você ter sido contratado pela empresa de consultoria vegetal foi o acompanhamento de uma visita técnica solicitada por uma determinada universidade, a qual buscou empresas que trabalham com a diversidade vegetal na prática e também efetuam palestras de divulgação de sustentabilidade e educação ambiental.

Antes da visita, você se reuniu com a sua equipe para organizar o roteiro da visita e direcionar a resolução dos questionamentos. Ao fim, vocês adotaram os princípios norteadores a seguir: como a empresa que você trabalha poderia ajudar esses alunos a fixarem os conhecimentos sobre gimnospermas? Como você e sua equipe apresentariam os conhecimentos da diversidade vegetal para esses alunos? Como esses alunos poderiam utilizar o conhecimento da morfologia das gimnospermas de forma prática trabalhando na mesma empresa que você?

Diante desses questionamentos, vocês decidiram que a melhor forma de abordar os assuntos seria uma palestra. Então, você e sua equipe montaram uma apresentação de slides simples, só com esquemas e diversas imagens para mostrarem os conceitos de sustentabilidade e aproveitaram para expor as características principais das gimnospermas. É interessante ressaltar que as imagens utilizadas na apresentação foram bastante diversificadas e abordavam alguns representantes das gimnospermas atuais, como cicas e pinheiros, além de demonstrar a utilização desses representantes de forma prática, como o uso no paisagismo.

A palestra foi bastante enriquecedora, pois os alunos participaram ativamente fazendo vários questionamentos sobre as características principais das gimnospermas e sobre a aplicabilidade da diversidade vegetal.

Após esse primeiro momento com os alunos, você e sua equipe sentiram a necessidade de mostrar todos os setores da empresa, como funciona e o que cada setor tem que desenvolver para alcançar os objetivos da empresa. Então, você e sua equipe direcionaram os alunos a cada setor apresentando as suas atividades, como a pesquisa de campo, a elaboração de materiais explicativos e demonstrativos para serem apresentados aos clientes, a produção das mudas de cicas e pinheiros no viveiro da empresa e também os cuidados que se deve ter na produção e no transporte dessas mudas. Ressaltaram que é necessário ter conhecimentos consistentes de morfologia das gimnospermas para produzirem as mudas e também direcionarem as entregas. Nesse momento da visita ao viveiro da empresa, os alunos tiveram a oportunidade de ter um contato direto com essas mudas e observarem as folhas em forma de agulhas (acículas) presentes nos pinheiros, e ainda as folhas das cicas, que parecem com as de palmeiras,

exemplificando a morfologia no trabalho diário. Essas demonstrações práticas foram de suma importância para complementar o que foi abordado na palestra.

Com todas as explicações e demonstrações que você e sua equipe passaram para os alunos, ficou evidente que trabalhar com diversidade vegetal é muito importante e amplia os conhecimentos práticos. Conhecer as características principais e os conceitos das gimnospermas, como também entender como surgiram e evoluíram, permite-nos avançar na utilização desse conhecimento de forma prática e eficaz.

Avançando na prática

Coleta e identificação de folhas de gimnospermas

Descrição da situação-problema

A direção do Parque Ibirapuera, em São Paulo, contratou um biólogo com experiência em botânica e conhecimentos das características morfológicas de folhas de gimnospermas que pudesse coletar folhas de representantes desses grupos a fim de fazer uma exposição com essas folhas no Parque.

O intuito da exposição era mostrar ao público do Parque como identificar gimnospermas a partir das características morfológicas das folhas. Após a coleta, o biólogo deveria ilustrar essas folhas e identificar a qual grupo pertenciam, bem como data e local de coleta. Nesse momento, o biólogo ficou se questionando se conseguiria coletar folhas dos quatro grupos de gimnospermas (Cycadophyta, Ginkgophyta, Conipherophyta e Gnetophyta) e refletiu quais os argumentos que deveria dar à direção do Parque Ibirapuera caso não conseguisse.

Resolução da situação-problema

As gimnospermas possuem adaptações morfológicas nos diferentes ambientes, sendo que um dos grupos de gimnospermas não possui representantes no Brasil, como as Ginkgophyta. Então, as características morfológicas estão diretamente relacionadas ao sucesso adaptativo a determinado ambiente e isso também explica o porquê de não encontrarmos representantes de Ginkgophyta no Brasil e de algumas outras espécies que apresentam ocorrência restrita, como *Welwitschia mirabilis*, que é encontrada somente no deserto da Namíbia e em regiões próximas ao sudoeste da Ásia.

O biólogo, ao percorrer uma grande área do Parque Ibirapuera, conseguiu coletar dois tipos de folhas: 1- folhas aciculadas e 2- folhas simples que parecem com as folhas de samambaias. Assim, mediante as características morfológicas das folhas coletadas, ele classificou as folhas aciculadas como representante do grupo Conipherophyta e as folhas do tipo 2 foram

enquadradas dentro do grupo Cycadophyta. Após essas classificações, fez as ilustrações e as anotações referentes à data e ao local de coleta.

Para justificar sobre o porquê de não ter conseguido encontrar folhas dos representantes dos grupos Gnetophyta e Ginkgophyta, o biólogo argumentou que esses dois grupos possuem poucos representantes, e esses ainda com distribuição restrita. No caso de Gnetophyta, esse é representado por dois gêneros (*Ephedra e Gnetum*), já a Ginkgophyta é representada apenas pela espécie *Ginkgo biloba*.

A maioria dos representantes do gênero *Ephedra* habitam regiões desérticas do mundo enquanto os de *Gnetum* têm ocorrência registrada no Brasil exclusivamente na Amazônia. O biólogo ainda sugeriu colocar um mapa contendo informações sobre a distribuição dos diferentes grupos de gimnospermas no Brasil e no mundo.

Faça valer a pena

1. O surgimento de várias novidades evolutivas importantes permitiu a adaptação das plantas ao ambiente terrestre, sendo que as gimnospermas, com suas novas adaptações, conseguiram a expansão por diversos ambientes terrestres, refletindo assim no aumento da biodiversidade no planeta.
Sobre as principais características evolutivas das gimnospermas, marque V (verdadeiro) ou F (falso) nas afirmações.
( ) Uma das principais novidades evolutivas das gimnospermas foi o surgimento da semente.
( ) A ausência dos vasos condutores facilitou a conquista do ambiente terrestre pelas gimnospermas.
( ) O surgimento do fruto possibilitou a proteção do embrião da semente nas gimnospermas.
( ) A independência da água para fecundação foi um fator primordial para o conquista do ambiente terrestre.

Mediante o texto-base, indique a alternativa correta.
a) V, F, F, V.
b) V, F, F, F.
c) V, F, V, F.
d) V, V, V, F.
e) F, F, F, V.

2. As gimnospermas são plantas terrestres importantes na flora mundial pois ainda existem regiões cobertas por florestas de coníferas. Atualmente, elas estão representadas por quatro filos: Cycadophyta, Ginkgophyta, Conipherophyta e Gnetophyta, os

quais continuam sem uma relação filogenética bem definida, mas que compartilham características comuns.
Nesse contexto, analise as afirmações abaixo:
I – O termo gimnosperma significa que as sementes não estão protegidas nas flores, ou seja, estão expostas.
II – O corpo vegetal das gimnospermas está organizado em raiz, caule e folhas.
III – As avencas, pinheiros e cicas são representantes das gimnospermas.
IV – As gimnospermas produzem grãos de pólen com capacidade de formar o tubo polínico.

Indique a alternativa correta
a) Estão corretas: I e II.
b) Estão corretas: I e IV.
c) Estão corretas: II e III.
d) Estão corretas: II e IV.
e) Estão corretas: III e IV.

3. Os registros fósseis de plantas do Devoniano e início do Carbonífero permitiram o avanço no conhecimento sobre origem e evolução inicial de plantas com sementes, pois estavam bem preservados. Dentre esses registros, há fósseis de gimnospermas extintas.
Nesse contexto, avalie as sentenças a seguir e a relação entre elas.
I – O entendimento das características de gimnospermas extintas foi primordial no estabelecimento da afirmativa que tanto a heterosporia quanto a produção de lenho precederam a evolução da semente.
Porque
II – As progimnospermas são os possíveis ancestrais das plantas com sementes, apesar de se reproduzirem por meio de esporos (algumas espécies apresentando até heterosporia). Elas eram os únicos representantes de plantas lenhosas no Devoniano, como, por exemplo, *Archeopteris*, que podiam atingir entre 17 a 20 m de altura. Já as Pteridospermales ou samambaias-com-sementes apresentavam folhas grandes e frondosas, semelhantes às samambaias atuais, mas apresentando sementes verdadeiras, tendo sua ocorrência registrada no Carbonífero.
Acerca dessas afirmativas, assinale a opção correta.

a) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa correta da I.
b) Asserções I e II são proposições verdadeiras e a II é uma justificativa correta da I.
c) A asserção I é uma proposição verdadeira e a II é uma proposição falsa.
d) A asserção I é uma proposição falsa e a II é uma proposição verdadeira.
e) As asserções I e II são proposições falsas.

Seção 1.2

Ciclo de vida das gimnospermas

Diálogo aberto

Prezado aluno, nesta seção você terá oportunidade de conhecer e aprender sobre os principais grupos de gimnospermas, sua morfologia externa e interna, além de entender como as plantas desse grupo se reproduzem e se distribuem nos mais diversos habitat. Essas características são fundamentais para saber identificar corretamente os representantes desse grupo, além de entender como a sua reprodução e dispersão influenciam diretamente a sua distribuição geográfica.

Nesse contexto, você, como funcionário da empresa de consultoria vegetal, foi demandado a uma determinada visita de campo em uma fazenda na região sul do Brasil, com o intuito de verificar uma determinada espécie que "apareceu por acaso" no plantio de eucaliptos. O proprietário da fazenda solicitou a visita da empresa que você trabalha pois tinha certeza que não havia plantado aquela espécie com os eucaliptos, uma vez que ela apresenta características diferenciadas da espécie plantada, tais como: copas cônicas, folhas em forma de agulha (aciculadas) e estruturas em forma de cone de dois tamanhos distintos, arranjados em escamas, sendo alguns menores do que os outros. Os cones maiores continham sementes. Considerando as características morfológicas da planta e a sua localização, em qual grupo de plantas você e sua equipe poderia classificá-la? De que forma explicaria ao proprietário da fazenda a chegada dessa planta até o seu plantio? Quais as características reprodutivas que facilitaram a sua chegada? Por que essa planta tem dois tipos de cones, e a qual estrutura eles correspondem?

Vamos lá!

Não pode faltar

Caro aluno, nesta seção continuaremos a desvendar o mundo das gimnospermas, e vamos aprender quais são os principais grupos de gimnospermas e suas características morfoanatômicas, além de entender como as plantas desse grupo se reproduzem e se distribuem nos mais diversos habitat.

Como vimos na seção anterior, as gimnospermas são plantas vasculares com sementes, as quais estão desprotegidas de frutos (sementes nuas). Os fósseis mais antigos de gimnospermas atuais têm cerca de 305 milhões de anos (REECE et al., 2015). Essas plantas também não formam

um clado e consistem em quatro filos: Coniferophyta, Cycadophyta, Ginkgophyta e Gnetophyta.

Vocabulário

Clado: grupo de organismos que tem um ancestral comum.
CLADO. In: **Dicionário Priberam da Língua Portuguesa.** [s.d.]

No Brasil estão pouco representadas, sendo apenas cerca de 3% do total de espécies existentes no mundo. São reconhecidos sete gêneros e 30 espécies, as quais pertencem a seis famílias (SOUZA, 2012). Ressalta-se que o filo Cycadophyta é representado no Brasil pela família Zamiaceae; já as Coniferophyta, pelas famílias Araucariaceae e Podocarpaceae e as Gnetophyta, por Ephedraceae e Gnetaceae, sendo que Ginkgophyta não está representada no Brasil. Todas as gimnospermas são lenhosas (árvores, arbustos e lianas); também não ocorre nenhuma espécie verdadeiramente aquática e poucas são epífitas. As coníferas são consideradas como o maior e o mais importante grupo de gimnospermas do ponto de vista ecológico e econômico.

Pesquise mais

Pinus sp. é um dos principais representantes das coníferas. São bastante utilizadas para o fornecimento de madeira para as indústrias de móveis e de celulose, como citado no interessante artigo de Koch e Henkes (2013) a seguir. Nesse artigo, leia as páginas 80 a 88 e verifique quais são as soluções propostas para resolver a questão de característica de espécie invasora apresentada por *Pinus* spp.

KOCH, M. M.; HENKES, J. A. A interferência das plantações *Pinus spp* nos ecossistemas dos campos de cima da serra, RS. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 2, n. 1, p. 64-91, abr./set. 2013.

Descrição do ciclo de vida das gimnospermas

Na maioria das gimnospermas, a água não é mais essencial para o transporte dos gametas masculinos até as oosferas, sendo essa característica reconhecida como uma importante novidade evolutiva desse grupo de plantas pois, a partir dessa novidade, os representantes desse grupo de plantas conseguiram ocupar definitivamente o ambiente terrestre. Durante o processo de polinização, o grão de pólen (gametófito masculino) é transportado pelo vento ou pelos animais e, ao germinar, dá origem ao tubo polínico, através do qual o gameta masculino é transportado até a oosfera (gametófito feminino), que fica no interior de um óvulo. Depois da fecundação, o óvulo

dá origem ao embrião e forma a semente. O embrião, por sua vez, desenvolve-se em esporófito, que é fase duradoura.

É importante ressaltar que as gimnospermas são plantas de reprodução lenta e duradoura, processo esse que varia de um a três anos, considerando a polinização, fertilização e maturação de sementes.

Caro aluno, é importante você saber que o aparecimento de sementes para essas plantas é devido ao fenômeno da heterosporia (a produção de dois tipos de esporos, micrósporo (masculino) e megásporos (feminino), fato esse que ocorreu ao longo da evolução. Além disso, a grande maioria das gimnospermas formam diásporos que são dispersos pelo vento (anemocoria), com algumas exceções, como Cycadophyta e Gnetophyta.

Exemplificando

As espécies do filo Cycadophyta geralmente apresentam sementes com sarcotesta brilhante e colorida e podem ser dispersas por aves, morcegos, gambás e outros animais. Algumas espécies também podem apresentar sementes pesadas e ser dispersas pela gravidade.

Figura 1.5 | *Encephalartos transvenosus* Stapf & Burtt Davy

Fonte: iStock.

O processo sexual de sifonogamia é observado para essas plantas, em que o gameta masculino, menor e móvel, percorre o tubo polínico até alcançar a oosfera, maior e imóvel. O ciclo de vida é haplodiplobionte, com alternância de gerações, ou seja, tem uma fase esporofítica (produtora de esporos) e outra gametofítica (produtora de gametas).

Ocorrem plantas monoicas e dioicas, sendo gênero *Pinus* (pinheiro) monoico, comumente utilizado para exemplificar o ciclo de vida geral das gimnospermas (Figura 1.6). Sua forma diploide é predominante durante o ciclo de vida. Assim, a forma vegetativa madura é denominada esporófito

(diploide) e é responsável por formar as estruturas reprodutivas, ambos, feminino e masculino, em um mesmo indivíduo, mesmo a polinização sendo proporcionada por outros indivíduos.

Figura 1.6 | Exemplo de ***Picea abies*** (L.) H.Karst. (abeto rosso) com estróbilos masculinos e femininos em diferentes alturas na planta, considerada monoica

Fonte: adaptada de http://web.tiscali.it/ramoramo/documenti/alberi/abeter.htm. Acesso em: 6 set. 2018.

Assimile

As plantas monoicas apresentam estróbilos masculinos e femininos na mesma planta. Já as plantas dioicas representam espécies em que os distintos estróbilos são formados em diferentes indivíduos, uma planta com estróbilos masculinos e outra planta com estróbilos femininos, como é o caso da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (pinheiro-do paraná) (Figura 1.7).

Figura 1.7 | *Araucaria angustifolia* em Cambará do Sul, RS

Fonte : iStock.

1. No interior dos estróbilos são produzidos os esporos haploides, micrósporo (nos cones polínicos) e megásporos (nos cones ovulados) por meiose espórica, pois os cones polínicos possuem escamas chamadas

microsporângios (diploide), em que estão os microsporócitos, e os cones ovulados possuem megasporângios (diploide), em que estão os megasporócitos. Assim, tanto microsporócitos, quanto megasporócitos sofrem meiose e produzem os micrósporos (haploide), que se tornam grãos de pólen (gametófito masculino envolto pela parede polínica), e os megásporos (gametófito feminino).

2. Uma escama ovulífera está presente na extremidade externa do megasporângio e corresponde à região de desenvolvimento da semente (Figura 1.8). A polinização ocorre quando um grão de pólen alcança o óvulo.

Figura 1.8 | Escamas ovulíferas nos estróbilos

Fonte: adaptada de iStock.

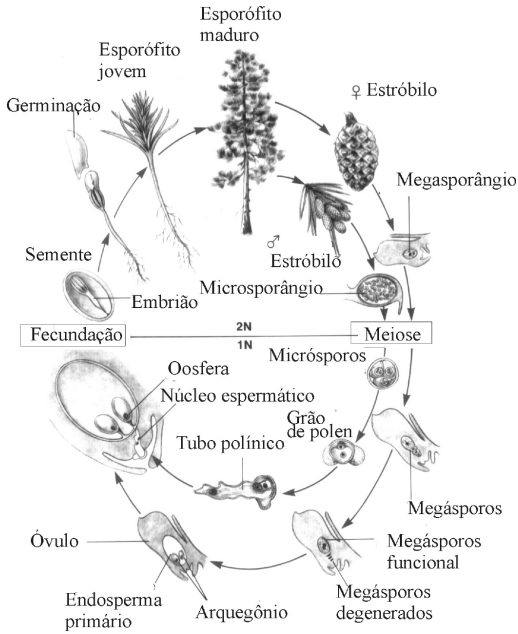
3. O grão de pólen, então, germina, formando um tubo polínico, o qual lentamente se direciona ao megasporângio. Enquanto o tubo polínico se desenvolve, o megasporócito também passa por meiose, produzindo quatro células haploides. Uma sobrevive como megásporo, o qual se transforma em um gametófito feminino que contém dois ou três arquegônios, cada um dos quais formará uma oosfera. No momento em que as oosferas estão maduras, dois espermatozoides formam o tubo polínico, que se estende até o gametófito feminino.

4. A fertilização ocorre quando o núcleo espermático e a oosfera se unem, mas esse processo geralmente é lento, podendo ocorrer mais de um ano após a polinização.

5. Após a fecundação, é formado o zigoto e, posteriormente, a semente diploide, a qual é composta pelo endosperma (um revestimento espesso de proteção, que também serve como reserva alimentar) e o embrião.

6. Após dispersão e germinação no solo, o embrião resulta em um novo esporófito diploide, dando continuidade ao ciclo (Figura 1.9).

Figura 1.9 | Esquema do ciclo reprodutivo de uma gimnosperma Conipherophyta. Exemplo de um pinheiro



Fonte: https://adescobertadaciencia6.files.wordpress.com/2013/07/fig05.gif Acesso em: 5 set. 2018.

É interessante ressaltar que há algumas exceções em relação ao processo de reprodução das gimnospermas, como no caso das cicadófitas e em *Ginkgo*, pois a fecundação é uma transição entre a condição encontrada nas samambaias e em outras plantas sem sementes. Nas samambaias, os gametas masculinos (anterozoides) nadam livremente; já nas plantas com sementes, os gametas masculinos são imóveis. Então, os microgametófitos de cicadófitas e das Ginkgo produzem um tubo polínico, mas este não penetra o arquegônio. A principal diferença é que o microgametófito é haustorial e pode crescer por vários meses no tecido do nucelo, do qual absorve os nutrientes. Finalmente, o grão de pólen (microgametófito) se rompe próximo ao arquegônio, liberando os gametas masculinos natantes, multiflagelados. Os gametas masculinos nadam, então, até o arquegônio, e um deles fecunda a oosfera.

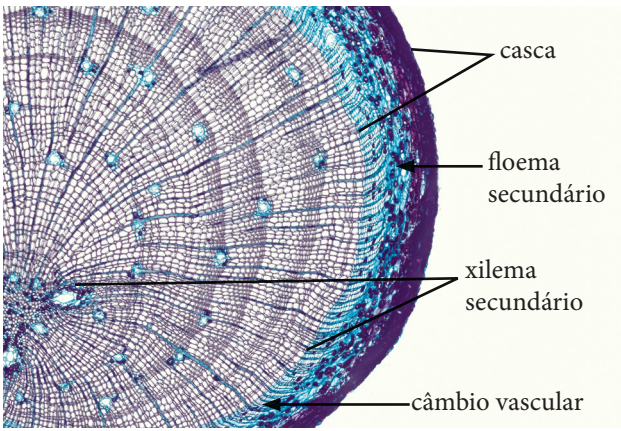
Morfologia e anatomia das gimnospermas

As plantas do grupo de gimnospermas são caracterizadas por possuírem crescimento secundário, constituído quase que primordialmente por

traqueídes e raios lineares, mas em *Gnetales* pode-se encontrar elemento de vasos com traqueídes. Isso se deve ao fato de que essa ordem é considerada a mais evoluída dentre as gimnospermas (GLÓRIA; GUERREIRO, 2006).

Nos caules de pinheiros e outras coníferas (representantes do filo Conipherophyta), o crescimento secundário inicia-se cedo e leva à formação de uma quantidade substancial de xilema secundário ou lenho, o qual é produzido no interior do câmbio vascular e o floema secundário é produzido para fora (Figura 1.10). O xilema das coníferas é constituído principalmente por traqueídes, enquanto o floema consiste em células crivadas, que são as células condutoras de substâncias orgânicas típicas das gimnospermas.

Figura 1.10 | Corte microscópico de seção transversal de um caule de gimnosperma

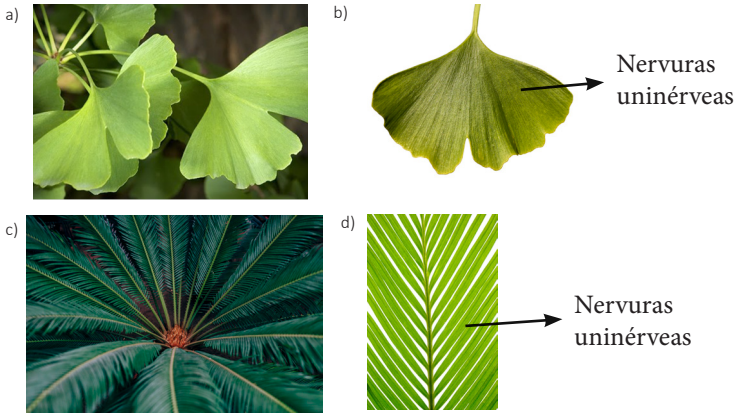


Fonte: adaptada de iStock.

Os dois tipos de tecidos são percorridos radialmente por raios estreitos, assim, com o início do crescimento secundário, a epiderme acaba por ser substituída por uma periderme (tecido de proteção que tem sua origem na camada externa das células do córtex). Então, o aumento do diâmetro do caule, como também da raiz, é devido ao crescimento secundário resultante da atividade de meristema lateral (câmbio), originando os tecidos vasculares secundários.

As folhas são geralmente perenes (exceto no gênero *Ginkgo* (Figura 1.11)), a venação, dicotômica (exceto em Gnetophyta) e apresentam-se com nervuras uninérveas. Há também algumas adaptações nas folhas de *Pinus* e outras coníferas – para crescerem sob condições em que a água pode ser escassa ou difícil de ser obtida –, como uma cutícula espessa lignificada, que reduz a evaporação do interior da folha e recobre a epiderme, abaixo da qual está a hipoderme, essa constituída por uma ou mais camadas de células com paredes espessas e dispostas compactamente.

Figura 1.11 | Folhas de gimnospermas, com destaque para suas nervuras uninérveas



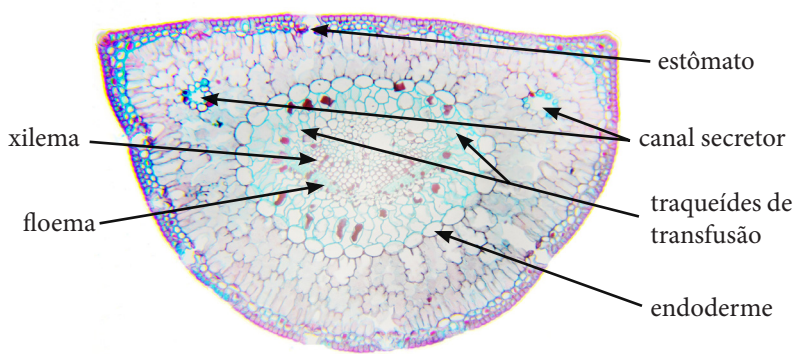
a) e b) *Ginkgo biloba* L. c) e d) *Cyca* sp.

Fonte: adaptada de https://sites.google.com/site/biologiaeinformacao/_/rsrc/1467128700040/home/botnica/Ginkgo-biloba.jpg; iStock. Acesso em: 17 set. 2018.

Os estômatos distribuem-se em fileiras pelas três faces da folha e se apresentam em nível inferior às demais células da epiderme. O mesofilo é formado por tecido fundamental, o qual consiste em células parenquimáticas com evidentes dobras na parede, as quais se direcionam para o interior da célula, aumentando sua área. Em geral, o mesofilo é percorrido por dois ou mais ductos resiníferos (canais secretores).

Um feixe vascular ou dois feixes vasculares dispostos lado a lado são encontrados no centro da folha, sendo que esses feixes vasculares são constituídos por xilema e floema e circundados por um tecido de transfusão, formado por células parenquimáticas e por traqueídes (Figura 1.12).

1.12 | Fotografia da microscopia da folha de ***Pinus sp***



Fonte: iStock.

Esse tecido de transfusão possivelmente tem a função de transportar substâncias entre o mesofilo e os feixes vasculares (EVERT; EICHHORN, 2014) e é originado a partir do procâmbio e em parte do periciclo (GLÓRIA; GUERREIRO, 2006). Uma única camada de células, que é conhecida como endoderme, envolve o tecido de transfusão, separando-o do mesofilo.

Distribuição das gimnospermas nos habitat

Ao considerar a diversidade das gimnospermas, considera-se que estão pouco representadas no Brasil, segundo a compilação de dados da Lista da Flora do Brasil, por Souza et al. (2010), sendo que as maiores concentrações estão na Amazônia.

Os representantes do filo Conipherophyta apresentam ocorrência nos Hemisférios Norte e Sul dependendo da família (Cupressaceae, Araucariaceae, Podocarpaceae e ou Taxaceae), e algumas são cosmopolitas de climas temperados a frios. Os integrantes desse filo podem crescer em diversos habitat, desde regiões com solos encharcados até solos secos, a nível do mar até grandes altitudes, em regiões montanhosas. Algumas espécies podem também crescer em ambientes pantanosos, como o *Taxodium* no Sudeste dos Estados Unidos. Outras são restritas a certos locais, como a família Araucariaceae, de ocorrência apenas no Hemisfério Sul e com os representantes crescendo em florestas tropicais e subtropicais, bem como em regiões temperadas (Quadro 1.1).

Quadro 1.1 | Famílias do Filo Conipherophyta e respectivo local de ocorrência

Família	Local de ocorrência
Cupressaceae	¾ das espécies ocorrem no Hemisfério Norte.
Araucariaceae	Praticamente restrita ao Hemisfério Sul, Ásia, Austrália, Nova Zelândia e América do Sul.
Podocarpaceae	Tropical e Subtropical, menos frequente em regiões temperadas, especialmente no Hemisfério Sul, no Norte se estende até o Japão, América Central e Caribe.
Taxaceae	Principalmente no Hemisfério Norte, estendendo-se ao Sul até Guatemala e Java com um gênero endêmico na Nova Caledônia.

Fonte: Judd et al. (2009, p. 210-219).

Já em relação aos representantes do filo Cycadophyta, eles têm distribuição em Madagascar, possivelmente África, Sudeste da Ásia, Malásia, Austrália e Polinésia. São considerados plantas de florestas e savanas. Muitas

espécies toleram o fogo por apresentarem caule subterrâneo ou por terem o caule coberto de bases foliares persistentes. Também são considerados como um dos mais antigos grupos de gimnospermas, com distribuição restrita, ocorrendo em regiões tropicais e subtropicais no Sudeste da América do Norte, México, América Central, algumas ilhas do Caribe, América do Sul, Leste e Sudeste da Ásia, Austrália e em parte da África.

O filo Ginkgophyta tem ocorrência limitada a regiões remotas da China, possivelmente extinta na natureza. O conhecimento sobre a ecologia de *Ginkgo biloba* L., único representante deste filo, ainda é incipiente.

Quanto aos representantes do filo Gnetophyta, eles distribuem-se em regiões temperadas de todo o mundo, exceto a Austrália. *Ephedra* é uma das poucas gimnospermas adaptadas a regiões extremamente áridas, crescendo, com frequência, em áreas secas e ensolaradas, tais como estepes ou desertos, e podem ocorrer em até 4.000 m de altura nos Andes e no Himalaia. Outro exemplo é *Welwitschia mirabilis* Hook.f., que pode viver por milhares de anos e é encontrada exclusivamente nos desertos do Sudoeste da África. Tem uma característica morfológica interessante em relação às suas folhas, que são em forma de tiras e estão entre as maiores conhecidas.

Reflita

Por que algumas espécies de gimnospermas têm distribuição geográfica limitada, como, por exemplo, a *Welwitschia mirabilis*? Quais características morfológicas são responsáveis por tal limitação?

Sem medo de errar

Caro aluno, até o momento você aprendeu que as gimnospermas possuem quatro grupos principais (Coniferophyta, Cycadophyta, Ginkgophyta e Gnetophyta) e que possuem características morfológicas e reprodutivas diagnósticas, como folhas aciculadas, presença de estróbilos masculinos e femininos e com óvulos expostos na superfície dos megasporófilos. Também apresentam ocorrência em diversos habitat, ainda que a ocorrência de algumas espécies seja bem restrita. Todos esses temas estudados demostram a importância desses conhecimentos para que se possa avançar na prática.

Nesse contexto, você, como funcionário da empresa de consultoria vegetal, foi demandado a uma determinada visita de campo com o intuito de verificar uma determinada espécie que "apareceu por acaso" no plantio de Eucaliptos. Considerando as características morfológicas da planta "invasora" (copas cônicas, folhas em forma de agulha (aciculadas) e estruturas em forma de

cone de dois tamanhos distintos, arranjados em escamas, sendo alguns menores do que os outros, nos cones maiores continham sementes) e a sua localização (região sul do Brasil), em qual grupo de plantas você poderia classificá-la? De que forma explicaria ao proprietário da fazenda como essa planta chegou até o seu plantio? Quais as características reprodutivas que facilitaram a sua chegada? Por que essa planta tem dois tipos de cones? E a qual estrutura correspondem esses cones?

Você deve responder ao proprietário da fazenda que, realmente, a planta em questão tem vários aspectos morfológicos que se diferenciam dos eucaliptos plantados por ele. Dentre essas características estão a forma da copa, as estruturas reprodutivas, o caule e as folhas em forma de agulha, além de não apresentarem flores nem frutos. Assim, essas características são de plantas pertencentes ao grupo das gimnospermas.

Devido ao seu processo de reprodução, que envolve a dispersão pelo vento (anemocoria), as sementes dessa espécie são leves e possuem estruturas que facilitam esse movimento, podendo ser consideradas como um mecanismo eficiente de dispersão.

A espécie "invasora" é o *Pinus* sp., portanto, uma gimnosperma. A maioria das espécies desse grupo de plantas apresenta estróbilos ovulados e microsporangiados, os quais correspondem aos cones femininos e masculinos, respectivamente, sendo que o estróbilo ovulado apresenta escamas ovulíferas que contêm os óvulos, e o estróbilo microsporangiado contém os grãos de pólen. Portanto, os cones são folhas modificadas que atuam na reprodução das gimnospermas.

Com todas as informações que você forneceu ao proprietário da fazenda, foi comprovado que a espécie tida como "invasora" chegou até o plantio de eucalipto possivelmente dispersa pelo vento e que pode existir algum representante dessa espécie em um local próximo. Então, conhecer os aspectos morfológicos e reprodutivos das gimnospermas permite fazer a sua correta identificação, além de entender como essas plantas podem se distribuir.

Avançando na prática

Plantio em área de Reserva Legal utilizando espécie de gimnosperma

Descrição da situação-problema

Em uma fazenda na região Sul do Brasil, um fazendeiro contratou uma empresa que trabalha com plantios utilizando espécies nativas, visando à conservação da

biodiversidade. O objetivo do fazendeiro é recompor uma área de Reserva Legal dentro da sua propriedade e obter alguma renda oriunda dessa plantação, além de contribuir com a conservação da natureza.

Você, como biólogo, trabalha nessa empresa que o fazendeiro contratou e rapidamente percebe que poderá indicar uma espécie nativa da região que tenha vários potenciais, podendo gerar renda e manter a biodiversidade. Nesse contexto, você optou por uma espécie de gimnosperma e notou que, para ter sucesso no desempenho das suas atividades, será primordial ter conhecimentos de morfologia de várias espécies de gimnospermas, incluindo *Araucaria angustifolia*, essa a espécie escolhida para recompor a área de Reserva Legal. Refletindo sobre as características morfológicas e sobre a importância econômica dessa espécie, indique quais seriam os principais motivos que o levaram a escolher tal espécie para recompor a área de Reserva Legal em questão.

Resolução da situação-problema

Algumas espécies de gimnospermas têm potencial para recompor áreas degradadas, mas *Araucaria angustifolia* destaca-se por ter potencial madeireiro, ornamental, alimentício, artesanal e medicinal, além de ser uma espécie nativa da região Sul do Brasil e estar ameaçada de extinção devido ao processo de exploração indiscriminada – por isso a importância da sua conservação.

Essa espécie pertence à família Araucariaceae, pode apresentar árvores com até 20 m de altura e é uma espécie dioica, ou seja, há indivíduos que apresentam microestróbilos-estróbilos masculinos e indivíduos com megaestróbilos-estróbilos femininos. Deve-se considerar o seu ciclo reprodutivo longo, de 10 a 15 anos, como também a sua adaptação a climas mais frios. Então, avaliando o período reprodutivo dessa espécie e o objetivo do fazendeiro, é possível ter sucesso na implementação desse plantio na área de Reserva Legal. Você também pode argumentar que esse plantio poderá favorecer a conservação da fauna, pois algumas espécies, como a gralha-azul, alimentam-se das sementes dessa espécie, também fazendo o papel de dispersor.

É importante ressaltar que, ao se planejar plantios de espécies de *Araucaria angustifolia*, eles devem ser bem estruturados e bem manejados, a fim de que sua importância socioeconômica e ambiental também seja atingida.

Faça valer a pena

1. As gimnospermas possuem reprodução lenta e duradoura, e esse processo pode variar de um a três anos, considerando a polinização, fertilização e maturação de sementes. Julgue os itens quanto aos aspectos reprodutivos das gimnospermas em V, para verdadeiro, e F, para falso.

I. ( ) Nas gimnospermas, a forma vegetativa madura é denominada esporófito (diploide) e é responsável por formar as estruturas reprodutivas (feminino e masculino).
II. ( ) Uma característica diagnóstica de todas as gimnospermas é a presença de folhas em forma de agulhas.
III. ( ) Algumas espécies de gimnospermas são monoicas, possuem cones masculinos e femininos na mesma planta; outras, por sua vez, são dioicas, os cones masculinos e femininos se encontram em plantas diferentes.
IV. ( ) Os estróbilos correspondem às flores nas gimnospermas e possuem escamas ovulíferas que portam os esporos.
V. ( ) Os frutos das gimnospermas possuem coloração diversificada e isso atrai diversos animais que atuam na dispersão das suas sementes.

Assinale a alternativa que corresponde à sequência correta.

a) F, V, F, V, V.
b) V, F, F, V, V.
c) V, F, V, F, F.
d) F, V, F, F, F.
e) V, V, F, V, F.

2. A ocorrência e distribuição das gimnospermas estão relacionadas com seus aspectos morfológicos, anatômicos e reprodutivos. Pensando nesses aspectos, analise as seguintes afirmações:
I. Em *Gnetales* pode-se encontrar elementos de vasos juntamente às traqueídes.
II. As folhas de *Pinus sp.* e outras coníferas não conseguem se adaptar aos ambientes em que a água pode ser escassa ou difícil de ser obtida.
III. O aumento do diâmetro do caule e da raiz dá-se devido ao crescimento primário, resultante da atividade de meristema lateral.

Está correto o que se afirma em:

a) II.
b) I e II.
c) III.
d) I e III.
e) I.

3. Para se entender a distribuição e ocorrência das gimnospermas no Brasil e no mundo é necessário ter embasamento de resultados de estudos prévios, os quais fizeram levantamento da ocorrência de espécies de gimnospermas.

Nesse contexto, avalie as sentenças a seguir e a relação entre elas.
I. As gimnospermas estão bem representadas no Brasil, sendo que as maiores concentrações estão na Amazônia.
Porque
II. Os representantes do filo Conipherophyta apresentam ocorrência nos Hemisférios Norte e Sul e podem crescer em diversos hábitats, desde regiões com solos encharcados até solos secos, desde o nível do mar até grandes altitudes, em regiões montanhosas. Já o filo Cycadophyta é considerado como um dos mais antigos grupos de gimnospermas e apresentam distribuição restrita nos desertos do Sudoeste da África.

Acerca dessas afirmativas, assinale a opção correta.

a) As asserções I e II são proposições falsas.
b) A asserção I é uma proposição verdadeira e a II é uma proposição falsa.
c) A asserção I é uma proposição falsa e a II é uma proposição verdadeira.
d) Asserções I e II são proposições verdadeiras e a II é uma justificativa correta da I.
e) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa correta da I.

Seção 1.3

Identificação de gimnospermas

Diálogo aberto

Caro aluno, nesta seção você vai conhecer e aprender quais são os principais representantes dos quatro filos de gimnospermas (Cycadophyta, Ginkgophyta, Coniferophyta e Gnetophyta) e suas características. Essas características são fundamentais para identificarmos corretamente os representantes de cada filo e entendermos como a sua reprodução e dispersão influenciam diretamente a sua distribuição geográfica. Assim, com base nos conteúdos abordados nas Seções 1.1 e 1.2 e aprofundados agora nesta seção, você poderá aplicá-los de forma prática e aprimorar cada vez mais os seus conhecimentos.

O trabalho na empresa em que você foi contratado está cada vez mais desafiador. Você e sua equipe receberam uma proposta de consultoria para um condomínio a fim de que orientem sobre a ornamentação de um jardim na entrada dele.

O empreendedor que fez a contratação solicitou que fosse feita uma análise da área e que palmeiras de cicas fossem o elemento principal da ornamentação. Partindo desse princípio, você e sua equipe optaram por uma avaliação do tamanho da área e da sua incidência solar, pois esses são fatores que influenciam diretamente o estabelecimento das espécies, e somente após essa análise vocês poderiam indicar quais as espécies de gimnospermas mais apropriadas a partir das características principais de cada filo.

Considerando essa situação hipotética, de que maneira você explicaria para o empreendedor que as cicas não são palmeiras? Quais as características morfológicas que enquadram essa planta em seu grupo taxonômico? Como as características dessa planta e do local destinado à implantação do jardim influenciariam o manejo?

Você percebeu que para conseguir responder aos questionamentos do empreendedor, precisava retomar os conhecimentos das características das gimnospermas bem como seus aspectos morfoanatômicos, e após refletir sobre as respostas, a equipe multidisciplinar conseguiu finalizar o treinamento e a elaboração da cartilha, a qual ajudou no trabalho de paisagismo.

Caro aluno, agora que você já treinou com a equipe multidisciplinar, faça a sua cartilha com ilustrações e legendas. Mãos à obra!

Não pode faltar

Prezado aluno, nesta seção aprenderemos sobre as características diagnósticas de representantes dos quatro filos de gimnospermas (Cycadophyta, Ginkgophyta, Coniferophyta e Gnetophyta). É importante relembrar as características morfológicas de cada um dos grupos para avançar no conhecimento.

Os quatro filos de gimnospermas representam cerca de 15 famílias, 75-80 gêneros e cerca de 820 espécies. Todas as gimnospermas são lenhosas (árvores, arbustos ou lianas, algumas epífitas e praticamente nenhuma espécie aquática). Como veremos, essas plantas crescem na maior parte do mundo e dominam a vegetação em muitas regiões frias e árticas (JUDD et al. 2009).

Vamos iniciar pelo filo Cycadophyta. As cicadófitas atuais compreendem 11 gêneros, com cerca de 300 espécies (EVERT; EICHHORN, 2014). Os representantes desse grupo apresentam aspecto de palmeira (o nome popular para algumas cicadófitas é "palmeira-de-sagu"), com um caule não-ramificado de até 20 m de altura e com folhas grandes e compostas agrupadas no ápice do caule, ou apresentam aparência de samambaias (pteridófitas), com um caule subterrâneo e folhas compostas. A maioria das cicadáceas apresentam catáfilos, que são folhas escamiformes dispostas entre as folhas normais, apresentando função de proteção. Uma curiosidade sobre esse filo é que os seus representantes apresentam crescimento lento e, em algumas espécies, o caule pode demorar até 500 anos para chegar a 1 m de altura. As estruturas reprodutivas estão dispostas em estróbilos, que consistem em um eixo, megasporófilos (folhas portadoras de óvulos) e microsporófilos (folhas portadoras de pólen). Todas as cicadáceas apresentam estróbilos poliníferos e gametas masculinos (grão de pólen) com ausência de sacos aeríferos, e todas, exceto Cycas, apresentam estróbilos ovulíferos. As sementes das cicadófitas geralmente apresentam uma sarcotesta brilhante e colorida (rosa, alaranjada ou vermelha) e costumam ser dispersas por aves, morcegos, gambás, tartarugas e outros animais. É importante ressaltar que as sementes da espécie *Cycas revoluta* Thunb. possuem uma substância tóxica que, se ingerida, pode causar alguns sintomas clínicos em animais domésticos, como: vômitos, diarreia, fraqueza, dores abdominais, aumento da sede, tremores, falta de coordenação de movimentos musculares e até convulsões. Também é extraído um amido das sementes dessa planta, chamado de sagu, usado na alimentação, mas é necessário processá-lo primeiro. Os megasporófilos de algumas cicadáceas são coloridos e atraem dispersores, mas há também outras espécies que apresentam sementes pesadas, sendo dispersas pela gravidade. Outra característica importante para ser destacada nesse filo é a dioicia.

As cicadófitas são comumente muito tóxicas, contendo grandes quantidades de compostos neurotóxicos e carcinogênicos. Quanto às suas raízes, todas as cicadófitas formam raízes que crescem para cima e que se ramificam

dicotomicamente próximo à superfície do solo. Essas raízes parecem com os corais marinhos, por isso são chamadas de raízes coraloide. As células corticais dessas raízes abrigam a cianobactéria *Anabaena cycadeae*, que fixa nitrogênio da atmosfera e, possivelmente, contribui com substâncias nitrogenadas para a planta hospedeira (EVERT; EICHHORN, 2014).

