

Biologia

Botânica

Organizadores

Paulo Takeo Sano

Lyria Mori

Elaboradores

Gregório Ceccantini

Fabíola Bovo Mendonça

6

módulo

Nome do Aluno _____

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador: *Geraldo Alckmin*

Secretaria de Estado da Educação de São Paulo

Secretário: *Gabriel Benedito Issac Chalita*

Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas – CENP

Coordenadora: *Sonia Maria Silva*

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor: *Adolpho José Melfi*

Pró-Reitora de Graduação

Sonia Teresinha de Sousa Penin

Pró-Reitor de Cultura e Extensão Universitária

Adilson Avansi Abreu

FUNDAÇÃO DE APOIO À FACULDADE DE EDUCAÇÃO – FAFE

Presidente do Conselho Curador: *Selma Garrido Pimenta*

Diretoria Administrativa: *Anna Maria Pessoa de Carvalho*

Diretoria Financeira: *Sílvia Luzia Frateschi Trivelato*

PROGRAMA PRÓ-UNIVERSITÁRIO

Coordenadora Geral: *Eleny Mitrulis*

Vice-coordenadora Geral: *Sonia Maria Vanzella Castellar*

Coordenadora Pedagógica: *Helena Coharik Chamlian*

Coordenadores de Área

Biologia:

Paulo Takeo Sano – Lyría Mori

Física:

Maurício Pietrocola – Nobuko Ueta

Geografia:

Sonia Maria Vanzella Castellar – Elvio Rodrigues Martins

História:

Kátia Maria Abud – Raquel Glezer

Língua Inglesa:

Anna Maria Carmagnani – Walkyria Monte Mór

Língua Portuguesa:

Maria Lúcia Victório de Oliveira Andrade – Neide Luzia de Rezende – Valdir Heitor Barzotto

Matemática:

Antônio Carlos Brolezzi – Elvia Mureb Sallum – Martha S. Monteiro

Química:

Maria Eunice Ribeiro Marcondes – Marcelo Giordan

Produção Editorial

Dreampix Comunicação

Revisão, diagramação, capa e projeto gráfico: *André Jun Nishizawa, Eduardo Higa Sokei, José Muniz Jr. Mariana Pimenta Coan, Mario Guimarães Mucida e Wagner Shimabukuro*



***Cartas ao
Aluno***

Carta da

Pró-Reitoria de Graduação

Caro aluno,

Com muita alegria, a Universidade de São Paulo, por meio de seus estudantes e de seus professores, participa dessa parceria com a Secretaria de Estado da Educação, oferecendo a você o que temos de melhor: conhecimento.

Conhecimento é a chave para o desenvolvimento das pessoas e das nações e freqüentar o ensino superior é a maneira mais efetiva de ampliar conhecimentos de forma sistemática e de se preparar para uma profissão.

Ingressar numa universidade de reconhecida qualidade e gratuita é o desejo de tantos jovens como você. Por isso, a USP, assim como outras universidades públicas, possui um vestibular tão concorrido. Para enfrentar tal concorrência, muitos alunos do ensino médio, inclusive os que estudam em escolas particulares de reconhecida qualidade, fazem cursinhos preparatórios, em geral de alto custo e inacessíveis à maioria dos alunos da escola pública.

O presente programa oferece a você a possibilidade de se preparar para enfrentar com melhores condições um vestibular, retomando aspectos fundamentais da programação do ensino médio. Espera-se, também, que essa revisão, orientada por objetivos educacionais, o auxilie a perceber com clareza o desenvolvimento pessoal que adquiriu ao longo da educação básica. Tomar posse da própria formação certamente lhe dará a segurança necessária para enfrentar qualquer situação de vida e de trabalho.

Enfrente com garra esse programa. Os próximos meses, até os exames em novembro, exigirão de sua parte muita disciplina e estudo diário. Os monitores e os professores da USP, em parceria com os professores de sua escola, estão se dedicando muito para ajudá-lo nessa travessia.

Em nome da comunidade USP, desejo-lhe, meu caro aluno, disposição e vigor para o presente desafio.

Sonia Teresinha de Sousa Penin.

Pró-Reitora de Graduação.

Carta da

Secretaria de Estado da Educação

Caro aluno,

Com a efetiva expansão e a crescente melhoria do ensino médio estadual, os desafios vivenciados por todos os jovens matriculados nas escolas da rede estadual de ensino, no momento de ingressar nas universidades públicas, vêm se inserindo, ao longo dos anos, num contexto aparentemente contraditório.

Se de um lado nota-se um gradual aumento no percentual dos jovens aprovados nos exames vestibulares da Fuvest — o que, indubitavelmente, comprova a qualidade dos estudos públicos oferecidos —, de outro mostra quão desiguais têm sido as condições apresentadas pelos alunos ao concluírem a última etapa da educação básica.

Diante dessa realidade, e com o objetivo de assegurar a esses alunos o patamar de formação básica necessário ao restabelecimento da igualdade de direitos demandados pela continuidade de estudos em nível superior, a Secretaria de Estado da Educação assumiu, em 2004, o compromisso de abrir, no programa denominado Pró-Universitário, 5.000 vagas para alunos matriculados na terceira série do curso regular do ensino médio. É uma proposta de trabalho que busca ampliar e diversificar as oportunidades de aprendizagem de novos conhecimentos e conteúdos de modo a instrumentalizar o aluno para uma efetiva inserção no mundo acadêmico. Tal proposta pedagógica buscará contemplar as diferentes disciplinas do currículo do ensino médio mediante material didático especialmente construído para esse fim.