Assimile

As cianobactérias presentes nas raízes das Cycadophytas convertem o nitrogênio gasoso, que não pode ser aproveitado por essa planta, na forma que possa ser aproveitado. Assim, essas plantas obtêm uma fonte de nitrogênio que lhes permite desenvolver em solos pobres de nutrientes.

O filo **Cycadophyta** é representado por duas famílias:

1- Cycadaceae: contém apenas o gênero Cycas (Figura 1.13a), representado por cerca de 20 espécies.

2- Zamiaceae: composta por nove gêneros e cerca de 111 espécies, sendo que os principais gêneros são: *Encephalartos*, *Zamia*, *Macrozamia* (Figura 1.13b), *Ceratozamia* e *Dioon*.

Figura 1.13 | Representantes do Filo Cycadophyta

a)

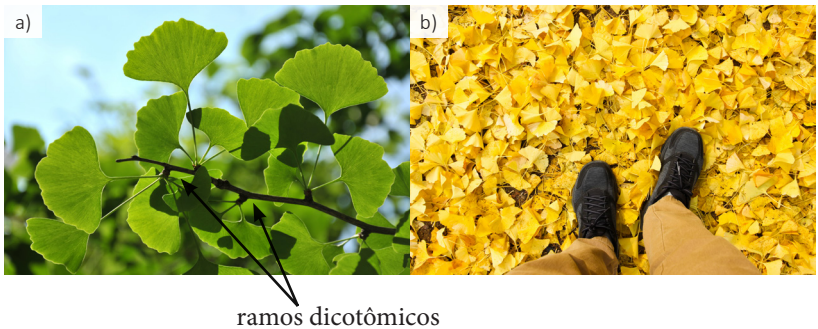
b)

Fonte : iStock.

Ginkgophyta – representada unicamente por *Ginkgo biloba* L., o qual é facilmente reconhecida pelas suas folhas: simples em forma de leque, bilobadas ou inteiras, espiraladas e amplamente espaçadas ao longo de macroblastos e também agrupadas em braquiblastos, com seus padrões de venação abertos e ramos

dicotômicos (Figura 1.14a). É uma árvore atrativa e de crescimento lento, podendo alcançar 30 m ou mais de altura, apresentando copa mais ou menos assimétrica, casca de coloração cinzenta e sulcada e canais resiníferos ausentes. Uma característica que diferencia o representante desse filo da maioria das outras gimnospermas é que *Ginkgo* é decídua e suas folhas ficam com uma brilhante cor dourada antes de caírem no outono (Figura 1.14b).

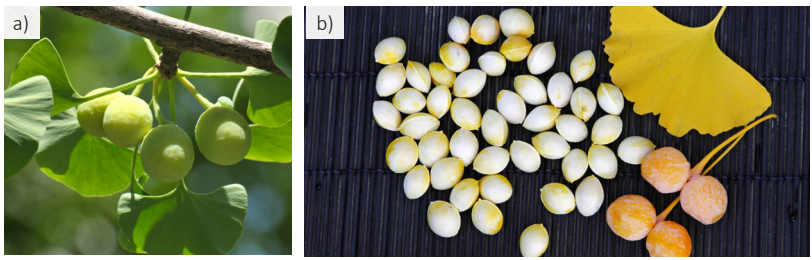
Figura 1.14 | Folhas de *Ginkgo biloba* com ramos dicotômicos e coloração amarelada.



Fonte : adaptada de iStock.

Assim, como as cicadófitas, os óvulos e os microsporângios de *Ginkgo* crescem em indivíduos diferentes, tais como as plantas dioicas – estróbilos poliníferos dispostos em braquiblastos, longos e pêndulos –, além disso, o pólen nessa espécie é desprovido de vesículas aeríferas. Os óvulos de *Ginkgo* ocorrem aos pares na extremidade de ramos curtos e amadurecem no outono, produzindo sementes com um envoltório carnoso (Figura 1.15). Geralmente, ocorre uma semente por pedúnculo, pois o outro óvulo não se desenvolve em semente. A porção carnosa em decomposição do envoltório da semente de *Ginkgo* causa repulsa pelo seu odor malcheiroso, que se deve, principalmente, à presença de ácidos. Devido a isso, a planta masculina é preferida para o plantio em parques e ruas, mas a amêndoa da semente é uma iguaria apreciada na China e no Japão e tem um sabor de peixe.

Figura 1.15 | Sementes de ***Ginkgo biloba***



Fonte : iStock.

É interessante ressaltar que *Ginkgo biloba* é o único sobrevivente atual de um gênero que pouco mudou por mais de 150 milhões de anos (EVERT; EICHHORN, 2014). As espécies atuais compartilham características com outros gêneros de gimnospermas, que remontam ao período Permiano Inferior, há cerca de 270 milhões de anos (EVERT; EICHHORN, 2014). Provavelmente não há nenhuma população natural de *Ginkgo* em nenhuma parte do mundo, sendo considerada extinta na natureza (SOUZA; LORENZI, 2012), mas a árvore foi preservada nos pátios de templos na China e Japão. Aproximadamente por 200 anos ela tem sido um importante componente de parques e jardins de regiões temperadas do mundo onde foi introduzida. Outra característica importante é que *Ginkgo* é especialmente resistente à poluição aérea e, por isso, é comumente cultivada em parques urbanos e ao longo das ruas.

Conipherophyta – constitui o maior e mais importante agrupamento das gimnospermas, compreendendo sete famílias (sendo Pinaceae, Araucariaceae, Cupressaceae e Podocarpaceae com a maioria dos representantes do filo), 60-65 gêneros e mais de 600 espécies. Os representantes desse filo são caracterizados por um arranjo foliar que é único entre as coníferas atuais, pois as folhas têm forma semelhante à agulha (acícula), são dispostas espiraladamente e inseridas individualmente no caule (Figura 1.16). Vale ressaltar que sob circunstâncias incomuns, a atividade do meristema apical no fascículo de acículas pode ser reativada e formar um novo sistema caulinar com crescimento indeterminado ou, algumas vezes, até produzir raízes e formar um novo pinheiro.

Os pinheiros (do gênero *Pinus*), que incluem, provavelmente, as mais conhecidas de todas as gimnospermas, dominam largas faixas da América do Norte e Eurásia e são muito cultivados até mesmo no Hemisfério Sul. Existem cerca de 100 espécies de *Pinus*.

Figura 1.16 | Folhas aciculadas das coníferas

Fonte : iStock.

As coníferas são geralmente monopodiais, com um tronco ou caule central dominante, sendo que, com a idade, a copa pode ramificar-se irregularmente. Os ramos frequentemente são verticilados, pelo menos quando a planta é jovem.

As folhas de *Pinus*, como a de muitas outras coníferas, mostram-se notavelmente adaptadas para crescer sob condições em que a água pode ser escassa ou difícil de ser obtida. Isso ocorre devido à presença de uma cutícula

espessa, que reduz a evaporação do interior da folha, recobrindo a epiderme, abaixo da qual estão uma ou mais camadas de células com paredes espessas e dispostas compactamente.

A maioria das espécies de *Pinus* retém as suas acículas por dois a quatro anos, de modo que a estabilidade do processo fotossintético geral de uma determinada planta depende da vitalidade do conjunto de acículas formadas em vários anos. No caso de *Pinus longaeva* D.K.Bailey, a árvore de vida mais longa (Figura 1.17), as acículas são retidas por até 45 anos e mantêm a atividade fotossintética por todo esse tempo. Uma vez que as folhas de *Pinus* e outras árvores sempre verdes funcionam por mais de uma estação, elas estão expostas a possíveis danos por seca, congelamento ou poluição do ar por muito mais tempo que as folhas de plantas decíduas, as quais são substituídas a cada ano.

É importante ressaltar uma característica de aspecto reprodutivo da maioria dos representantes da família Pinaceae, que é a presença de duas vesículas aeríferas no pólen, permitindo que ele flutue em direção ao óvulo.

Figura 1.18 | *Pinus longaeva*

Fonte : iStock.

Um dos mais interessantes grupos de coníferas é a família Araucariaceae, cujos membros atuais ocorrem naturalmente apenas no Hemisfério Sul. A família atingiu sua maior diversidade nos períodos Jurássico e Cretáceo, entre 200 e 65 milhões de anos (EVERT; EICHHORN, 2014), mas tornou-se extinta no Hemisfério Norte, no Cretáceo Superior. Apenas três gêneros sobreviveram – *Agathis*, *Araucaria* e *Wollemia* (Figura 1.19) – que são os atualmente conhecidos distribuídos em aproximadamente 40 espécies. *Agathis* é considerado um gênero introduzido, representado por *Agathis australis* (D.Don) Lindl., sendo uma das maiores e mais longevas árvores dessa família e com ocorrência no norte da Nova Zelândia. No Brasil, ocorre uma única espécie de *Araucaria*, chamada pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze), uma das árvores mais marcantes da nossa flora, formando as "florestas de araucária" (SOUZA; LORENZI, 2012) e também uma das madeiras mais valiosas na América do Sul. *Wollemia nobilis* W.G.Jones, K.D.Hill & J.M.Allen é uma das plantas mais raras do mundo, pois foram encontradas apenas 40 árvores em dois pequenos bosques.

Figura 1.19 | Exemplos de representantes de Araucariaceae

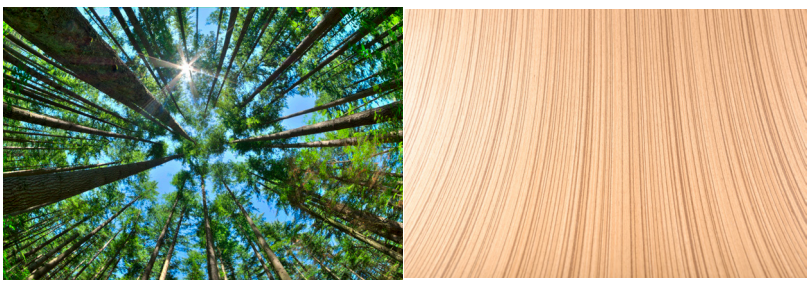
a) *Agathis australis* b) *Araucaria angustifolia* c) *Wollemia nobilis*

Fonte : iStock.

Exemplificando

As coníferas são provavelmente a principal fonte de madeira do mundo para os mais diversos usos (Figura 1.20), desde o uso na construção, na produção de celulose, em cercas vivas, na marcenaria, na decoração de interiores, na fabricação de instrumentos musicais (como violinos), na construção de barcos, na fabricação de lápis e na ornamentação. Algumas madeiras podem ser utilizadas em armários de roupas para repelir traças e como essências na fabricação de perfumes.

Figura 1.20 | Exemplo de conífera e madeira de múltiplos usos



Fonte : iStock.

Outro grupo importante de coníferas é a família das sequoias e cipestres (anteriormente alocada na família Taxodiaceae, agora é incluída na família Cupressaceae), que são representados por árvores ou arbustos com madeira e folhagem geralmente aromáticas. Essas coníferas são representadas atualmente por espécies muito distantes geograficamente e crescendo em habitat diversos, variando desde regiões com solos encharcados até solos secos, desde o nível do mar até grandes altitudes em regiões de montanhas. Uma das mais notáveis dessas espécies é a sequoia, *Sequoia sempervirens* (D.Don) Endl., a planta atual mais alta. Já a *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) J.Buchholz (Figura 1.21), conhecida como grande-árvore ou *big*

tree pelos norte-americanos, forma bosques espetaculares e amplamente dispersos nas encostas ocidentais de Sierra Nevada na Califórnia (EUA). Ela é também considerada a maior árvore do mundo, podendo chegar a mais de 100 m de altura, com indivíduos em idade estimada de três mil anos (SOUZA; LORENZI, 2012).

Figura 1.21 | *Sequoiadendron giganteum*

Fonte : iStock.

Reflita

Pense em como as árvores representantes da *Sequoiadendron giganteum* podem ser úteis para compreensão da ocupação e evolução dos vegetais e quais os impactos que o seu desmatamento poderiam causar.

Gnetophyta – esse filo consiste em três gêneros – *Gnetum*, *Welwitschia* e *Ephedra* (Figura 1.22) – todos muito diferentes do ponto de vista morfológico com cerca de 75 espécies de gimnospermas pouco comuns. É válido ressaltar a importância desse filo no contexto da evolução das plantas, pois os seus representantes apresentam tanto caracteres de gimnospermas (sementes não envolvidas em um ovário) quanto de angiospermas (elementos de vaso no lenho, estruturas reprodutivas superficialmente semelhantes a flores, **além da dupla fertilização**). *Gnetum* contém cerca de 35 espécies, principalmente tropicais, de lianas dioicas (menos frequente árvores ou arbustos), encontrado nos trópicos úmidos, com folhas opostas, simples e largas, sementes envolvidas em sarcotesta carnosa e colorida. Atualmente, existe apenas uma espécie de *Welwitschia*, *Welwitschia mirabilis* Hook.f. cujo caule curto e maciço, que é a maior parte, fica enterrado no solo e produz duas enormes folhas em forma de fitas que se rasgam nos extremos (longitudinalmente) com a idade, mas continuam crescendo na região basal durante toda a vida do indivíduo. Algumas plantas podem produzir uma ou duas folhas adicionais. *Welwitschia* cresce na costa desértica do sudoeste da África, em Angola, Namíbia e África do Sul. A maioria das quase 40 espécies de *Ephedra* é constituída por arbustos bastante ramificados com folhas inconspícuas, pequenas e escamiformes, opostas ou verticiladas, frequentemente decíduas e dióicas. Com suas folhas pequenas e caules aparentemente articulados, *Ephedra* lembra *Equisetum*. A maioria das espécies de *Ephedra* habita regiões áridas e desérticas do mundo.

Figura 1.22 | Exemplos de representantes de Gnetophyta

a) *Gnetum gnemon L.* b) *Welwitschia mirabilis* *c) Ephedra sp.*

Fonte : iStock.

Das gnetófitas atuais, nenhuma poderia ser um ancestral de qualquer angiosperma, pois cada um dos três gêneros atuais de gnetófitas apresenta suas próprias especializações peculiares. É interessante que as estruturas reprodutivas de pelo menos algumas espécies de todos os três gêneros de gnetófitas produzam néctar e sejam visitadas por insetos. A polinização pelo vento é visivelmente importante, pelo menos em *Ephedra*, mas os insetos também realizam um papel importante na polinização dessas plantas.

Pesquise mais

Ephedra é amplamente utilizado com propósitos medicinais, seja para combater a tosse e problemas circulatórios, como descongestionantes ou como um vasoconstritor, sendo essa última considerada a principal utilização atualmente.

Nesse sentido, leia o artigo Investigação da presença de efedrinas em *Ephedra tweediana Fisch & C.A. Meyer e em E. triandra (Tul.) Ephedraceae* coletadas em *Porto Alegre/RS* e verifique a importância da investigação da efedrina nessas plantas.

BOFF, B. de S. et al. Investigação da presença de efedrinas em *Ephedra tweediana* Fisch & C.A. Meyer e em *E. triandra* Tul. (Ephedraceae) coletadas em Porto Alegre/RS. **Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal os Pharmacognosy**, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 394-401, jul./set. 2008.

Sem medo de errar

As gimnospermas são representadas por quatro filos (Cycadophyta, Ginkgophyta, Coniferophyta e Gnetophyta), os quais apresentam diversos usos, podendo-se destacar o ornamental, principalmente devido à exuberância das folhas e aos estróbilos de alguns representantes.

Assim, é muito importante saber aplicar de forma prática os conhecimentos adquiridos até aqui. Isso se adequa justamente na empresa que você foi contratado, pois você e sua equipe multidisciplinar receberam

uma proposta para efetuar consultoria em um condomínio com o objetivo de orientar sobre a ornamentação de um jardim em sua entrada.

O empreendedor que fez a contratação solicitou que fosse feita uma análise da área e que palmeiras de cicas fossem o elemento principal da ornamentação. Então, você e sua equipe optaram por uma avaliação do tamanho da área e da sua incidência solar, pois esses são fatores que vão influenciar diretamente o estabelecimento das espécies.

Considerando os caracteres avaliados, de que maneira você explicaria para o empreendedor que as cicas não são palmeiras? Quais as características morfológicas que enquadram essa planta no seu grupo taxonômico? E como as características dessa planta e do local destinado à implantação do jardim influenciaria o manejo?

Após a análise da área, você e sua equipe indicaram algumas espécies de gimnospermas mais apropriadas, tais como *Cycas* sp. e *Zamia* sp., devido às características principais do filo Cycadophyta, visando atender o objetivo principal da consultoria. Além disso, conseguiram verificar que a incidência solar na entrada do condomínio concentrava-se no período da manhã, favorável para plantas de *Cycas*. Sentiram a necessidade de explicar ao empreendedor que as Cycas são representantes do filo Cycadophyta e enquadradas em gimnospermas e que, embora apresentem folham grandes e concentradas no ápice do caule e lembrem as palmeiras, não o são. As palmeiras pertencem a outro grupo, chamado de angiospermas, as quais se diferenciam das gimnospermas principalmente por apresentarem frutos e flores. Como já vimos anteriormente, as gimnospermas possuem sementes nuas, portanto, sem frutos, também não apresentando flores.

Para que as *Cycas* se desenvolvam bem na entrada do condomínio e cumpram o seu papel ornamental, é necessário que de tempos em tempos, dependendo do crescimento da planta, faça-se o desbaste das folhas localizadas na parte inferior da copa a fim de proporcionar o crescimento do caule.

Após orientar o empreendedor sobre o manejo correto com as *Cycas*, a equipe multidisciplinar conseguiu finalizar o treinamento e a elaboração da cartilha, a qual ajudou no trabalho de paisagismo.

Caro aluno, agora que você já treinou com a equipe multidisciplinar, faça a sua cartilha com ilustrações e legendas. Mãos à obra!

Avançando na prática

Identificação de planta com substâncias tóxicas

Descrição da situação-problema

As gimnospermas possuem diversos usos, e dentre os principais podemos citar: madeireiro, ornamental, alimentício e em indústrias químicas (produção de perfumes, vernizes e outros). Algumas espécies possuem substâncias tóxicas e deve-se tomar cuidado especial quanto a isso.

A cachorrinha da Sra. Rosa apresentou alguns sintomas clínicos como: vômitos, diarreia, fraqueza, dores abdominais, aumento da sede, tremores, falta de coordenação de movimentos musculares e até convulsões. Apesar da Sra. Rosa ter levado a cachorrinha ao veterinário, de ela ter sido medicada e estar melhorando, ficou curiosa para saber qual planta poderia ter causado tantos transtornos clínicos a sua cachorrinha. Você, então, foi contratado pela Sra. Rosa para identificar tal planta presente na área total do condomínio. Qual a relação entre a ingestão dessa planta e os sintomas apresentados pela cachorrinha?

Resolução da situação-problema

Após percorrer a área total do condomínio, você conseguiu identificar a espécie que causou a intoxicação na cachorrinha da Sra. Rosa. A planta é uma gimnosperma pertencente ao filo Cycadophyta, representada por *Cycas revoluta* Thunb. Você só conseguiu ter certeza dessa identificação porque verificou que havia várias sementes dessa espécie sobre o solo e próximas a planta. Também havia algumas folhas amassadas, como se algum peso tivesse sido colocado nelas.

Concluída a sua investigação, você relata à Sra. Rosa qual foi a planta que causou intoxicação em sua cachorrinha e que você também conseguiu pesquisar que essa planta contém uma substância tóxica que, se ingerida, pode causar exatamente os sintomas que a cachorrinha apresentou. Provavelmente, a cachorrinha ingeriu as sementes. Você também achou interessante ressaltar que é extraído um amido das sementes dessa planta, chamado de sagu, usado na alimentação, mas que é necessário processá-lo primeiro.

Faça valer a pena

1. A família Araucariaceae pertence ao filo Conipherophyta e os seus representantes atuais constituem o maior e mais importante agrupamento de gimnospermas. Julgue os itens quanto às características desse filo em V para verdadeiro e F para falso.

I. ( ) O gênero *Agathis* é considerado nativo do Brasil.
II. ( ) O pinheiro-do-paraná pertence ao filo Conipherophyta, que reúne várias espécies com alto valor econômico.
III. ( ) *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze ocorre exclusivamente no Sul do Brasil, pois essa região possui temperaturas elevadas, favorecendo o desenvolvimento da espécie.
IV. ( ) Os gêneros atualmente conhecidos pertencentes à família Araucariaceae são: *Agathis, Araucaria* e *Wollemia*.

Assinale a alternativa que corresponde à sequência correta.

a) F, V, F, V.
b) V, F, F, V.
c) V, F, V, F.
d) F, V, F, F.
e) V, V, F, V.

2. Dentre as gimnospermas atuais, existe um filo importante na história evolutiva das plantas, pois os seus representantes apresentam caracteres de gimnospermas e angiospermas, sendo o caractere associado à reprodução como um dos mais relevantes. Baseado nessa informação, analise as seguintes afirmações quanto aos aspectos reprodutivos dos seguintes filos:

I- Cycadophyta e Ginkgophyta apresentam óvulos e os microsporângios crescendo em indivíduos diferentes (plantas dioicas), como também pólen com vesículas aeríferas.
II- Os representantes do filo Gnetophyta apresentam tanto caracteres de gimnospermas (sementes não envolvidas em um ovário) quanto de angiospermas (elementos de vaso no lenho, estruturas reprodutivas superficialmente semelhantes às flores e dupla fertilização).
III- Conipherophyta, também representado pela família Pinaceae, a qual tem a maioria dos seus representantes com ausência de duas vesículas aeríferas no pólen, justificando a sua polinização por animais.

Está correto o que se afirma em:

a) III.
b) I e II.
c) II.
d) I e III.
e) I.

3. A *Ginkgo biloba* pode viver por mais de mil anos e é muito cultivada como planta ornamental próximo a templos religiosos do Leste Asiático, devido a sua atrativa folhagem.

Nesse contexto, avalie as sentenças a seguir e a relação entre elas.

I - *Ginkgo biloba* pertence ao filo Ginkgophyta e possui folhas decíduas, sendo essa uma característica que a diferencia da maioria das outras gimnospermas.

Porque

II - As folhas de *Ginkgo biloba* ficam com coloração opaca e cinzenta antes de caírem no outono, além de se apresentarem em forma de leque, bilobadas ou inteiras.

Acerca dessas afirmativas, assinale a opção correta.

a) Asserções I e II são proposições verdadeiras e a II é uma justificativa correta da I.
b) A asserção I é uma proposição verdadeira e a II é uma proposição falsa.
c) A asserção I é uma proposição falsa e a II é uma proposição verdadeira.
d) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa correta da I.
e) As asserções I e II são proposições falsas I.

Referências

EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven, Biologia Vegetal**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2014. 1637 p.

FLORA do Brasil 2020. **Gimnospermas**. Rio de Janeiro, [s.d.]. Disponível em: http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB128477. Acesso em: 5 set. 2018.

GLÓRIA, B. A. da.; GUERREIRO, S. M. C. **Anatomia vegetal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. 438 p.

JUDD, W. S. et al. **Sistemática vegetal:** um enfoque filogenético. 3. ed. Artmed, Porto Alegre. 2009. 612 p.

KOCH, M. M.; HENKES, J. A. A interferência das plantações *Pinus spp* nos ecossistemas dos campos de cima da serra, RS. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 2, n. 1, p. 64-91, abr./set. 2013. Disponível em: http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/1445/1102. Acesso em: 6 set. 2018.

REECE, J. B. et al. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed. 2015. 1488 p.

SOUZA, V. C; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**. Guia ilustrado para identificação de famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseada em APG III. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2012. 768 p.

Unidade 2

Biologia de angiospermas

Convite ao estudo

Olá, caro aluno! Vamos iniciar nossos estudos de biologia de angiospermas na segunda unidade desta disciplina. Nesta unidade, você descobrirá como as angiospermas surgiram, quais suas características evolutivas e quais as modificações que seus órgãos vegetativos tiveram que passar para conquistar diferentes ambientes. Você pensou em como as angiospermas surgiram? E quais espécies de angiospermas podem interessar do ponto de vista econômico? Como é o desenvolvimento inicial das angiospermas e como se reproduzem? Descubra em cada seção desta unidade como a biologia das angiospermas será fundamental em sua profissão.

Os assuntos que vamos abordar nesta unidade abrangem conhecimentos para você aplicar os fundamentos da filogenia, evolução, classificação, morfologia e reprodução de angiospermas, indispensáveis para sua profissão. Assim, para entender esses conhecimentos corretamente e de forma eficiente, ao concluir esta unidade você deverá efetuar a classificação de angiospermas em um levantamento botânico de campo, com elaboração de cartilha ilustrada.

E para ajuda-lo neste caminho, vamos avaliar o contexto que segue.

As angiospermas surgiram, evoluíram e se adaptaram aos mais diferentes ambientes devido a características morfológicas, anatômicas e também pelas particularidades reprodutivas. Então, as principais novidades evolutivas das angiospermas estão relacionadas ao desenvolvimento e reprodução mais rápidos, pois o sistema vascular especializado permitiu a condução mais eficiente de água e a redução dos gametófitos femininos tornou o ciclo de vida mais curto.

Essa forma de reprodução mais rápida é muito relevante, uma vez que várias espécies de angiospermas apresentam importância econômica nos mais diversos setores, como na indústria madeireira, na produção de fármacos, no vestuário e na alimentação, entre outros.

Para conhecer o mundo da biologia das angiospermas, você, como biólogo, foi contratado por uma indústria farmacêutica a fim de auxiliar na utilização das angiospermas de interesse econômico no ramo da farmacologia, ou seja, verificar quais angiospermas podem ser usados na forma de

cosméticos e de fitoterápicos, como também ajudar na identificação desses vegetais. Nesse sentido, o foco principal da indústria que lhe contratou é a utilização de óleos vegetais para aplicações cosméticas e fitoterápicas.

Para alcançar os objetivos rotineiros do trabalho, você percebeu que precisaria se esforçar muito para distinguir as características das angiospermas e principalmente das espécies que utilizará no seu trabalho, além de dominar o conhecimento sobre a morfoanatomia e aspectos reprodutivos dessas espécies.

Você e uma equipe de especialistas foram destinados para um setor em expansão na empresa. Esse setor busca identificar novos potenciais para serem explorados, e o trabalho a ser desenvolvido buscando esse objetivo foi o de encontrar novas espécies vegetais que sejam economicamente viáveis na produção de óleos utilizados em cosméticos. Para desenvolver essa atividade, você e sua equipe foram conhecer as pesquisas botânicas desenvolvidas em um instituto na Amazônia.

Dessa forma, você e a equipe de especialistas tiveram um embasamento e, a partir dele, várias ideias, e resolveram fazer uma pesquisa de campo inicial para saber quais seriam as principais espécies de interesse na produção de produtos farmacêuticos e fitoterápicos produzidos a partir de óleos vegetais, além de saber como extrair com maior otimização considerando as características morfológicas das plantas. Após saber da sua demanda, você reuniu-se com o seu grupo de trabalho para elaborar as metas e um cronograma a ser cumprido. Dentre essas metas há o desafio de tentar explicar por que as plantas apresentam tais substâncias/compostos que são explorados na extração dos óleos vegetais, e para isso você sugeriu um treinamento com a equipe do seu setor, realizando visitas de campo, coleta e identificação das espécies de interesse. Logo após esse treinamento, você e a equipe do seu setor deveriam elaborar uma cartilha ilustrada com as principais espécies de angiospermas de interesse econômico, aplicando o conhecimento teórico-prático adquirido com o treinamento.

Vamos resolver esse desafio? Bons estudos!

Seção 2.1

Origem e evolução das angiospermas

Diálogo aberto

Neste momento inicial da disciplina você aprenderá como as angiospermas surgiram, evoluíram e se adaptaram a diferentes ambientes, e também vai saber quais as angiospermas de interesse econômico. Esses aspectos o ajudarão a perceber e aplicar corretamente os saberes botânicos em sua carreira profissional.

Assim, uma das primeiras demandas após você ter sido contratado pela indústria farmacêutica que utiliza as angiospermas de interesse econômico foi fazer uma pesquisa de opinião em campo para saber quais seriam essas principais espécies de interesse. Essa pesquisa foi desenvolvida com o público-alvo, ou seja, as pessoas que utilizariam os produtos oriundos dos óleos vegetais, como cremes, loções, sabonetes, cápsulas, fitoterápicos e outros. Então foi possível listar várias espécies a partir dos resultados dessa pesquisa e também traçar um perfil do consumidor, almejando obter sucesso com os produtos farmacêuticos e fitoterápicos produzidos a partir de óleos vegetais.

Assim, você e o seu setor se basearam em alguns questionamentos: quais seriam as partes das plantas que poderiam ser utilizadas para extrair os óleos vegetais? Considerando a diversidade de características morfológicas das espécies que seriam utilizadas na indústria farmacêutica, qual (ou quais) critério (ou critérios) você indicaria para selecionar as espécies com maior produção de óleo?

Não pode faltar

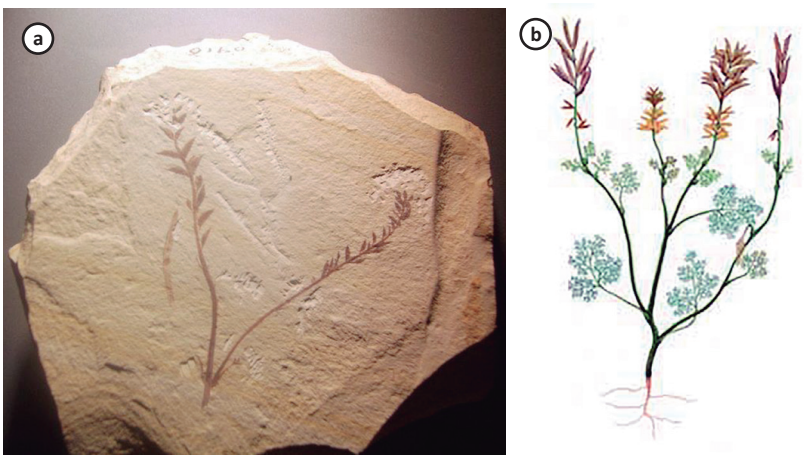
Caro aluno, iniciaremos esta unidade retomando o conceito de angiosperma (do grego *angion*, recipiente), que se refere às sementes contidas em frutos, característica essa que é a principal diferença das angiospermas para gimnospermas (grupo que estudamos na unidade anterior). As angiospermas são as mais diversas e mais amplamente distribuídas de todas as plantas, com mais de 250 mil espécies (cerca de 90% de todas as espécies de plantas). Vamos entender como essas plantas surgiram, evoluíram e se adaptaram a diferentes ambientes e quais seriam as angiospermas de interesse econômico.

Alguns autores (JUDD et al. 2009, REECE et al. 2015, EVERT; EICHHORN, 2014) relatam que as angiospermas se originaram no período

Cretáceo, há cerca de 140 milhões de anos, e elas começaram a dominar alguns ecossistemas terrestres no meio do Cretáceo (há aproximadamente 100 milhões de anos) (REECE et al. 2015). Isso resultou, então, na mudança drástica das paisagens, pois antes a vegetação dominante era formada pelas gimnospermas (plantas com sementes nuas e sem flores), e então as angiospermas deram acesso às plantas com flores em várias partes do mundo. O período Cretáceo terminou há cerca de 65 milhões de anos com extinção em massa de dinossauros e muitos outros grupos animais e novo aumento na diversidade e na importância das angiospermas.

E com base em que podemos sugerir que as angiospermas apareceram há 140 milhões de anos? Temos que considerar que, embora grãos de pólen sejam comuns em rochas do período Jurássico (200 a 145 milhões de anos atrás) (REECE et al. 2015), nenhuma amostra desses fósseis de pólen tem os atributos característicos de angiospermas, sugerindo que as angiospermas podem ter se originado depois do Jurássico. Na verdade, os fósseis mais antigos com atributos distintivos de angiospermas são grãos de pólen de 130 milhões de anos (REECE et al. 2015) descobertos na China, Israel e na Inglaterra. Fósseis mais antigos de estruturas maiores de plantas com flores incluem aqueles de *Archaefructus sinensis* (Figura 2.1), considerada como "mãe de todas as angiospermas", descoberto na China em rochas que têm cerca de 125 milhões de anos de idade (REECE et al. 2015). Esse fóssil apresentava carpelos mas não tinha flores, levantando a hipótese de flores unissexuadas e sem perianto (pétalas e sépalas).

Figura 2.1 | a) Fóssil e b) reconstrução de ***Archaefructus sinensis***



Fonte: a) https://alchetron.com/Archaefructus e b) http://cooldinofacts.wikia.com/wiki/Archaefructus. Acesso em: 30 set. 2018.

Assimile

Fóssil (Figura 2.2) é nome dado aos restos ou vestígios de plantas ou animais que se encontram nas camadas terrestres, anteriores ao atual período geológico (FÓSSIL, 2018).

Figura 2.2 | Fóssil de angiosperma (Lírio-da-água)

Fonte: iStock.

Já Judd et al. (2009) relatam que os fósseis evidentes mais antigos conhecidos para angiospermas são grãos de pólen datados de cerca de 135 milhões de anos atrás. Macrofósseis completos da China foram inicialmente descritos como pertencentes ao Jurássico Superior, mas são atualmente considerados como pertencentes ao início do Cretáceo. Muitas das principais linhagens de angiospermas (Nymphaeaceae, Chloranthaceae, Winteraceae e eudicotiledôneas) podem ser reconhecidas desde o Cretáceo Médio e já estavam presentes há 125 milhões de anos (JUDD et al. (2009). Outros fósseis do Cretáceo, no entanto, são de difícil comparação com as linhagens atuais (JUDD et al. 2009). De qualquer forma, as angiospermas já haviam se diversificado consideravelmente no final do Cretáceo e representavam o grupo de plantas dominante em muitos ambientes terrestres (Figura 2.3). No geral, fósseis das primeiras angiospermas indicam que o grupo surgiu e começou a se diversificar durante um período de 20 a 30 milhões de anos (JUDD et al. 2009), sendo esse evento menos repentino do que o sugerido pelos fósseis conhecidos durante a existência de Darwin.

Figura 2.3 | Ambiente com vegetação do Período Cretáceo

Fonte: iStock

Nesse contexto, devido a muitas divergências sobre a origem e ancestralidade das angiospermas, Charles Darwin uma vez se referiu à origem das angiospermas como um "mistério abominável". Ele se mostrava bastante impressionado pelo surgimento relativamente repentino e pela distribuição geograficamente ampla das angiospermas no registro fóssil. Evidências de fósseis e análises filogenéticas levaram a progredir na resolução do mistério de Darwin, mas ainda não compreendemos completamente como as angiospermas surgiram a partir das primeiras plantas com sementes e, por mais de 100 milhões de anos, as plantas com flores têm dominado o ambiente terrestre.

Dica

Para entender um pouco mais sobre como as angiospermas surgiram, leia o texto *O "Abominável Mistério" do surgimento das Angiospermas*, de Valdir Lamim-Guedes, que traz uma visão dos mais importantes cientistas sobre o assunto.

ALMIM-GUEDES, V. O "Abominável Mistério" do surgimento das Angiospermas. **História da Ciência e Ensino:** construindo interfaces, v. 10, p. 60-69, 2014.

Em termos de sua história evolutiva, as angiospermas são um grupo de plantas com sementes que apresentam características especiais (flores, frutos e um ciclo de vida distinto), tornando-as diferentes de todas as outras plantas. As principais novidades evolutivas das angiospermas estão relacionadas ao desenvolvimento e reprodução mais rápidos. O sistema vascular

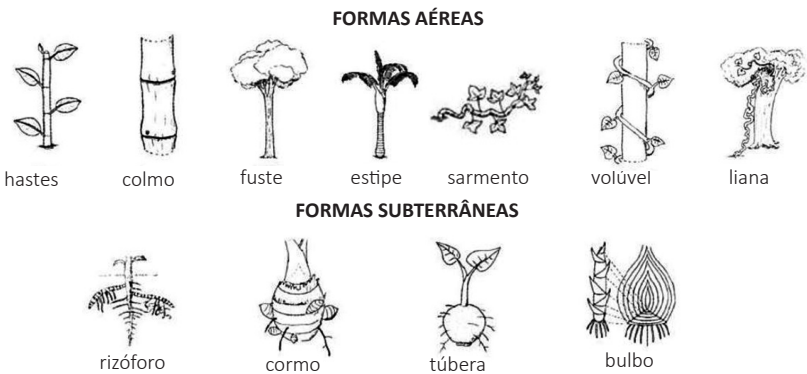
especializado permitiu a condução mais eficiente de água, e a redução dos gametófitos femininos tornou o ciclo de vida mais curto. Nas próximas seções nos aprofundaremos mais sobre esse ciclo de vida.

Após conhecermos um pouco da origem e evolução das angiospermas, vamos entender as adaptações de órgãos vegetativos (caule, raiz e folha) a diferentes ambientes, pois isso reflete diretamente na ocupação dos mais diversos habitat pelas angiospermas.

No ambiente terrestre, os caules desenvolveram uma série de tecidos capazes de suportar o peso do próprio sistema axial, como também o sistema fotossintético e estruturas reprodutivas. Quanto ao **caule**, ele pode apresentar várias formas, tanto aéreas como subterrâneas (GONÇALVES; LORENZI, 2011). As aéreas estão classificadas da seguinte forma: haste (presente na maioria das ervas), colmo (caracterizado por nós e entrenós bem definidos), tronco ou fuste (caule monopodial, lenhoso), estipe (caule com coral apical de folhas). Pode também desenvolver outras estratégias de crescimento, quando não sustentam de forma ereta todo o peso das partes aéreas: rizoma (cresce paralelo ao substrato, podendo ser subterrâneo), estolho (variação do rizoma, caule lateral, podem enraizar a cada entrenó longo), sarmento (cresce rastejando na superfície do solo, mas está enraizado somente um ponto na base do caule), volúvel (enrolando-se ao longo de um suporte vertical) e lianas (crescem apoiando-se aos substratos verticais, às vezes apresentando gavinhas e espinhos).

Agora vamos conhecer as formas subterrâneas como os rizóforos (eixo caulinar com aparelho fotossintético), os cormos (rizoma intumescido, cilíndrico e globoso), as túberas (parte intumescida referente a um entrenó) e os bulbos (apresentando aspecto discoide com catafilos cobrindo a gema apical) (GONÇALVES; LORENZI, 2011).

Figura 2.4 | Variações adaptativas do caule (aéreas e subterrâneas)



Fonte: adaptado de Gonçalves e Lorenzi (2011, p. 22).

Quanto à **raiz**, é uma estrutura de suma importância na conquista da terra pelas plantas, pois exerce duas funções primordiais: proporciona o desenvolvimento de estruturas capazes de crescer subterraneamente para buscar água e minerais e fixa a planta em seu substrato. Além dessas funções, as raízes também adquiriram funções de reserva de nutrientes e fotossíntese. Assim, mesmo considerando todas essas funções, as raízes são menos variáveis do que os caules, considerando os aspectos adaptativos. Podemos destacar algumas destas variações, tais como: raízes tuberosas (têm reservas de amido), raízes grampiformes, raízes tabulares e escoras (auxiliam no suporte), haustórios (típicas de espécies parasitas), pneumatóforos ou respiratórias (ocorre em áreas frequentemente alagadas), adventícias (surgem a partir de um eixo radicular pré-existente).

As **folhas** compõem o sistema fotossintético e apresentam adaptações para aumentar a captação da luz, devido a sua diversidade de formas, cores e tamanhos. Gonçalves e Lorenzi (2011) também relatam que a estrutura laminar aumenta de forma consistente a relação superfície/volume, diminuindo a proporção de tecidos que não recebem luz.

Reflita

Se as angiospermas não apresentassem as características adaptativas nos órgãos vegetativos (raiz, caule e folhas), quais seriam as consequências para ocupação nos mais diversos ambientes?

Angiospermas de interesse econômico

Os seres humanos dependem das plantas com sementes para produzir alimento, madeira e muitos medicamentos. Em florestas ou em propriedades agrícolas, as plantas com sementes são as fontes essenciais de alimento, combustível, produtos madeireiros e substâncias medicinais. Nossa dependência delas torna crucial a preservação da diversidade vegetal.

A maior parte de nosso alimento provém de angiospermas: cerca de 80% de todas as calorias consumidas pelos seres humanos são provenientes de seis culturas agrícolas (milho, arroz, trigo, batata, mandioca e batata-doce, como mostra a Figura 2.5). Além disso, é interessante ressaltar que, para produzir um quilo de carne, é necessário utilizar de cinco a sete quilos de grãos para alimentar animais domésticos, logo também dependemos de angiospermas para essa produção de carne.

Figura 2.5 | Culturas agrícolas mais consumidas pelos humanos. a) milho, b) arroz, c) trigo, d) batata, e) mandioca e f) batata-doce.

Fonte: iStock.

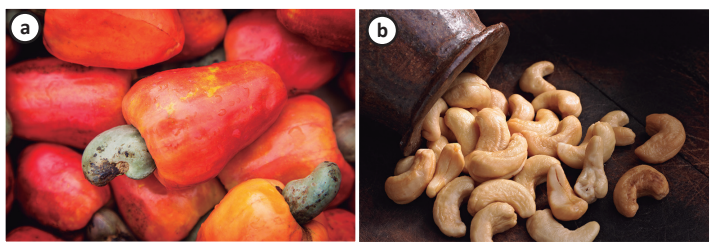
Exemplificando

O caju destaca-se pelo alto valor nutritivo principalmente em relação ao teor de vitamina C, cerca de três a cinco vezes superior ao da laranja, além de cálcio, fósforo, vitamina A, complexo B, potássio e ferro, fortalecendo assim o sistema imunológico e combatendo o estresse.

A castanha de caju aumenta os níveis de HDL (colesterol bom), além de ter proteínas ricas em aminoácidos essenciais.

É anticancerígena por ser rica em fitoquímicos e fitoesteróis.

Figura 2.6 | a) Foto do caju e b) da sua castanha



Fonte: iStock.

As angiospermas também são utilizadas em duas bebidas populares, oriundas das folhas de chá e dos grãos do café. Também é muito conhecido o chocolate, feito do cacau, que é fruto do cacaueiro. Várias partes de plantas são utilizadas para fabricar condimentos, como flores (cravo-da-índia,

açafrão), frutos e sementes (baunilha, pimenta-do-reino, mostarda), folhas (manjericão, hortelã, sálvia) e mesmo da casca (canela).

A madeira consiste nas paredes rijas de células do xilema, sendo a fonte principal de combustível para boa parte do mundo, além de ser o material de construção mais amplamente utilizado.

As plantas são também uma fonte direta de compostos medicinais, pois por séculos os seres humanos dependeram das plantas com sementes para tais compostos. Muitas culturas usam remédios de ervas e os cientistas extraíram e identificaram substâncias medicinais ativas de muitas dessas plantas, sintetizando-as posteriormente. Nos Estados Unidos, cerca de 25% das prescrições de medicamentos contêm um ingrediente ativo de plantas; em geral, plantas com sementes (EVERT; EICHHORN, 2014). Já no Brasil, esse mercado avança sutilmente, principalmente no que diz respeito aos remédios manipulados feitos de plantas medicinais, os fitoterápicos.

Nas próximas seções vamos conhecer mais aspectos importantes sobre as angiospermas.

Até a próxima!

Sem medo de errar

Caro aluno, até aqui você aprendeu sobre a origem, evolução e adaptação das angiospermas, como também conheceu algumas espécies que apresentam potencial econômico para os mais diversos fins, seja na indústria madeireira, na produção de fármacos, no vestuário ou na alimentação, entre outros. Ressaltamos que a evolução das angiospermas não seria possível se elas não conseguissem adaptar alguns órgãos vegetativos para ocupar diferentes ambientes.

Assim, uma das primeiras demandas após você ter sido contratado por uma indústria farmacêutica que utiliza as angiospermas de interesse econômico, foi fazer uma pesquisa de campo inicial para saberem quais seriam essas principais espécies de interesse. Essa pesquisa foi desenvolvida com o público-alvo, ou seja, as pessoas que utilizariam os produtos oriundos dos óleos vegetais. A partir dos resultados dessa pesquisa, você e sua equipe conseguiram listar várias espécies, almejando obter sucesso com os produtos farmacêuticos e fitoterápicos produzidos a partir de óleos vegetais.

Assim, você e o seu setor se basearam em alguns questionamentos: quais seriam as partes das plantas que poderiam ser utilizadas para extrair os óleos vegetais? Considerando a diversidade de características morfológicas das espécies que seriam utilizadas na indústria farmacêutica, qual (ou quais)

critério (ou critérios) você indicaria para selecionar as espécies com maior produção de óleo?

Dentre as principais espécies que a indústria identificou com a pesquisa de campo, as que se destacaram foram: coco, cacau, andiroba, copaíba, cupuaçu e babaçu. Então o foco inicial seriam essas espécies, e as partes das plantas que podem ser usadas para a extração dos óleos vegetais são os frutos/sementes. Nesse sentido, o critério para selecionar as espécies com maior produção de óleo será justamente relacionado às características morfológicas dos frutos/sementes, como o seu tamanho (comprimento e diâmetro), seu peso, a espessura da polpa e a porcentagem da polpa. Vale ressaltar que todas essas características foram avaliadas em laboratório para as espécies que se destacaram na pesquisa de campo.

Mediante os resultados da pesquisa de campo e do laboratório foi possível vocês verificarem que quanto maior o fruto/semente e a espessura e porcentagem da sua polpa, maior será a produção de óleo.

Com todas as descobertas que você e o seu setor conseguiram ficou evidente que trabalhar com angiospermas de interesse econômico é muito importante e expande os conhecimentos práticos. Conhecer as características principais bem como alguns aspectos morfológicos das angiospermas com potencial oleífero permite-nos avançar na utilização desse conhecimento de forma prática e eficaz, e assim selecionar espécies com uma maior demanda, visando ao seu melhor aproveitamento comercial.

Avançando na prática

Fabricação de móveis com angiosperma não madeireiras

Descrição da situação-problema

A Sra. Rebeca é uma amante nata da natureza e está interessada em mobiliar boa parte da sua casa com uma planta que não seja madeireira, devido a sua preocupação com a exploração de espécies nativas e também por buscar algum material de mais baixo custo, leve e resistente. Então, ela decidiu contratar você, biólogo, para indicar qual espécie se adequaria às especificações citadas e que poderia ser utilizada para fabricação de móveis e de outros utensílios domésticos, se possível. Então você se questionou sobre qual espécie poderia indicar para Sra. Rebeca, tendo em vista que seria uma planta não madeireira. Quais os aspectos morfológicos da espécie escolhida

que possibilitaria seu uso? Quais seriam os possíveis móveis e utensílios que poderiam ser fabricados com tal planta?

Resolução da situação-problema

As angiospermas têm diversas espécies com potencial econômico, como também várias formas de adaptações de caule, desde aéreos a subterrâneos, e também relacionados à estratégia de crescimento da planta. Nesse sentido, você, como biólogo, fez uma busca aprofundada em relação a qual espécie poderia indicar para a Sra. Rebeca, adequando às solicitações de baixo custo, leveza, resistência e amplitude de uso em móveis e utensílios domésticos.

Após alguns dias de pesquisas, você se surpreendeu com o uso de uma espécie que é utilizada há bastante tempo na China com fins de construção, então decidiu que poderia indicar o bambu, pois ele tem uma utilização comercial bem explorada graças à rigidez de seus caules lenhificados, fato esse diretamente relacionado à sua durabilidade, ou seja, terá vida útil longa, além de baixo custo, por ser abundante na natureza. Também é um material leve, pois seu caule é um colmo (com nós e entrenós bem definidos), e a espessura das paredes dos colmos podem variar desde delgadas até paredes mais espessas e colmos praticamente sólidos. Vale ressaltar que a parte do bambu que mais se diferencia entre as inúmeras espécies conhecidas é o seu colmo (ou seja, o seu caule), pois apresenta cores, texturas, distância dos entrenós, diâmetros e alturas muito variadas. Todas essas características tornam o bambu bastante versátil, podendo ser utilizado nos mais diversos ambientes.

Na sua pesquisa você conseguiu listar uma infinidade de peças originais e criativas que são funcionais, como mesas de centro, estantes, criado-mudo, cadeiras, cabeceira da cama, sofás, camas, balanços, cortinas, porta-toalhas, moldura de espelho, porta-velas, jardim vertical, saboneteira, quadros, bandejas, bancos, talheres, casinha de cachorro, etc.

Todas essas características positivas foram ao encontro dos objetivos da Sra. Rebeca, e com tantas opções de fabricação de móveis e utensílios, ela ficou satisfeita com a resolução da situação.

Faça valer a pena

1. As angiospermas surgiram, evoluíram e se adaptaram aos mais diferentes ambientes devido às características morfológicas, anatômicas, e também pelas particularidades reprodutivas.

Sobre as principais características evolutivas das angiospermas, marque V (verdadeiro) ou F (falso) nas sentenças.
( ) apresentam desenvolvimento e reprodução mais lentos, pois o sistema vascular não permite a condução de água.
( ) a redução dos gametófitos femininos tornou o ciclo de vida mais longo.
( ) o caule pode apresentar-se somente com formas aéreas.
( ) apresentam adaptações de órgãos vegetativos (caule, raiz e folha) a diferentes ambientes, refletindo diretamente na ocupação dos mais diversos habitat pelas angiospermas.

De acordo com o texto-base, indique a alternativa correta.
a) V - F - F - V.
b) V - F - F - F.
c) V - F - V - F.
d) V - V - V - F.
e) F - F - F - V.

2. Os seres humanos dependem das plantas com sementes para diversos fins, como: produzir alimento, madeira e muitos medicamentos. Assim, nossa dependência delas torna crucial a preservação/conservação da diversidade vegetal.
Nesse contexto, análise as afirmações a seguir:
I – A maior parte de nosso alimento provém de angiospermas, pois esse grupo de plantas é o mais representativo dentre as fanerógamas.
II – Várias partes de plantas são utilizadas para fabricar produtos alimentícios, têxteis, madeireiros e medicamentos.
III – A madeira foi substituída por outros materiais mais resistentes, quando utilizadas como material de construção.
IV – As plantas são uma fonte direta de compostos medicinais, mas os seres humanos não têm o hábito de usá-las para tal fim.

Marque a alternativa correta.
a) Estão corretas: I e II.
b) Estão corretas: I e IV.
c) Estão corretas: II e III.
d) Estão corretas: II e IV.
e) Estão corretas: III e IV.

3. As angiospermas se originaram no período Cretáceo, há cerca de 140 milhões de anos, e começaram a dominar alguns ecossistemas terrestres no meio desse período resultando, então, na mudança drástica das paisagens.
Nesse contexto, avalie as sentenças a seguir e a relação entre elas.

I – Fósseis mais antigos de estruturas maiores de plantas com flores incluem aqueles de *Archaefructus sinensis*, considerada como "mãe de todas as angiospermas"; descoberto na China em rochas que têm cerca de 125 milhões de anos de idade.
Porque
II – As angiospermas já haviam se diversificado consideravelmente no final do Cretáceo, mas ainda não representavam o grupo de plantas dominantes em muitos ambientes terrestres.

Acerca dessas afirmativas, assinale a opção correta.
a) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa correta da I.
b) Asserções I e II são proposições verdadeiras, e a II é uma justificativa correta da I.
c) A asserção I e uma proposição verdadeira, e a II e uma proposição falsa.
d) A asserção I é uma proposição falsa, e a II é uma proposição verdadeira.
e) As asserções I e II são proposições falsas.

Seção 2.2

Classificação das angiospermas

Diálogo aberto

Caro aluno, nesta seção você aprenderá sobre a classificação, a filogenia e a diversidade das angiospermas, além de conhecer as suas características gerais e reprodutivas, e dentre as reprodutivas, você entenderá a dupla fecundação: uma das características mais importantes das angiospermas e que a diferencia de todos os demais grupos. Dessa forma, você conseguirá distinguir e aplicar corretamente os conhecimentos sobre as angiospermas em suas atividades profissionais.

No seu trabalho como biólogo em uma equipe multiprofissional na indústria farmacêutica, você passou pelo primeiro desafio com uma pesquisa de opinião e levantamento de preferência por produtos vegetais no campo de extração de óleos para cosméticos. Um dos produtos muito valorizado na pesquisa foi a castanha-do-pará. E para entender melhor sobre as propriedades morfoanatômicas desta espécie, bem como sua produção e extração, você e mais dois integrantes da equipe foram visitar um instituto de pesquisa vegetal na Amazônia e uma área de coleta destas castanhas.

Antes de partir para essa viagem, você organizou um grupo de estudos sobre as propriedades desta planta, a fim de comparar as informações da literatura com a prática efetuada na área de extração.

Assim, baseado na viagem e nas pesquisas, reflita: as características morfológicas dos frutos influenciam o modo de extração das sementes? Quais são as propriedades do óleo dessa planta que a tornam tão importante? E quais os produtos com o óleo da castanha-do-pará que vocês indicariam para serem produzidos e comercializados pela indústria farmacêutica?

Não pode faltar

Prezado aluno, nesta seção vamos entender como se dão a classificação, a filogenia e a diversidade das angiospermas, além de conhecer as suas características gerais e reprodutivas. Iniciaremos abordando sua classificação filogenética, pois é muito importante ressaltar que todas as angiospermas são classificadas como um único filo, Anthophyta.

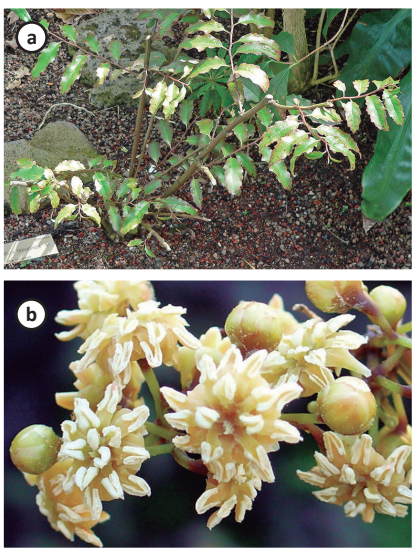
Assimile

O filo Anthophyta é representado por plantas que apresentam flores (angiospermas). Essas plantas também têm sementes cujos óvulos são envolvidos por um carpelo, e elas próprias estão no interior de frutos. As angiospermas são muito diversas vegetativamente, mas se caracterizam pela presença da flor, que é basicamente polinizada por insetos. (EVERT; EICHHORN, 2014).

Para entendermos sobre a filogenia das angiospermas precisamos saber que as angiospermas atuais podem ser mais intimamente relacionadas a várias linhagens extintas de plantas com sementes lenhosas do que às gimnospermas atuais (REECE et al., 2015).

Então, para compreendermos a origem das angiospermas, também precisamos saber a ordem na qual os clados de angiospermas divergiram uns dos outros. Nesse contexto, nos últimos anos tem sido feito um progresso significativo, pois a evidência molecular e morfológica sugere que um arbusto chamado *Amborella trichopoda* Baill - a única espécie da família Amborellaceae (Figura 2.7) e a ordem Nymphaeales (ninfeias) são os representantes vivos de duas das mais antigas linhagens de angiospermas atuais (EVERT; EICHHORN, 2014).

Figura 2.7 | a) *Amborella trichopoda* no Jardim Botânico da Universidade da Califórnia, Berkeley, Califórnia e b) flores de *Amborella trichopoda*



Fonte: a) https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amborella_trichopoda_1.jpg. b) https://worldoffloweringplants.com/amborella-trichopoda/. Acesso em: 12 out. 2018.

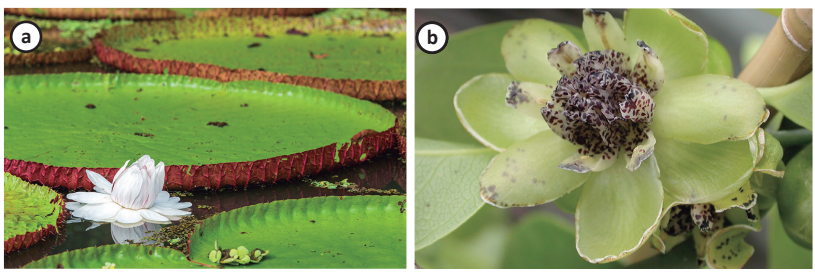
Esses mesmos autores ainda ressaltam que estudos moleculares filogenéticos indicam claramente que *Amborella*, seguida de Nymphaeales e também de Austrobaileyales são grupos irmãos de todas as outras plantas com flor, chamadas Mesangiospermae (mesangiospermas).

As flores de *Amborella* são pequenas e não apresentam distinção entre sépalas e pétalas, além de serem imperfeitas (unissexuadas), com flores estaminadas e carpeladas em plantas separadas (Figura 2.7b). As flores carpeladas, no entanto, contêm estames estéreis (estaminódios), um indício que

Amborella pode ter evoluído de ancestrais com flores perfeitas (bissexuadas). Vale ressaltar que o xilema de *Amborella* não é constituído por vasos, sendo os traqueídes seu único sistema condutor de água, característica essa que a torna diferente da grande maioria das angiospermas.

As Nymphaeales são plantas aquáticas, rizomatosas, herbáceas, adaptadas à alta intensidade luminosa, e algumas espécies apresentam grandes folhas flutuantes (Figura 2.8a). Já as Austrobaileyales (Figura 2.8b) são principalmente arbustos ou pequenas árvores adaptadas à baixa intensidade luminosa, vivendo sob a copa das árvores maiores, em florestas tropicais úmidas. Vale lembrar de que tanto Nymphaeales quanto Austrobaileyales têm sacos embrionários com quatro células e quatro núcleos e formam endosperma diploide, sendo que a maioria das Nymphaeales perdeu os vasos ou têm vasos que lembram traqueídes (EVERT; EICHHORN, 2014).

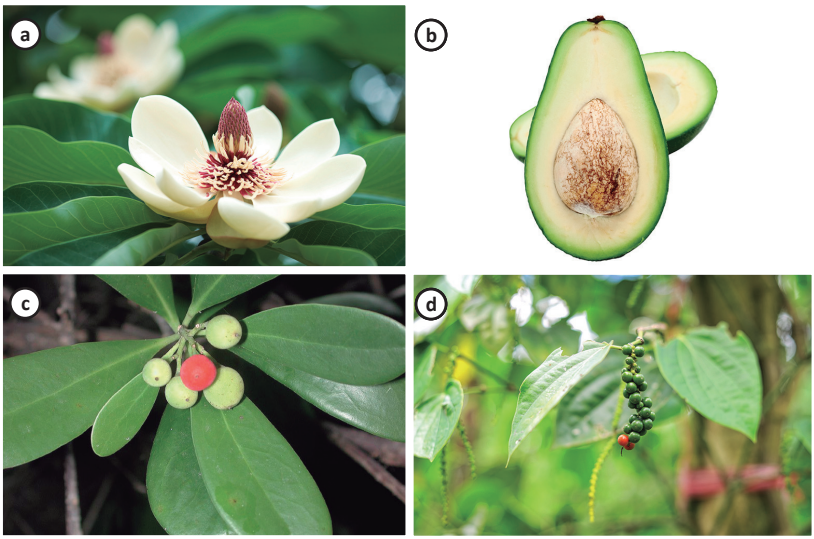
Figura 2.8 | a) Flor e folhas da ***Victoria amazonica*** (Poepp.) J. C. Sowerby, um dos representantes de Nymphaeales e b) ***Austrobaileya scandens*** C. T. White, único representante de Austrobaileyales



Fonte: iStock

A primeira linhagem a divergir dentro das Mesangiospermae foi o clado das Magnoliídeas, que inclui as Magnoliales, Laurales, Canellales e Piperales (EVERT; EICHHORN, 2014), como mostra a Figura 2.9. As Magnoliales (magnolídeas) são árvores, arbustos ou lianas com folhas alternas ou opostas, com venação geralmente peninérvea, folhas coriáceas e flores que se apresentam em disposição espiralada ou em verticilos de três. As Piperales têm hábito geralmente herbáceo, caules com nós intumescidos e feixes vasculares separados, folhas alternas e peças florais dispostas em verticilos de três (JUDD et al. 2009).

Figura 2.9 | Representantes do clado Magnoliideas



Legenda: a) Magnoliales: ***Magnolia obovata*** Thunb; b) Laurales: ***Persea americana*** Mill; c) Canellales; ***Canella winterana***; d) Piperales: ***Piper nigrum*** L.

Fonte:iStock; a) iStock c) http://www.plantsystematics.org/imgs/kcn2/r/Canellaceae_Canella_winterana_1408.html. Acesso em: 12 out. 2018. d) iStock

Exemplificando

Uma característica interessante é que as folhas da maioria das magnoliídeas têm células oleíferas com óleos voláteis, que são a base da fragrância peculiar da noz-moscada, pimenta-do-reino e folha do louro (Figura 2.10).

Figura 2.10 | Outros representantes das magnoliídeas

Legenda: a) noz-moscada; b) pimenta-do-reino; c)

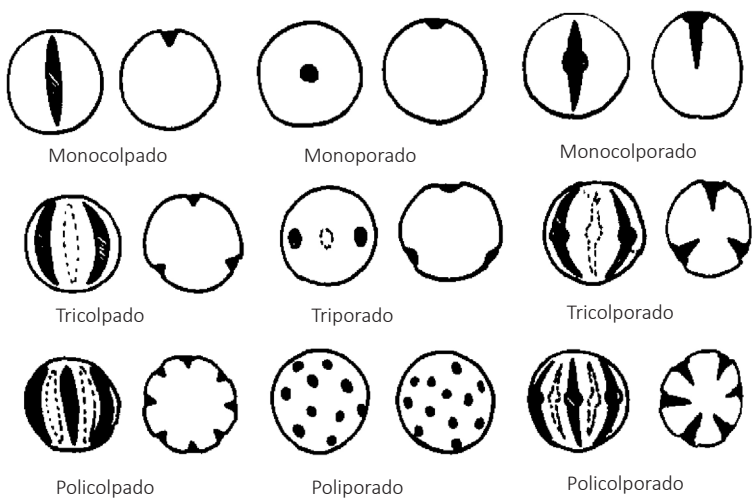
Fonte: iSotck

As Monocotiledôneas e as Eudicotiledôneas abrangem 97% das espécies do filo Anthophyta, sendo que as monocotiledôneas constituem a segunda

maior linhagem das mesangiospermas que detêm algumas das características basais das angiospermas, como pólen monoaperturado (monocolpado, monoporado e monocolporado) (GONÇALVES; LORENZI, 2011) (Figura 2.11) e partes florais em número de três (flores trímeras). Segundo Reece et al. (2015), cerca de um quarto (por volta de 70 mil espécies) das espécies de angiospermas são monocotiledôneas. Alguns dos maiores grupos de plantas são as orquídeas, gramíneas e palmeiras. As gramíneas incluem algumas das culturas agrícolas mais importantes, como o milho, o arroz e o trigo.

O terceiro e último maior clado das mesangiospermas é representado pelas eudicotiledôneas, que têm uma característica derivada típica, seu pólen triaperturado (pólen com três sulcos ou poros), além de outros tipos de pólen derivados do grupo triaperturado, ou seja, que podem apresentar mais de três sulcos ou poros: pólen - tricolpado, triporado, tricolporado, policolpado, poliporado, policolporado (GONÇALVES; LORENZI, 2011) (Figura 2.11), e partes florais geralmente em número de quatro ou cinco. Mais de dois terços (cerca de 170 mil espécies) (Reece et al., 2015), das espécies de angiospermas são eudicotiledôneas. O maior grupo é a família das leguminosas, que compreende culturas agrícolas como as ervilhas e os feijões. Outra família economicamente importante é a das rosáceas, pois incluem muitas plantas com flores ornamentais, como também algumas espécies com frutos comestíveis (morangueiro e árvores como a macieira e a pereira).

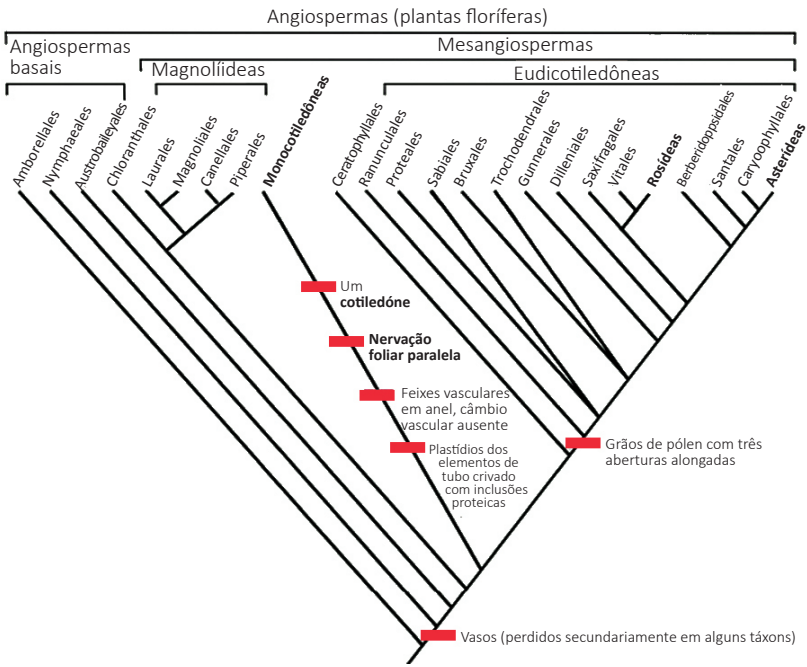
Figura 2.11 | Tipos mais comuns de grãos de pólen, de acordo com o número e forma das aberturas (poros ou sulcos)



Fonte: adaptada de Gonçalves e Lorenzi (2011, p. 52).

Dessa forma, depois de aprender sobre os clados das angiospermas e seus representantes, observe a Figura 2.12 para entender mais sobre as relações entre os principais grupos das angiospermas.

Figura 2.12 | Relações entre os principais grupos de angiospermas



Fonte: adaptada de Evert e Eichhorn (2014, p. 903).

As angiospermas disseminaram-se rapidamente ao redor do mundo e se diferenciaram à medida que os limites entre as principais zonas climáticas se tornaram mais pronunciados, principalmente durante os últimos 70 milhões de anos, aproximadamente (EVERT; EICHHORN, 2014). Então, a partir do seu surgimento no período Cretáceo, as angiospermas se diversificaram nas mais de 250 mil espécies atuais (REECE et al., 2015).

Reflita

Quais características principais das angiospermas que permitiram a sua diversificação e ocupação nos mais diversos habitats? Caso as angiospermas não apresentassem alguma dessas características, o que isso implicaria na diversidade vegetal?

Características gerais e reprodutivas das angiospermas

Dentre as principais características das angiospermas temos as flores e os frutos, sendo a flor uma novidade evolutiva para as angiospermas e uma estrutura especializada para a reprodução sexuada. A flor é um dos órgãos mais variável nas plantas, apresentando várias cores, formas e estruturas, com o objetivo de atrair animais polinizadores para a transferência do pólen. Uma flor é um eixo especializado que pode ter até quatro tipos de folhas modificadas chamadas órgãos florais: sépalas (comumente verdes, que envolvem a flor antes que ela se abra), pétalas (localizadas internamente às sépalas, são coloridas na maioria das flores e auxiliam na atração dos polinizadores), estames e carpelos (ambos são localizados dentro das pétalas e produzem esporos).

Os estames produzem micrósporos que desenvolvem grãos de pólen contendo gametófitos masculinos (microsporócitos). Um estame é composto pelo filete e pela antera, onde o pólen é produzido. Já os carpelos produzem megásporos- gametófitos femininos. O carpelo é o "recipiente" nos quais as sementes estão armazenadas. Na extremidade do carpelo está um estigma pegajoso que recebe o pólen. Um estilete conduz do estigma a uma estrutura na base do carpelo o ovário; que contém um ou mais óvulos. Se fertilizado, um óvulo se torna uma semente.

Os gametófitos masculinos estão nos grãos de pólen, que se desenvolvem dentro dos microsporângios nas anteras. Cada gametófito masculino tem duas células haploides: uma célula generativa que se divide, formando dois espermatozoides e uma célula do tubo que produz um tubo polínico. Cada óvulo que se desenvolve no ovário contém um gametófito feminino, também conhecido como saco embrionário, que tem poucas células, uma das quais é a oosfera.

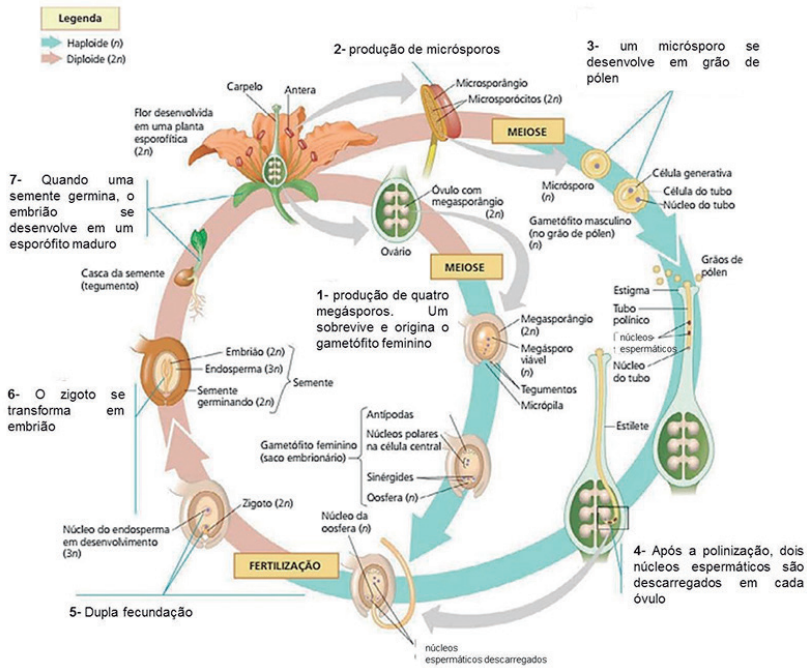
Após ser liberado da antera, o grão de pólen é levado ao estigma pegajoso na ponta de um carpelo, e após aderir ao estigma o grão de pólen absorve água e germina. A célula do tubo produz um tubo polínico que cresce para baixo dentro do estilete do carpelo. Após alcançar o ovário, o tubo polínico penetra na micrópila (abertura nos tegumentos do óvulo) e descarregam os dois espermatozoides dentro do gametófito feminino (saco embrionário). Um núcleo espermático fecunda a oosfera, formando um zigoto diploide. O outro núcleo espermático se funde com os dois núcleos na grande célula central do gametófito feminino, produzindo uma célula triploide. Então ocorre a dupla fecundação (produzindo um zigoto e uma célula triploide), exclusiva das angiospermas (Figura 2.13).

Após a dupla fecundação, o óvulo amadurece até formar a semente. O zigoto se transforma em um embrião esporofítico com uma raiz rudimentar

e uma ou duas folhas embrionárias chamadas cotilédones. A célula central triploide do gametófito feminino se desenvolve no endosperma, tecido rico em amido e outras reservas alimentares que nutrem o embrião em desenvolvimento.

Um ovário se desenvolve em um fruto quando seus óvulos se tornam sementes. Após a dispersão, uma semente pode germinar se as condições ambientais forem favoráveis. A casca se rompe e o embrião emerge como plântula, utilizando o alimento armazenado no endosperma e nos cotilédones, até ele conseguir produzir seu próprio alimento por fotossíntese.

Figura 2.13 | Dupla fecundação nas angiospermas



Fonte: adaptado de Reece et al. (2015, p. 640).

Pesquise mais

Para saber um pouco mais sobre a reprodução das angiospermas e a sua importância, assista ao vídeo de Vanessa Sardinha sobre a dupla fecundação nas angiospermas.

SARDINHA, V. **Reprodução das angiospermas**. Biologia Net.

Os frutos protegem as sementes e auxiliam sua dispersão. Os frutos maduros podem ser classificados em carnosos, nos quais a parede do ovário (pericarpo) se torna macia durante o amadurecimento (exemplos: tomates, ameixas e uvas) ou secos (feijões, nozes e cereais), sendo que alguns frutos secos se rompem abrindo-se no amadurecimento para liberar as sementes, enquanto outros permanecem fechados, conforme mostra a Figura 2.14 (Reece et al., 2015).

Exemplificando

Os frutos da castanheira-do-pará são um exemplo de frutos que permanecem fechados mesmo após a sua maturação. As sementes dessa espécie são chamadas de castanha-do-pará, têm um alto valor proteico e calórico e fornece o mineral selênio, importante para combater os radicais livres presentes no organismo. Também é rica em fibras, cálcio e ferro.

As sementes podem ser consumidas in natura ou torradas, além de serem empregadas na fabricação de farinhas, doces e sorvetes. O óleo extraído da castanha-do-pará também pode ser utilizado na indústria de cosméticos e na fabricação de tintas (Figura 2.14).

Figura 2.14 | Fruto e semente da castanheira-do-pará

Fonte: iStock

Sem medo de errar

Caro aluno, até o momento você aprendeu sobre a filogenia, as características gerais e reprodutivas das angiospermas, como também conheceu alguns representantes dos principais clados. Todos esses enfoques demostram a importância de estudar as angiospermas para entender suas características gerais e reprodutivas.

No seu trabalho como biólogo na indústria farmacêutica, após a pesquisa de opinião de preferência por produtos vegetais no campo de extração de óleos para cosméticos, você e a sua equipe verificaram que a castanha-do-pará foi citada como um dos produtos mais valorizados. E para entender melhor as propriedades morfoanatômicas desta espécie bem como sua produção e extração, você e mais dois integrantes da equipe foram visitar um instituto de pesquisa vegetal na Amazônia e uma área de coleta destas castanhas.

Você ainda organizou um grupo de estudos sobre as propriedades desta planta para comparar as informações da literatura com a prática efetuada na área de extração.

Assim, baseado na viagem e nas pesquisas, pense: as características morfológicas dos frutos influenciam o modo de extração das sementes? Quais são as propriedades do óleo dessa planta que a tornam tão importante? E quais os produtos com o óleo da castanha-do-pará que vocês indicariam para serem produzidos e comercializados pela indústria farmacêutica?

Ao chegarem ao instituto de pesquisa vegetal na Amazônia e na área de coleta de castanhas, vocês fizeram observações e anotações e também auxiliaram na coleta dos frutos da castanheira-do-pará. Dentre as observações que vocês fizeram estão as características morfológicas dos frutos, os quais permanecem fechados mesmo após a maturação das sementes.

Essa característica morfológica dos frutos da castanheira-do-pará influencia diretamente o modo em que se devem extrair as sementes dos frutos, pois são necessárias ferramentas adequadas para se fazer essa extração sem danificar as sementes. Vale ressaltar que essa informação vocês aprenderam na prática, observando a coleta e extração do fruto durante a visita que vocês fizeram ao instituto na Amazônia.

As sementes dessa espécie são chamadas de castanha-do-pará, das quais pode se extrair um óleo que apresenta muitos componentes, sendo muito rico em ácido graxos, vitaminas A e E e diversos minerais, além de conter cálcio, ferro, zinco, potássio e selênio. Este último é importante para combater os radicais livres presentes no organismo.

Sabendo de todos esses compostos do óleo da castanha-do-pará,

vocês verificaram que ele pode ser considerado um dos melhores óleos vegetais com poder de hidratação, pois minimizam o ressecamento e a desidratação da pele (tanto do corpo como do rosto), podendo também ser usado nos cabelos.

Então, para que o óleo da castanha-do-pará seja mais bem aproveitado, ele pode ser utilizado na fabricação de cremes de hidratação, xampus, condicionadores, sabonetes, além do próprio óleo natural.

Avançando na prática

Identificação de plantas

Descrição da situação-problema

O novo administrador de um determinado parque florestal verificou que mesmo havendo muitas espécies nativas na área do parque, possivelmente havia um desequilíbrio devido à ausência de alguns pássaros que antes visitavam a área do parque, como beija-flores, sabiás e até tucanos. Sabendo da importância de identificar as espécies do parque e até como forma de identificar o porquê da ausência desses pássaros na área, esse novo administrador resolveu contratar um biólogo para fazer um levantamento e identificação das espécies vegetais presentes na área do parque, como também solicitou que esse biólogo informasse se haveria alguma espécie invasora e a identificasse. Ao final das identificações, o biólogo também deveria identificar a possível causa da ausência dos pássaros na área do parque, como também qual a possível solução.

Resolução da situação-problema

Diante do desafio lançado pelo novo administrador do parque florestal, o biólogo percorreu toda a área do parque florestal fazendo observações, anotações e coletas de todas as espécies, principalmente as que estivessem com flor e/ou fruto, pois isso facilita na identificação por serem os órgãos reprodutivos da planta.

Após a coleta de espécies, o biólogo precisou levar o material coletado para o laboratório, onde poderia usar um equipamento (microscópio estereoscópico - lupa) que proporcionasse a melhor visualização das partes das flores e/ou frutos e procedeu com as análises de todas as amostras, inclusive contabilizando as peças florais de todas as amostras. Com essa contabilização, o biólogo consegue classificar em monocotiledônea ou dicotiledônea e

prosseguir com a identificação botânica completa, pelo ou menos até o nível de gênero e/ou espécie.

Diante das identificações, o biólogo percebeu que realmente estava havendo um desequilíbrio em relação à ocorrência e distribuição das espécies, pois cerca de 35% do total das espécies não eram nativas, mas invasoras, e estas não ofereciam nenhum tipo de atrativo floral para os pássaros, como flores com cores chamativas (vermelhas, rosas, amarelas), nem frutos que fossem apreciados pelos pássaros. Ao contrário, a maioria das flores dessas espécies invasoras eram pequenas e brancas e os frutos também pequenos. Então, o biólogo sugeriu que fossem plantadas algumas mudas de espécies vegetais e também que fosse feito o manejo dessas espécies invasoras.

O novo administrador ficou satisfeito com o trabalho desenvolvido pelo biólogo e o convidou a fazer parte da equipe que trabalha no parque florestal.

Faça valer a pena

1. Nos últimos anos foi descoberto que um arbusto chamado *Amborella trichopoda* Baill e a ordem Nymphaeales (ninfeias) são os representantes vivos de duas das mais antigas linhagens de angiospermas atuais.
Sobre a filogenia das angiospermas, marque V (verdadeiro) ou F (falso) nas afirmações.
( ) estudos moleculares filogenéticos indicam que *Amborella*, seguida de Nymphaeales e também de Austrobaileyales, são grupos irmãos de todas as outras plantas com flor.
( ) o xilema de *Amborella* é constituído por vasos, característica essa que a torna semelhante a todas as outras angiospermas.
( ) as Nymphaeales são plantas aquáticas, herbáceas, adaptadas à alta intensidade luminosa.
( ) as Austrobaileyales são principalmente arbustos ou pequenas árvores adaptadas à baixa intensidade luminosa.

De acordo com o texto-base, indique a alternativa correta.
a) V - F - F - V.
b) V - F - F - F.
c) V - F - V - V.
d) V - V - V - F.
e) F - F - F - V.

2. As Monocotiledôneas e as Eudicotiledôneas abrangem 97% das espécies do filo Anthophyta, sendo que mais de dois terços das espécies de angiospermas são eudicotiledôneas e as monocotiledôneas constituem a segunda maior linhagem das mesangiospermas.

Nesse contexto, análise as afirmações a seguir:
I – As dicotiledôneas detêm algumas das características basais das angiospermas, como pólen monoaperturado e partes florais em número de três (flores trímeras).
II – Alguns dos maiores grupos de plantas representativas das monocotiledôneas são as orquídeas, gramíneas e palmeiras.
III – As eudicotiledôneas têm uma característica derivada típica, seu pólen triaperturado.
IV – O maior grupo representativo das monocotiledôneas é a família das leguminosas, que compreende culturas agrícolas como as ervilhas e os feijões.

Marque a alternativa correta.
a) Estão corretas: I e II.
b) Estão corretas: I e IV.
c) Estão corretas: II e IV.
d) Estão corretas: II e III.
e) Estão corretas: III e IV

3. Dentre as principais características das angiospermas temos as flores e os frutos, sendo a flor uma novidade evolutiva para as angiospermas e uma estrutura especializada para a reprodução sexuada.
Nesse contexto, avalie as sentenças a seguir e a relação entre elas.
I – A flor é um dos órgãos mais variáveis nas plantas, apresentando várias cores, formas e estruturas, com o objetivo de atrair animais polinizadores para a transferência do pólen. Uma flor pode ter até quatro tipos de folhas modificadas: sépalas, pétalas, estames e carpelos.
Porque
II – As sépalas e as pétalas são responsáveis por produzir os esporos que atuaram na dupla fecundação, já os estames e carpelos desempenham o papel de proteção das estruturas reprodutivas, além de atrair os polinizadores.

Acerca dessas afirmativas, assinale a opção correta.
a) A asserção I é uma proposição verdadeira, e a II é uma proposição falsa.
b) Asserções I e II são proposições verdadeiras, e a II é uma justificativa correta da I.
c) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa correta da I.
d) A asserção I é uma proposição falsa, e a II é uma proposição verdadeira.
e) As asserções I e II são proposições falsas.

Seção 2.3

Anatomia e reprodução das angiospermas

Diálogo aberto

Caro aluno, nesta seção você vai conhecer as principais células e tecidos do corpo vegetal e suas características. Essas características são fundamentais para entender como ocorre o desenvolvimento inicial do corpo da planta, bem como o desenvolvimento do seu sistema caulinar e sua reprodução.

Assim, com base nos conteúdos abordados nas Seções 2.1 e 2.2 e aprofundados agora nesta seção (2.3), você poderá aplicá-los de forma prática e aprimorar cada vez mais os conhecimentos.

Em um dos seus desafios na pesquisa de campo, você e a sua equipe verificaram que entre as espécies mais citadas para uso em cosméticos está o babaçu. Então, vocês resolveram aprofundar as pesquisas sobre a sua exploração econômica, ou seja, como ocorre o processo desde a coleta dos frutos até a produção de óleo, bem como os aspectos morfoanatômicos dessa planta.

Para isso, resolveram ampliar as suas visitas de campo, abrangendo a ocorrência da espécie de interesse: foram ao Mato Grosso, Tocantins, Maranhão e Piauí, com o objetivo de acompanhar todo esse processo e avaliar a relação entre a variabilidade ambiental e a produção de frutos.

Considerando a variabilidade ambiental em que ocorrem, seria possível relacionar quantitativamente a produção de frutos de cada indivíduo em seu respectivo ambiente? O número de frutos produzidos poderia estar relacionado com o calibre dos tecidos condutores (xilema e floema)? Estas duas variáveis – local de ocorrência e calibre dos vasos – também indicariam maior produção de óleo ou não entre os indivíduos?

Vocês notaram que para resolver esses questionamentos precisariam retomar os conhecimentos das características morfoanatômicas das angiospermas, bem como da sua importância econômica. Após pensar sobre as respostas a essas investigações, a equipe da indústria farmacêutica conseguiu finalizar o treinamento e também a elaboração da cartilha, a qual ajudou a desvendar quais seriam as outras espécies de angiospermas com interesse econômico.

Caro aluno, agora que você já treinou com a equipe empresarial, faça a sua cartilha com ilustrações e legendas. Mãos à obra.

Não pode faltar

Nesta seção aprenderemos quais são as principais células e tecidos do corpo vegetal e suas características. Essas características são fundamentais para entender como ocorre o desenvolvimento inicial do corpo da planta e como se dá o desenvolvimento do seu sistema caulinar e sua reprodução.

As células são consideradas as unidades estruturais e funcionais que constituem os organismos vivos. A parede da célula vegetal envolve a membrana plasmática, que contorna o citoplasma, no qual está incluído o núcleo. No citoplasma estão presentes organelas, como vacúolo, plastídio, mitocôndria, complexo de Golgi e retículo endoplasmático, bem como o citoesqueleto e os cloroplastos. Vale salientar que a parede celular, os vacúolos e os plastídios são consideradas características típicas da célula vegetal (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006).

As células estão agregadas umas às outras de distintas maneiras, formando unidades estruturais e funcionais chamadas tecidos. Além disso, os principais tecidos das plantas vasculares estão agrupados em unidades maiores, fundamentados em sua continuidade pelo corpo da planta. Segundo Evert e Eichhorn (2014), existem três sistemas de tecidos: (1) o sistema de revestimento (ou dérmico), (2) o sistema vascular e (3) o sistema fundamental, e a sua presença na raiz, no caule e na folha revela a semelhança básica entre esses órgãos da planta, bem como a continuidade do corpo da planta. Os sistemas de tecidos iniciam-se durante o desenvolvimento do embrião, onde os seus precursores são representados pelos meristemas primários – protoderme, procâmbio e meristema fundamental, respectivamente. Cada sistema tecidual consiste em um ou mais tecidos distintos.

Assimile

O termo meristema vem do grego e significa divisão (*merismos*), e é responsável pela atividade de divisão da célula como uma característica do tecido meristemático.

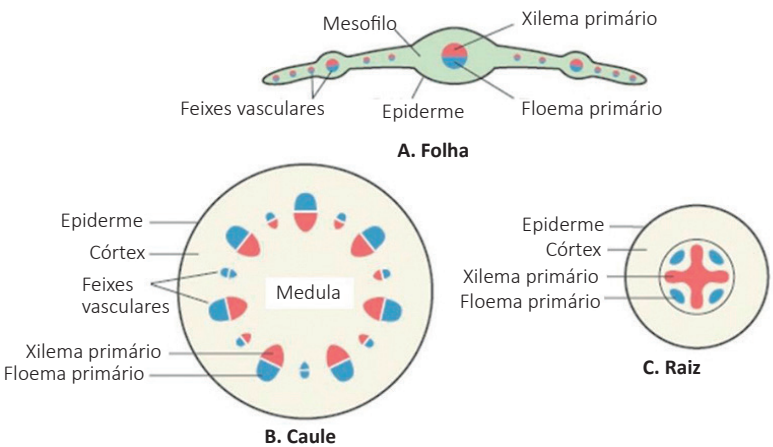
O tipo de crescimento que envolve a extensão do corpo do vegetal e a formação dos tecidos primários é denominado crescimento primário, portanto, o corpo da planta composto por estes tecidos é chamado corpo primário. O meristema apical dá origem aos meristemas primários, que originam os tecidos e os sistemas de tecidos do corpo primário da planta (EVERT; EICHHORN, 2014).

O sistema dérmico é representado pela epiderme, um tecido simples, que é o revestimento externo do corpo primário da planta, e, posteriormente, pela

periderme nas partes da planta que têm crescimento secundário em espessura. O sistema vascular consiste em dois tecidos de condução – xilema e floema. Já o sistema fundamental consiste em três tipos de tecidos fundamentais – o parênquima, o colênquima e o esclerênquima, sendo o parênquima o mais comum dos tecidos fundamentais (EVERT; EICHHORN, 2014).

Os tecidos vasculares estão contidos dentro dos tecidos do sistema fundamental com o tecido dérmico formando o revestimento externo. As principais diferenças entre os padrões dependem, em grande parte, da distribuição relativa dos tecidos vasculares e dos tecidos do sistema fundamental. No caule das eudicotiledôneas, por exemplo, o sistema vascular pode formar uma estrutura com feixes interligados, localizados dentro do tecido fundamental. A região interna aos feixes vasculares é chamada de medula, e a região externa a estes é chamada córtex. Na raiz da mesma planta, os tecidos vasculares podem formar um cilindro sólido (cilindro vascular ou estelo) envolvido pelo córtex. Na folha, os tecidos vasculares caracteristicamente formam um sistema de feixes vasculares (nervuras) dentro do tecido fundamental fotossintetizante (mesofilo). A Figura 2.15 mostra essa organização vascular (EVERT; EICHHORN, 2014).

Figura 2.15 | Organização dos tecidos vasculares e fundamentais (primários) em diferentes partes da planta (folha, caule e raiz) de eudicotiledôneas

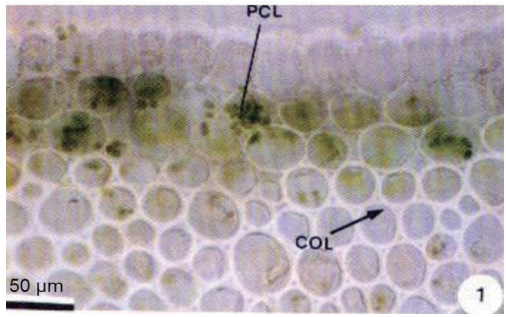


Fonte: adaptada de Evert e Eichhorn (2014, p. 1005).

Os tecidos podem ser definidos como grupos de células que são estruturalmente e/ou funcionalmente distintos, sendo que os tecidos que apresentam apenas um tipo de célula são chamados de tecidos simples (exemplos: os tecidos do sistema fundamental – parênquima, colênquima e esclerênquima), por outro lado, os tecidos formados por dois ou mais tipos de células são chamados de tecidos complexos – xilema, floema, epiderme e periderme).

Para conhecer as características de cada tecido, vamos iniciar pelos tecidos do sistema fundamental como o **parênquima**, que são formados por células vivas, apresentando um vacúolo grande e parede celular delgada. Esse tecido é responsável por diversas funções, a saber: (1) parênquima clorofiliano (Figura 2.16), encontrado principalmente em folhas, pois é o local onde ficam armazenados muitos cloroplastos, os quais são responsáveis pela realização da fotossíntese; (2) parênquima de reserva, que são os parênquimas responsáveis pela armazenação de substâncias como amido (amilífero), água (aquífero), ar (aerífero ou aerênquima) e outros decorrentes do metabolismo celular. Estes são encontrados em regiões como raízes, caules e sementes (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006, EVERT; EICHHORN, 2014).

Figura 2.16 | Seção transversal de caule *in* vivo de ***Bidens pilosa*** (Asteraceae) com colênquima (COL) e parênquima

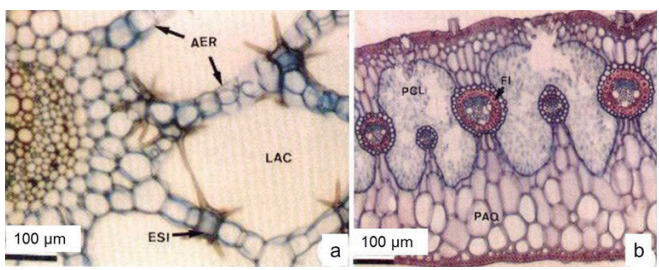


Fonte: adaptada de Appezzato-da-Glória e Carmello-Guerreiro (2006, p. 121).

Exemplificando

As plantas aquáticas apresentam parênquimas aeríferos (Figura 2.17a), que são preenchidos de ar para ajudar sua flutuabilidade (COAN; SCATENA, GIULIETTI, 2002) e facilitar o alcance da luz. Outro caso são as plantas de regiões áridas e semiáridas, que armazenam água para sua sobrevivência, que têm em sua estrutura parênquimas aquíferos, conforma a Figura 2.17b (EVERT; EICHHORN, 2014).

Figura 2.17 | Seções transversais de: a) Caule de ***Nymphoides*** sp. (Menyanthaceae), com aerênquima (AER) de amplas lacunas e astroesclereides (ESI) e b) Folha de ***Syngonantus rufipes*** (Eriocaulaceae) com parênquima clorofiliano (PCL), aquífero (PAQ) e Fibras (FI).



Fonte: adaptada de Appezzato-da-Glória e Carmello-Guerreiro (2006, p. 125).

Colênquima - as células do colênquima são tipicamente alongadas, apresentam paredes primárias, irregularmente espessadas, não lignificadas, macias e flexíveis, com uma aparência brilhante no tecido fresco. Podem continuar a desenvolver paredes espessadas e flexíveis enquanto o órgão está se alongando, tornando essas células especialmente adaptadas para a sustentação de órgãos jovens em crescimento, com os caules, folhas e partes florais em crescimento e da maioria dos órgãos herbáceos (não lenhosos) que sofrem pouco ou nenhum crescimento secundário. As raízes raramente apresentam colênquima. O colênquima está ausente nos caules e nas folhas de muitas monocotiledôneas que produzem esclerênquima precocemente em seu desenvolvimento (EVERT; EICHHORN, 2014).

Esclerênquima - responsável por dar resistência e sustentação às partes da planta que não estão se alongando. As células do esclerênquima podem formar o tecido esclerenquimático, podem ocorrer em pequenos grupos, individualmente ou entre outras células. As células do esclerênquima podem desenvolver-se em qualquer parte ou em todas as partes do corpo primário ou secundário da planta. A principal característica das células do esclerênquima é a presença de parede secundária espessada e comumente lignificada, tornando-se assim, elemento importante na resistência e sustentação das partes da planta que já cessaram o alongamento.

Dois tipos de células no esclerênquima são reconhecidos, segundo Evert e Eichhorn (2014):

1. As **fibras**, que geralmente são células longas, afiladas e comumente ocorrem em cordões ou feixes.

2. As **esclereides**, as quais apresentam formas variadas, sendo frequentemente ramificadas comparadas com a maioria das fibras, e são células relativamente curtas. Também podem ocorrer isoladamente ou em grupos no tecido fundamental.

Agora vamos conhecer as características dos tecidos complexos, compostos pelos tecidos vasculares e pelo tecido dérmico.

O **xilema** é o principal tecido de condução de água nas plantas vasculares, e também está envolvido na condução de sais minerais, na sustentação e no armazenamento de substâncias alimentares. O xilema, juntamente com o floema, forma um sistema contínuo de tecidos vasculares que percorre todo o corpo da planta. No corpo primário da planta, o xilema se origina do procâmbio e, durante o crescimento secundário, o xilema tem origem no câmbio vascular. As principais células de condução do xilema são os elementos traqueais, que são de dois tipos: as traqueídes e os elementos de vaso. Os elementos de vaso unem-se pelas suas

extremidades terminais, formando colunas contínuas ou tubos denominados vasos (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006, EVERT; EICHHORN, 2014).

O **floema** é o principal responsável pelo transporte de seiva elaborada das folhas até o caule e raízes. Localiza-se logo abaixo da casca da planta, formado por uma célula especial denominada elementos crivados, pelas quais o protoplasma das células adjacentes se ligam (placa crivada). Esses elementos de tubos crivados apresentam também características de estarem associados a células parenquimáticas especiais, denominadas células companheiras (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006, EVERT; EICHHORN, 2014).

A **epiderme** constitui o sistema dérmico da planta, e é bastante variada em sua estrutura e em sua função, que é a de proteção e revestimento vegetal. Essas células são revestidas por cutícula, responsável por fornecer uma característica impermeável à célula. Há, nessa região, a presença de células guardas, que são responsáveis pelo processo de fechamento e abertura de poros, denominado estômatos. Essa estrutura serve para o controle de gases internos da planta, como a entrada e saída de vapor d'água, gás carbônico e oxigênio (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006, EVERT; EICHHORN, 2014).

Periderme é o tecido de proteção secundário nos vegetais e apresenta uma organização frouxa, a qual permite uma aeração dos tecidos internos das raízes e caules. É nessa região que encontramos principalmente o súber, sendo a cortiça a mais conhecida, um exemplo clássico de periderme (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006, EVERT; EICHHORN, 2014).

Reflita

Caso as plantas não apresentassem um sistema dérmico tão eficiente – sistema esse que atua na proteção e no revestimento vegetal, tendo como exemplo a epiderme e a periderme – quais seriam as implicações para o seu desenvolvimento tanto no caule como nas raízes? Será que isso também implicaria a sua ocupação em diferentes ambientes?

Caro aluno, depois de aprendermos sobre os tecidos e as suas características, vamos estudar sobre o **desenvolvimento da planta e o seu sistema caulinar**, pois ambos estão estritamente relacionados. O sistema caulinar, constituído pelo caule e suas folhas, é a parte da planta que fica acima do solo. Seu desenvolvimento começa no embrião, onde pode

ser representado pela plúmula constituída por epicótilo, uma ou mais folhas jovens e um meristema apical, ou apenas pelo meristema apical. O ápice do sistema caulinar produz folhas e gemas axilares, as quais se desenvolvem em ramos (sistemas caulinares laterais).

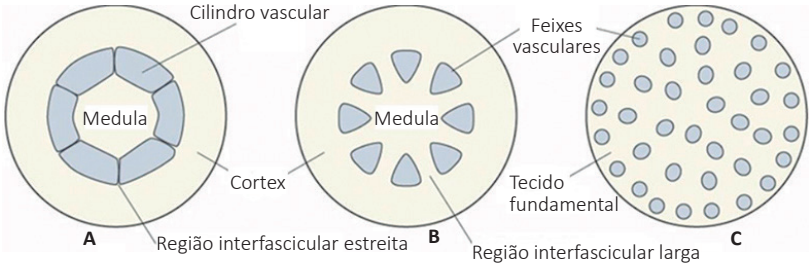
As funções principais associadas aos caules são suporte e condução. As folhas são sustentadas pelos caules, que as colocam em posições favoráveis para a exposição à luz, facilitando a realização da fotossíntese. As substâncias produzidas nas folhas são transportadas para baixo, via floema dos caules, em direção a regiões em desenvolvimento e tecidos de armazenamento de caules e raízes. Ao mesmo tempo, a água e os íons minerais são transportados ascendentemente, via xilema das raízes, através do caule em direção às folhas.

O aumento em espessura do caule durante o crescimento primário envolve tanto divisões longitudinais (periclinais) quanto crescimento celular. Em plantas com crescimento secundário, esse espessamento primário é moderado. O meristema responsável pela expansão abrupta da região apical em uma ampla coroa localiza-se abaixo das bases foliares jovens. Dentro dessa região meristemática (capa meristemática), divisões celulares localizadas resultam na formação de cordões procambiais, mas o tecido fundamental, localizado entre os cordões procambiais da capa, também contribuem para o espessamento.

É importante ressaltar que o meristema apical do sistema caulinar origina os mesmos meristemas primários encontrados na raiz: protoderme, procâmbio e meristema fundamental, sendo que esses meristemas primários se desenvolvem nos tecidos maduros do corpo primário da planta: a protoderme origina a epiderme, o procâmbio origina os tecidos vasculares primários e o meristema fundamental origina o tecido fundamental.

Segundo Evert e Eichhorn (2014), existe uma variação na estrutura primária dos caules das plantas com sementes, mas três tipos básicos de organização podem ser reconhecidos (Figura 2.18): 1- O sistema vascular do entrenó forma um cilindro mais ou menos contínuo em meio ao tecido fundamental, como na Figura 2.18a (em algumas plantas com semente, à exceção das monocotiledôneas); 2- Os tecidos vasculares primários se desenvolvem como um cilindro de cordões isolados, ou feixes, separados um do outro pelo tecido fundamental, ou seja, os feixes vasculares isolados formam um anel único ao redor da medula (Figura 2.18b); 3- O arranjo dos cordões procambiais e dos feixes vasculares é mais complexo (isso ocorre no caule da maioria das monocotiledôneas e de algumas eudicotiledôneas herbáceas não lenhosas)), pois por não apresentar crescimento secundário, a disposição dos tecidos vasculares pode ocorrer em mais de um anel de feixes, ou então estarem dispersos pelo tecido fundamental (Figura 2.18c), assim o tecido fundamental não pode ser diferenciado como córtex e medula.

Figura 2.18 | Tipos de organização da estrutura primária dos caules das plantas com sementes.



Fonte: adaptada de Evert e Eichhorn (2014, p. 1083).

Apesar de a maioria das monocotiledôneas não apresentar crescimento secundário, algumas, como as palmeiras, podem desenvolver caules espessos apenas com o crescimento primário.

O **crescimento secundário do caule** envolve a formação do câmbio vascular a partir do procâmbio que permanece indiferenciado entre as células de xilema e floema primários, bem como do parênquima das regiões interfasciculares. A porção do câmbio que se origina dos feixes vasculares é conhecida como câmbio fascicular, e aquela originada nas regiões interfasciculares ou nos raios da medula é chamada câmbio interfascicular. O câmbio vascular do caule é circular e delimitado desde a sua instalação.

Em caules lenhosos, a produção de xilema e floema secundários resulta na formação de um cilindro de tecidos vasculares secundários, cujos raios dispõem-se radialmente pelo cilindro. Há uma maior produção de xilema secundário do que de floema secundário no caule em um determinado ano. Com o crescimento secundário, o floema primário é empurrado para fora e suas células de parede fina são destruídas, então somente as fibras do floema primário de parede espessa, se presentes, permanecem intactas.

Na maioria dos caules lenhosos, a formação da periderme geralmente ocorre após o início da produção de xilema e floema secundários, pois a periderme substitui a epiderme como revestimento de proteção naquelas porções da planta. A periderme consiste em três partes estruturalmente: o câmbio da casca, ou felogênio, que é o meristema que produz a periderme; o súber, ou felema, o tecido de proteção formado para fora pelo câmbio da casca; e a feloderme (um tecido que se assemelha ao parênquima cortical, formado para dentro pelo meristema).

No caule da maioria das plantas lenhosas, a primeira periderme aparece durante o primeiro ano de crescimento, mais comumente originada em uma camada de células corticais, imediatamente abaixo da epiderme, ocasionalmente na epiderme. Em algumas espécies, a primeira periderme aparece mais internamente no caule, geralmente no floema primário.

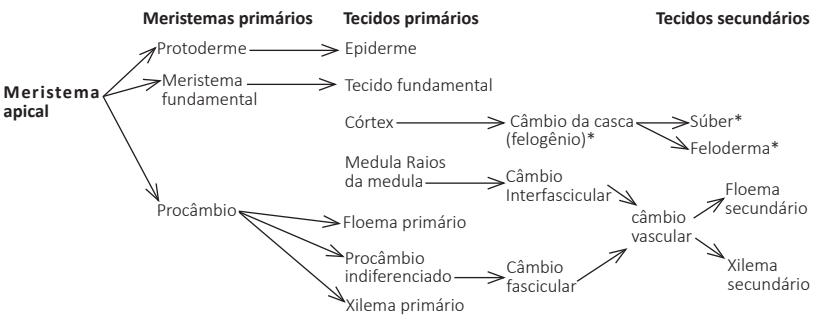
Divisões repetidas do felogênio resultam na formação de séries radiais de células compactamente arranjadas, a maioria das quais é formada por células de súber. Durante a diferenciação das células do súber, a superfície das paredes internas é recoberta por lamelas de suberina, consistindo em camadas alternantes de suberina e cera, que tornam o tecido muito impermeável à água e aos gases. A parede das células do súber também pode se tornar lignificada. As células do súber morrem após completarem sua diferenciação.

As células da feloderme são vivas na maturidade, carecem de lamelas de suberina e assemelham-se às células do parênquima cortical. As células da feloderme podem ser distinguidas das células corticais pela sua posição mais interna nas séries radiais de outras células da periderme.

Ao final do primeiro ano de crescimento, os seguintes tecidos estão presentes no caule (sequência de fora para dentro): remanescentes de epiderme; periderme; córtex; floema primário (fibras e células de paredes finas colapsadas); floema secundário; xilema secundário; câmbio vascular; xilema primário e medula.

Veja o resumo do desenvolvimento do caule de uma angiosperma lenhosa durante seu primeiro ano de crescimento (Figura 2.19).

Figura 2.19 | Resumo do desenvolvimento de uma angiosperma, evidenciando os meristemas e tecidos primários e secundários



Fonte: adaptada de Evert e Eichhorn (2014, p. 1187).

Pesquise mais

Os estudos envolvendo a anatomia da casca são uma ferramenta que contribuem para a compreensão de problemas taxonômicos, embora ainda seja pouco explorada.

Para entender mais sobre isso, leia o artigo de Rocha et al.

ROCHA, L. D. et al. Estudo anatômico comparativo da casca do caule do araçá-amarelo e araçá-vermelho, *Psidium cattleianum* Sabine, Myrtaceae. **Revista Acta bot. bras.**, v. 22, n. 4, p. 1114-1122, 2008.

Sem medo de errar

As angiospermas apresentam células e tecidos, que são fundamentais para o desenvolvimento inicial do corpo da planta e expansão do seu sistema caulinar. Assim, de acordo com os assuntos abordados nessa seção, você poderá aplicá-los de forma prática e aprimorar cada vez mais os conhecimentos.

No seu trabalho na indústria farmacêutica, você e sua equipe tiveram que aprofundar as pesquisas sobre os aspectos morfoanatômicos do babaçu, então realizaram visitas a quatro localidades de ocorrência dessa espécie com o objetivo de avaliar a relação entre a variabilidade ambiental e a produção de frutos.

Considerando a variabilidade ambiental em que ocorrem, seria possível relacionar quantitativamente a produção de frutos de cada indivíduo em seu respectivo ambiente? O número de frutos produzidos poderia estar relacionado com o calibre dos tecidos condutores (xilema e floema)? Estas duas variáveis – local de ocorrência e calibre dos vasos – também indicariam maior produção de óleo ou não entre os indivíduos?

Diante de tantos questionamentos, você e a sua equipe decidiram observar e anotar algumas características morfológicas dos frutos – lembrando de registrar corretamente a localidade observada –, como também coletar amostras do caule para fazer lâminas histológicas a fim de verificar a anatomia dos caules. Dentre as características morfológicas que vocês observaram estão a quantidade de frutos por cachos. No laboratório, vocês conseguiram analisar as lâminas histológicas do caule de cada localidade, além de extrair as sementes dos frutos e calcular a quantidade de óleo que poderia ser obtida de acordo com o tamanho e o peso das sementes.

Mediante os dados obtidos com as observações e análises no laboratório, vocês conseguiram concluir que algumas localidades apresentaram cachos com mais frutos e também vasos (xilema e floema) de calibres maiores. Essa característica de maior calibre dos vasos permite maior distribuição de nutrientes e sais minerais para todo o corpo da planta, consequentemente acarretando uma maior produção de frutos e de óleo.

Após elucidar os questionamentos que vocês tiveram sobre a exploração e comercialização do babaçu, a equipe da indústria farmacêutica conseguiu finalizar

o treinamento e também a elaboração da cartilha, a qual ajudou a desvendar quais seriam as outras espécies de angiospermas com interesse econômico.

Caro aluno, agora que você já treinou com a equipe da indústria farmacêutica, faça a sua cartilha com ilustrações e legendas. Mãos à obra.

Avançando na prática

Análises anatômicas nas folhas de café em diferentes localidades

Descrição da situação-problema

As variações na anatomia e morfologia em plantas podem ser relacionadas às funções fisiológicas, o que é útil para a compreensão dos mecanismos desenvolvidos pelas plantas, mecanismos estes que lhes conferem diferentes comportamentos às diferentes condições ambientais.

Sr. João tem uma fazenda com vários plantios de café distribuídos em diferentes locais da fazenda, e em um dos locais de plantios a maioria dos indivíduos apresentava algumas características diferentes nas folhas, como menor diâmetro e pontos escuros. Esses mesmos indivíduos também produziam poucos frutos e eram mais suscetíveis a patógenos. Então, o Sr. João decidiu contratar um biólogo para verificar o porquê desses indivíduos de café estarem apresentando essas características.

Resolução da situação-problema

O biólogo contratado pelo Sr. João decidiu que a melhor maneira de conseguir verificar o motivo desses indivíduos de café apresentarem essas características seria por análises morfológicas e anatômicas das suas folhas nos diferentes locais de plantio, além de fazer observações gerais das localidades, como incidência solar e características do solo. A folha é um dos órgãos que mais se modificam em respostas a fatores ambientais, sendo que as variações decorrentes desses fatores são observadas nos tecidos foliares na tentativa de adaptação da planta, podendo se estabelecer como uma característica da planta em longo prazo ou sofrendo modificações variáveis e menos fixo.

O biólogo fez as coletas de folhas dos diferentes locais e levou-as até o laboratório, onde procedeu com as análises anatômicas. Concluiu que a anatomia foliar do cafeeiro demonstra variações nas organizações dos tecidos vegetais para fatores como as condições de radiação, deficiência hídrica e nutricional.

A incidência de radiação de uma forma geral é maior na face adaxial das folhas, proporcionando maiores diferenças na face adaxial do que na face abaxial, mas a cutícula pode ser um parâmetro mais importante do que a espessura da epiderme nas cultivares em relação à redução da transpiração.

O parênquima paliçádico apresentou uma grande amplitude de variação nas diferentes localidades. Esse tecido está intimamente relacionado com a fotossíntese, assim, quanto mais desenvolvido, maior fixação de gás carbônico com uma abertura dos estômatos em menor tempo.

Nas suas pesquisas para melhor entender os resultados adquiridos, o biólogo constatou que quanto mais espessa a cutícula e mais compacto o parênquima paliçádico, mais resistente é a planta aos patógenos, contudo, o parênquima compacto pode interferir na distribuição de carbono, acarretando menor eficiência fotossintética.

Após as análises e interpretações, o biólogo concluiu que a localidade em que a maioria dos indivíduos apresentava as características diferenciadas estava representada por indivíduos com parênquima paliçádico e cutícula pouco desenvolvida, além de ser um ambiente com solo mais drenado, ou seja, menor disponibilidade hídrica para esses indivíduos. Mediante os resultados das análises e interpretações, o biólogo informou ao Sr. João qual foi a conclusão que conseguiu obter, como também explicou o porquê do resultado.

Faça valer a pena

1. As células estão agregadas umas às outras de distintas maneiras, formando unidades estruturais e funcionais chamadas tecidos. Julgue os itens quanto às características dos tecidos vegetais em V para verdadeiro e F para falso.

I. ( ) Os principais tecidos das plantas vasculares estão agrupados em unidades maiores, fundamentados em sua continuidade pelo corpo da planta.

II. ( ) existem dois sistemas de tecidos, o sistema de revestimento (ou dérmico) e o sistema vascular.

III. ( ) Os sistemas de tecidos iniciam-se durante o desenvolvimento do embrião, onde os seus precursores são representados pelos meristemas secundários.

IV. ( ) Cada sistema tecidual consiste em um ou mais tecidos distintos.

Assinale a alternativa que corresponde à sequência correta.

a) F - V - F - V.

b) V - F - F - V.

c) V - F - V - F.

d) F - V - F - F.

e) V - V - F - V.

2. Os tecidos vasculares estão contidos dentro dos tecidos do sistema fundamental, com o tecido dérmico formando o revestimento externo. As principais diferenças entre os padrões dependem, em grande parte, da distribuição relativa dos tecidos vasculares e dos tecidos do sistema fundamental. De acordo com essa informação, analise as seguintes afirmações quanto à organização dos tecidos em diferentes partes da planta:

I- O sistema vascular no caule das eudicotiledôneas pode formar uma estrutura com feixes interligados.

II- No caule das angiospermas, a região externa aos feixes vasculares é chamada de medula, e a região interna a estes é chamada córtex.

III- Na folha, os tecidos vasculares caracteristicamente formam um sistema de feixes vasculares (nervuras).

Está correto o que se afirma em:

a) III.
b) I e II.
c) II.
d) I e III.
e) I.

3. Os tecidos podem ser definidos como grupos de células que são estruturalmente e/ou funcionalmente distintos. Os tecidos podem ser formados por apenas um tipo de célula (tecidos simples), enquanto aqueles tecidos formados por dois ou mais tipos de células são denominados tecidos complexos.

Nesse contexto, avalie as sentenças a seguir e a relação entre elas.

I- O **esclerênquima** é responsável por dar resistência e sustentação às partes da planta que não estão se alongando, mas as células do esclerênquima só podem se desenvolver no corpo primário da planta.

Porque

II- A principal característica das células do esclerênquima é a presença de parede primária espessada e comumente lignificada, tornando-se, assim, elemento importante na resistência e sustentação nas partes da planta que iniciaram o alongamento.

Acerca dessas afirmativas, assinale a opção correta.

a) Asserções I e II são proposições verdadeiras, e a II é uma justificativa correta da I.
b) A asserção I e uma proposição verdadeira, e a II e uma proposição falsa.
c) A asserção I é uma proposição falsa, e a II é uma proposição verdadeira.
d) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa correta da I.

Referências

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006.

COAN, A. I.; SCATENA, V. L.; GIULIETTI, A. M. Anatomia de algumas espécies aquáticas de Euriocaulaceae Brasileiras. **Acta bot. bras.**, v. 16, n. 4, p. 371-384, 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/abb/v16n4/a01v16n4.pdf. Acesso em: 5 nov. 2018.

EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven Biologia Vegetal**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2014. 1637 p.

FÓSSIL. **Dicionário Priberam da Língua Portuguesa**. Disponível em: https://dicionario.priberam.org/fossil. Acesso em: 2 out. 2018.

GONÇALVES, E. G.; LORENZI, H. **Morfologia Vegetal**. 2. ed. São Paulo: Instituto Platarum de Estudos da Flora, 2011.

JUDD, W. S. et al. **Sistemática vegetal:** um enfoque filogenético. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 612 p.

REECE, J. B. et al. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed. 2015. 1488 p.

Unidade 3

Morfologia de órgãos vegetativos

Convite ao estudo

Olá, caro aluno! Vamos iniciar, nesta terceira unidade da disciplina, nossos estudos de morfologia de órgãos vegetativos. Dessa forma, você aprenderá sobre a morfologia da flor e do fruto, como ocorre a formação dos frutos e das sementes, sua dispersão e a importância desse processo. Além disso, você compreenderá a relevância dos alimentos vegetais, bem como a relação destes com o homem. Serão abordados conceitos da estrutura da flor, do fruto e das sementes (órgão reprodutivo da planta), bem como o processo de formação destes órgãos reprodutivos, tipos e importância da dispersão dos frutos e sementes. Todos esses conhecimentos são primordiais para sua profissão, e para entendê-los corretamente e de forma eficiente, ao finalizar esta unidade, você deverá efetuar montagem de exsicata e fazer um protocolo de inclusão de material botânico em herbários.

Para ajudá-lo neste caminho, vamos analisar o contexto a seguir: as angiospermas apresentam órgãos vegetativos e reprodutivos, e dentre os reprodutivos estão a flor, o fruto e a sementes; todos são importantes e cumprem um papel fundamental na reprodução e dispersão das espécies vegetais. Compreender como se dá a sua formação, quais são as suas partes, conhecer a sua morfologia externa e interna é fundamental para avançarmos no conhecimento e entendimento da relação das plantas com o homem.

Vale salientar que essa relação entre planta e homem já é estudada e praticada há algum tempo e vem se aprimorando cada vez mais, pois, à medida que há novas descobertas, também surgem novos desafios relacionados à utilização dos produtos vegetais de diferentes formas: como potencial para a alimentação, como fornecimento de madeira para diversos fins, para utilização em atividades de artesanato, em reflorestamento (ressaltando o uso em Áreas de Reserva Legal). Tudo isso considerando a manutenção de todo esse riquíssimo patrimônio genético vegetal.

Para avançar no mundo da biologia das angiospermas, você, como biólogo, foi contratado por uma empresa que trabalha com diversos produtos vegetais. Visando ampliar os negócios, essa empresa decidiu conhecer e explorar comercialmente alguns frutos e sementes do bioma Cerrado, então você será o responsável por essa frente da empresa.

Para alcançar os objetivos da empresa, você percebeu que precisaria se esforçar muito para aprender sobre a morfologia e anatomia da flor, do fruto e da semente, pois apesar do interesse da empresa ser focado no fruto e na semente, você também precisa entender como ocorre a formação desses frutos e sementes – por meio da flor –, além de aprender a distinguir as características reprodutivas das espécies que serão utilizadas pela empresa, pois você também terá que ministrar minicurso teórico-prático sobre esse assunto, uma vez que a organização tem cunho socioeducativo.

Nesse sentido, você terá alguns desafios. Um deles é saber em qual época poderá coletar cada espécie, considerando os seus aspectos morfológicos e anatômicos, bem como a época de floração, frutificação e dispersão, além de identificar as áreas de ocorrências dessas espécies. Todos esses aspectos têm que ser relacionados com o uso de cada uma delas. Você também terá que pensar na etapa posterior à coleta, por exemplo: de que maneira armazenar as amostras? É melhor armazená-las ou processá-los para uso comercial? Como processá-las para este uso? Quais serão os possíveis produtos derivados desses frutos e sementes do cerrado que a empresa em que você trabalha poderá comercializar?

Depois que você conseguir resolver os desafios listados, ainda terá que montar exsicata das espécies que comercializarão, além de fazer o protocolo de inclusão do material botânico em herbários, aplicando o conhecimento teórico-prático adquirido com as atividades desenvolvidas na empresa.

Bons estudos!

Seção 3.1

Estrutura: flor e fruto

Diálogo aberto

Caro aluno, neste momento inicial da disciplina você aprenderá sobre aspectos morfológicos da flor e do fruto e o seu surgimento, além dos aspectos anatômicos – quais são as partes do fruto e a sua relação com a formação das sementes. Todos esses aspectos o auxiliarão a praticar os conhecimentos botânicos em sua carreira profissional.

Uma das primeiras atividades após você ter sido contratado pela empresa em que trabalha com produtos vegetais, foi ministrar um minicurso teórico-prático para alunos do ensino médio de escolas da zona rural de uma determinada cidade, com o objetivo de conhecer os frutos e sementes do cerrado e suas características morfológicas, além de entender o seu processo de formação.

Você será responsável por ajudar os alunos a conhecer os frutos do cerrado, como também o seu potencial para uso em produtos vegetais, além de reconhecer as partes de um fruto.

Nesse sentido, o primeiro passo antes de ministrar o minicurso é fazer uma pesquisa em livros, sites especializados e artigos científicos, além de procurar conhecer a morfologia externa e reprodutiva das possíveis espécies de interesse da empresa e identificar áreas de ocorrências das mesmas. Posteriormente, você deve visitar os locais selecionados para reconhecê-los e apresentar à empresa uma proposta de atividade, apontando os seguintes temas que serão abordados no minicurso:

- Conceitos relativos ao surgimento dos frutos.

- Como caracterizar e identificar as partes dos frutos.

- Frutos e sementes do cerrado com potencial comercial.

Com a finalização do minicurso, você e os alunos serão capazes de pensar e responder às questões: quais as espécies do cerrado que apresentariam frutos e/ou sementes com potencial comercial? Considerando sua morfologia externa e reprodutiva, qual (ou quais) critério (ou critérios) você indicaria para selecionar as espécies de interesse?

E então, vamos lá?

Não pode faltar

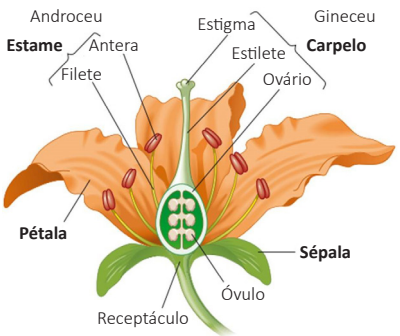
Vamos iniciar nossa trajetória para compreender a morfologia dos órgãos vegetativos com função de reprodução das plantas. Nesta seção, abordaremos as características morfológicas das flores e frutos, assim como a anatomia dos frutos, além de vermos como reconhecer as suas partes.

Você já notou a variedade das formas e cores das flores e dos frutos? Você sabia que a morfologia interna das flores tem relação direta com a morfologia dos frutos? Vamos entender mais sobre isso no decorrer dessa seção.

Iniciaremos com a morfologia da flor e depois abordaremos a formação dos frutos, sua morfologia e anatomia.

As flores são ramos muito modificados, apresentando folhas estéreis (Figura 3.1) que formam as sépalas e as pétalas (verticilos de proteção). Além delas, formam também folhas férteis com função reprodutiva – como o androceu, responsável pela produção do pólen através dos estames, e o gineceu, que origina óvulos pelos pistilos (SOUZA; FLORES; LORENZI, 2013). O pistilo é composto de ovário, estilete e estigma.

Figura 3.1 | Flor com os quatro verticilos



Fonte: adaptada de Reece ***et al.*** (2015, p. 816).

As sépalas correspondem ao primeiro verticilo, da base para o ápice e apresentam estruturas muito similares às folhas, pois geralmente são verdes ou pouco vistosas, às quais se atribui a função de proteção das demais partes da flor no botão floral. O conjunto de sépala é denominado de cálice.

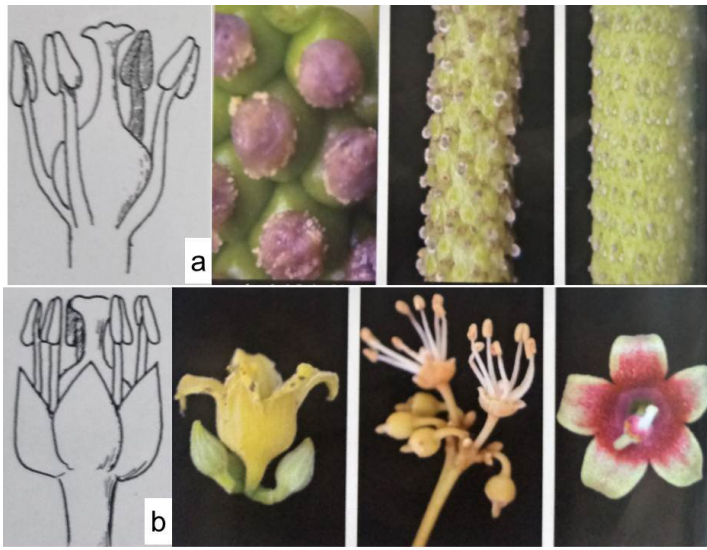
Já o segundo verticilo é denominado de pétalas (ou em conjunto, a corola). Embora também sejam formadas por apêndices foliáceos, são mais modificados e geralmente coloridos, pois têm a função de atrair os agentes polinizadores.

Quando a flor apresenta os quatro verticilos florais mencionados será considerada uma flor completa, e quando um ou mais destes verticilos estiverem ausentes, a flor é denominada incompleta. As peças florais estão dispostas no receptáculo, que tem formato variável. Há também uma estrutura denominada pedicelo, onde estão localizadas as brácteas, e que corresponde a uma haste que sustenta as flores (SOUZA; FLORES; LORENZI, 2013).

Assimile

As flores incompletas também podem ser denominadas de aperiantadas, ou seja, flores que não apresentam nem pétalas nem sépalas (Figura 3.2a), e flores apétalas, quando desprovidas de pétalas, mas apresentando sépalas. (Figura 3.2b).

Figura 3.2 | Esquema e exemplos de flores incompletas (aperiantadas e apétalas)



Fonte: adaptada de Gonçalves e Lorenzi (2011, p. 116).

Os verticilos florais reprodutivos (androceu e gineceu) produzem esporos, sacos polínicos e os óvulos, os quais, por sua vez, produzem gametas (grãos de pólen e saco embrionário, respectivamente).

Um estame é constituído por uma haste (filete) e um saco terminal (antera), onde o pólen é produzido. Essa estrutura é chamada de androceu e corresponde à porção masculina da flor. Os estames produzem **micrósporos** que desenvolvem grãos de pólen contendo gametófitos masculinos. Esse processo ocorre no interior dos sacos polínicos, a partir de divisões meióticas dos microsporócitos. Os grãos de pólen maduros, envoltos por uma parede não contínua de exina, têm um núcleo vegetativo e um germinativo. Ao chegar ao estigma receptivo da flor, este grão de pólen germinará, formando o tubo polínico, que corresponde ao microgametófito, onde se dará a microgametogênese. O núcleo germinativo se divide, originando os núcleos espermáticos (gametas).

Dica

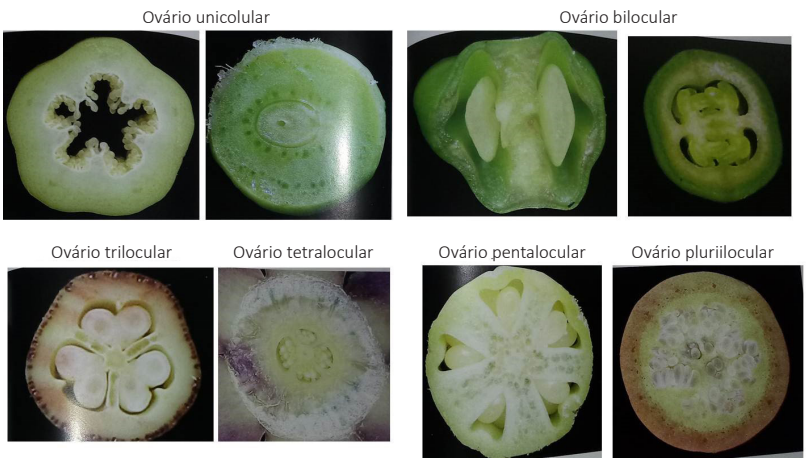
A receptividade do estigma das flores é muito importante para a sua reprodução e formação dos frutos. O artigo indicado a seguir mostra a influência da temperatura na formação dos frutos de pêssego.

ZANANDREA, I *et al*. Receptividade do estigma e desenvolvimento do tubo polínico em flores de pessegueiro submetidas à temperatura elevada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 12, p. 2066-2072, dez. 2011.

Os carpelos são considerados folhas modificadas e geralmente formam o pistilo, quando fundidos entre si. É importante ressaltar que no pistilo encontram-se características taxonômicas relevantes para identificação de famílias botânicas, pois ao identificar e fazer corte transversal no ovário, pode-se observar o número de lóculos, que correspondem às cavidades dentro do ovário.

A classificação do ovário da flor pode ser: unilocular, bilocular, trilocular, tetralocular, pentalocular ou plurilocular, dependendo do número de lóculos contidos em cada uma (Figura 3.3).

Figura 3.3 | Classificação dos tipos de ovários de acordo com o número de lóculos



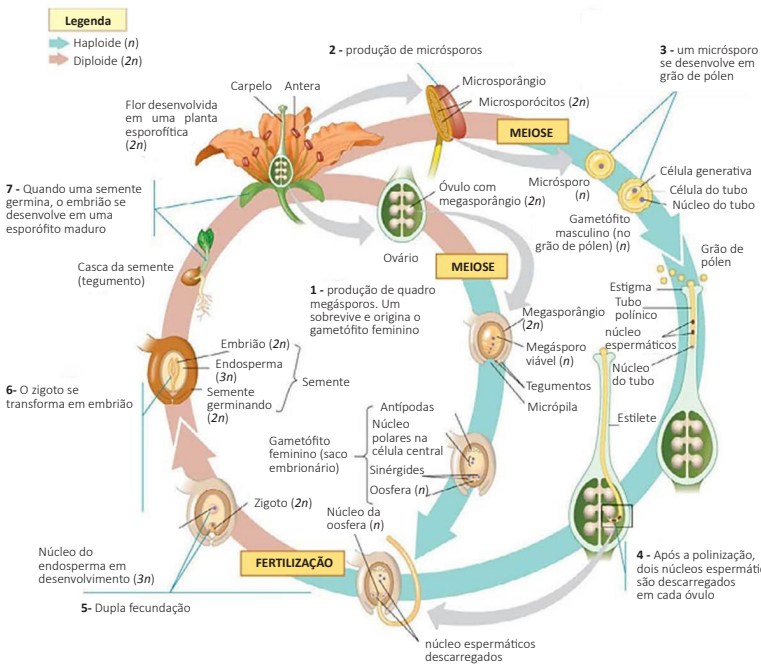
Fonte: adaptada de Souza, Flores e Lorenzi (2013, p. 161).

Cada óvulo que se desenvolve no ovário contém um gametófito feminino (saco embrionário), que consiste em apenas poucas células, uma das quais é a oosfera. O desenvolvimento do gametófito feminino começa quando uma célula no megasporângio de cada óvulo, o megasporócito (ou célula-mãe de megásporo), aumenta e entra em meiose, produzindo quatro megásporos haploides; destes, apenas um sobrevive, os outros degeneram.

O núcleo do megásporo sobrevivente formará uma célula grande com oito núcleos haploides, que é dividida por membranas, formando o saco embrionário, contendo o óvulo.

Os óvulos são produzidos no interior dos carpelos e são considerados os precursores das sementes (GONÇALVES; LORENZI, 2011), consequentemente, as sementes encontram-se armazenadas nos carpelos, sendo essa uma estrutura essencial que distingue as angiospermas das gimnospermas. Vale ressaltar que algumas flores têm um único carpelo, enquanto outras têm vários carpelos. Na extremidade do carpelo está um estigma pegajoso que recebe o pólen, o qual é conduzido pelo estilete em direção ao ovário, que, por sua vez, porta um ou mais óvulos. Se fertilizado, um óvulo se torna uma semente (REECE *et al.*, 2015), conforme Figura 3.4.

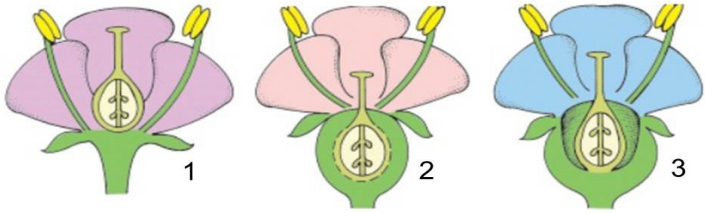
Figura 3.4 | Formação dos grãos de pólen, saco embrionário e dupla fecundação das angiospermas



Fonte: adaptada de Reece ***et al***. (2015, p. 819).

A posição do ovário em relação ao cálice, à corola e ao androceu é variável, podendo ter diferentes classificações, segundo Evert e Eichhorn (2014), como mostra a Figura 3.5 a seguir:

Figura 3.5 | Posição do ovário em relação aos periantos e androceu



1- Ovário súpero: se as sépalas, as pétalas e os estames estão inseridos ao receptáculo abaixo do ovário e livre deste e do cálice (flor hipógina).
2- Ovário ínfero: quando as sépalas, as pétalas e os estames se inserem, visivelmente, acima do topo do ovário (flor epígina).
3- Ovário semi-ínfero: os estames e as pétalas são adnados ao cálice e, assim, formam um tubo curto (hipanto), originado da base do ovário (flor perígina).

Fonte: adaptada de Evert e Eichhorn (2014, p. 873).

Exemplificando

A posição do ovário pode ser observada com cortes longitudinais das flores, conforme Figura 3.6:

Figura 3.6 | Exemplos de flores e frutos com os três tipos de ovários: a) flor hipógina do pimentão, b) flor perígina do pêssego e c) flor epígina do pepino

Fonte: adaptada de Souza, Flores e Lorenzi (2013, p. 162-164).

Após a dupla fecundação das angiospermas, ocorre o desenvolvimento das sementes a partir dos óvulos, ao mesmo tempo em que a parede do ovário se espessa e o ovário amadurece em um fruto.

Reflita

Alguns frutos se desenvolvem por partenocarpia, ou seja, sem ocorrer o processo de dupla fecundação. Quais as implicações desse processo em relação à formação das sementes nesses frutos?

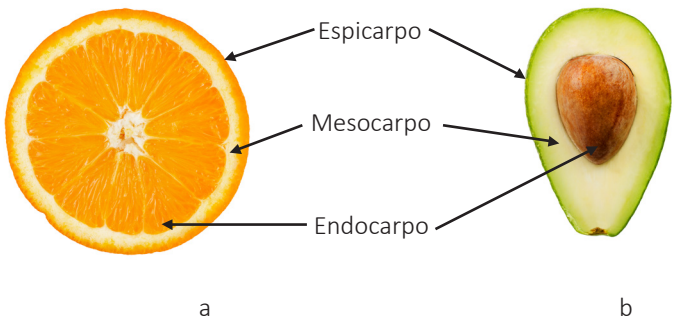
O ovário com um ou mais carpelos apresenta epiderme externa unisseriada, mesofilo parenquimático, onde ocorrem feixes vasculares diferenciados ou procambiais, e epiderme interna também uniestratificada (APEZZATO-DA-GLORIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006).

O desenvolvimento do fruto, a partir do ovário, envolve atividade meristemática, que pode variar de acordo com o crescimento e com a região do ovário ou do pericarpo jovem, pois, em alguns frutos, a divisão celular ocorre intensamente no ovário, mas em legumes e outros frutos, o período de divisão celular é maior após a abertura da flor.

Depois da fase meristemática, o fruto se desenvolve devido à expansão ou alongamento celular, e às alterações estruturais ou funcionais das células, como espessamento, lignificação ou suberificação das paredes celulares e perda de água (APEZZATO-DA-GLORIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006).

A parede desenvolvida do ovário passa a ser denominada pericarpo, correspondendo ao fruto propriamente dito. Este pericarpo é formado por regiões em geral denominadas epicarpo (ou exocarpo), mesocarpo e endocarpo (Figura 3.7).

Figura 3.7 | Fruto e suas partes constituintes (epicarpo, mesocarpo e endocarpo)



a) laranja; b) abacate.

Fonte: adaptadas de iStock.

O exocarpo é constituído apenas pelo tecido epidérmico externo; o endocarpo, somente pelo tecido epidérmico interno ou tecido multiestratificado de natureza parenquimática ou esclerenquimática; e o mesocarpo, por um ou mais tecidos compreendidos entre o exocarpo e o endocarpo. O mesocarpo pode ser de natureza parenquimática, colenquimática e/ou esclerenquimática.

Desse modo, o epicarpo – ou exocarpo – é a epiderme ou tecidos derivados que provêm da epiderme externa ovariana; o mesocarpo é composto de

tecidos originados do mesofilo; e o endocarpo, constituído de um ou mais tecidos provenientes da epiderme interna do ovário.

Os frutos protegem as sementes e auxiliam sua dispersão. Frutos maduros podem ser carnosos ou secos. Alguns frutos secos se rompem, abrindo-se no amadurecimento para liberar as sementes (chamados de deiscentes), enquanto outros permanecem fechados (indeiscentes) (REECE et al, 2015).

Os frutos carnosos e secos são encontrados em todos os biomas brasileiros, pois provenientes de uma ampla diversidade de espécies, o que se reflete na diversidade de frutos (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 | Exemplos de frutos característicos dos principais biomas brasileiros e o seu tipo de polpa (carnosa ou seca)

Bioma	Espécies	Tipos de frutos
Amazônia	Açaí, inajá, tucumã, pupunha, uajuru, umari.	Carnoso
Mata Atlântica	Ameixa-da-mata, araçá, cambuci, cambucá, uvaia.	Carnoso
Cerrado	Baru, jatobá.	Seco
	Cagaita, pequi, araticum, buriti mangaba, mama-madela.	Carnoso
Caatinga	Jenipapo, umbu, seriguela, pitomba, caju.	Carnoso
Pampa	Bergamota, butiá, araçá-vermelho, cerejeira.	Carnoso
Pantanal	Bocaíuva, caraguatá, guavira, moranguinho, acuri, tucum.	Carnoso

Fonte: elaborada pela autora.

Na próxima seção, você aprenderá como se dá o desenvolvimento da semente, bem como a sua dispersão.

Até a próxima!

Sem medo de errar

Caro aluno, até o momento você aprendeu sobre aspectos morfológicos da flor e do fruto e seu surgimento, além dos aspectos anatômicos: as partes do fruto e a sua relação com a formação das sementes.

Uma das primeiras atividades após você ter sido contratado pela empresa de produtos vegetais foi ministrar um minicurso teórico-prático para alunos de ensino médio de escolas da zona rural de uma determinada cidade, com

o objetivo de conhecer os frutos e sementes do cerrado e suas características morfológicas, entendendo o seu processo de formação.

Antes de ministrar esse minicurso, você teve que realizar pesquisas em livros, sites especializados e artigos científicos e, a partir disso, fez uma lista das espécies do bioma Cerrado com potencial comercial, além de procurar conhecer a sua morfologia externa e reprodutiva e identificar as áreas de ocorrências dessas espécies. Assim, conseguiu listar alguns pontos relevantes que deveriam ser abordados no minicurso.

Com a realização do minicurso, você e os alunos serão capazes de responder aos seguintes questionamentos: quais as espécies do cerrado que apresentariam frutos e/ou sementes com potencial comercial? Considerando a sua morfologia externa e reprodutiva, qual (ou quais) critério (ou critérios) vocês usariam para selecionar as espécies de interesse?

A pesquisa que você realizou apontou várias espécies do bioma Cerrado com frutos e/ou sementes com potencial comercial, entre eles o baru, a cagaita, o jatobá, o pequi, o araticum, o buriti e a mangaba. A partir dessa informação, você pesquisou também sobre a morfologia externa e reprodutiva dessas espécies, e então conseguiu verificar que dentre essas espécies listadas apenas o baru e o pequi terão as sementes utilizadas; das demais, os frutos serão a parte explorada comercialmente. Vale salientar que do pequi vocês poderão utilizar tanto a semente como o fruto.

Você organizou o minicurso a partir dos resultados das suas pesquisas e foi adequando aos conteúdos que já havia listado anteriormente, pois eles foram ajustados às necessidades e à realidade dos alunos.

Primeiro você falou sobre conceitos relativos ao surgimento dos frutos, sua relação com a flor e a morfologia floral, além de citar exemplos práticos e ensinando aos alunos como caracterizar e identificar as partes dos frutos, assim relacionando com o principal tema de interesse da empresa, que são os frutos e sementes do cerrado que apresentam potencial comercial.

Neste último tema do minicurso foi possível citar as espécies que você levantou com a sua pesquisa inicial; também visitar alguns locais de ocorrência das espécies em campo, bem como apresentar algumas aos alunos.

Os alunos gostaram muito de conhecer os frutos e sementes do cerrado e de aprender sobre as suas características morfológicas e reprodutivas. Então você aproveitou a oportunidade em campo para ressaltar que a reprodução de cada uma das espécies precisará ser mais bem estudada para entender quanto tempo demorará para cada uma dessas espécies produzirem frutos, pois isso influencia diretamente a disponibilidade do material de trabalho para a empresa, sendo esse um fator fundamental na escolha das espécies.

Além disso, é importante também fazer um mapeamento geral das áreas de ocorrência de cada espécie para aliar essa informação à reprodução mais rápida e eficiente e, assim, poder escolher as espécies que fornecerão frutos e/ou sementes durante boa parte do ano, com uma produção rentável.

O mapeamento geral das áreas de ocorrência de cada espécie poderá dar um panorama da quantidade de frutos e/ou sementes que serão coletados, fator esse que também poderá facilitar a escolha das espécies dentre as listadas inicialmente.

Você ainda precisa pesquisar mais sobre esses aspectos, para assim decidir quais espécies serão utilizadas inicialmente.

Avançando na prática

Extração de sementes de diferentes tipos de frutos

Descrição da situação-problema

A flora brasileira é diversa; apresenta mais de 13 mil espécies catalogadas, sendo considerada a mais rica do mundo. Contudo, essa diversidade de espécies vegetais vem se perdendo ao longo do tempo por uma série de fatores, entre eles e, principalmente, a antropização. Você, como biólogo, foi selecionado para participar de um grande projeto em uma empresa que trabalha com recuperação de áreas degradadas. Sua função será coletar as espécies nativas, e identificar e extrair a semente do fruto, para criar um banco de sementes com fins à recuperação de áreas degradadas. Sabendo que nas fanerógamas as sementes são envoltas e protegidas pelo corpo do fruto, que pode ser seco ou carnoso, e tendo conhecimento dos aspectos morfológicos deste, qual a parte constituinte deverá ser manipulada para a extração da semente? O mesmo se aplicaria para os dois tipos de fruto, seco e carnoso?

Resolução da situação-problema

Primeiramente você fez uma pesquisa em artigos científicos sobre as espécies que são utilizadas para recuperar áreas degradadas e a sua área de ocorrência.

Também foi necessário verificar quais dessas espécies estavam no período de frutificação, para poder efetuar a coleta dos frutos das espécies. Após a

coleta de espécies, você precisou levar o material coletado para o laboratório, onde poderia usar um equipamento (microscópio estereoscópico - lupa) que proporcionasse a melhor visualização das partes dos frutos, procedendo assim com as análises de todas as amostras, inclusive extraindo as sementes dos frutos. Durante esse procedimento, foi possível identificar as partes dos frutos (epicarpo, mesocarpo e endocarpo), e observar que é mais comum encontrar as sementes na parte mais interna do fruto, ou seja, no endocarpo.

Diante das observações, da identificação das partes dos frutos e da extração das sementes, verificou-se que havia diferentes tipos de frutos, e isso influenciaria a extração das sementes. Dentre os diferentes tipos de fruto, os mencionados foram os frutos carnosos e os frutos secos. Para extrair sementes dos frutos secos era necessário um cuidado maior para não danificar as sementes; para os frutos carnosos, o procedimento de extração das sementes deveria ser logo após a coleta desses frutos, evitando que eles entrassem em processo de decomposição e, consequentemente, perdessem as sementes.

Faça valer a pena

1. As flores são ramos muito modificados, apresentando folhas estéreis, que formam as sépalas e as pétalas, e folhas férteis com função reprodutiva. Julgue os itens quanto à formação do grão de pólen e do saco embrionário, marcando V para verdadeiro e F para falso.

I. ( ) O androceu e o gineceu produzem esporos (sacos polínicos e os óvulos, respectivamente), os quais, por sua vez, produzem os gametas: grãos de pólen e saco embrionário.
II. ( ) Os estames produzem megásporos, que desenvolvem grãos de pólen contendo gametófitos masculinos.
III. ( ) Os carpelos produzem micrósporos e seus produtos, os gametófitos femininos.
IV. ( ) algumas flores têm um único carpelo, enquanto outras têm vários carpelos.

Assinale a alternativa que corresponde à sequência correta.
a) F - V - F - V.
b) V - F - F - V.
c) V - F - V - F.
d) F - V - F - F.
e) V - V - F - V.

2. A posição do ovário em relação ao cálice, à corola e o androceu é variável, podendo ter diferentes classificações. De acordo com essa informação, analise as seguintes afirmações quanto às classificações das flores *versus* posição do ovário:
I- As sépalas, as pétalas e os estames estão inseridos ao receptáculo abaixo do ovário

e livre deste e do cálice (flor hipógina - ovário súpero).
II- As sépalas, as pétalas e os estames se inserem, visivelmente, acima do topo do ovário (flor perígina - ovário ínfero).
III- Os estames e as pétalas são adnados ao cálice e, assim, formam um tubo curto (hipanto), originado da base do ovário (flor epígina - ovário semi-ínfero).

Está correto o que se afirmar em:
a) III.
b) I e II.
c) II.
d) I e III.
e) I.

3. Após a dupla fecundação das angiospermas, ocorre o desenvolvimento das sementes a partir dos óvulos, ao mesmo tempo em que a parede do ovário se espessa e o ovário amadurece em um fruto.

Nesse contexto, avalie as sentenças a seguir e a relação entre elas.
I - A parede desenvolvida do ovário passa a ser denominada pericarpo, correspondendo ao fruto propriamente dito. O pericarpo é formado por regiões, em geral denominadas epicarpo (ou exocarpo), mesocarpo e endocarpo.
Porque
II- O epicarpo é a epiderme ou tecidos derivados que provêm da epiderme externa ovariana; o mesocarpo é composto de tecidos originados do mesofilo; e o endocarpo, constituído de um ou mais tecidos provenientes da epiderme interna do ovário.

Acerca dessas afirmativas, assinale a opção correta.
a) Asserções I e II são proposições verdadeiras, e a II é uma justificativa correta da I.
b) A asserção I e uma proposição verdadeira, e a II é uma proposição falsa.
c) A asserção I é uma proposição falsa, e a II é uma proposição verdadeira.
d) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa correta da I.
e) As asserções I e II são proposições falsas.

Seção 3.2

Dispersão de sementes

Diálogo aberto

Caro aluno, entender como as sementes se formam, conhecer as suas partes e as suas características morfoanatômicas, dará subsídio para a compreensão de temas relacionados ao estudo prático das sementes, como o processo de dispersão e a sua importância para o sucesso no estabelecimento das espécies em diferentes ambientes.

No seu trabalho na empresa de produtos vegetais, após você ter ministrado o minicurso para os alunos e ter conhecido alguns frutos e sementes do bioma Cerrado, bem como as suas características morfológicas, e a partir disso ter selecionado algumas espécies que apresentam frutos e/ou sementes com potencial comercial, o próximo passo é saber quais as estratégias de dispersão de cada espécie. Então, pelas suas pesquisas em livros, artigos e sites, você sabe que terá que considerar os aspectos morfológicos e anatômicos dos frutos e sementes de cada espécie, pois todos esses aspectos têm que ser relacionados com o uso destes mesmos frutos e sementes.

Assim, para entender mais sobre as características morfológicas e reprodutivas das espécies do cerrado com diferentes potenciais comerciais, você resolveu ir em busca de pequenos produtores de frutos e sementes deste bioma.

Baseado nas informações e observações que você conseguiu obter com a visita aos pequenos produtores, ficou mais claro a importância de entender sobre os aspectos morfológicos e anatômicos dos frutos e sementes que selecionou para utilizar, além de verificar os diferentes tipos de dispersão de cada espécie.

E a partir desse conhecimento adquirido com as visitas, você deve pensar nas seguintes questões: quais as estratégias de dispersão de cada espécie selecionada? Quais aspectos dos frutos e sementes devem ser considerados para identificar tais estratégias de dispersão? Em que isso pode influenciar a utilização dessas espécies?

Não pode faltar

Caro aluno, nesta seção daremos continuidade aos estudos da morfologia dos órgãos vegetativos, sendo que o nosso foco será as sementes. Como você viu na seção anterior, as sementes estão contidas no interior dos frutos e correspondem aos óvulos fecundados e desenvolvidos, enquanto o fruto corresponde ao ovário fecundado e desenvolvido.

A semente representa o tipo de reprodução sexuada das plantas, pois envolve a recombinação genética e, consequentemente, uma evolução mais rápida em relação à reprodução assexuada (bulbos, tubérculos, estaquia, estolões, colmos).

Exemplificando

A reprodução assexuada (Figura 3.8) também é chamada de multiplicação por alguns autores (como Floss, 2006). Esse mesmo autor também comenta que "toda reprodução (via semente) é uma multiplicação, mas nem toda multiplicação é uma reprodução".

Figura 3.8 | Exemplos de reprodução assexuada ou multiplicação. a) bulbos de tulipa; b) tubérculos; e c) colmo de cana-de-açúcar

Fonte: iStock.

Na reprodução assexuada (ou multiplicação) ocorre um tipo de manutenção gênica, ou seja, o estabelecimento de um clone, pois ela se dá em estruturas vegetais que apresentam capacidade de regeneração, seja de forma natural (bulbos, tubérculos, estaquia, estolões, colmos) ou artificial, que envolve o uso de partes específicas retiradas da planta, como o cultivo in vitro, também conhecido como cultura de tecidos, o qual tem como objetivo a propagação em larga escala e o melhoramento genético dos materiais. A partir disso surgiu um novo conceito revolucionário e inovador chamado de semente sintética, que em resumo utiliza um endosperma superficial para encapsular as sementes, as quais podem ser oriundas de diferentes partes da planta (raiz, meristemas, folha e outros), ou seja, embriões somáticos.

Reflita

Será que o avanço da tecnologia poderá permitir o uso de sementes sintéticas em larga escala? E se isso for possível, quais os impactos e desafios para o uso delas?

Caro aluno, é importante que você saiba que a formação da semente está diretamente relacionada à dupla fertilização das angiospermas, que ocorre a partir das flores, as quais contêm os verticilos florais reprodutivos (androceu e gineceu). Estes produzem esporos, sacos polínicos e os óvulos, os quais, por

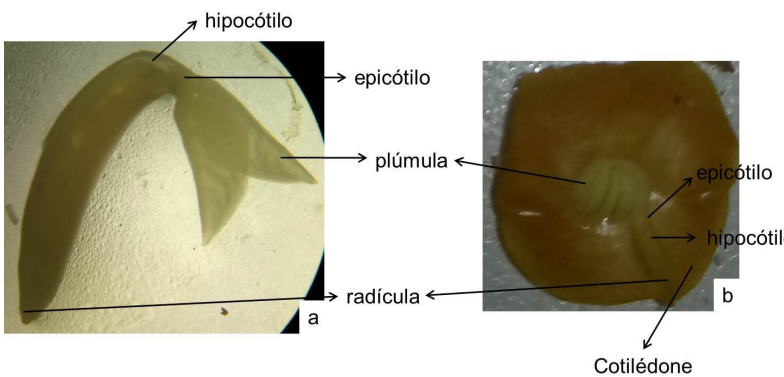
sua vez, produzem gametas (grãos de pólen e saco embrionário, respectivamente). Esses gametas que atuarão na dupla fertilização formarão o óvulo, que amadurece até formar a semente. O zigoto se transforma em um embrião esporofítico com uma raiz rudimentar e uma ou duas folhas embrionárias, chamadas cotilédones. A célula central triploide do gametófito feminino se desenvolve no endosperma, tecido rico em amido e outras reservas alimentares que nutrem o embrião em desenvolvimento (REECE *et al.*, 2015).

Assimile

As reservas das sementes estão armazenadas em seu endosperma ou nos cotilédones. As substâncias de reserva acumuladas nas sementes variam muito, podendo ser acumuladas na forma de **amido** nos cotilédones (como no feijão, por exemplo). Já nos cereais, o acúmulo de amido é no endosperma. Algumas outras espécies também podem acumular óleos nos cotilédones das sementes, como o amendoim e o girassol. Diferentemente desses, a mamona acumula óleo no endosperma. Pode ocorrer também o acúmulo de **proteínas** nos cotilédones, como na soja.

A semente consiste no embrião (Figura 3.9), com endosperma e revestimento, o qual é derivado dos tegumentos ou integumentos. Então, nesta estrutura já estão presentes todas as partes necessárias para início do desenvolvimento da planta. A parte do embrião que fica acima do cotilédone é denominada epicótilo e dará origem ao caule e às folhas. Logo abaixo do cotilédone fica o hipocótilo, que origina o colo da planta e promove o contato entre o caule e a raiz. Finalmente, a radícula também faz parte do embrião, responsável por formar a raiz da futura planta.

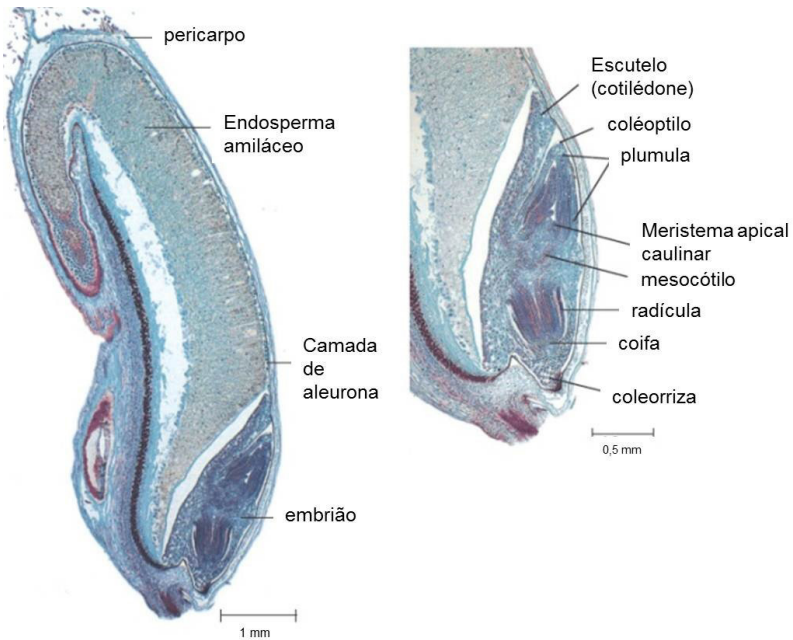
Figura 3.9 | Embriões de sementes de fava agrícola (***Phaseolus lunatus*** L.***) e*** angico vermelho (***Anadenanthera macrocarpa*** (Benth.) Brenan) e suas respectivas partes



Fonte: acervo da autora.

Os embriões das monocotiledôneas têm algumas diferenças dos embriões das eudicotiledôneas. Os embriões das gramíneas destacam-se entre os mais diferenciados das monocotiledôneas (Figura 3.10), tendo um cotilédone maciço, também chamado de escutelo, o qual está inserido em um dos lados do eixo do embrião, possuindo uma radícula na sua extremidade inferior e uma plúmula na sua extremidade superior. Nas gramíneas, tanto a radícula como a plúmula estão envolvidas por estruturas do tipo bainha protetora (coleorriza e coleóptilo, respectivamente) (Evert & Eichhorn, 2014).

Figura 3.10 | Estrutura anatômica do embrião de uma monocotiledônea

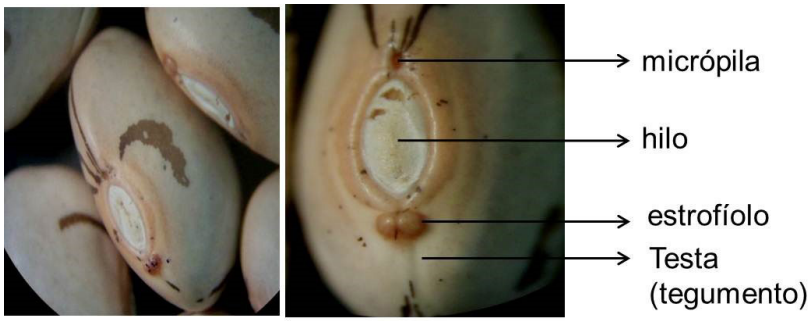


Fonte: adaptada de Evert e Eichhorn (2014, p. 532).

Quanto ao revestimento externo da semente, o envoltório seminal ou testa se desenvolve a partir do(s) tegumento(s) do óvulo e é responsável pela proteção do embrião em todas as sementes. Das características que podem ser destacadas sobre esse revestimento estão: 1- geralmente é mais fino do que o revestimento que o originou ou 2- em muitas sementes é muito duro e bastante impermeável à água (EVERT; EICHHORN, 2014). Nas gramíneas, estão presentes apenas remanescentes do envoltório seminal; as camadas externas de revestimento do grão (fruto) são o pericarpo (parede do ovário maduro) aderidas aos remanescentes do envoltório seminal.

A micrópila geralmente é visível na testa da semente como um pequeno poro, podendo estar associada ao hilo (uma pequena cicatriz que desempenha papel fundamental nas relações hídricas semente/ambiente), conforme Figura 3.11, que surge na testa após a semente se desprender do pedúnculo ou funículo (EVERT; EICHHORN, 2014). Através da micrópila ocorre a protrusão da raiz primária, indicando o início da germinação visível.

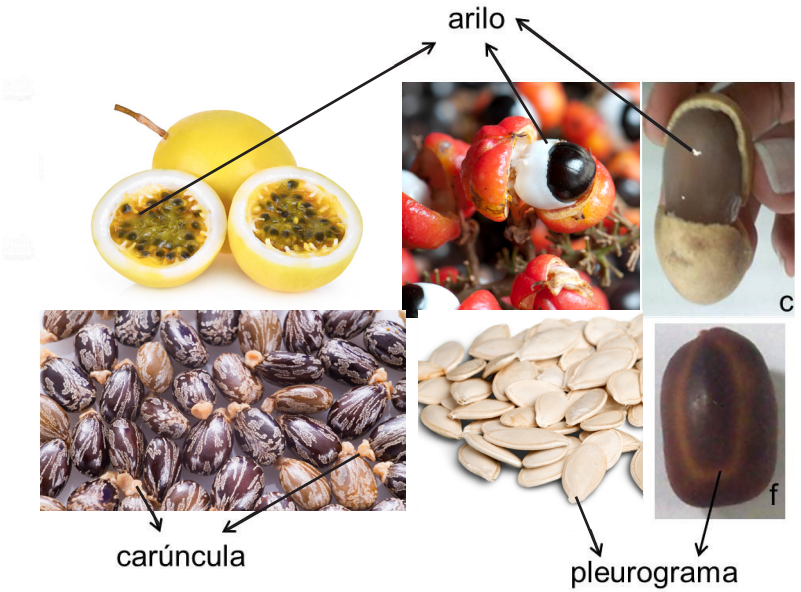
Figura 3.11 | Partes externas da semente de fava agrícola (***Phaseolus lunatus*** L.*)*



Fonte: acervo da autora.

Ainda podem ocorrer outras estruturas externas nas sementes, tais como apêndices carnosos (estrofíolo, arilo e carúncula) e estruturas especiais (pleurograma). O estrofíolo é uma excrescência carnosa da semente, visível como pequeno intumescimento próximo ao hilo (Figura 3.11). Já o arilo (Figura 3.12a, b e c) corresponde a qualquer excrescência carnosa do hilo ou funículo, podendo apresentar-se de várias formas e cores. A carúncula (Figura 3.12d) é uma excrescência originada da extremidade da micrópila e tem função associada à dispersão. Vale ressaltar uma estrutura especial chamada de pleurograma (Figura 3.12e e f), que corresponde a uma linha circular ou elíptica (pleurograma fechado) ou em forma de U invertido (pleurograma aberto) bem definida, localizada lateralmente em algumas sementes, em especial nas famílias Cucurbitaceae e Fabaceae.

Figura 3.12 | Exemplos de sementes com estruturas externas especiais. a) maracujá; b) guaraná; c) pitomba; d) mamona; e) abóbora – Cucurbitaceae; e f) Fabaceae



Fonte: a), b), d), e) iStock. c), f) acervo da autora.

Algumas sementes também têm estruturas especiais relacionadas à dispersão. Você já viu alguma semente sendo dispersa de alguma forma? Há diferentes mecanismos para que esse processo ocorra, tanto **abiótico** como **biótico**. Vale ressaltar que mesmo sabendo que a estrutura a ser dispersa é a semente, o fruto ou mesmo partes da planta-mãe também podem contribuir para esse processo. Nesse sentido, alguns autores (GONÇALVES; LORENZI, 2011) preferem usar o termo diásporo, que significa toda e qualquer unidade de dispersão, independente da sua origem morfológica.

Dentre as formas abióticas vamos iniciar com uma das mais comuns, a **anemocoria**, que é a dispersão pelo vento. As estruturas mais importantes para permitir que essa dispersão ocorra são asas ou alas e estruturas plumosas (Figura 3.13). Estas estruturas podem ter origens diversificadas como funículos, cálices ou corolas. O efeito do vento pode favorecer o arremesso das sementes a longas distâncias.

Figura 3.13 | Exemplos de diásporos dispersos por anemocoria, em a) asas; b) alas; e c) plumas

Fonte: iStock.

A dispersão do fruto por energia potencial acumulada durante a maturação deste é denominada de **autocoria** e ocorre devido aos espessamentos lenhosos ou fibrosos dos frutos que começam a aumentar sua tensão com a desidratação deste, gerando, assim, uma abertura ou torção explosiva do fruto, espalhando suas sementes (GONÇALVES; LORENZI, 2011). A barocoria também é um tipo de dispersão autocórica, mas os frutos não se abrem, sendo dispersos pelo peso da gravidade, ou seja, os frutos caem e ficam próximos às árvores adultas (como o baru e o jatobá).

Os frutos e as sementes adaptados para a flutuação são dispersos pela água (**hidrocória**) porque há ar retido em alguma parte da sua estrutura ou elas têm tecidos com grandes espaços aeríferos (tecido esponjoso e geralmente impermeável). Alguns frutos são especialmente adaptados para a dispersão por correntes oceânicas, como o coco-da-baía (*Cocos nucifera* L., Arecaceae) (EVERT; EICHHORN, 2014). Pode ocorrer também a presença de uma mucilagem que cobre o diásporo, absorve a água e permite sua flutuação. A chuva também é capaz de espalhar diásporos que não dispõem de adaptações específicas (GONÇALVES; LORENZI, 2011).

Em relação às formas de dispersão biótica, vamos iniciar pela **zoocórica**, que corresponde à dispersão por animais. Os frutos e as sementes que são carnosos ou têm adaptações para se aderirem são dispersos por animais. A maioria dos frutos nos quais grande parte do pericarpo é carnosa – bananas, cerejas, framboesas, uvas, cagaita, buriti e mangaba, e com cheiro forte como pequi e araticum – são comidos por vertebrados; o jatobá, ao cair da árvore-mãe, pode ter a casca rompida por animais e assim suas sementes poderão ser dispersas mais facilmente, o que também pode ser considerado uma dispersão zoocórica. Quando esses frutos são consumidos por aves ou mamíferos, as sementes contidas nos frutos são espalhadas após passarem íntegras pelo trato digestivo ou, em aves, ao serem regurgitadas longe do lugar onde foram ingeridas (**endozoocoria**). Algumas vezes, uma digestão parcial auxilia a germinação de sementes ao "diminuir" o seu revestimento, sendo considerada até uma forma de quebra de dormência (EVERT; EICHHORN, 2014).

Algumas angiospermas têm frutos ou sementes que são dispersos aderindo-se à pelagem ou às penas. Esses frutos e sementes têm ganchos, farpas, espinhos, pelos ou revestimentos aderentes que lhes possibilitam ser transportados, frequentemente por grandes distâncias, presas aos corpos de animais (**epizoocoria**). Quando os propágulos são carregados voluntariamente e deixados em outro local, ocorre um **sinzoocoria**.

As sementes de algumas plantas, sobretudo as tropicais, muitas vezes têm apêndices carnosos ou arilos com as cores vivas (vermelho, amarelo, laranja) características dos frutos carnosos, e, como estes, sua dispersão é feita por vertebrados (EVERT; EICHHORN, 2014).

Outros agentes dispersores de sementes, importantes em algumas plantas, são as formigas (**mimercoria**). Tais plantas desenvolveram uma adaptação especial no exterior de suas sementes, chamado de elaiossomo, um apêndice carnoso pigmentado que contém lipídios, proteína, amido, açúcares e vitaminas. As formigas em geral carregam tais sementes para os seus ninhos, onde os elaiossomos são consumidos e as sementes são deixadas intactas, podendo germinar nesse local, e mudas se estabelecerem. Um exemplo disso são as euforbiáceas, como a mamona (Figura 3.12d).

Há algumas outras formas de dispersão zoocóricas, como a **mastocoria** ou **mamaliocoria** (por mamíferos). Uma característica dos diásporos dispersos por esses animais é a de serem fortemente aromáticos e de tamanhos maiores que o usual (GONÇALVES; LORENZI, 2011). Já a dispersão por morcegos (**quireptocoria**) tem diásporos com características de não mudarem de cor durante a maturação, mas apresentarem aroma característico neste período (usualmente com cheiro de ácido butírico ou rançoso). É notável a dispersão por pássaros (**ornitocoria**), que, diferente dos morcegos, têm a visão fortemente desenvolvida, logo, os diásporos comidos por esses animais são predominantemente de tons vermelhos e não apresentam aroma perceptível. Os frutos tendem a permanecer na planta-mãe, já que os pássaros têm melhor acesso a eles no alto.

Caro aluno, as diferentes estratégias de dispersão, tanto abióticas como bióticas, podem definir a capacidade de cada espécie em se difundir pelo planeta, sendo de suma importância levar em consideração a coevolução planta e animal.

Saiba mais

> “Ao se analisar a trajetória do setor de sementes florestais, é notória a relação do fortalecimento dos estudos sobre espécies

nativas e o crescente cunho ambiental da Legislação Florestal Brasileira. Apesar de incentivado pela legislação, o mercado de sementes nativas é muito informal e poucas são as espécies com testes laboratoriais protocolados nas Regras para Análise de Sementes (RAS). (Ribeiro-Oliveira; Ranal, 2014)

O artigo indicado a seguir mostra mais sobre análises de sementes florestais.

RIBEIRO-OLIVEIRA, J. P.; RANAL, M. A. Sementes florestais brasileiras: início precário, presente inebriante e o futuro, promissor? **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 771-784, jul./set. 2014.

Sem medo de errar

Caro aluno, nesta seção você aprendeu sobre como se dá o processo de formação das sementes e seus aspectos morfoanatômicos, além de conhecer quais são as formas de dispersão das sementes e sua importância.

Dessa forma, no seu novo trabalho na empresa de produtos vegetais, você terá que identificar as formas de dispersão das espécies previamente selecionadas a partir do minicurso que você ministrou. Para isso, você foi à busca de pequenos produtores de frutos e sementes do cerrado. A partir dessas visitas, você terá conhecimentos para esclarecer as seguintes questões: quais as estratégias de dispersão de cada espécie selecionada? Quais aspectos dos frutos e sementes devem ser considerados para identificar tais estratégias de dispersão? Em que isso pode influenciar a utilização desses frutos e sementes?

A experiência dos pequenos produtores de frutos e sementes do cerrado ajudou você a saber quais características morfológicas devem ser consideradas para fazer a caracterização das estratégias de dispersão das diferentes espécies previamente selecionadas (baru, cagaita, jatobá, pequi, araticum, buriti e mangaba).

Dentre as principais características que devem ser consideradas, estão a coloração e a consistência dos frutos, sendo que a maioria apresenta tons amarelados e consistência de frutos carnosos (cagaita, buriti e mangaba). Alguns outros têm a parte externa do fruto (o exocarpo) mais duro, como o baru e o jatobá. Já o pequi e o araticum exalam odor forte e agradável. Mediante a observação e anotação dessas informações importantes, você conseguiu relacionar que os frutos carnosos e de tons amarelos são preferencialmente dispersos por animais (zoocória). O jatobá, ao cair da árvore-mãe, pode ter a casca rompida por animais e, assim, suas sementes poderão ser

dispersas mais facilmente, o que também pode ser considerado como uma dispersão zoocórica. Já o baru, por apresentar exocarpo duro, possivelmente se auto dispersa, ou seja, cai da árvore e fica próximo à planta-mãe, o que é considerada uma forma de dispersão barocórica. Já os frutos que exalam cheiro forte também são dispersos por animais (zoocoria), podendo ser animais que não são atraídos pela coloração, mas sim pelo cheiro, como os morcegos, por exemplo.

A forma de que cada espécie pode ser dispersa influencia diretamente sua utilização e comercialização, pois caso haja um desequilíbrio entre planta e dispersor, a produção de frutos e sementes será afetada. Então, é necessário que a empresa em que você trabalha considere esses aspectos, bem como procure locais de ocorrência das espécies que estejam em bom estado de conservação, podendo diminuir os impactos que os dispersores venham sofrer.

Avançando na prática

Identificação de estratégias de dispersão de espécies

Descrição da situação-problema

As estratégias de dispersão são muito importantes para a diversificação e equilíbrio da manutenção da biodiversidade dos diferentes biomas. Dentre essas estratégias de dispersão estão envolvidos mecanismos abióticos e bióticos. A relação planta e dispersor tem coevoluído com o tempo. Você, como biólogo especialista em sementes, foi convidado por uma universidade para ministrar uma palestra em um evento científico universitário. A instituição solicitou a você que falasse sobre as principais características que devem ser observados nos frutos e sementes, a fim de identificar a estratégia de dispersão de cada espécie, além de abordar a importância desse conhecimento. Como você poderia estruturar essa palestra? Quais os principais pontos que você deve considerar? Por quê?

Resolução da situação-problema

Você percebeu que deveria abordar as características morfológicas dos frutos e sementes (diásporos), assim como as estruturas especiais presentes nos diásporos e relacionadas à dispersão.

Dessa forma, você preparou slides estruturados e ilustrados com os seguintes temas:

1- O que são diásporos? Qual a sua importância?

2- Quais as formas de dispersão dos diásporos e suas principais características?

3- Como identificar a estratégia de dispersão dos diásporos a partir das suas características?

Também achou interessante levar alguns frutos e sementes para que o público pudesse ter contato com eles, além de aprender na prática as características dos diásporos que são associados à dispersão.

1- Inicialmente você falou que diásporos são toda e qualquer unidade de dispersão, independente da sua origem morfológica, pois mesmo sabendo que a estrutura a ser dispersa é a semente, o fruto ou mesmo partes da planta-mãe também podem contribuir para esse processo. Ressaltou que esse processo é fundamental para assegurar a propagação das espécies e, consequentemente, a diversidade genética.

2- Há diferentes mecanismos para que esse processo ocorra, tanto **abióticos** como **bióticos**. Destacou que, das formas abióticas, uma das mais comuns é a **anemocoria** (dispersão pelo vento) e que as espécies representativas dessa estratégia apresentam asas ou alas e estruturas plumosas, favorecendo que sejam dispersas a longas distâncias. Ainda citou a **autocoria** e **hidrocoria** especificando as suas características. Em relação ao mecanismo **biótico**, a principal forma é a **zoocórica** (por animais), que terá subtipos dependendo do agente dispersor: se formiga, mimercoria; por mamíferos, mastocoria ou mamaliocoria; por morcegos, quiroptocoria; e, por pássaros, ornitocoria.

3- Para explicar como identificar a estratégia de dispersão dos diásporos a partir das suas características, você elaborou um quadro resumo com essas informações e o distribuiu para o público, convidando-o a praticar o que aprendeu na palestra com os frutos e sementes que você levou. Isso possibilitou a assimilação do conteúdo e a interação do palestrante com o público.

Faça valer a pena

1. A semente representa o tipo de reprodução sexuada das plantas, pois envolve a recombinação genética e, consequentemente, uma evolução mais rápida em relação à reprodução assexuada.
Julgue os itens quanto às formas de reprodução em V para verdadeiro e F para falso.

I. ( ) Na reprodução assexuada (ou multiplicação) ocorre uma manutenção gênica.

II. ( ) O cultivo in vitro (ou cultura de tecidos) é um exemplo de reprodução assexuada artificial e tem como objetivo a propagação em pequena escala.
III. ( ) Após a dupla fertilização, o óvulo amadurece até formar a semente, o que corresponde a uma forma de reprodução assexuada.
IV. ( ) A semente consiste no embrião, com endosperma e revestimento da semente, o qual é derivado dos tegumentos ou integumentos.

Assinale a alternativa que corresponde à sequência correta.
a) F - V - F - V.
b) V - F - F - V.
c) V - F - V - F.
d) F - V - F - F.
e) V - V - F - V.

2. O revestimento externo da semente consiste no envoltório seminal ou testa que se desenvolve a partir do(s) tegumento(s) do óvulo, e é responsável pela proteção do embrião em todas as sementes:

I- Geralmente o tegumento é mais espesso do que o revestimento que o originou, ou em muitas sementes é muito duro e pouco impermeável à água.
II- Nas gramíneas, estão presentes as camadas externas de revestimento do fruto, que estão aderidas aos remanescentes do envoltório seminal.
III- A micrópila geralmente é visível na testa da semente como um pequeno poro, podendo estar associada ao hilo.

Está correto o que se afirmar em:
a) III.
b) I e II.
c) II.
d) I e III.
e) I.

3. Há diferentes mecanismos para que ocorra o processo de dispersão dos diásporos, podendo ser tanto **abióticos** como **bióticos**.

Nesse contexto, avalie as sentenças a seguir e a relação entre elas.
I- Dentre as formas abióticas estão a anemocoria, que é a dispersão pelo vento, a autocoria (pela própria planta) e a hidrocória (dispersão pela água). Já as formas bióticas incluem a zoocoria, que pode se dar por diferentes animais, como pássaros, mamíferos, formigas, morcegos e outros.

Porque

II- Dependendo das características dos diásporos, como estruturas em formas de asas, alas ou plúmulas, como também frutos com deiscência explosiva e localizados próximos a rios ou oceanos, facilitam a sua dispersão por forma abiótica. Quanto à dispersão biótica, essa é relacionada intimamente a características de coloração, cheiros, estruturas como a carúncula, ganchos e outras, que facilitam a interação do diásporo com o respectivo dispersor.

Acerca dessas afirmativas, assinale a opção correta.

a) As asserções I e II são proposições verdadeiras, e a II é uma justificativa correta da I.

b) A asserção I é uma proposição verdadeira, e a II é uma proposição falsa.

c) A asserção I é uma proposição falsa, e a II é uma proposição verdadeira.

d) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa correta da I.

e) As asserções I e II são proposições falsas.

Seção 3.3

Produtos vegetais

Diálogo aberto

Caro aluno, nesta seção você conhecerá os frutos climatéricos e os não-climatéricos, bem como os principais aspectos associados a esses conceitos. Além disso, você aprenderá um pouco sobre a importância dos alimentos vegetais e a sua relação com o homem.

Assim, baseado nos conteúdos abordados nas Seções 3.1 e 3.2 e associados com esta seção, você poderá avançar cada vez mais nos conhecimentos da morfologia dos órgãos reprodutivos das plantas e associá-los com práticas do seu cotidiano.

Em um dos seus desafios da empresa em que trabalha, você percebeu que não bastava só selecionar as espécies do cerrado que têm frutos e/ou sementes com potencial comercial e coletá-los, pois você também terá que pensar na etapa posterior à coleta, por exemplo: de que maneira armazenar as amostras? É melhor armazená-las ou processá-las para uso comercial? Como processá-las para este uso? Quais serão os possíveis produtos derivados desses frutos e sementes do cerrado que a empresa em que você trabalha poderá comercializar?

Pensando em todos esses questionamentos, você resolveu fazer parcerias com outras instituições, inclusive empresas privadas e universidades.

Quais seriam as demandas para cada uma das instituições parceiras? Como elas poderiam ajudar a empresa em que você trabalha a resolver os desafios de processamento dos frutos e sementes, bem como saber quais seriam os possíveis produtos comercializáveis?

Você percebeu que para conseguir resolver os desafios da empresa em que trabalha terá que pensar sobre as respostas a todas essas questões. Depois disso, você iniciou o processo de coleta e herborização das espécies que selecionou para explorar comercialmente.

Caro aluno, agora que você já aprendeu com a empresa de frutos e sementes do cerrado, colete algumas espécies de interesse econômico e anote as suas características morfológicas. Mãos à obra!

Não pode faltar

Prezado aluno, você já observou o amadurecimento de algum fruto? Qual a característica que mais chamou atenção? Nesta seção, você aprenderá

por que e como isso ocorre, além de entender a importância dos alimentos vegetais e sua relação com o homem.

Para aprendermos sobre o amadurecimento dos frutos, precisamos retomar o conceito de um hormônio que é essencial nesse processo: o etileno.

Assimile

O etileno é um hormônio em forma de gás, que pode ser produzido pela maioria das partes da planta, sendo que, durante a senescência, a abscisão foliar e o amadurecimento de alguns tipos de frutos, é produzido em altas concentrações. A síntese ocorre em muitos tecidos vegetais em resposta a condições de estresse (REECE *et al*. 2015).

Então, o etileno é responsável por promover o amadurecimento de muitos tipos de frutos, e o florescimento na família do abacaxi – Annonaceae (REECE *et al*. 2015). Quanto ao amadurecimento do fruto, é necessário levar em consideração algumas características, como: frutos carnosos imaturos são geralmente adstringentes, rígidos e maiores, sendo essas características importantes para protegerem as sementes contidas no interior dos frutos.

Em muitos casos, um aumento na produção de etileno no fruto ocorre pela elevação na sua taxa de respiração, proporcionando aumento da captação do oxigênio e produção de dióxido de carbono (EVERT; EICHHORN, 2014). Essa maior produção do etileno desencadeia o processo de amadurecimento, ocasionando uma série de mudanças, como o aumento no conteúdo de açúcar, pois os grãos de amido e ácidos transformam-se em açúcares e tornam o fruto doce. Já o amolecimento do fruto é causado pela decomposição enzimática dos componentes da parede celular, e geralmente, uma mudança na coloração, de verde a vermelho vivo, amarelo, azul ou preto (EVERT; EICHHORN, 2014).

Para entender melhor o efeito que o etileno tem no amadurecimento de alguns frutos, lembre-se de quando você compra bananas ainda verdes e as coloca junto com bananas maduras: as bananas verdes tendem a amadurecer mais rápido do que amadureceria normalmente. Isso acontece porque durante o amadurecimento ocorre uma reação em cadeia: o etileno desencadeia o amadurecimento, produzindo assim, mais etileno. O resultado é um enorme aumento na produção de etileno, devido sua característica gasosa, e o sinal para amadurecer passa de um fruto para outro. Saiba que você também pode acelerar o amadurecimento de um fruto imaturo acondicionando-o em um saco de papel, permitindo, assim, que o etileno se acumule.

Há também alguns métodos que podem ser utilizados para retardar o amadurecimento causado pelo etileno: alguns produtores de maçãs colocam esses frutos armazenados em caixas saturadas com dióxido de carbono, assim, a circulação do ar impede a acumulação do etileno, e o dióxido de carbono inibe a síntese de novo etileno. Portanto, essas maçãs submetidas a esse tratamento terão um tempo de comercialização maior (EVERT; EICHHORN, 2014).

Dica

Os níveis de etileno nos frutos estão diretamente relacionados a sua taxa respiratória. Nesse sentido, o interessante texto de Gonçalves *et al.* (2012) traz uma contextualização sobre as frutas pequenas, as quais apresentam altas taxas respiratórias, tornando-as frágeis e muito perecíveis. Portanto, conhecer os pontos críticos, dos quais se pode deduzir antes e após a colheita, torna-se um diferencial para garantir a integridade física e o sabor desejável dessas frutas.

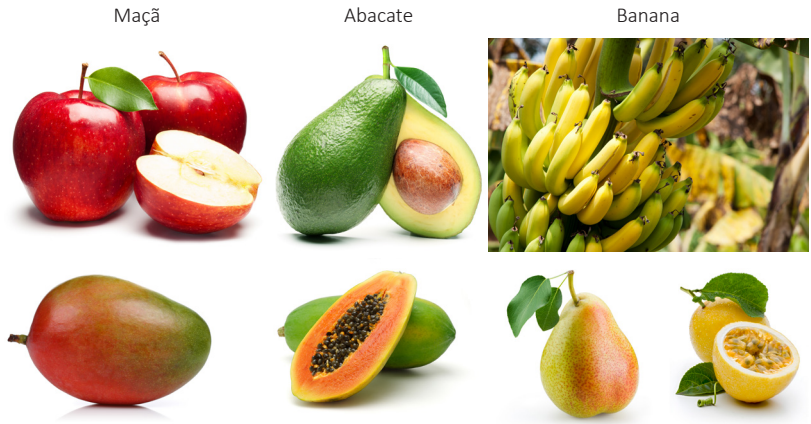
GONÇALVES, E. D. *et al.* Manutenção da qualidade pós-colheita de pequenas frutas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 268, p. 89-95, maio/jun. 2012.

Ainda sobre a importância do etileno na fisiologia da pós-colheita de frutos, a engenharia genética avança em relação às suas potenciais aplicações comerciais, pois pode ser utilizado um método de bloqueio da transcrição de um dos genes necessários para a síntese do etileno; como exemplo prático há os frutos de tomateiro que amadurecem conforme a demanda. Esses frutos são comercializados ainda verdes e não amadurecem até que o gás etileno seja acrescido. Essa técnica, ao ser aprimorada, será de grande importância na redução da deterioração de frutos e hortaliças, pois este é um problema que ocasiona a inutilização de muitos produtos colhidos mundialmente (REECE *et al.* 2015).

Os frutos podem ser classificados em climatéricos e não-climatéricos, de acordo com o seu amadurecimento pós-colheita. Frutos climatéricos são aqueles que no final do período de maturação apresentam um marcante aumento na taxa respiratória, provocado pelo aumento na produção de etileno. Então, o pico das taxas respiratórias ocorre no período da maturidade fisiológica dos representantes deste grupo, como a maçã, o abacate, a banana, a manga, o mamão, a pera e o maracujá (Figura 3.14), entre outros. O menor valor observado na atividade respiratória é chamado de "mínimo pré-climatérico" e o pico respiratório é designado "máximo climatérico", ao qual segue uma fase de declínio na atividade respiratória, chamada "pós-climatérico" (Figura 3.15).

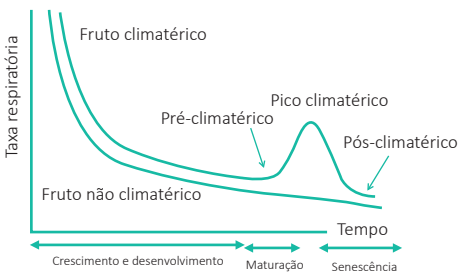
Dessa forma, os frutos climatéricos são aqueles em que ocorre também um pico de produção de etileno, podendo esse pico coincidir ou ocorrer antes da máxima atividade respiratória. Geralmente os frutos climatéricos são colhidos ainda verdes, para facilitar o manuseio e aumentar o tempo de conservação, já que usualmente as suas taxas respiratórias são mais altas. Então, nesses casos, o processo de amadurecimento do fruto ocorre quando destacado da planta mãe.

Figura 3.14 | Exemplos de frutos climatéricos



Fonte: iStock.

Figura 3.15 | Relação da taxa respiratória de frutos climatéricos e não-climatéricos de acordo com o tempo



Fonte: adaptada de Wills ***et al***. (1981, p. 174).

Já os frutos não-climatéricos são os que apresentam redução na taxa respiratória (Figura 3.15) e na produção de etileno. Portanto, a respiração desses frutos geralmente apresenta decréscimo gradual durante o amadurecimento, ao contrário dos frutos climatéricos (Figura 3.16). Ou seja, eles só podem ser colhidos quando reúnem características adequadas ao consumo. São exemplos o limão, a laranja, o morango e o figo (Figura 3.16).

Figura 3.16 | Exemplos de frutos não-climatéricos

Fonte: iStock.

Caro aluno, é de extrema relevância você saber que apesar dos frutos ainda serem classificados por essas duas tradicionais classes, a fisiologia do amadurecimento é composta por uma série de processos complexos e interligados; assim, muitas vezes o comportamento de um determinado fruto durante a pós-colheita pode não corresponder aos padrões previamente estabelecidos, conforme proposta por Bron e Jacomino (2007). Esses autores ainda ressaltam que, além do comportamento peculiar de cada fruto, o climatério depende de alguns fatores, como as condições de cultivo, o ponto de colheita e mesmo a variedade analisada. O tempo de permanência do fruto na planta também influencia a respiração durante a pós-colheita. Devido a todos esses fatores mencionados, Bron e Jacomino (2007) levantaram uma questão em relação à extinção do conceito de frutos climatéricos e não-climatéricos, mesmo assim isso ainda não aconteceu.

Os frutos são um tipo de alimento vegetal muito importante para o homem, podendo ser nomeados de acordo com o seu uso habitual: os legumes, que são frutos salgados e com semente (a abóbora, abobrinha, chuchu, pepino, berinjela, pimentão, tomate, jurubeba, jiló, entre outros) e as "frutas" (que são frutos doces).

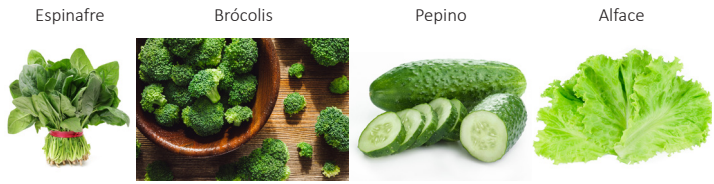
Além dos frutos, algumas outras partes dos vegetais também são consumidas como alimentos, como as folhas, denominadas de verduras (acelga, alface, agrião, almeirão, couve, espinafre, repolho, rúcula), as flores (alcachofra, brócolis e couve-flor); os caules (batata inglesa, inhame, cará – tubérculos); as raízes tuberosas, que nascem debaixo da terra (batata-doce, beterraba, cenoura, mandioca, nabo e rabanete), sem deixar de citar os grãos (feijões, arroz, soja, ervilha, lentilha).

Exemplificando

Os alimentos vegetais são inquestionavelmente uma fonte inesgotável de nutrientes essenciais para a saúde e manutenção do corpo, com eles podemos ter tudo o que o organismo precisa para se nutrir, e esta é a razão pela qual o seu consumo é tão importante. Nesse sentido, seguem alguns exemplos de vitaminas e a sua ação no nosso organismo (Figura 3.17):

Espinafre – contém ferro, cálcio, fósforo e vitaminas A e B, ajuda a combater a anemia e o cansaço.
Brócolis – rico em cálcio, potássio, ferro, zinco e sódio e composto por diversas vitaminas, como A, C, B1, B2, B6, K. Pode ser usado na prevenção de doenças cardiovasculares, além de evitar o aparecimento de úlceras e ajudar a manter a saúde dos ossos.
Alface – apresenta vitaminas A e K e do complexo B (B1, B2, B3), como também magnésio, potássio e sódio. Funciona como sedativo, diurético, ajuda a fortalecer as vias respiratórias e a regular os níveis de açúcar no sangue.
Pepino – possui vitaminas A, B, C e K, além de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, zinco e sílica, sendo que esses componentes ajudam a reduzir as dores provocadas pela artrite e a baixar o nível de ácido úrico.

Figura 3.17 | Exemplos de alimentos vegetais



Fonte: iStock.

Além de ricos em potássio, fibras, ferro, sais minerais e vitaminas, os vegetais dispõem ainda de enzimas que se ligam à gordura de origem animal, eliminando-a do corpo e evitando, assim, que ela se acumule no nosso organismo. O seu consumo, além de não apresentar nenhum tipo de ameaça ao nosso desenvolvimento, ainda ajuda a manter o equilíbrio dos níveis de colesterol, o bom funcionamento do intestino e auxilia a proporcionar uma sensação de saciedade.

Dessa forma, por se tratar de um alimento saudável, o seu consumo é incentivado desde a primeira fase da vida, pois representam um verdadeiro enriquecimento às nossas refeições, tornando-as nutritivas e variadas.

Outros elementos estão presentes nos vegetais, como o potássio, que atua na manutenção da pressão arterial saudável, a vitamina A, que promove a saúde dos olhos e da pele e ainda a vitamina C, que auxilia na absorção de ferro e é fundamental na síntese do colágeno. Esses são mais alguns motivos que reforçam a importância da sua presença na rotina alimentar de qualquer pessoa que deseje manter o equilíbrio do seu organismo.

Reflita

Evite retirar a casca dos alimentos, pois é exatamente nela que se encontra a maior concentração de nutrientes e vitaminas. Também não se esqueça de encher o seu prato de cor (Figura 3.18), pois cada vegetal contém um tipo e teor de nutrientes diversificados, o que garante muitas vitaminas e sais minerais na sua alimentação.

Figura 3.18 | Prato com diversos alimentos vegetais, resultando em uma mistura de cores e sabores, e claro, vitaminas e nutrientesa

Fonte: iStock.

Caro aluno, é válido ressaltar que algumas espécies nativas de alguns biomas, inclusive o Cerrado, vêm sendo usadas há algum tempo, devido ao seu valor nutricional e comercial. Dentre algumas dessas espécies podemos citar o baru, a cagaita, o jatobá, o pequi, o araticum, o buriti e a mangaba, entre outras. Já é possível encontrá-las em feiras e até ainda em supermercados, in natura ou mesmo já em forma de produto (geleias, doces, farinha de jatobá, castanha de baru, temperos, corantes, perfumes, etc.).

Todo esse avanço na descoberta dos diversos usos dessas espécies nativas deve-se às pesquisas realizadas por diversos profissionais de várias instituições, como as universidades e os centros de pesquisa, como a Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA). Nesse sentido, Coradin, Camillo e Vieira (2016) defendem a ideia de que a exploração sustentável das espécies nativas poderá ocasionar novas alternativas para a melhoria da qualidade de vida do homem.

O mercado para os produtos vegetais oriundos de espécies nativas é bastante promissor; pensando nisso algumas empresas privadas já estão investindo nessa inovação e associando as ideias de comercialização e sustentabilidade.

Para nos aprofundarmos na relação do homem com as plantas, vamos voltar ao tempo inicial da existência do homem na terra. Primeiramente, os membros representantes do gênero *Homo* provavelmente sobreviveram principalmente da coleta de alimentos (coletando frutos e sementes; como também ramos e folhas comestíveis; e cavando para a coleta de raízes), da busca por animais mortos e, ocasionalmente, da caça. Então, os seus métodos de caça e coleta para obter alimento e abrigo se assemelham aos de alguns grupos humanos recentes.

Assim, à medida que o homem foi evoluindo, ele conseguiu ter um melhor aproveitamento na utilização das plantas, como o seu cultivo, por exemplo. Importantes culturas têm sido cultivadas em todo o mundo ao longo de décadas, destacando-se o trigo, o arroz e o milho, que fornecem a maior parte das calorias que consumimos. Estas culturas são cultivadas onde possam desenvolver-se, e um limitado número de outras plantas conseguiu uma condição de destaque no comércio mundial. Além destas, destacam-se também, batata, batata-doce e mandioca, pois fornecem mais de 80% das calorias consumidas pela população humana mundial (EVERT; EICHHORN, 2014).

O fato que deve ser ressaltado aqui como preocupante é que a população humana cresceu muito nos últimos cinco séculos e a previsão é de continuar aumentando (EVERT; EICHHORN, 2014). Esse crescimento populacional pode ser relacionado com a domesticação das plantas pelo homem, embora se esse aumento ocorrer descontroladamente, os alimentos e outros recursos, como a água, serão finitos (EVERT; EICHHORN, 2014).

Estima-se que cerca de um sexto da população mundial viva em absoluta pobreza e relativamente pouco tem sido feito para desenvolver as práticas agrícolas apropriadas para as regiões tropicais; os trópicos estão sendo ecologicamente destruídos, e até 20% das espécies mundiais provavelmente desaparecerão nas próximas três décadas (EVERT; EICHHORN, 2014).

Devido ao constante crescimento da população humana, é necessário ampliar as fronteiras agrícolas, para produção de grãos, frutíferas, hortaliças e pastagens para a pecuária, mas sem esquecer-se de utilizar métodos e técnicas inteligentes para uma exploração sustentável, conciliando métodos agrícolas com crescimento econômico sem danificar os ecossistemas.

Ao avançarmos nos conhecimentos das utilidades das plantas, devemos considerar a rápida perda de espécies que está diretamente associada com três fatores a se considerar (EVERT; EICHHORN, 2014):

1) O acelerado crescimento da população humana.

2) A pobreza, principalmente nos trópicos, onde encontra-se dois terços das espécies vegetais.

3) Nosso conhecimento ainda incipiente na elaboração de sistemas agrícolas produtivos nos trópicos.

A principal preocupação está relacionada com a completa destruição das florestas tropicais ainda intactas, o que parece quase certo ocorrer em um século, muitas espécies de plantas, animais e microrganismos serão extintas. Já que o nosso conhecimento das plantas, especialmente as tropicais, é tão incipiente, estamos diante da perspectiva de perder muitas delas, antes mesmo de registrarmos a sua existência e, também, sem a mínima probabilidade de analisá-la para verificar se teriam utilidade para nós. Nesse sentido, o exame de plantas selvagens para o uso potencial do homem deve ser rápido, e espécies promissoras devem ser preservadas em bancos de sementes, em culturas ou, preferencialmente, em reservas naturais (EVERT; EICHHORN, 2014).

Reflita

A relação planta e homem é antiga e bastante ampla. Nesse sentido, reflita quais seriam as consequências para a evolução do homem, caso ele não tivesse conseguido avançar nas diversas formas de utilização das plantas. Pense em aspectos positivos e negativos.

Até a próxima unidade!

Sem medo de errar

Caro aluno, o amadurecimento dos frutos é um aspecto muito importante e deve ser considerado ao realizar sua coleta, como também a sua comercialização. Essa comercialização de diferentes produtos vegetais vem sendo aprimorada pelo homem ao longo dos anos. Assim, de acordo com os assuntos abordados nessa seção, você poderá aplicá-los de forma prática e aprimorar cada vez mais os conhecimentos.

Nesse sentido, você, como funcionário da empresa de produtos vegetais que visa explorar frutos e sementes do cerrado, deparou-se com um desafio: como realizar o armazenamento e processamento destes frutos e sementes para o uso comercial, e também quais os possíveis produtos derivados desses frutos e sementes do cerrado que a empresa poderia comercializar. Assim, você decidiu fazer parcerias com outras instituições, como empresas privadas e universidades.

Dessa forma, quais seriam as demandas para cada uma dessas instituições? Como elas poderiam ajudar a empresa onde você trabalha a resolver o desafio de processamento dos frutos e sementes, bem como saber quais seriam os possíveis produtos comercializáveis?

As espécies do cerrado são de uma diversidade admirável; muitas delas apresentam frutos carnosos de grande aplicação na indústria alimentícia, cosmética e medicina. Entre as espécies do cerrado estão as que você já selecionou previamente, como o baru, a cagaita, o jatobá, o pequi, o araticum, o buriti e a mangaba. Na identificação dessas espécies, o acompanhamento de um especialista é essencial, podendo ser este um botânico pesquisador ou professor de alguma universidade e ou até mesmo um mateiro, conhecedor da vegetação local, ambos parceiros do trabalho. Devido você ainda ter algumas dúvidas sobre o material que coletou anteriormente, a parceria com a universidade proporcionou a confirmação da identificação destas espécies, como também fornecerá a infraestrutura para o processamento do material, ou seja, a herborização e validação da espécie identificada previamente em campo. Já as empresas privadas são especializadas em beneficiar sementes e te ajudarão a conhecer os diferentes métodos de beneficiamento, considerando os produtos vegetais que serão originados de cada espécie. Para isso, você solicitou uma visita técnica a essas empresas, tendo, assim, a oportunidade de conhecer o processo de beneficiamento dos frutos e sementes até a obtenção do produto final, por meio de um tour no setor produtivo. Ao final, os métodos aprendidos foram ajustados de acordo com os objetivos da empresa, a fim de se obter produtos comercializáveis com estes frutos e sementes, como doces, geleias, temperos, corantes e perfumes, entre outros.

Após isso, com a ajuda de uma equipe (professores e especialistas em botânica) da universidade, você iniciou o processo de coleta e herborização das espécies que selecionou para explorar comercialmente.

Caro aluno, agora que você já aprendeu com a empresa de frutos e/ou sementes do cerrado, colete algumas espécies de interesse econômico e anote as suas características morfológicas. Mãos à obra!

Avançando na prática

Frutos climatéricos e não-climatéricos

Descrição da situação-problema

No dia a dia do ser humano é imprescindível uma alimentação saudável composta por proteínas e carboidratos essenciais para o bom funcionamento do organismo. Assim, alimentos como ovos, queijo, carnes e frutos

compreendem bem esse universo nutricional necessário à vida humana. Pedro, professor de ciências em uma escola particular, ao ministrar aula sobre a importância dos alimentos vegetais para os humanos, foi questionado sobre o motivo de os frutos amadurecerem e da razão pela qual os frutos armazenados na fruteira amadurecerem mais rápido do que os armazenados na geladeira.

Diante desses questionamentos, o professor Pedro utilizou um pincel e, dividindo o quadro branco em dois lados, sendo que um representava a fruteira e o outro lado, a geladeira, solicitou que os alunos citassem alguns frutos que eles costumam consumir em casa, como também o local em que os armazenavam.

Entre os frutos citados estão: pera, maçã, abacate, banana, manga, mamão, sendo que: abacate, banana, mamão e manga foram citados como armazenados na fruteira e pera e maçã, na geladeira.

Mediante essas informações, o professor Pedro iniciou as explicações sobre o motivo de os frutos amadurecem e o que pode estar causando essas diferenças de amadurecimento entre os frutos, considerando seu modo de armazenamento.

Resolução da situação-problema

O professor Pedro iniciou a explicação informando aos alunos que se eles observarem os frutos da fruteira e da geladeira perceberão a diferença em relação à necessidade de consumo mais rápido: os frutos da fruteira necessitam ser consumidos mais rapidamente, pois amadurecem muito rápido. Por outro lado, os frutos da geladeira pouco amadurecem, podendo ser consumidos mais tardiamente.

Nesse sentido, o professor sentiu necessidade de falar sobre os conceitos de frutos climatéricos e não-climatéricos. Os frutos climatéricos são aqueles que apresentam um aumento na taxa respiratória e consequente aumento na produção de gás responsável pelo amadurecimento, chamado de etileno. Por outro lado, os frutos não-climatéricos apresentam uma diminuição na taxa respiratória e uma baixa produção desse gás. Esses dois mecanismos em conjunto são responsáveis pelo amadurecimento dos frutos. Para auxiliar na explicação, o professor também fez alguns esquemas no quadro branco, relacionando a taxa de respiração e a produção de etileno nos frutos com o seu amadurecimento.

E continuou explicando que, na fruteira, os frutos climatéricos (abacate, banana, mamão e manga) apresentam alta taxa respiratória e produzem

muito etileno, o que leva ao rápido amadurecimento. Já os frutos armazenados em geladeira (pera e maçã) também são climatéricos, mas por estarem sob condição de temperatura baixa, têm a produção do gás etileno diminuída, o que resulta no amadurecimento lento.

Ademais, o professor também ressaltou que alguns outros frutos (uva, limão, abacaxi e laranja, não-climatéricos) apresentam baixa taxa respiratória e produzem pouco etileno, por isso precisam de mais tempo para amadurecerem, porém, ao serem colocados juntos a frutos de rápido amadurecimento (climatéricos), também têm este processo acelerado, devido à influência do gás etileno produzido em altas quantidades pelos primeiros.

Por fim, o professor desafiou os alunos a fazerem esse experimento em casa, com outros frutos que não foram citados na aula. Os alunos deveriam observar os frutos por uma semana, fazer anotações e tirar fotos, para depois explicarem os resultados observados para o restante da turma.

Faça valer a pena

1. O etileno é responsável por promover o amadurecimento de muitos tipos de frutos, e também o florescimento na família do abacaxi. Julgue os itens quanto ao efeito do etileno nos vegetais em V para verdadeiro e F para falso.

I. ( ) Um aumento na produção de etileno no fruto desencadeia o processo de amadurecimento, ocasionando uma série de mudanças, como o aumento no conteúdo de açúcar.
II. ( ) Devido ao etileno ser um gás, o sinal para amadurecer passa de um fruto para outro.
III. ( ) Ainda não foram descobertos métodos que possam retardar o amadurecimento causado pelo etileno natural.
IV. ( ) Os níveis de etileno nos frutos estão diretamente relacionados a sua taxa respiratória.

Assinale a alternativa que corresponde à sequência correta.
a) F - V - F - V.
b) V - F - F - V.
c) V - F - V - F.
d) F - V - F - F.
e) V - V - F - V.

2. Os frutos podem ser classificados em climatéricos e não-climatéricos, de acordo com o seu amadurecimento pós-colheita. De acordo com essa informação, analise as seguintes afirmações quanto a essa classificação dos frutos:

I- Frutos climatéricos são aqueles que no final do período de maturação apresentam um marcante aumento na taxa respiratória, provocado pelo aumento na produção de etileno. Já os frutos não-climatéricos apresentam redução na taxa respiratória e na produção de etileno.
II- O maior valor observado na atividade respiratória é denominado "mínimo pré-climatérico" e o mínimo respiratório é designado "máximo climatérico".
III- A fisiologia do amadurecimento dos frutos é composta por uma série de processos complexos e interligados, assim, é possível que o comportamento de um determinado fruto durante a pós-colheita não corresponda aos padrões previamente estabelecidos.

Está correto o que se afirmar em:
a) III.
b) I e II.
c) II.
d) I e III.
e) I.

3. À medida que o homem foi evoluindo, ele conseguiu ter um melhor aproveitamento na utilização das plantas, como o seu cultivo, pois os primeiros membros representantes do gênero *Homo* provavelmente sobreviveram principalmente da coleta de alimentos (coletando frutos e sementes, como também ramos e folhas comestíveis, e cavando para a coleta de raízes), da busca por animais mortos, e, ocasionalmente, da caça.

Nesse contexto, avalie as sentenças a seguir e a relação entre elas.
I - Importantes culturas têm sido cultivadas em todo o mundo ao longo de décadas, destacando-se o trigo, o arroz e o milho, que fornecem a maior parte das calorias que consumimos. Além destas, destacam-se também, batata, batata-doce e mandioca, pois fornecem mais de 80% das calorias consumidas pela população humana mundial.
Porque
II- Além de ricos em potássio, fibras, ferro, sais minerais e vitaminas, os vegetais ainda dispõem de enzimas que se ligam à gordura de origem animal, eliminando-a do corpo e evitando que ela se acumule no nosso organismo.

Acerca dessas afirmativas, assinale a opção correta.
a) As asserções I e II são proposições verdadeiras, e a II é uma justificativa correta da I.
b) A asserção I e uma proposição verdadeira e a II e uma proposição falsa.
c) A asserção I é uma proposição falsa e a II é uma proposição verdadeira.
d) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa correta da I.
e) As asserções I e II são proposições falsas.

Referências

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. 438 p.

BRON, I. U.; JACOMINO, A. P. Classificação de frutos por "climatério" é conceito em extinção? **Revista Visão Agrícola**, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- ESALQ, n. 7, p. 8-10, jan./jun/2007. Pós-colheita de frutas e hortaliças, Fisiologia, 2007. Disponível em: http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va07-fisiologia01.pdf. Acesso em: 22 nov. 2018.

CORADIN, L.; CAMILLO, J.; VIEIRA, R. F. Perspectivas e Recomendações. *In*: **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial**. Plantas para o futuro--Região Centro-Oeste. Biodiversidade 44. VIEIRA, R. F.; CAMILLO, J.; CORADIN, L. (Org.), p. 1109-1121. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, 2016. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162395/1/Especies-Nativas-da-Flora-Brasileira-de-Valor-Economico-Atual-ou-Pontecial-Plantas-para-o-Futuro-Regiao-Centro-Oeste-pg-1109.pdf. Acesso em: 4 dez. 2018.

EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven, Biologia Vegetal**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2014. 1637 p.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das Plantas Cultivadas:** O estudo do que está por trás do que se vê. 3. ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006. 751 p.

GONÇALVES, E. G.; LORENZI, H. **Morfologia Vegetal**. 2. ed. São Paulo: Instituto Platarum de Estudos da Flora, 2011.

REECE, J. B. *et al*. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed. 2015. 1488 p.

SOUZA, V. C.; FLORES, T. B.; LORENZI, H. **Introdução à Botânica:** Morfologia. São Paulo: Instituto Platarum de Estudos da Flora, 2013.

WILLS, R. B. H.; LEE, T. H.; GRAHAM, D.; MCGLASSOM, W. B.; HILL, E. C. **An introduction to the postharvest physiology and handling of fruit and vegetables**. Westport, CT: AVI, 1981.

Unidade 4

Sistemática vegetal e coleções botânicas

Convite ao estudo

Olá, caro aluno! Ao longo desta disciplina, você já aprendeu sobre a biologia das gimnospermas e angiospermas, a morfologia dos órgãos reprodutivos da planta (flor, fruto e semente) e compreendeu a importância das plantas para o homem. Nesta unidade, você aprenderá sobre a sistemática e nomenclatura vegetal, os processos envolvidos até a coleta e a inclusão de exsicatas em herbários, a função e importância dos herbários e as formas de armazenamento das coleções botânicas.

Nesta última unidade do livro didático, abordaremos conhecimentos que podem ser aplicados em diferentes áreas da biodiversidade vegetal, pois a sistemática, a taxonomia e a nomenclatura botânica são essenciais para enriquecer nosso conhecimento sobre a riquíssima flora. Ao finalizar esta unidade, você deverá efetuar a montagem de exsicata e fazer protocolo de inclusão de material botânico em herbários. Para auxiliá-lo nesta trajetória, vamos considerar o contexto a seguir.

Os avanços das pesquisas ambientais no Brasil e no mundo são progressivos e estão diretamente relacionados a benefícios para o homem e para todo o ecossistema, pois o fator sustentabilidade ambiental está cada vez mais em pauta.

A diversidade vegetal brasileira é uma das mais ricas do mundo. Para estudá-la, precisamos conhecer a morfologia, sistemática, taxonomia e nomenclatura botânica para catalogar, coletar e documentar espécies vegetais, descobrindo e descrevendo sua ocorrência, seus usos e suas importâncias. Compreender como classificar e nomear as espécies vegetais é o primeiro passo para ampliar seus conhecimentos sobre a sistemática vegetal.

Também é necessário considerar alguns aspectos relevantes, como as características diagnósticas das principais famílias de angiospermas, o uso de chaves de identificação, bem como a montagem e a incorporação das exsicatas em herbários.

Caro aluno, para prosseguir no universo da sistemática vegetal e de coleções botânicas, recentemente você se tornou diretor de um Instituto Ambiental de Pesquisa e Ensino (IAPE) recém-formado, cuja missão é formar pesquisadores para trabalhar com a sistemática vegetal na prática, e divulgar e ensinar as técnicas aprendidas no IAPE por meio de treinamento.

Para atingir os objetivos do Instituto, você precisa organizar as demandas dos setores de atividades de pesquisa e ensino, além de definir três etapas para o treinamento das equipes de profissionais. Assim, esse treinamento deve seguir as etapas listadas a seguir:

1. Curso teórico sobre a sistemática vegetal, a fim de apresentar os objetivos do IAPE para toda a equipe.
2. A partir do curso teórico, você deve escolher e determinar quatro profissionais para fazer os treinamentos práticos com os especialistas das principais famílias de angiospermas, sendo dois profissionais pertencentes à equipe de pesquisa e dois da equipe de ensino.
3. Treinamento teórico-prático com coleta, identificação, montagem de exsicata e incorporação no herbário do IAPE.

Concluído o treinamento da equipe de profissionais do Instituto Ambiental de Pesquisa e Ensino (IAPE), devem ser montadas exsicatas de algumas espécies das principais famílias de angiospermas. Além disso, deve ser feito o protocolo de inclusão do material botânico em herbários (inclusive o do próprio IAPE), desenvolvendo os conhecimentos adquiridos a partir do treinamento profissional.

Vamos começar!

Seção 4.1

Sistemática botânica

Diálogo aberto

Caro aluno, nesta unidade de ensino você aprenderá sobre sistemática vegetal, classificação e nomenclatura botânica. Esses conhecimentos botânicos serão essenciais em sua carreira profissional.

Após você ter assumido a direção do Instituto Ambiental de Pesquisas e Ensino, uma de suas demandas iniciais é realizar o alinhamento da sua equipe de profissionais em relação às demandas dos setores de atividades de pesquisa e ensino.

Para isso, a primeira etapa do treinamento da equipe é destinada ao embasamento teórico sobre sistemática vegetal, a fim de alinhar toda a equipe aos objetivos do IAPE. Você será o responsável por essa primeira etapa do treinamento dos dois setores em conjunto. Para isso, você fará pesquisas sobre os temas: sistemática vegetal, classificação e nomenclatura botânica. Direcione o treinamento com base em alguns questionamentos:

- O que é sistemática vegetal? Qual é sua importância e sua relação com a classificação e a nomeação das plantas?

- Quais características devem ser observadas ao coletar plantas? Como descrever essas características?

- Como identificar as plantas e qual é a importância dessa tarefa?

Vamos descobrir as respostas para essas indagações?

Não pode faltar

Caro aluno, nesta seção de estudo você aprenderá sobre a sistemática vegetal e sua importância, e entenderá como ordenar, classificar e nomear as plantas. Todo esse conhecimento será fundamental para que avance nos demais conteúdos desta unidade de ensino.

Primeiramente, você sabe o que quer dizer sistemática? Segundo Judd *et al*. (2009), "Sistemática é a ciência da diversidade dos organismos e envolve a descoberta, a descrição e a interpretação da diversidade biológica, na forma de sistema de classificação preditivo". Então, o propósito fundamental dessa ciência é desvendar os ramos da árvore da vida, documentando e relatando as modificações que ocorreram durante a

evolução dos organismos, além de buscar identificar os processos responsáveis por essa diversidade.

Nesse sentido, as informações sobre as sequências de eventos evolutivos são obtidas pelos sistematas que reconstroem a filogenia, ou seja, a história evolutiva de um grupo de organismos.

A sistemática é fundamental para compreender e comunicar informações sobre o mundo natural, pois, a partir do conhecimento sistemático das plantas, podemos prever como utilizá-las (como alimento, fibras, papel, medicamentos, corantes etc.) (JUDD *et al.*, 2009).

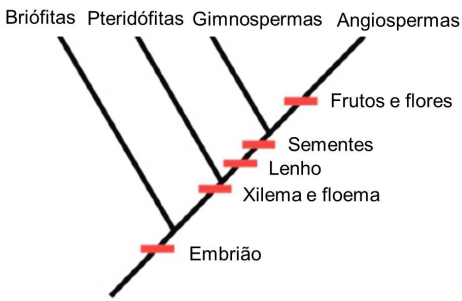
Assimile

Os organismos compartilham muitas características em razão da ancestralidade em comum. Assim, quando consideramos esses aspectos, podemos aprender muito sobre uma espécie se conhecermos sua história evolutiva (REECE *et al.*, 2015).

A evolução (mudanças genéticas ao longo do tempo) é a fonte da enorme diversidade da árvore da vida, e a variação natural entre os indivíduos é seu componente essencial (JUDD *et al.*, 2009). Quando consideramos essa variação entre os indivíduos, podemos pensar nos diferentes grupos de plantas e em como ordená-los a partir de caracteres evolutivos.

Dessa forma, os caracteres evolutivos para os grupos de plantas (Figura 4.1) são o surgimento do embrião para as briófitas. Nas pteridófitas, destaca-se a presença de vasos condutores de seiva (xilema e floema). Já as gimnospermas apresentam sementes "nuas", enquanto as angiospermas têm flores e suas sementes são protegidas pelos frutos. Todas essas novidades evolutivas das plantas foram primordiais para a ocupação de diferentes habitats em todo o mundo.

Figura 4.1 | Cladograma: relações filogenéticas entre os diferentes grupos de plantas



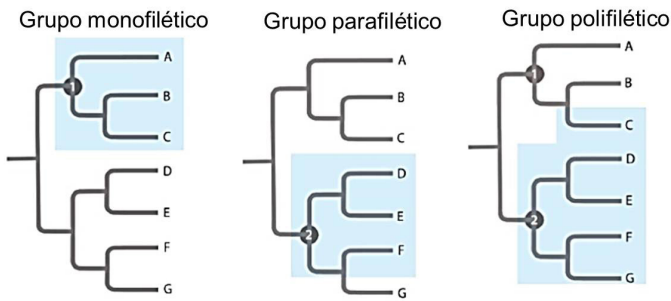
Fonte: adaptada de Evert e Eichhorn (2014, p. 478).

Reflita

Se os aspectos evolutivos das plantas não fossem considerados para categorizá-las em diferentes grupos, qual(is) implicação(ões) isso poderia ocasionar para a sistemática vegetal?

Para classificar e identificar toda a biodiversidade vegetal é necessário ter conhecimentos sobre a sistemática biológica ou sobre taxonomia (palavra ligada ao termo *táxon*). Em taxonomia, grupos de organismos são descritos e nomes científicos lhes são atribuídos. Um enfoque filogenético exige que cada táxon seja um grupo monofilético (clado), ou seja, um grupo que contém um ancestral e todos seus descendentes (JUDD *et al.*, 2009). Em contrapartida, há também o grupo parafilético, que consiste em um grupo de descendentes que derivam de um ancestral comum, porém nem todos os descendentes desse ancestral estão inclusos no grupo. Já o grupo polifilético consiste em dois ou mais grupos separados, e cada um tem seu ancestral separado (Figura 4.2).

Figura 4.2 | Exemplo de filogenia de grupos monofilético, parafilético e polifilético



Fonte: adaptada de Evert e Eichhorn (2014, p. 475).

Na Figura 4.2, um grupo monofilético, ou clado, inclui o ancestral comum 1 e todos os seus descendentes (espécies A, B e C). Um grupo parafilético inclui o ancestral comum 2 de alguns descendentes (espécies D, E e F), mas não de todos os seus descendentes (a espécie G não é incluída). Um grupo polifilético tem dois ou mais ancestrais: as espécies D, E, F e G compartilham o ancestral 2, mas a espécie C tem um ancestral diferente, o ancestral 1.

Prezado aluno, agora que compreendeu todos esses aspectos filogenéticos relativos à taxonomia, é importante ressaltar que a taxonomia é uma parte da sistemática que inclui quatro componentes básicos:

1. **Descrição**: refere-se a aspectos morfológicos e anatômicos que podem ser listados detalhadamente como os atributos estruturais das plantas (também denominados caracteres), tanto pelos órgãos

vegetativos (raiz, caule e folhas) quanto reprodutivos (flores, frutos e sementes).

Você tem ideia do que seria um exemplo de caráter? Pense em quais características podemos descrever observando os órgãos vegetativos e reprodutivos das plantas. Quando associamos dois ou mais caracteres, falamos em estados de caráter. Um exemplo de caráter é a posição do ovário de uma flor (seus estados de caráter podem ser súpero ou ínfero). Outro caráter é a textura de uma folha: membranácea, cartácea ou coriácea. É possível listar vários caracteres ou estados de caráter, os quais podem ser usados para categorizar e delimitar os atributos de um táxon ou de um organismo, mas é necessário que se tenha o devido cuidado e acurácia na observação e anotação dessas características, contribuindo, assim, para a taxonomia do táxon estudado.

2. **Identificação**: refere-se ao processo de determinar um nome a uma espécie, um indivíduo inteiro ou suas partes, sendo que esse nome pode estar relacionado a um material testemunho, ou tipo nomenclatural, quando se descreve a espécie.

Para identificar uma planta é necessário utilizar-se de chaves de identificação, geralmente as dicotômicas (Figura 4.3). Esse é o método mais comum e o que utiliza características morfológicas objetivas e excludentes entre si e em pares. Cada par tem um caminho, onde é escolhido aquele que corresponde ao táxon analisado, e assim por diante até se chegar a um táxon definido.

Figura 4.3 | Chave de identificação dicotômica

Chave para famílias de
FANERÓGAMAS da Flora Brasileira
(incluído famílias nativas e exóticas)

1. Gimnospermas.....Chave A
2. Angiospermas.....2

2. Flores aclamídeas.....Chave B
2. Flores monoclamídeas ou diclamídeas.....3

3..Flores monoclamídeas ou com corola apenas vestigial.....4
3. Flores diclamídeas (aqui estão consideradas aquelas flores que possuem mais de um verticilo de proteção, independentemente do verticilo externo ser ou não semelhante ao interno).....5

4. Flores unissexuadas.....Chave C
4. Flores bissexuadas.....Chave D

5. Pétalas 1-3.....Chave E
5. Pétalas 4-numerosas, ás vezes, em dois verticilos de 3 ou unidas formando uma caliptra.....6

6. Ovário ínfero.....Chave F
6. Ovário súpero.....7
7. Corola dialipétala ou formada por apenas uma pétala.....Chave G
7. Corola gamopétala (ás vezes três ou quatro pétalas unidas e uma ou duas livres ou formando uma caliptra).....Chave H

Fonte: adaptada de Souza e Lorenzi (2012, p. 25).

3. **Classificação**: consiste na ordenação das plantas em níveis hierárquicos, de acordo com suas características (atualmente, de acordo com as relações filogenéticas). Tem como objetivo fornecer um sistema para catalogar e expressar relações entre esses táxons, de tal modo que um nível hierárquico mais inclusivo (mais abrangente) inclui níveis menos inclusivos (menos abrangentes) e suas respectivas características.

As categorias taxonômicas são atualmente estabelecidas de acordo com as linhagens monofiléticas, sendo o Reino a mais inclusiva e a de Espécie a menos inclusiva (Figura 4.4). Então, um táxon é um grupo de organismos geralmente posicionado em determinada categoria; embora haja argumentos contrários ao uso de hierarquias nas classificações, está sendo desenvolvido um sistema alternativo, chamado de *PhyloCode*, mas a aceitação dessa nomenclatura ainda é improvável (JUDD *et al*., 2009).

Figura 4.4 | As principais categorias taxonômicas aceitas pelo Código Internacional de Nomenclatura Botânica (ICBN) e os respectivos sufixos padrão

Categoria[a]	**Sufixo padrão**
Reino	-bionta
Filo (ou **Divisão**)	-phyta
Subfilo (ou Subdivisão)	-phytina
Classe	-opsida
Subclasse	-idae
Superordem	-anae
Ordem	-ales
Subordem	-ineae
Superfamília	-ariae
Familia	-aceae
Subfamília	-oideae
Tribo	-eae
Subtribo	-ineae
Gênero	Nenhum; escrito em itálico, letra inicial maiúscula
Espécie	Nenhum; nome genérico e específico em itálico

[a]As sete categorias principais estão indicadas em **negrito**

Fonte: adaptada de Judd et al. (2009, p. 547).

Saiba mais

O *PhyloCode* é a proposta de um novo código para nomear as plantas. É considerado alternativo porque é estruturado inteiramente fora das regras do Código Internacional de Nomenclatura (ICBN).

Para entender um pouco mais sobre isso, leia a página 548 ("Argumentos contra o uso de hierarquias nas classificações") do livro **Sistemática vegetal: um enfoque filogenético**, de Judd *et al*. (2009), disponível na Biblioteca Virtual.

4. **Nomenclatura**: é considerada um modo formal de se nomear um táxon de acordo com um sistema padronizado, ou seja, coloca gêneros relacionados na mesma família, famílias dentro de ordens, ordens dentro de classes, classes dentro de filos, filos dentro de reinos e, mais recentemente, reinos dentro de domínios.

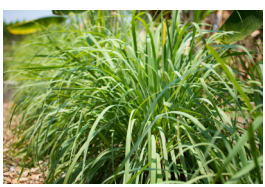
As regras de nomenclatura para plantas, algas e fungos seguem as normas padronizadas pela International Code of Botanical Nomenclature (ICBN). O nome formal do táxon é conhecido como nome científico, o qual, por convenção, é escrito em latim. O princípio fundamental da nomenclatura é que cada táxon deve ter apenas um nome científico e nomes populares não devem ser usados para relações filogenéticas, uma vez que plantas com nomes semelhantes podem pertencer a famílias distintas.

Exemplificando

O nome popular das plantas pode mudar dependendo da região, por isso é importante usar o nome científico das espécies.

No Brasil, três plantas diferentes são denominadas erva-cidreira por apresentarem algumas propriedades que atribuem gosto, aroma e propriedades medicinais semelhantes. Apesar da semelhança, essas plantas, além de serem espécies diferentes, são classificadas em famílias distintas (Figura 4.5).

Figura 4.5 | Espécies nomeadas vulgarmente como erva-cidreira: a) ***Cymbopogon citratus*** (DC.) Stapf.- Família Poaceae; b) ***Lippia alba*** (Mill.) N.E.Br. ex P. Wilson- Família Verbenaceae; c) ***Melissa officinalis*** L.- Família Lamiaceae



a

b

c

Fonte: a) iStock; b) https://bit.ly/2GRD6sD; c) iStock. Acesso em: 1 dez. 2018.

O nome científico de uma espécie é formado por duas partes, por isso é conhecido como **binômio ou sistema binomial**. O primeiro nome é o gênero ao qual a espécie pertence e o segundo nome é o epíteto específico, que se refere à espécie de determinado gênero. O binômio deve estar grifado ou em *itálico*, e o nome do gênero deve ser escrito com a primeira letra maiúscula e o epíteto com letra minúscula, por exemplo *Parkia platycephala* Benth. (fava de bolota, visgueiro). Assim, em um nome científico, apontamos o gênero, seguido do epíteto específico e do autor. Esse tipo de nomenclatura foi criado por Carolus Linnaeus na obra **Species plantarum** (1753).

Há algumas ressalvas que devem ser consideradas em relação à nomenclatura botânica (JUDD *et al*., 2009):

4.1 Quando o epíteto específico repete exatamente o nome genérico, ou seja, quando os nomes de gênero e espécie são iguais, chamamos esse fato de **Tautônimos** (*Benzoin benzoin*).

4.2 O nome das famílias se baseia no nome dos gêneros tipo respectivos. Exemplo: Rosa (Rosaceae), Aster (Asteraceae) etc. Porém, o nome de oito famílias tradicionais é mantido pelo ICBN. São elas: Compositae (= Asteraceae), Cruciferae (= Brassicaceae), Gramineae (= Poaceae), Guttiferae (= Clusiaceae), Labiatae (= Lamiaceae), Leguminosae (= Fabaceae s.l.), Palmae (= Arecaceae) e Umbelliferae (= Apiaceae).

4.3 Às vezes, o nome de uma espécie muda, pois estudos filogenéticos podem indicar a relação dessa espécie com outro(s) gênero(s). Isso pode interferir ou dificultar a obtenção de informações sobre o táxon, mas fornece hipóteses de relações filogenéticas mais acuradas para a nomenclatura botânica.

- Nomes científicos alterados por questões de filogenia mantêm o nome do primeiro autor que descobriu a espécie entre parênteses, seguido do nome do autor atual fora dos parênteses.
- Nomes de autores taxonômicos podem aparecer separados por preposições **ex** ou **in**. Nomes separados por **ex** significam que o segundo autor publicou um nome que tinha sido proposto (mas nunca publicado) pelo primeiro autor. Nomes separados por **in** significam que o primeiro autor publicou o nome em um livro ou um artigo editado (ou parcialmente escrito) pelo segundo. De acordo com o ICBN, os autores antes de **ex** ou depois de **in** não precisam ser citados.

4.4 Os princípios nomenclaturais são importantes e relatam que:

- **A nomenclatura botânica é independente da zoológica**, então pode haver nomes duplicados de gêneros para planta e animal. Exemplo: o

gênero *Cecropia* designa árvores tropicais e mariposas coloridas, mas tais duplicações devem ser evitadas (JUDD *et al.*, 2009).

- **A aplicação de nomes para grupos taxonômicos é regida por tipos nomenclaturais**: holótipo (espécime novo identificado e depositado em herbário para estudos posteriores, também conhecido como espécime-tipo ou espécime portador do nome); isótipos (partes da mesma planta ou indivíduos da mesma população que foram coletados ao mesmo tempo e no mesmo local que o holótipo e são depositadas em duplicatas em outros herbários).
- **A nomenclatura dos grupos taxonômicos fundamenta-se no princípio de prioridade de publicação**: de acordo com as regras de nomenclatura botânica, o nome correto de um táxon é o primeiro nome publicado. Assim, nomes publicados posteriormente para um mesmo táxon são denominados sinônimos, e não são considerados válidos. Já nomes que duplicam nomes que já existem (para outras espécies) devem ser rejeitados e são denominados homônimos.
- **Cada táxon deve ter apenas um único nome correto**, exceto em casos especificados, por exemplo, as oito famílias anteriormente citadas.
- **Os nomes científicos são em latim ou latinizados, independentemente de sua origem**, pois o latim facilita muito a comunicação entre sistematas de diversas culturas e linguagens.
- **As regras de nomenclatura são retroativas, exceto quando expressamente indicado**.

Caro aluno, na próxima seção aprofundaremos ainda mais nossos conhecimentos sobre a taxonomia das angiospermas.

Sem medo de errar

Caro aluno, nesta seção você aprendeu sobre sistemática vegetal, classificação e nomenclatura botânica, bem como compreendeu sua importância para a biodiversidade vegetal.

Após você ter assumido a direção do Instituto Ambiental de Pesquisas e Ensino (IAPE), uma de suas demandas iniciais foi alinhar sua equipe de profissionais às demandas dos setores de atividades de pesquisa e ensino. Partindo desse objetivo, você foi o responsável pela primeira etapa do treinamento com toda a sua equipe. Para isso, você fez pesquisas sobre os temas: sistemática vegetal, classificação e nomenclatura botânica para elucidar algumas questões a seguir:

- O que é sistemática vegetal? Qual é sua importância e sua relação com a classificação e a nomeação das plantas?

- Quais características devem ser observadas ao coletar plantas? Como descrever essas características?

- Como identificar as plantas e qual é a importância dessa tarefa?

Ao realizar pesquisas em livros, sites e artigos científicos para ter embasamento sobre sistemática, classificação e nomenclatura botânica, você elaborou slides com temas principais, conceitos e exemplos. A partir desses slides, você iniciou sua palestra de treinamento para a equipe de profissionais do IAPE, ressaltando que a sistemática vegetal é utilizada para desvendar os ramos da árvore da vida, documentando e relatando as modificações que ocorreram durante a evolução dos organismos, além de buscar identificar os processos responsáveis por essa diversidade.

A sistemática vegetal também é considerada a ciência da diversidade dos organismos e envolve a descoberta, a descrição e a interpretação da diversidade biológica, na forma de sistema de classificação preditivo. Esses sistemas de classificação são justamente o caminho traçado para nomear as plantas. Dessa forma, seria inviável nomear as plantas sem o uso correto da sistemática.

Para que determinada planta seja nomeada corretamente, é necessário que se faça uma descrição das características dela, sempre levando em consideração aspectos morfológicos, denominados caráter ou, quando há a junção de dois ou mais caracteres, estado de caráter. Todos eles devem ser observados e listados para posterior uso na identificação das espécies.

Vale salientar que a identificação das plantas deve seguir todas as regras citadas no Código Internacional de Nomenclatura de Plantas (ICBN), evitando que uma mesma espécie tenha dois nomes, pois os nomes científicos são latinizados e utilizados em todo o mundo.

Após a realização da palestra, você esclareceu as dúvidas dos profissionais dos dois setores e falou da importância de toda a equipe do IAPE saber aplicar esses conceitos fundamentais da sistemática, classificação e nomenclatura botânica.

Avançando na prática

Importância da nomenclatura botânica

Descrição da situação-problema

A nomenclatura botânica é a principal ferramenta dentro da taxonomia e sistemática vegetal e é responsável por dar nome às plantas. Essa nomeação deve estar correta dentro de uma classificação, e para isso é necessário seguir algumas regras.

André, biólogo formado há pouco mais de um ano, foi selecionado para auxiliar em algumas atividades de um jardim botânico. Seu papel principal é atuar como guia e explicar como ocorre a identificação da diversidade vegetal ali encontrada. Seu primeiro público-alvo foram turmas de visitantes de escolas privadas e públicas do 2° ano do Ensino Médio. Então, para desenvolver essa atividade de guia, André percebeu que era necessário revisar conceitos da sistemática vegetal e a nomenclatura botânica.

Considerando que André ainda não conhece seu novo local de trabalho, o que ele deve fazer inicialmente? Quais são as ferramentas possíveis e facilmente acessíveis para ele revisar os conceitos da sistemática vegetal e nomenclatura botânica? Como ele deve aplicar esse conhecimento para ensinar os visitantes do jardim botânico?

Resolução da situação-problema

Primeiramente, André decidiu fazer o reconhecimento de toda a área do jardim botânico, principalmente das trilhas que percorrerá como guia do local. Nesse reconhecimento de área, ele verificou que as árvores às margens das trilhas já têm uma plaquinha com a identificação de cada uma das plantas. Essa identificação é composta pelo nome científico da espécie e pelo nome da família. A partir dessa informação, André decidiu explicar aos alunos o que é nomenclatura botânica, bem como sua importância, e apresentar exemplos a partir dessas plantas identificadas.

Começou a fazer pesquisas em livros, sites, artigos científicos e enumerar os principais pontos que precisa ressaltar durante sua fala ao guiar os visitantes do jardim botânico. Ele elaborou vários painéis com esquemas distribuídos em dois pontos específicos da visita, listados a seguir:

1. **Na entrada do jardim botânico**: André aproveitou a bela visão da entrada do jardim botânico e falou sobre a riqueza da diversidade vegetal, demonstrando a variedade de formas e de cores das plantas.

Também chamou a atenção dos visitantes para alguns aspectos que havia enumerado no primeiro painel: descrição das características das plantas (forma das diversas partes do vegetal: caule, folha, flor, fruto, semente, entre outras). Nesse momento, André coletou algumas folhas de plantas do jardim e foi repassando-as aos visitantes, para que pudessem ter um contato mais próximo com essa diversidade. Depois disso, seguiram em uma trilha do jardim botânico.

2. **No meio da trilha**: André utilizou outro painel explicativo sobre como classificar e nomear as plantas, com exemplos de nome científico de plantas. Ele explicou a importância da observação e da descrição detalhada dos caracteres das plantas para facilitar sua identificação. Além disso, abordou a escrita especial do nome científico das plantas: sempre em latim, o primeiro nome corresponde ao gênero, seguido pelo epíteto específico, formando então o nome científico da espécie. Ainda ressaltou que os nomes devem ser grifados ou colocados em itálico e que cada espécie pertence a uma família específica. Pelo fato de esses nomes científicos serem atribuídos às plantas por pesquisadores-especialistas na área, a abreviação do nome do autor que nomeou a planta também faz parte do nome científico. Exemplo: *Parkia platycephala* Benth. Nesse momento, André parou próximo a algumas árvores da trilha e mostrou as plaquinhas com a identificação das plantas, destacando, assim, vários exemplos de nomes científicos e de famílias botânicas.

Ao final da visita, André esclareceu as dúvidas dos visitantes e agradeceu a atenção de todos.

Faça valer a pena

1. A sistemática vegetal é importante para facilitar a compreensão sobre como ordenar, classificar e nomear as plantas de forma correta.

Sobre os aspectos da sistemática vegetal, marque V (verdadeiro) ou F (falso) nas afirmações:

( ) A sistemática é fundamental para compreender e comunicar informações sobre o mundo natural.

( ) Sistemática é a ciência da diversidade dos organismos.

( ) O propósito fundamental dessa ciência é desvendar os ramos da árvore da vida, documentando e relatando as modificações que ocorreram durante a evolução dos organismos.

( ) A filogenia não relata a história evolutiva de um grupo de organismos.

De acordo com o texto-base, indique a alternativa que a apresenta a sequência correta.

a) V, F, F, V.
b) V, F, F, F.
c) V, F, V, F.
d) V, V, V, F.
e) F, F, F, V.

2. A taxonomia (palavra ligada ao termo *táxon*) é uma ferramenta utilizada para classificar e identificar toda a biodiversidade vegetal.
Nesse contexto, análise as sentenças a seguir:
I - Um enfoque filogenético exige que cada táxon seja um grupo monofilético (clado).
II - A taxonomia é uma parte da sistemática que inclui quatro componentes básicos.
III - A descrição refere-se somente a aspectos anatômicos, os quais podem ser listados detalhadamente como todos os atributos estruturais das plantas.
IV - O processo de determinar um nome a uma espécie, um indivíduo inteiro ou suas partes refere-se à classificação.

Marque a alternativa correta.
a) Estão corretas: I e II.
b) Estão corretas: I e IV.
c) Estão corretas: II e III.
d) Estão corretas: II e IV.
e) Estão corretas: III e IV.

3. A nomenclatura botânica é considerada um modo formal de se nomear um táxon de acordo com um sistema padronizado, ou seja, agrupa gêneros relacionados na mesma família, famílias dentro de ordens, ordens dentro de classes, classes dentro de filos, filos dentro de reinos e, mais recentemente, reinos dentro de domínios.
Nesse contexto, avalie as sentenças a seguir e a relação entre elas.
I - As regras de nomenclatura para plantas, algas e fungos seguem as normas padronizadas pela International Code of Botanical Nomenclature (ICBN).
Porque
II - Segundo o princípio fundamental da nomenclatura, cada táxon pode ter vários nomes científicos, e os nomes populares podem ser usados para relações filogenéticas, sem que haja problema.

Acerca dessas afirmativas, assinale a opção correta.
a) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa correta da I.
b) Asserções I e II são proposições verdadeiras, e a II é uma justificativa correta da I.
c) A asserção I é uma proposição verdadeira, e a II é uma proposição falsa.
d) A asserção I é uma proposição falsa, e a II é uma proposição verdadeira.
e) As asserções I e II são proposições falsas.

Seção 4.2

Taxonomia de angiospermas

Diálogo aberto

Caro aluno, após ter estudado a sistemática vegetal na prática, assim como as regras para classificar e nomear a vegetação de determinada área, agora você tem o desafio de aprender a utilizar as chaves de identificação das angiospermas e de reconhecer quais são as principais famílias de angiospermas e suas características diagnósticas. Vale ressaltar que o conhecimento dos caracteres morfoanatômicos é de fundamental importância para que você aprenda a aplicar todo esse conhecimento de forma prática e eficiente.

Você já realizou a primeira etapa do treinamento dos profissionais do Instituto Ambiental de Pesquisa e Ensino (IAPE). A segunda etapa será o treinamento prático dos quatro profissionais com especialistas das principais famílias de angiospermas, sendo dois profissionais pertencentes à equipe de pesquisa e dois da equipe de ensino.

Após esse treinamento, os quatro profissionais selecionados terão o desafio de dar assessoria a uma empresa de consultoria ambiental, visto que ela coletou algumas espécies em determinada fazenda da região e solicitou os serviços do IAPE para identificar uma das espécies. Por ser a primeira vez que a coletou, a empresa não conhece nem mesmo a família botânica dessa espécie. Para atingir esse objetivo, como esses profissionais deverão proceder para realizar a identificação dessa determinada espécie? Quais serão os principais recursos que eles poderão utilizar?

Esses questionamentos serão respondidos a partir do treinamento teórico-prático que os quatro profissionais selecionados farão com os especialistas das principais famílias de angiospermas.

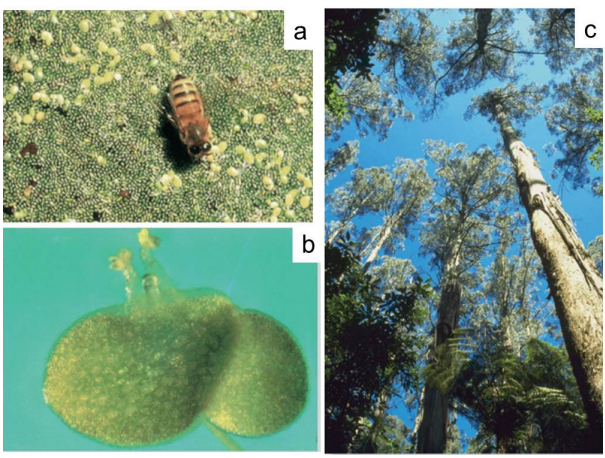
Não pode faltar

Caro aluno, nesta seção você aprofundará seus conhecimentos sobre as chaves de identificação de angiospermas e conhecerá as principais famílias de angiospermas e suas características diagnósticas a partir de seus aspectos morfoanatômicos.

As angiospermas representam o filo das Antófitas, que abrange cerca de 300 mil a 450 mil espécies, considerado o maior filo de organismos fotossintetizantes e também bastante diverso quando analisamos suas características vegetativas e florais (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014).

As angiospermas apresentam grande variação quanto a seu tamanho, pois podem variar de 1 mm (ou até menos) até 100 m de comprimento. Três espécies de lentilhas d'água em uma espessa camada flutuante são consideradas as menores plantas com flor. As plantas maiores são *Lemna gibba*, com 2 a 3 mm de comprimento; as menores são duas espécies de *Wolffia sp.*, com até 1 mm de comprimento. Em *Lemna gibba* podemos observar dois estames e um estilete na superfície superior da planta (Figura 4.6b). Como representantes de espécies arbóreas, com mais de 100 m de altura e troncos de aproximadamente 20 m de diâmetro, podemos citar as espécies de *Eucalyptus* sp. (Figura 4.1c) (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014). Outras variações também podem ser mencionadas, como as formas de crescimento (erva, arbusto, árvore, liana), habitats e muitas características morfológicas e anatômicas.

Figura 4.6 | Exemplos de variações de tamanho de espécies de angiospermas: a) abelha sobre camada flutuante de três espécies de lentilhas d'água; b) planta com flor de *Lemma gibba*; c) árvores de *Eucalyptus regnans* F.Muell



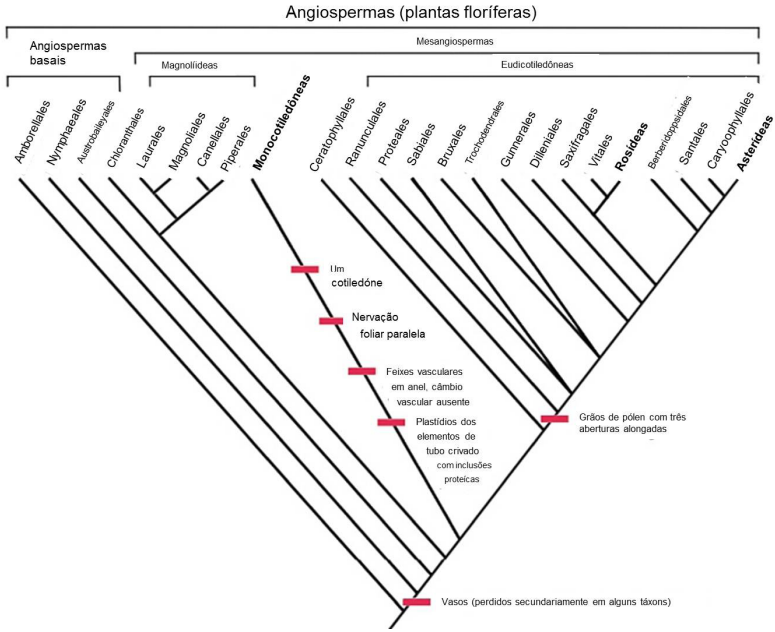
Fonte: Evert e Eichhorn (2014, p. 862-863).

Algumas características especiais, como flores, frutos, sementes e ciclo de vida diferenciado, tornam as angiospermas diferentes de todas as outras plantas, mas, pelo fato de compartilharem tantas características exclusivas, elas são consideradas monofiléticas, ou seja, derivadas de um único ancestral comum (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014).

Quanto à diversificação dos grupos, elas compreendem inúmeras linhas evolutivas, algumas com poucos membros, e duas numerosas, as classes Monocotyledonae (monocotiledôneas), com pelo menos 90 mil espécies, e as Eudicotyledonae (eudicotiledôneas), com pelo menos 200 mil espécies (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014).

As linhagens mais antigas das angiospermas (angiospermas basais) são colocadas abaixo das mesangiospermas (Chloranthales, Magnoliídeas), monocotiledôneas (Ceratophyllales) e eudicotiledôneas (Figura 4.7). Dentro das eudicotiledôneas estão os dois maiores grupos monofiléticos: as rosídeas, com 16 ordens, e as asterídeas, com 14 ordens (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014).

Figura 4.7 | Relações filogenéticas entre os principais grupos de angiospermas



Fonte: adaptada de Evert e Eichhorn (2014, p. 903).

As rosídeas são representadas por cerca de 30% das angiospermas e apresentam alguns caracteres morfológicos úteis em sua identificação, como endosperma reduzido ou ausente nas sementes e presença de hipanto nas flores. Também apresentam espécies muito importantes ecológica e economicamente, como as da família Moraceae (GUIMARÃES *et al.*, 2014). A maioria dos integrantes desse grupo pertence a um dos dois principais subclados: fabídeas (ou erosídeas I) e malvídeas (ou erosídeas II) (JUDD *et al.*, 2009).

As asterídeas apresentam óvulos oriundos de um único tegumento, e as asterídeas-núcleo incluem dois clados principais: lamídeas (euasterídeas I) e campanulídeas (euasterídeas II) (JUDD *et al.*, 2009).

Assimile

Os sistemas de classificação das plantas passam por constantes mudanças, por causa do surgimento de objetivos claros, grandes quantidades de informações oriundas de novas fontes e novas metodologias de análise, pois não mais descrevemos as relações na natureza, mas propomos hipóteses filogenéticas (JUDD *et al*., 2009).

Nesse sentido, o atual sistema de classificação é o Angiosperm Phylogeny Group (APG), que ao longo dos anos passou por algumas atualizações. A mais recente delas resultou no sistema conhecido como APG IV (2016) (BYNG *et al*., 2016). O sistema APG, em si, utiliza dados de biologia molecular (filogenia); as categorias taxonômicas acima do nível de ordem não são utilizadas; são empregados os nomes dos clados, como eudicotiledôneas, monocotiledôneas, rosídeas etc. (ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP, 2009; BYNG, 2016).

Para identificar a diversidade angiospermas é fundamental a utilização de chaves de identificação, as quais são representadas por um esquema ou um arranjo analítico de alguns caracteres marcantes, formando um par de preposições antagônicas com duas alternativas indicadas por letras ou números.

Essas chaves dicotômicas são importantes, pois apresentam uma série de escolhas entre duas afirmações paralelas e mutuamente excludentes (entradas de um dilema) (JUDD *et al*., 2009). Além de serem caracterizadas por uma estrutura em diagrama de fluxo, podem ser escritas de duas formas divergentes (de acordo com a disposição dos números ou das letras), ou seja, indentadas ou pareadas, sendo que essa última é utilizada no livro de Judd *et al*. (2009).

Nas chaves indentadas, as alternativas de maior abrangência incluem outras, em ordem decrescente de subordinação, seguindo alinhamentos verticais sucessivos. Já nas chaves pareadas ou emparelhadas, os enunciados das alternativas conjugados são dispostos em linhas horizontais de superposição imediata, por exemplo, as utilizadas por Souza e Lorenzi (2010; 2012) (Figura 4.8).

Figura 4.8 | Exemplo de chave pareada ou emparelhada

Chave para famílias de
FANERÓGAMAS da Flora Brasileira
(incluído famílias nativas e exóticas)

1. Gimnospermas.....Chave A
2. Angiospermas.....2

2. Flores aclamídeas.....Chave B
2. Flores monoclamídeas ou diclamídeas.....3

3..Flores monoclamídeas ou com corola apenas vestigial.....4
3. Flores diclamídeas (aqui estão consideradas aquelas flores que possuem mais de um verticilo de proteção, independentemente do verticilo externo ser ou não semelhante ao interno).....5

4. Flores unissexuadas.....Chave C
4. Flores bissexuadas.....Chave D

5. Pétalas 1-3.....Chave E
5. Pétalas 4-numerosas, ás vezes, em dois verticilos de 3 ou unidas formando uma caliptra.....6

6. Ovário ínfero.....Chave F
6. Ovário súpero.....7
7. Corola dialipétala ou formada por apenas uma pétala.....Chave G
7. Corola gamopétala (ás vezes três ou quatro pétalas unidas e uma ou duas livres ou formando uma caliptra).....Chave H

Fonte: adaptada de Evert e Eichhorn (2014, p. 25).

É válido ressaltar que o uso das chaves de identificação não é somente para famílias de angiospermas, pois elas também são utilizadas para a classificação dos gêneros, de espécies, de frutos e sementes (KULHMANN, 2012; 2018), aspectos dendrológicos como o súber (SILVA-JÚNIOR *et al.*, 2014, p. 74), algumas até direcionadas especificamente para um grupo de espécies ocorrentes em determinada fisionomia de um bioma, como os guias de campo (SILVA-JÚNIOR *et al.*, 2005; SILVA JÚNIOR; PEREIRA, 2009; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2011; MUNHOZ *et al.*, 2011; RAMALHO; PROENÇA, 2004).

Pesquise mais

As chaves de identificação também apresentam modernizações com a aplicabilidade de programas e uso da internet. Dessa forma, temos a chamada chave interativa, que se constitui em ferramentas de identificação práticas e de uso facilitado, pois permite diversas "entradas" a partir do caráter facilmente visualizado na planta a ser identificada.
Marcelo Kuhlmann, Frutos Atrativos do Cerrado - Chaves interativas.

Os guias de campo são muito úteis tanto na identificação de espécies em campo como em laboratório, pois, além de reunir várias espécies, eles descrevem as características e apresentam várias fotografias, evidenciando os caracteres principais (folhas: nervação, margem, coloração, filotaxia; flores: características das sépalas e pétalas, entre outras). Todos esses aspectos tornam mais fácil a identificação em campo e/ou no laboratório, pois possibilitam ao pesquisador comparar a espécie coletada e observada com a identificada no livro.

Além disso, caso não seja possível identificar a espécie em campo, pode-se proceder à coleta de ramos férteis (que apresentem flores e/ou frutos) e, com o auxílio de estereomicroscópio no laboratório e de chaves de identificação, realizar a identificação dessa espécie.

É muito importante fazer o registro fotográfico em campo e algumas anotações dos caracteres morfológicos, pois esses dados são fundamentais na identificação das espécies e também para se ter o controle de qual planta será levada e identificada, sem que haja confusão nas identificações.

Então, tanto as chaves de identificação quanto livros (guias de campo), fotos, anotações das observações e estereomicroscópio são ferramentas primordiais para a identificação de espécies em campo e no laboratório.

Reflita

Mediante uma infinidade de caracteres e estados de caracteres das diferentes plantas, quais possíveis cuidados devem ser tomados na construção de uma chave dicotômica? E qual é a importância de se tomar esses cuidados?

É possível notar que, para utilizar essas chaves, é necessário conhecer algumas das principais características morfoanatômicas, as quais devem ser constantes e definidas de modo preciso, mas é possível reunir várias espécies em grandes grupos, que são as famílias. Dessa forma, conheceremos quais são as principais famílias de angiospermas (FORZZA *et al.*, 2010), bem como suas características diagnósticas (SOUZA; LORENZI, 2012; JUDD *et al.*, 2009).

Serão apresentadas, a seguir, cinco famílias, sendo quatro classificadas como Eudicotiledôneas (1-Asteraceae, 2-Fabaceae, 3-Myrtaceae e 4-Melastomataceae) e uma representando as Monocotiledôneas (5-Poaceae).

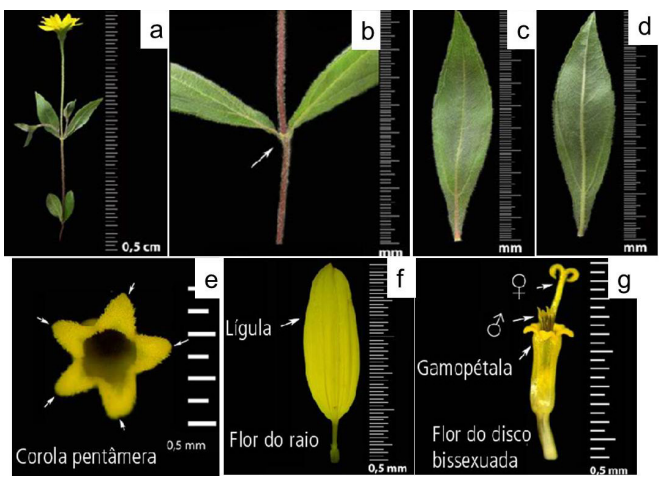
Família Asteraceae ou **Compositae**

É a família de angiospermas Eudicotiledôneas com maior representação de espécies (1.600 a 1.700 gêneros e 24.000 a 30.000 espécies), com distribuição cosmopolita. Especificamente no Brasil, essa família também possui boa representatividade, ocorrendo em torno de 260 gêneros e 2 mil espécies (SOUZA; LORENZI, 2012). Os representantes dessa família são ervas, arbustos, árvores ou lianas (menos frequente).

As **folhas** são alternas ou espiradas, opostas ou verticiladas, simples, com margens inteiras ou denteadas, nervação peninérvea ou palmada, sem estípulas. As **flores** apresentam-se agregadas em capítulos rodeados por brácteas, que formam um invólucro. Ficam posicionadas sobre um receptáculo em forma de disco – flores todas iguais entre si ou diferenciadas em flores do raio (na periferia, podem ser estéreis e com corola hipertrofiada) e flores do disco (na região central, às vezes actinomorfa, diclamídeas ou sem a presença do cálice) (Figura 4.9). Sépalas muito modificadas formam um papus (papilho cerdoso ou plumoso). Corola frequentemente pentâmera, gamopétala, prefloração valvar, apresenta cinco estames, filetes livres, ovário ínfero, bicarpelar e um óvulo por ovário. **Fruto** aquênio (clipsela), rodeado por um papilho persistente, o qual auxilia na dispersão do fruto (SOUZA; LORENZI, 2012; JUDD *et al.*, 2009).

Exemplos: *Cynara* sp. (alcachofra), *Helianthus* sp. (girassol), *Lactuca* sp. (alface), *Leucathemum* sp. (crisântemo) e *Dahlia* sp. (dália).

Figura 4.9 | Espécie de Asteraceae (***Aspilia*** sp.) e as principais características da família: a) visão geral da planta; b) folhas simples; c) face adaxial da folha, com destaque para margem e nervação; d) face abaxial da folha; e) corola pentâmera; f) flor do raio; e g) flor do disco



Fonte: adaptada de Guimarães *et al.* (2014). Crédito das imagens: M.R. Zanatta 135.

Família Fabaceae ou Leguminosae

Representada por ervas, arbustos, árvores ou lianas, essa família apresenta alto metabolismo de nitrogênio por causa da presença frequente de nódulos radiculares com *Rhizobium* (bactérias fixadoras de nitrogênio). Também apresenta distribuição cosmopolita, pois abrange cerca de 650 gêneros, os quais incluem 19 mil espécies, em média. É considerada uma das maiores famílias de angiospermas e uma das mais importantes economicamente. No Brasil, estão representadas por 200 gêneros e 27 mil espécies, aproximadamente. É válido ressaltar que essa família apresenta três subdivisões: Mimosoideae, "Caesalpinoideae" e Faboideae (ou Papilionoideae) (SOUZA; LORENZI, 2012; JUDD *et al*., 2009).

Entre suas principais características, podemos citar: **folhas** alternas, espiraladas a dísticas, geralmente compostas, venação peninérvea, presença de estípulas. **Inflorescências**, na maioria das vezes, indeterminada, podendo estar reduzida a uma flor solitária, terminais ou axilares. **Flores**, em geral, bissexuadas, actinomorfa ou zigomorfa, com hipanto curto, cálice pentâmero, dialissépalo ou gamossépalo, corola geralmente pentâmera, também dialipétala ou gamopétala. Pode apresentar disco nectarífero, ovário súpero, um carpelo (raramente varia de 2-16), placentação marginal, óvulos que variam de um a vários por carpelo. O **fruto** geralmente é do tipo legume, mas também pode apresentar-se de outras formas (sâmara, lomento, folículo, aquênio, drupa, baga) (SOUZA; LORENZI, 2012; JUDD *et al*., 2009).

Exemplos: *Arachis* sp. (amendoim), *Phaseolus* sp. (feijão), *Tamarindus* sp. (tamarindo), *Bauhinia* sp. (pata-de-vaca), *Delonix* sp. (flamboyant).

Exemplificando

A família Fabaceae possui três divisões (Mimosoideae, "Caesalpinoideae" e Faboideae ou Papilionoideae), portanto apresenta diversidade de características diagnósticas entre elas. Para entender um pouco mais sobre isso, veja alguns exemplos de características no quadro-resumo da Figura 4.10.

Vale salientar que "Caesalpinoideae" foi considerada parafilética por causa das análises filogenéticas de caracteres morfológicos e genéticos, sugerindo, então, que alguns gêneros dessa divisão apresentam características mais semelhantes com Mimosoideae e outros mais relacionados com Faboideae do que entre eles mesmos (JUDD *et al*., 2009).

Figura 4.10 | Principais características das três subdivisões da família Fabaceae

	Mimosoideae	"Caesalpinioideae"	Papilionoideae
Folhas	Geralmente bipinadas	Pinadas ou bipinadas	Usualmente pindas a trifolioladas
Corola	Radial	Usualmente bilateral	Geralmente bilateral
	Valvar	Imbricada, pétala adaxial revestidas pelas laterais	Imbricada, vexilo revestindo alas e quilhas conatas
Estames	Múltiplo de 10	1-10	10 ou 9+1
Pólen	Mônades, tétrades, políades	Mônades	Mônades

Fonte: adaptada de Guimarães *et al.* (2014).

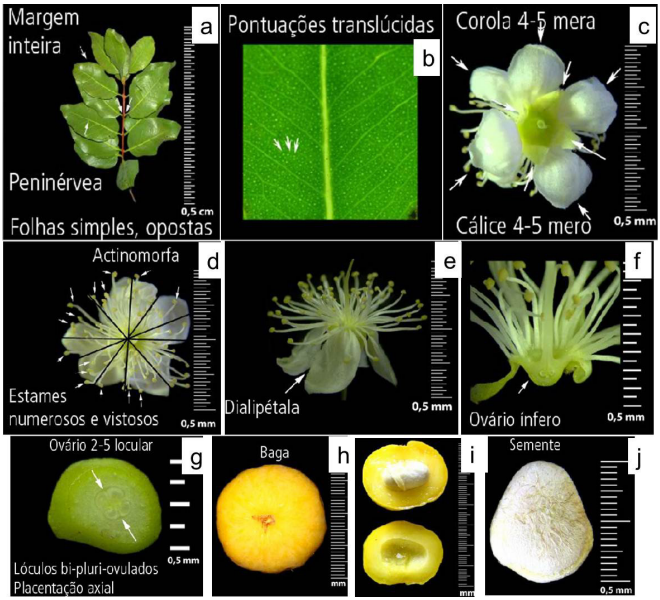
Família Myrtaceae

Os representantes dessa família são árvores ou arbustos, com casca esfoliante. Distribuição pantropical, com ocorrência de ampla diversidade de habitats. A família abrange cerca de 130 gêneros e 4 mil espécies, representando uma das maiores famílias da flora brasileira, com 22 gêneros distribuídos em 1.000 espécies (SOUZA; LORENZI, 2012).

As **folhas** comumente são opostas, ou alternas, simples, estípulas diminutas ou ausentes, margem inteira, em geral com venação peninérvea, apresentando pontuações translúcidas. A **inflorescência**, em geral cimosa, pode estar reduzida a somente uma flor. **Flores** bissexuais, radiais, hipanto bem-desenvolvido, actinomorfas, diclamídeas, estames vistosos e numerosos, ovário ínfero. **Frutos** geralmente do tipo baga, drupa ou cápsula loculicida (SOUZA; LORENZI, 2012; JUDD *et al*., 2009).

Exemplos: *Eucalyptus* sp. (eucaliptos), *Psidium guajava* L. (goiaba), *Plinia cauliflora* (Mart.) Kausel (jabuticaba), *Eugenia dysenterica* DC. (cagaita) (Figura 4.11) e *Eugenia uniflora* L. (pitanga).

Figura 4.11 | Espécie de Myrtaceae (*Eugenia dysenterica DC.*) e as principais características da família: a) folhas simples, opostas, margens inteiras, peninérveas; b) pontuações translúcidas; c) cálice e corola; d) plano de simetria e número de estames; e) pétalas separadas; f) posição do ovário; g) placentação e lóculos do ovário; h) fruto baga; i) fruto aberto com semente em evidência; e j) semente



Fonte: adaptada de Guimarães et al. (2014). Crédito das imagens: M.R. Zanatta 125 e M. Kulhmann 09.

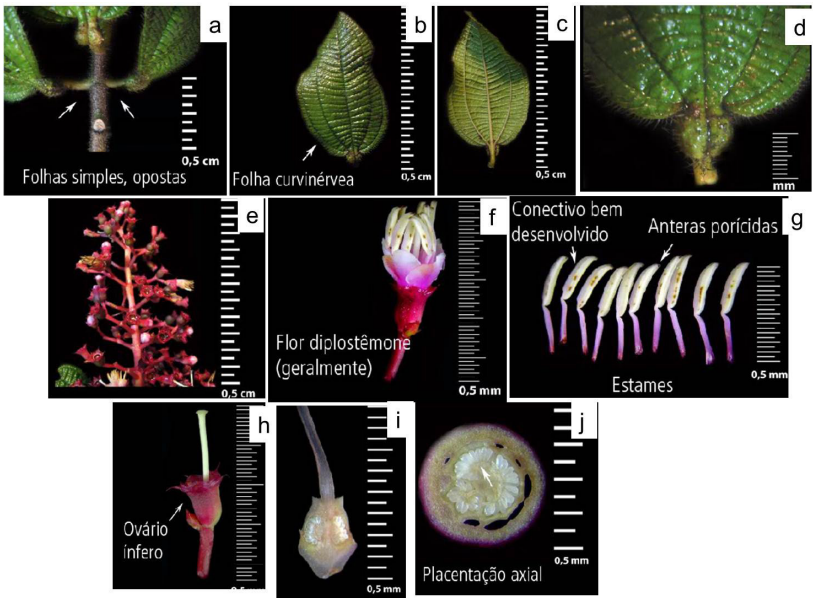
Família Melastomataceae

As espécies dessa família são árvores, arbustos, lianas ou ervas, com feixes vasculares na casca e/ou na medula e pelos diversificados (estrelados, dendríticos, entre outros). Essa família apresenta distribuição pantropical, com plantas heliófitas, sendo essa uma característica dos estágios iniciais de sucessão. Inclui cerca de 200 gêneros e 5 mil espécies, e no Brasil ocorrem em média 60 gêneros e 1.000 espécies, representando uma das principais famílias da flora brasileira (SOUZA; LORENZI, 2012; JUDD *et al.*, 2009).

As **folhas** são simples, opostas, margens inteiras a serreadas, estípulas ausentes, geralmente com venação curvinérvea. **Inflorescências** determinadas, terminais ou axilares. Flores vistosas, bissexuais, radiais a bilaterais, com hipanto bem-desenvolvido, anteras poricidas, geralmente falciformes, conectivo em geral bem-desenvolvido. **Fruto** do tipo cápsula loculicida ou baga, com numerosas e diminutas sementes, geralmente (SOUZA; LORENZI, 2012; JUDD *et al.*, 2009).

Exemplos: *Miconia* sp., *Tibouchina* sp. (quaresmeiras), *Toccoca formicaria* Mart. (Figura 4.12) e *Microlicia* sp.

Figura 4.12 | Espécie de Melastomataceae (*Toccoca formicaria* Mart.) e as principais características da família: a) folhas simples, opostas; b) folha curvinérvea; c) face abaxial da folha; d) base vesiculosa; e) inflorescências; f) flor diplostêmone; g) estames com anteras poricidas e conectivos desenvolvidos; h) ovário ínfero; i) óvulo; e j) placentação axial



Fonte: adaptada de Guimarães *et al.* (2014). Crédito das imagens: M.R. Zanatta 06.

Família Poaceae

Representada por ervas, a maioria rizomatosa, às vezes lignificada, como os bambus, caules com nós marcados, sólidos ou ocos, cilíndricos ou achatados. Família com distribuição cosmopolita, com cerca de 700 gêneros e 10 mil espécies. No Brasil, está representada por 170 gêneros distribuídos em 1.500 espécies (SOUZA; LORENZI, 2012; JUDD *et al.*, 2009).

As **folhas** são alternas, dísticas, formadas por bainha (que envolve o caule), lígula (borda ou franja membranosa de pelos) e lâmina simples e comumente linear, com venação paralela. **Inflorescências** em espiga, panícula ou racemos de espiguetas. As **flores** são constituídas por um par de brácteas (lema – mais externa e pálea – mais interna), bissexuadas, aclamídeas. **Fruto** cariopse, geralmente com uma semente unida à parede interna do fruto. O embrião tem um cotilédone, bastante modificado (escutelo) e disposto lateralmente (SOUZA; LORENZI, 2012; JUDD *et al.*, 2009).

Exemplos: *Oryza sativa* L. (arroz), *Zea mays* L. (milho), *Avena sativa* L. (aveia), *Saccharum officinarum* L. (cana-de-açúcar) e *Bambusa* sp. (bambus).

Até a próxima seção!

Sem medo de errar

Nesta seção, você aprendeu a utilizar as chaves de identificação e conheceu as principais famílias de angiospermas e suas características diagnósticas. Compreendeu que os conhecimentos sobre aspectos morfoanatômicos são de fundamental importância na utilização das chaves de identificação.

Com base nesses conhecimentos, chegou o momento de seguir com as atividades de treinamento dos profissionais do Instituto Ambiental de Pesquisa e Ensino (IAPE), ou seja, o treinamento prático dos quatro profissionais (das duas equipes – pesquisa e ensino) com especialistas das principais famílias de angiospermas.

Os quatro profissionais selecionados tinham a missão de identificar uma espécie vegetal para uma empresa de consultoria ambiental. Para atingir esse objetivo, como esses profissionais realizaram a identificação da espécie em questão? Quais recursos eles utilizaram?

Inicialmente, os profissionais fizeram várias pesquisas em sites, livros e artigos indexados para descobrir quais são as principais famílias de angiospermas. Em seguida, reuniram os dados das pesquisas em uma planilha, levando em consideração a quantidade de gêneros e de espécies que cada uma dessas famílias possui, sua representação no Brasil e sua importância em diversos setores (alimentício, diversidade vegetal, entre outros). Ao final, os profissionais conseguiram listar cinco famílias, sendo quatro representativas das Eudicotiledôneas (Asteraceae, Fabaceae, Myrtaceae e Melastomataceae) e uma representando as Monocotiledôneas (Poaceae).

Quanto às características diagnósticas, os profissionais sentiram a necessidade de um maior aprofundamento no conhecimento de aspectos morfoanatômicos das plantas, pois, sem esse conhecimento bem fundamentado, seria difícil avançar no treinamento prático. Duas bibliografias foram fundamentais para norteá-los: Souza e Lorenzi (2012) e Judd *et al.* (2009). Então, para cada uma das famílias, fizeram a listagem dos caracteres mais importantes.

A partir desse conhecimento prévio, para identificar a espécie encontrada na fazenda, os profissionais do IAPE resolveram listar as características morfológicas (das folhas, flores e frutos) da planta, para que pudessem analisar adequadamente o material. As principais características morfológicas enumeradas foram: **folhas** opostas simples, sem estípulas, margem inteira com venação peninérvea e pontuações translúcidas; **flores** bissexuais, simetria actinomorfa, diclamídea, estames vistosos e numerosos e ovário ínfero. Já os **frutos** foram classificados como baga e de cor amarela.

Nesse momento, os profissionais do IAPE perceberam que poderiam utilizar os conhecimentos adquiridos com os especialistas das principais

famílias de angiospermas, primeiramente em relação ao uso das chaves de identificação. Então, para usar essas chaves de identificação, basta ter conhecimentos sobre as características morfoanatômicas da espécie a ser identificada e seguir o passo a passo de cada chave, considerando as características de entrada de informações. Os profissionais do IAPE utilizaram chaves de identificação e conseguiram identificar a família da espécie como Myrtaceae.

Esses profissionais aproveitaram o treinamento com o especialista da família identificada e solicitaram seu auxílio. Depois de algumas observações e análises, o especialista da família e os profissionais do IAPE chegaram à identificação da espécie em nível de gênero, classificada então como *Eugenia* sp.

Os profissionais do IAPE obtiveram sucesso com o treinamento teórico-prático, pois aprenderam de forma eficiente a identificar uma espécie e entenderam quais são os cuidados necessários para realizar esse procedimento corretamente.

Avançando na prática

Identificação de espécies em campo e laboratório

Descrição da situação-problema

A identificação de espécies em campo e laboratório é uma atividade que exige conhecimentos morfológicos de diversas partes da planta, pois algumas espécies podem não apresentar estruturas reprodutivas (flores e/ou frutos). Você, biólogo e taxonomista vegetal, foi convidado a ser colaborador em um grande projeto que visa conhecer a flora local. Esse projeto está sendo desenvolvido por uma universidade, e seu papel é auxiliar na identificação de espécies em campo e em laboratório.

Primeiramente, você precisa pensar quais são as ferramentas que o ajudarão na identificação das espécies tanto em campo quanto em laboratório.

Resolução da situação-problema

Como você já tem experiência com taxonomia vegetal, essa tarefa não será difícil de executar, mas você precisa tomar o cuidado de observar bem e anotar alguns caracteres morfológicos que são fundamentais na identificação das espécies. Para isso, alguns livros, conhecidos como guias de campo, são seus companheiros inseparáveis, pois, além de reunirem várias espécies, descrevem as características e apresentam várias fotografias que evidenciam os principais caracteres (folhas: nervação, margem, coloração, filotaxia; flores:

tipos, características das sépalas e pétalas). Todos esses aspectos tornam a identificação em campo mais fácil, pois ali mesmo você pode comparar a espécie observada com a identificada no livro.

Além disso, caso não seja possível a identificação em campo, você pode sugerir a coleta de ramos férteis (que apresentem flores e/ou frutos) da espécie para que possa levá-los ao laboratório e, com o auxílio de estereomicroscópio e chaves de identificação, realizar a identificação da espécie. É importante fazer o registro fotográfico em campo e realizar algumas anotações para que tenha o controle de qual planta será levada e identificada e para que não haja confusão nas identificações.

Então, tanto chaves de identificação como livros (guias de campo), fotos, anotações das observações e estereomicroscópio são ferramentas primordiais para a identificação de espécies em campo e no laboratório.

Faça valer a pena

1. As angiospermas representam o filo das Antófitas, com cerca de 300 mil a 450 mil espécies, considerado o maior filo de organismos fotossintetizantes.
A respeito das características das angiospermas, classifique cada afirmação como V (verdadeira) ou F (falsa).
( ) As angiospermas apresentam grande variação quanto ao seu tamanho.
( ) Flores, frutos, sementes e ciclo de vida diferenciado são características que tornam as angiospermas diferentes de todas as outras plantas.
( ) Quanto à diversificação dos grupos, as angiospermas compreendem poucas linhas evolutivas.
( ) As linhagens mais antigas das angiospermas, também chamadas de angiospermas-núcleo, são colocadas abaixo das mesangiospermas e incluem somente as Chloranthales, Magnoliídeas e Ceratophyllales.

Indique a alternativa que apresenta a ordem correta.
a) V, F, F, V.
b) V, F, F, F.
c) V, F, V, F.
d) V, V, F, F.
e) F, F, F, V.

2. Conhecer e utilizar chaves de identificação é fundamental para identificar os diversos grupos de angiospermas.
Nesse contexto, análise as sentenças a seguir:

I - As chaves de identificação são representadas por um esquema ou arranjo analítico de alguns caracteres marcantes.
II - Há somente uma forma de escrever as chaves de identificação: pareada.
III - Nas chaves indentadas, as alternativas de menor abrangência são dispostas em ordem crescente de subordinação.
IV - Nas chaves pareadas ou emparelhadas, os enunciados das alternativas conjugados são dispostos em linhas horizontais.

Assinale a alternativa exata:
a) Estão corretas: I e II.
b) Estão corretas: I e IV.
c) Estão corretas: II e III.
d) Estão corretas: II e IV.
e) Estão corretas: III e IV.

3. As angiospermas compreendem uma ampla diversidade de linhas evolutivas. Os maiores grupos são representados pelas Monocotyledonae (Monocotiledôneas), com pelo menos 90 mil espécies, e Eudicotyledonae (Eudicotiledôneas), com pelo menos 200 mil espécies.
Nesse contexto, avalie as sentenças a seguir e a relação entre elas.
I - A família Poaceae é representada por ervas, a maioria rizomatosa, às vezes lignificada, como os bambus, e caules com nós marcados.
Porque
II - As espécies apresentam folhas simples, geralmente com venação curvinérvea, flores vistosas, bissexuais, anteras poricidas, geralmente falciformes, conectivo em geral bem-desenvolvido. O fruto é do tipo cápsula loculicida ou baga e geralmente apresenta numerosas e diminutas sementes.

Acerca dessas afirmativas, assinale a opção correta:
a) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa correta da I.
b) Asserções I e II são proposições verdadeiras, e a II é uma justificativa correta da I.
c) A asserção I é uma proposição verdadeira, e a II é uma proposição falsa.
d) A asserção I é uma proposição falsa, e a II é uma proposição verdadeira.
e) As asserções I e II são proposições falsas.

Seção 4.3

Montagem de exsicata para herbários

Diálogo aberto

Caro aluno, você já visitou algum herbário? Sabe o que podemos encontrar lá? Qual seria a importância dos itens que são armazenados nos herbários? Como esses itens chegaram lá? Essas e outras perguntas nos ajudarão com os assuntos desta seção. O aprendizado adquirido aqui poderá ser aplicado em sua vida profissional, aliado aos conhecimentos da sistemática vegetal e nomenclatura botânica.

Após saber da importância da sistemática vegetal bem como da sua aplicação na identificação das espécies das principais famílias de angiospermas, o próximo passo é saber como coletar, como montar a exsicata e depositá-la em herbário. Nesse sentido, o Instituto Ambiental de Pesquisa e Ensino (IAPE) continuou com o treinamento dos profissionais de duas equipes, seguindo para a terceira etapa do treinamento. Essa etapa será teórico-prático, pois envolverá montagem de exsicata e incorporação no herbário do IAPE.

Então, a partir da espécie que os quatro profissionais do IAPE identificaram com a assessoria prestada à empresa de consultoria ambiental, o próximo desafio vai ao encontro da terceira etapa do treinamento, agora envolvendo toda a equipe do IAPE. De acordo com esse contexto, como os profissionais devem proceder para inclusão da exsicata no herbário do IAPE? Quais cuidados eles devem tomar para que o material depositado sirva como testemunho da pesquisa realizada e fique disponível para outras pessoas?

Após aprender com o Instituto Ambiental de Pesquisa e Ensino (IAPE), monte as suas exsicatas e deposite-as no herbário.

Não pode faltar

Agora que já aprendeu a sistemática vegetal e a nomenclatura botânica, é o momento de saber os procedimentos corretos para coletar e armazenar a planta coletada. Para isso é fundamental conhecer onde essas plantas serão armazenadas.

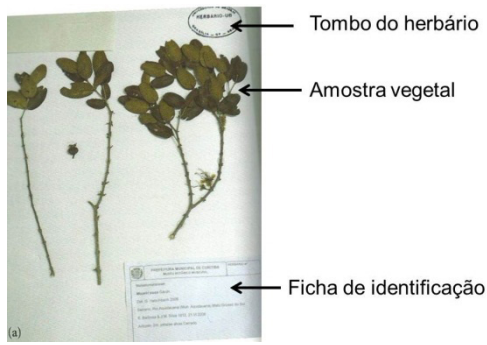
Você conhece ou já ouviu falar em herbário? Segundo Judd *et al.* (2009), o herbário é uma coleção de plantas secas, também chamadas de exsicatas. Essas coleções são fundamentais para as pesquisas na área de sistemática, pois servem como "documentos" para registrar a variação morfológica de

populações, espécies e *taxa* superiores, além de informar sobre sua distribuição geográfica, suas características ecológicas, e períodos de floração e frutificação.

Assimile

O termo **exsicata** (Figura 4.13) refere-se a uma determinada amostra já herborizada, ou seja, seca e fixada em cartolina. Essa amostra pode ser chamada de **unicata**, quando for coletado apenas um exemplar, ou de **duplicata**, que são os demais exemplares de uma mesma coleta (MORI *et al*., 1989).

Figura 4.13 | Exemplo de exsicata de material botânico



Fonte: adaptada de Silva Júnior *et al*. (2014, p. 56).

Nesse sentido, uma das principais funções de um herbário é documentar, a partir de espécimes de referência, a diversidade de plantas. Também são um centro de identificação de plantas, por meio de comparação de exsicatas, podendo servir como local de treinamento para taxonomistas.

Há ainda as finalidades descritas a seguir: 1. acervo para documentação científica de pesquisas sobre flora, vegetação e fungos, que poderá servir de material de análise para pesquisas; 2. auxílio na preservação.

É importante ressaltar que cada herbário deve ter seus objetivos definidos e estabelecer metas, que poderão ser periodicamente analisadas. Assim, por exemplo, se o objetivo é manter exemplares da flora da região onde está situado, as metas deverão ser delineadas para que esse objetivo possa ser cumprido.

O herbário não é somente um instrumento de consulta ou um banco de informações, mas também ajuda profissionais na resolução de problemas taxonômicos, filogenéticos, ecológicos, tecnológicos, de manejo e inventários florestais. Então, a maioria das amostras depositadas em herbários

são de exsicatas, mas também pode ocorrer depósito de outros materiais, e estes são denominados de formas diferentes, tais como: a **xiloteca** (Figura 4.14a), que é uma coleção de amostras de madeiras, oriundas de diferentes regiões geográficas, podendo servir de referência para identificação de outras madeiras; e a **carpoteca** (Figura 4.14b)**,** que inclui as mais diversas formas de frutos. O herbário, juntamente com a xiloteca e a carpoteca, são as coleções básicas para a realização de estudos botânicos. A carpoteca é importante para estudos acerca da frugivoria, dispersão e dieta da fauna, além de investigações medicinais. Já a xiloteca é importante para biotecnologias e produtores de madeira, arqueologia, antropologia, legislação, controle e fiscalização do comércio madeireiro.

Figura 4.14 | Exemplos de (a) xiloteca e (b) carpoteca

Fonte: (a) http://www.univasf.edu.br/~crad/index.php?pagina=page32; (b) http://www.plantarum.org.br/Pesquisas/carpoteca. Acesso em: 7 mar. 2018.

Nesse contexto, o herbário abriga as mais importantes ferramentas botânicas para o conhecimento sistemático e das relações evolutivas e fitogeográficas da flora de uma região, como também auxilia na abordagem do conteúdo botânico em sala de aula, de forma mais didática possível e visando a melhores resultados de aprendizagem.

É muito importante que haja um cuidado especial na coleta e conservação dos exemplares de plantas, pois isso permitirá acurácia na sua identificação. Assim, o coletor deve registrar alguns dados ainda em campo, tais como: 1. localidade (país ou estado); 2. data de coleta; 3. tipo de habitat; 4. altitude (elevação); 5. informações da planta que não serão mais evidentes no espécime prensado e seco, como: cor e cheiro da flor e/ou das folhas, hábito, tamanho, presença ou ausência de látex, entre outros. Outro dado relevante é o nome do coletor e o número da coleta que, juntamente com o de eventuais acompanhantes, devem ser inclusos nos dados de coleta. Todas essas informações podem ser anotadas em caderno de campo (ou na ficha de coleta), a fim de facilitar a transferência dos dados a uma etiqueta que será fixada na exsicata.

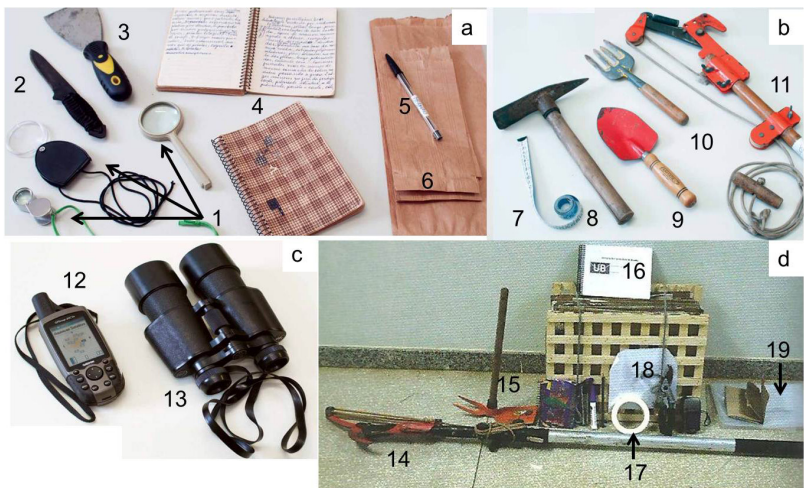
Além das anotações, quando possível, deve-se fazer o registro fotográfico do espécime no ambiente para que conste no banco de dados. Esse registro fotográfico é fundamental no caso das plantas raras, em estado crítico de conservação, pois assim evita-se a coleta, garantindo a sua permanência no ambiente natural.

Reflita

Pense em quais aplicações os registros fotográficos de plantas podem ser utilizados e como isso facilitaria a divulgação das informações? Você acha que esses registros fotográficos podem substituir as exsicatas?

Alguns materiais são necessários para coletas em campo: tesoura de poda, podão, faca, sacos de papel ou de plástico, GPS, bússola, mapas, binóculos, caderneta de campo, lápis ou caneta, lupa de bolso, fita adesiva, prensa, folhas de papelão e alumínio corrugado (Figura 4.15), luvas, roupas e sapatos fechados, repelente, vidros e líquidos fixadores, câmera fotográfica, entre outros (GADELHA NETO *et al.*, 2013; JUDD *et al.*, 2009; SILVA JÚNIOR *et al.*, 2014).

Figura 4.15 | Exemplos de alguns materiais utilizados para coletas em campo: (a) 1. lupas, 2. canivete, 3. espátula, 4. caderneta de campo, 5. caneta, 6. sacos de papel; (b) 7. fita métrica, 8. machadinha, 9. pá, 10. garfo, 11. podão; (c) 12. GPS, 13. binóculos; (d) 14. podão, 15. picareta, 16. bloco de ficha de campo e de anotações, 17. fita crepe, 18. tesoura de poda manual, 19. sacos plásticos



Fonte: (a), (b) e (c): adaptadas de Gadelha Neto ***et al***. (2013, p. 31-34); (d): adaptada de Silva Júnior ***et al***. (2014, p. 50).

Algumas recomendações devem ser consideradas para se obter maior êxito nas coletas, segundo Judd *et al.* (2009) e Gadelha Neto *et al.* (2013):

- Coletar plantas em fase reprodutiva é essencial para a identificação dos vegetais, portanto, não é recomendável coletar espécimes sem flores e/ou frutos, pois isso pode dificultar a identificação.
- No caso de plantas **herbáceas** (ervas), deve-se coletar todo o vegetal, desde a raiz. Se as ervas apresentarem um grande tamanho (maior do que 30 cm), estas devem ser dobradas ou cortadas em partes, que podem ser preparadas em sequência. Também se deve tomar o cuidado de prensá-la como se encontra em campo, ou seja, a parte aérea para cima e a subterrânea para baixo.
- Quando a coleta for referente a **árvores ou arbustos**, deve-se coletar ramos que apresentem variação de caracteres vegetativos e reprodutivos.
- As **pteridófitas** precisam ser coletadas com folhas inteiras, vegetativas e férteis (contendo soros, estróbilos e rizomas).
- Em relação à coleta de **briófitas**, deve-se coletar gametófitos que contenham esporófitos em conjunto com o substrato (por exemplo: folha, casca de tronco), pois estes são importantes para a identificação.
- É importante que sejam coletadas cinco duplicatas, sendo uma depositada no herbário que o coletor escolher como principal e as demais para serem utilizadas no processo de permuta com outros herbários (como doações).
- A cada planta coletada é determinado um número de coleta, em ordem crescente e sequencial. Essa numeração é vinculada ao nome do coletor principal, sendo marcada juntamente com a coleta. Amostras pertencentes a um único indivíduo recebem o mesmo número. Nome do coletor: Aldení Silva de Lima = A.S. Lima + número de coleta.

Após a coleta, os materiais devem ser preparados para serem preservados, assim, são utilizadas diferentes técnicas considerando o tipo de amostra. Técnicas de congelamento, refrigeração, desidratação por sílica gel e fixação em reagentes são aplicadas para amostras que tenham a finalidade do estudo *in natura*. É muito importante que essas técnicas sejam realizadas após um curto espaço de tempo entre a coleta e o estudo em laboratório, para que não comprometa a qualidade da amostra.

Para pteridófitas e fanerógamas terrestres, o espécime coletado passa pelo processo de herborização, que consiste em prensagem, secagem e preparação do exemplar botânico, para posterior inclusão em herbário. No caso das briófitas, por serem indivíduos avasculares não é recomendável que sejam prensados, nem desidratados em estufa, mas conservados em sacos de papel e secadas ao ar livre, mas caso o material esteja com umidade elevada, deve-se retirá-la com papel toalha ou algo similar (GADELHA NETO *et al.*, 2013).

A prensa de secagem consiste em peças de madeira, barbantes ou cordas, jornais e papelão ou papel corrugado. Em conjunto, esses materiais permitirão que o ar passe através da prensa, além de retirarem a umidade excessiva da planta. O alumínio corrugado promove a circulação de ar quente entre as amostras, acelerando e uniformizando a secagem. Já as partes de madeira e as cordas mantêm a prensa firme. É importante observar a disposição das partes da planta na prensa, de modo que o material seco e aplainado tenha ambas as faces foliares, abaxial (inferior) e adaxial (superior), voltadas para o mesmo lado, e as flores e frutos fiquem visíveis, quando secas, pois folhas desarrumadas e amassadas dificultam a identificação.

Para a montagem da prensa, deve-se primeiramente utilizar a treliça de madeira para servir de base à prensa, em seguida dispõe-se o alumínio corrugado, a folha de papelão, o espécime dentro do jornal e novamente a folha de papelão. Essa sequência deve ser seguida a cada exemplar, até que todo o material coletado seja organizado. Por fim, coloca-se uma última placa de alumínio corrugado e a segunda treliça de madeira. Também é importante que se lembre de amarrar a prensa com as cordas, com o objetivo de as plantas ficarem planas durante o processo de secagem (Figura 4.16).

Figura 4.16 | (a) e (b): montagem da prensa; e (c): prensa pronta para a secagem

Fonte: (a): adaptada de Silva Júnior *et al.* (2014, p. 52); (b) e (c): Gadelha Neto *et al.* (2013, p. 52-53).

É necessário separar os frutos grandes e duros das demais partes da planta e processá-los de modo especial, podendo ser fixados previamente em álcool. Na prensa, devem ser colocadas espumas de enchimento ao redor do fruto, ou chumaços de papel suave. Para aqueles elementos maiores, faz-se necessário o corte em partes (JUDD *et al.*, 2009).

Exemplificando

Os frutos grandes podem ser cortados em seções transversais para facilitar a secagem, como também a observação das estruturas que os compõem. Por exemplo, os frutos de *Cereus jamacaru* DC. (Cactaceae) (Figura 4.17).

Figura 4.17 | (a) planta de ***Cereus jamacaru*** DC. (Cactaceae) com fruto e (b) comparação entre imagens de diferentes exsicatas do fruto da planta citada

a b

Fonte: (a) iStock; (b) http://inct.florabrasil.net/servico-exsiccatae-imagens-de-especimes-online/. Acesso em: 7 mar. 2019.

Depois de colocadas em prensa, as plantas secarão ao sol ou apenas sendo deixadas em um local seco. De preferência, é recomendado o uso de uma fonte artificial de calor, em estufas, que vão aquecê-las em temperatura adequada (Figura 4.18a). Aconselha-se o uso de estufa a 60 °C com resistência elétrica e presença ou ausência de circulação de ar ou aquecida por lâmpadas. O material deve ser observado ao longo da secagem para evitar afrouxamento da prensa devido à perda de volume, além de evitar o enrugamento. Assim, caso necessário, deve-se renovar os jornais, apertar ou virar a prensa no decorrer dos dias de secagem. É necessário evitar que ocorra ressecamento excessivo, pois os espécimes poderão ficar quebradiços, o que causaria a perda de material ou de parte dele.

Posteriormente, as amostras devem ser retiradas da prensa para ser feita a montagem das exsicatas e seu registro em herbário. Essa montagem consiste em afixar (com auxílio de cola, fita adesiva ou costurada com agulha e linha) o

espécime e a etiqueta, com seus respectivos dados, em cartolina de dimensão uniformizada (Figura 4.18b), ou acondicioná-lo em envelope (como no caso das amostras de briófitas).

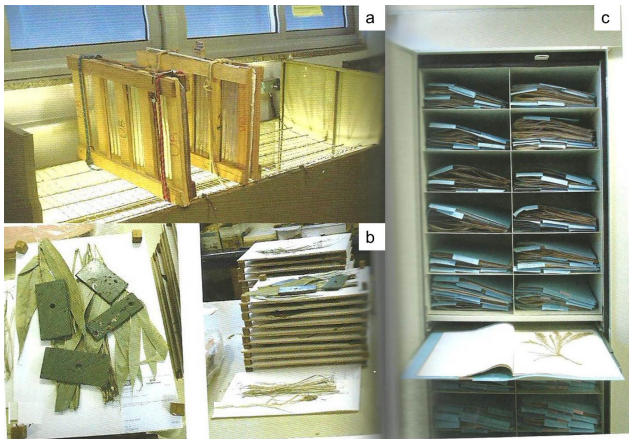
No caso das amostras de plantas vasculares, as etiquetas devem ser coladas preferencialmente na parte inferior direita da cartolina, e na parte superior esquerda deve ser afixado um envelope, que servirá para colocar alguns pedaços que venham a cair da exsicata (GADELHA NETO *et al*., 2013; JUDD *et al*., 2009; SILVA JÚNIOR *et al*., 2014).

É importante que contenha o número catalogado (ou de tombo) em herbário, sendo esse em ordem crescente e sequencial, em um banco de dados informatizado (o Brahms, o Jabot, entre outros), seguindo um sistema de classificação (o mais recente utilizado chama-se APG III, tratado em mais detalhes na Seção 4.1).

O uso de programas para informatização de coleções facilitou a elaboração das etiquetas, pois, além de reduzir o tempo gasto com a digitação delas, esse procedimento também possibilitou a redução dos erros nos bancos de dados. Para facilitar o acesso aos espécimes, pode-se optar por identificar os armários com as respetivas famílias armazenadas em cada um (GADELHA NETO *et al*., 2013; JUDD *et al*.; 2009).

Para o bom funcionamento de um herbário, este deve ser bem estruturado e seguro, e suas exsicatas devem ser armazenadas em armários de aço (Figura 4.18c). Esses armários, por sua vez, devem estar devidamente fechados para evitar a umidade e a entrada de insetos. Adicionalmente, é importante que eles sejam divididos em compartimentos horizontais e verticais, adaptando-se aos tamanhos das exsicatas dos diferentes grupos taxonômicos presentes na coleção. As exsicatas ainda devem ser atualizadas e tratadas periodicamente.

Figura 4.18 | (a) secagem de material vegetal em estufa, (b) montagem de exsicatas e (c) organização das exsicatas em armários no herbário



Fonte: adaptada de Silva Júnior et al. (2014, p. 54, 56 e 57).

A fim de evitar a presença de insetos no herbário, deve-se realizar periodicamente a sua fumigação com produtos químicos. Em alguns casos, coloca-se naftalinas perto das exsicatas para evitar a infestação por insetos, apesar de seu uso não ser aconselhado devido à toxidez. Outro componente também empregado com esse objetivo é a cânfora (GADELHA NETO *et al.*, 2013; JUDD *et al.*, 2009).

Visando reduzir o risco de contaminação e o estabelecimento de colônias de insetos, as exsicatas devem ser tratadas antes de sua inclusão na coleção do herbário. Para isso, elas devem ser previamente armazenadas em freezer e, posteriormente, colocadas em estufa por 30 minutos, o chamado "choque térmico".

Para que as coleções de um herbário estejam sempre conservadas e em perfeito estado, alguns procedimentos são necessários: 1. climatização e desumidificação do ambiente com temperatura entre 18 °C e 23 °C e umidade de 40% a 55% controladas; 2. Manter os armários fechados; 3. realizar fumigação periódica do herbário; 4. fazer revisão regular das exsicatas; 5. ter controle da entrada e saída das exsicatas para evitar a contaminação da coleção; 6. evitar que amostras ainda frescas, como também alimentos, entrem nos locais onde são armazenadas as coleções (GADELHA NETO *et al.*, 2013; JUDD *et al.*, 2009).

Dica

Os herbários, além de receber o material coletado por pesquisadores e estudantes da própria instituição, enriquecem e atualizam as identificações dos espécimes do seu acervo com doações, visitas de especialistas e pelo intercâmbio com outros herbários. Para entender mais sobre o tema, não deixe de ler as páginas de 95 a 97 do *Manual de procedimentos para herbários*, de Gadelha Neto *et al.* (2013), indicado a seguir:

GADELHA NETO *et al.* **Manual de procedimentos para herbários.** Recife: Ed. Universitária, UFPE, 2013. 53 p.

Sem medo de errar

Até o momento você estudou o herbário, conheceu suas finalidades e funções, bem como os métodos de coleta, herborização e inclusão de exsicatas nas coleções botânicas. Todo esse conhecimento é fundamental para a sua profissão de biólogo, podendo ser usado nas mais diversas áreas.

Nesse contexto, o próximo passo do treinamento no Instituto Ambiental de Pesquisa e Ensino (IAPE) é saber como montar a exsicata e depositá-la no herbário do próprio IAPE. Então, a partir da espécie que os quatro profissionais do IAPE identificaram com a assessoria prestada à empresa de consultoria ambiental, o próximo desafio vai ao encontro da terceira etapa do treinamento, agora envolvendo toda a equipe do IAPE. De acordo com esse contexto, como os profissionais devem proceder para a inclusão da exsicata no herbário do IAPE? Quais cuidados eles devem tomar para que o material depositado sirva como testemunho da pesquisa realizada e também fique disponível para outras pessoas?

Mediante tais questionamentos, os quatro profissionais que identificaram a espécie resolveram ensinar o passo a passo da prensagem da planta em questão. O procedimento foi realizado utilizando a estrutura do próprio Instituto, que já estava devidamente equipado. Antes de iniciar o procedimento, esses quatro profissionais separaram os matérias que seriam necessários para a prensagem e secagem, como: prensa de madeira para secagem das plantas, jornais (tipo classificados), folhas de papelão, folhas de alumínio corrugado, corda ou barbante, ficha de campo preenchida e estufa de secagem.

Também solicitaram que os outros profissionais ficassem atentos ao procedimento e anotassem todas as suas etapas. Essas anotações serviriam para fazer algumas regras para o bom uso do herbário do IAPE, uma vez que as atividades já seriam iniciadas.

Para a montagem da prensa, primeiramente utilizou-se a treliça de madeira para servir de base à prensa; em seguida, colocou-se o alumínio corrugado, a folha de papelão, o espécime dentro do jornal e novamente a folha de papelão. Essa sequência foi seguida a cada exemplar, até que todo o material coletado e identificado fosse organizado. Por fim, colocou-se uma última placa de alumínio corrugado e a segunda treliça de madeira. Por fim, amarraram a prensa com as cordas, com o objetivo de as plantas ficarem planas durante o processo de secagem.

Durante o procedimento, os quatro profissionais fizeram algumas observações importantes sobre etapas anteriores à montagem das exsicatas, como a coleta e a identificação, pois elas são fundamentais para que se tenha uma exsicata de boa qualidade, com a descrição detalhada de suas características. Para isso é importante anotar o máximo de informações dos espécimes coletados na ficha de campo. Esses quatro profissionais ainda ressaltaram que é fundamental fazer o registro fotográfico de cada espécie coletada, além de georreferenciá-las.

Depois da prensagem, os exemplares da planta foram colocados em estufas, reguladas com a temperatura de 60 °C para a sua secagem.

Os profissionais observaram o material ao longo da secagem, para evitar o afrouxamento da prensa devido à perda de volume, e evitar o seu enrugamento. Assim, renovaram os jornais, apertaram e viraram a prensa no decorrer dos dias de secagem. Os quatro profissionais ainda chamaram a atenção do restante da equipe sobre a importância de evitar que ocorra ressecamento excessivo do material, pois os espécimes poderão ficar quebradiços, havendo perda de material ou de parte dele.

Após as amostras secarem, elas foram retiradas da prensa para a montagem das exsicatas. Para tanto, utilizaram os seguintes materiais: amostras vegetais secas, cartolina branca, agulha e linha, envelopes para pedaços dos materiais vegetais e a etiqueta ou ficha de campo preenchida.

Essa montagem consistiu em afixar (costurar com agulha e linha) o espécime e a etiqueta, com seus respectivos dados (etiqueta ou ficha de campo preenchida), em cartolina de dimensão uniformizada. Como a amostra em questão tratava-se de uma planta vascular, a etiqueta foi colada na parte inferior direita da cartolina, e na parte superior esquerda foi afixado um envelope para colocar alguns pedaços que pudessem cair da exsicata.

Toda a equipe de profissionais do IAPE aprendeu a fazer a prensagem do material na prática, que se tratava de uma fanerógama, além de montar exsicata, sem esquecer-se de colocar a ficha de coleta.

Algumas ideias surgiram ao longo do treinamento teórico-prático, como a possibilidade de montarem uma coleção de madeiras (xiloteca) e de frutos (carpoteca), pois elas também poderão auxiliar na identificação das espécies, enriquecendo o acervo e sendo um atrativo interessante para os visitantes.

Quanto aos cuidados a serem tomados para que o material depositado sirva como testemunho da pesquisa realizada e também fique disponível para outras pessoas, os quatro profissionais relataram que, primeiramente, é necessário realizar coletas de plantas em fase reprodutiva, pois isso é essencial para a identificação dos vegetais. Portanto, não é recomendável coletar espécimes sem flores e/ou frutos, pois podem ser difíceis de serem identificados. Sempre que possível, deve-se coletar cinco duplicatas, sendo uma para o herbário do coletor, outra para o herbário de especialista na família, e as demais para serem utilizadas no processo de intercâmbio com outros herbários (utilizadas como doações).

Outro fator relevante para que as informações fiquem disponíveis para outras pessoas é o uso de programas de informatização nas coleções dos herbários, tornando as informações de domínio público.

Após o curso teórico-prático de toda a equipe de profissionais, o primeiro exemplar botânico foi incorporado ao herbário do IAPE, assim dando início às atividades do Instituto.

Agora que você já aprendeu com o Instituto Ambiental de Pesquisa e Ensino (IAPE), monte as suas exsicatas e deposite-as no herbário.

Bons estudos!

Avançando na prática

Herborização de espécies vegetais

Descrição da situação-problema

Herborização é uma técnica que envolve a prensagem e secagem de materiais vegetais, além de montagem da exsicata e depósito em herbário. Vale salientar que é necessário tomar cuidados especiais com alguns espécimes vegetais. Nesse sentido, como biólogo, você decidiu participar de uma seleção para ser funcionário do herbário de um determinado jardim botânico. O que mais chamou sua atenção é que na descrição da vaga estava escrito: auxiliar nas atividades de coleta, herborização e inclusão de espécies em herbário. Mesmo sem saber como seria realizado o processo seletivo, você decidiu revisar informações sobre coleta, herborização e inclusão de espécies em herbário em diversos livros da área.

Ao chegar no dia da seleção no determinado jardim botânico, os recrutadores solicitaram que você realizasse a prensagem de uma planta recém-coletada e identificada como *Arachis* sp., bem como analisasse o preenchimento de sua ficha de coleta. Quais informações você deve observar se estão contidas na ficha de coleta? E quais partes da planta devem conter na coleta?

Resolução da situação-problema

Como você já havia se preparado anteriormente para essa situação com a revisão de conteúdos referentes à coleta e herborização, primeiramente você observou as informações contidas na ficha de coleta e verificou que lá não constava o número e o nome do coletor, nem as observações referentes à cor e/ou cheiro das folhas e/ou flores, sendo essas últimas características fundamentais para a identificação da espécie, pois elas perdem-se após o processo de herborização. Como a coleta havia sido feita recentemente, você conseguiu verificar e preencher essas informações.

O segundo passo foi observar o espécime coletado. Como se trata de uma planta herbácea (erva), continha parte aérea e subterrânea, então estava de acordo com o que é recomendado para a coleta. Após as suas observações, você separou os materiais necessários para prensagem (prensas de madeira, as folhas de papelão e de alumínio corrugado, as folhas de jornais (tipo classificados), as cordas ou cordões, álcool) e realizou a prensagem, tomando o cuidado de prensá-la conforme se encontra em campo, ou seja, com a parte aérea para cima e a subterrânea para baixo, sem esquecer-se de deixar pelo menos uma das folhas com a face abaxial virada. Após a prensagem, você amarrou a prensa com os cordões e colocou-a em estufa.

Ao ter feito as observações adequadas, como também o procedimento da prensagem, conseguiu ser selecionado para a vaga e iniciou seus trabalhos no herbário do jardim botânico.

Faça valer a pena

1. O herbário é uma coleção de plantas secas, também chamadas de exsicatas, as quais são fundamentais para as pesquisas na área de sistemática.

Sobre as funções e importância dos herbários, classifique cada afirmação a seguir como verdadeira (V) ou falsa (F).

( ) As coleções servem como "documentos" para registrar a variação morfológica de populações, espécies e taxa superiores.

( ) Os herbários funcionam como um centro de identificação de plantas e fungos.

( ) Os herbários têm como finalidade servir como acervo para documentação científi-

fica de pesquisas sobre flora e vegetação, mas não podem fornecer material de análise para pesquisas.
( ) Cada herbário deve ter sua missão claramente definida e estabelecer metas, mas não será necessário que elas sejam periodicamente analisadas.

Assinale a alternativa que classifica corretamente cada afirmativa, em verdadeira (V) ou falsa (F), de acordo com a ordem em que aparecem.
a) V - F - F - V.
b) V - V - F - F.
c) V - F - V - F.
d) V - V - V - F.
e) F - F - F - V.

2. É muito importante que haja um cuidado especial na coleta e conservação dos exemplares de plantas, pois isso permitirá acurácia na sua identificação. Nesse contexto, analise as sentenças a seguir:

I. O coletor deve registrar alguns dados ainda em campo, tais como: 1. localidade (país ou estado), 2. data de coleta, 3. tipo de habitat, 4. altitude (elevação), 5. informações da planta que não serão mais evidentes no espécime prensado e seco (cor e cheiro da flor e/ou das folhas), hábito, tamanho, presença ou ausência de látex, entre outros.
II. O registro fotográfico do espécime no ambiente é desnecessário, uma vez que ele só se torna obrigatório no caso de plantas raras.
III. A cada conjunto de planta coletada é determinado um número de espécime, em ordem decrescente e sequencial, sendo que essa numeração é atrelada ao nome de qualquer um dos coletores.
IV. Após a coleta, os materiais devem ser preparados para serem preservados. São utilizadas diferentes técnicas, considerando o tipo de amostra.

Assinale a alternativa correta.
a) Somente as afirmativas I e II estão corretas.
b) Somente as afirmativas I e IV estão corretas.
c) Somente as afirmativas II e III estão corretas.
d) Somente as afirmativas II e IV estão corretas.
e) Somente as afirmativas III e IV estão corretas.

3. O espécime coletado passa pelo processo de herborização, que consiste em prensagem, secagem e preparação do exemplar botânico para posterior inclusão em herbário.

A partir desse contexto, avalie as sentenças a seguir e a relação entre elas.
I. A prensa de secagem consiste em peças de madeira, correias ou cordas, papel secante e papelão ou papel corrugado. Em conjunto, esses materiais permitirão que o ar passe

através da prensa, além de retirarem a umidade excessiva da planta. O alumínio corrugado promove a circulação de ar quente entre as amostras, acelerando e uniformizando a secagem. Já as partes de madeira e as cordas mantêm a prensa firme.

Porque

II. Para conservar as coleções de um herbário em perfeito estado são necessários alguns procedimentos, como: climatização e desumidificação do ambiente, manutenção dos armários fechados, realização de fumigação periódica, revisão regular das exsicatas, controle da entrada e da saída das exsicatas, evitando a contaminação da coleção.

Acerca dessas afirmativas, assinale a opção correta.

a) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa correta da I.

b) Asserções I e II são proposições verdadeiras, e a II é uma justificativa correta da I.

c) A asserção I é uma proposição verdadeira, e a II é uma proposição falsa.

d) A asserção I é uma proposição falsa, e a II é uma proposição verdadeira.

e) As asserções I e II são proposições falsas.

Referências

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP – APG. III. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical journal of the Linnean Society,** London, v. 161, p. 105-121, 2009.

BYNG, W. J. *et al*. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society,** v. 181, p. 1-20, 2016.

EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven | Biologia Vegetal.** 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

FORZZA, R. C. *et al*. Angiospermas. *In*: INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil [online].** Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio - Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. p. 879-1699. v. 2. ISBN 978-85-8874-243-7. Disponível em: http://books.scielo.org. Acesso em: 8 mar. 2019.

GADELHA NETO *et al*. **Manual de procedimentos para herbários.** Recife: Ed. Universitária, UFPE, 2013.

GONÇALVES, E. G.; LORENZI, H. **Botânica sistemática:** guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III. 3. ed. São Paulo: Instituto Platarum de Estudos da Flora, 2012.

GUIMARÃES, P. J. F. *et al*. **CD-ROM Sistemática das Angiospermas APG III (68M)**. Rio de Janeiro: Estação Multimídia, 2014. Disponível em: http://sistematicavegetal.tripod.com. Acesso em: 8 mar. 2019.

JUDD, W. S. *et al*. **Sistemática vegetal:** um enfoque filogenético. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

MEDEIROS, J. de D. (Org.). Ministério do Meio ambiente (MMA). **Guia de campo:** vegetação do Cerrado. 500 espécies. Brasília, DF: MMA/SBF, 2011. (Série Biodiversidade, n. 43).

MORI, S. A. *et al*. **Manual de manejo do herbário fanerogâmico.** 2. ed. Ilhéus: Centro de Pesquisas do Cacau, 1989.

MUNHOZ, C. B. R. *et al*. **Vereda:** guia de campo. Brasília, DF: Rede de Sementes do Cerrado, 2011.

RAMALHO, C. L.; PROENÇA, C. E. B. **Trepadeiras ornamentais do Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: UnB, 2004.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal.** 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

REECE, J. B. *et al*. **Biologia de Campbell.** 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. 1488 p.

SILVA JÚNIOR, M. C. *et al*. **100 árvores do cerrado:** guia de campo. Brasília, DF: Rede de Sementes do Cerrado, 2005.

SILVA JÚNIOR, M. C. *et al*. **Guia do observador de árvores:** tronco, copa e folha. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2014.

SILVA JÚNIOR, M. C.; PEREIRA, B. A. S. **+ 100 árvores do cerrado – Matas de Galeria:** guia de campo. Brasília, DF: Rede de Sementes do Cerrado, 2009.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Chave de identificação para as principais famílias de angiospermas nativas e cultivadas do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Instituto Platarum de Estudos da Flora, 2010.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática:** guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III. 3. ed. São Paulo: Instituto Platarum de Estudos da Flora, 2012.

ISBN 978-85-522-1375-8