O Programa não só quer encorajar você, aluno da escola pública, a participar do exame seletivo de ingresso no ensino público superior, como espera se constituir em um efetivo canal interativo entre a escola de ensino médio e a universidade. Num processo de contribuições mútuas, rico e diversificado em subsídios, essa parceria poderá, no caso da estadual paulista, contribuir para o aperfeiçoamento de seu currículo, organização e formação de docentes.

Prof. Sonia Maria Silva

Coordenadora da Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas

Apresentação da área

Antes de virar estas páginas, faça uma pausa...

Você se dá conta que, nesse exato momento, enquanto seus olhos percorrem cada letra deste texto, milhões de informações chegam até você pela retina? Pense nisso! Pense também que essas informações, para saírem do papel e alcançarem as células nervosas de seu cérebro, percorrem um caminho longo e fantástico! Caminho que pode começar muito antes do que a gente vê... Pode começar quando essa folha de papel era ainda uma árvore, que fazia parte de uma floresta, que por sua vez abrigava outras árvores e inúmeros animais... Você consegue enxergar tudo isso através dessas páginas? Sim? Não? Vamos ajudá-lo: é sobre essas coisas tão próximas de você que vamos falar aqui...

Você vai saber um pouco mais sobre a célula e seus componentes; sobre o funcionamento de cada uma e do organismo que elas compõem. Aprenderá a respeito de como os seres vivos se organizam e se distribuem nesse nosso planetinha azul. Vamos falar de plantas e de bichos, de vírus e bactérias, de fungos e do ser humano. Sim, do ser humano, de você inclusive! Como você funciona por dentro e por fora. Como suas ações podem ter resultados que vão muito além daqueles que se espera.

E já que falamos de resultados, esperamos que os seus, durante a vida, sejam os melhores! Estamos aqui para colaborar com isso... Porém, não se esqueça: depende muito mais de você! Nós, aqui, só vamos direcionar um pouco seu olhar para algumas coisas importantes, mas quem vai enxergar, de fato, é você! Portanto, não confie só no que está ao longo dessas páginas. Vá além! Leia muito! Jornais, revistas, coisas sobre ciências e sobre o mundo - afinal, ele é grande demais para caber em alguns fascículos! Não se esqueça que acumular conhecimento é o ganho mais efetivo que se pode ter: não se desgasta e ninguém nos tira!

Conte conosco durante essa tarefa. Pode estar certo: torcemos por você!

Apresentação do módulo

Você já se deu conta de quanto a Botânica faz parte de seu cotidiano? Seja pelas folhas de papel em que esse texto está escrito, ou mesmo no arroz e feijão de cada dia, a nossa relação com os vegetais é bastante antiga. Mesmo antes de os humanos se entenderem como “gente”, já dependíamos dos vegetais como fonte de alimento. Depois, passamos a depender deles para a construção de ferramentas, objetos e como fonte de materiais (madeira, borracha, papel e muitos outros). Também não podemos esquecer da importância das áreas verdes que ainda restam e que nos oferecem bem-estar e lazer.

Este módulo sobre Botânica está dividido em duas grandes unidades, subdivididas em pequenos capítulos. A primeira unidade, “Diversidade dos organismos estudados pela Botânica”, aborda a diversidade, a caracterização e a classificação dos principais grupos estudados pela Botânica: fungos, algas, musgos, samambaias, plantas com sementes nuas e plantas com flores. A segunda unidade, “Forma e função andam juntas”, trata de assuntos relacionadas à morfologia interna e externa dos vegetais, bem como os aspectos do seu funcionamento e as interações com outros organismos.

Nos textos dessas unidades, tivemos como objetivo tratar de assuntos tradicionalmente abordados pela Botânica, mas de uma forma integrada e inovadora, não maçante e até divertida. Ao mesmo tempo, procuramos estimular o aluno a enxergar a Botânica com outros olhos, explorando outras habilidades como observação, dedução lógica e interpretação de resultados, em detrimento da memorização de nomes. Esperamos que as informações desse módulo ajudem você não apenas nas provas vestibulares, mas também a se interessar mais pelas plantas e pela Botânica.

Sem perceber, você se verá rodeado pelas plantas. Essa é a hora de mudar os olhares e tentar olhar o mundo pelos “olhos” delas!

Fabíola Bovo Mendonça

Gregório Ceccantini

Unidade 1

Diversidade dos organismos estudados pela Botânica

DIVERSIDADE BOTÂNICA NO COTIDIANO

Imagine que hoje é um domingo de sol e que você está morrendo de vontade de andar de *skate*, mas tem que estudar para o vestibular. Justo hoje, está marcado na sua agenda o estudo de biologia e você chegou no capítulo de Botânica. Pinta aquela dúvida, mas você toma a decisão acertada de ficar estudando, apesar de imagens iradas de *skates* esvoaçando em manobras radicais preencherem a sua mente.

Será que o *skate* e a Botânica estão tão distantes assim?

Do que são feitos os *skates* em geral? O *shape* (prancha) geralmente é feito de compensado. Os compensados são lâminas de *madeira* coladas e prensadas (Figura 1.1). A madeira é o caule serrado das árvores. Essa prancha é pintada ou envernizada. O verniz e a base para as tintas podem vir da resina dos pinheiros (*Pinus elliotii*). As rodinhas podem ter diversos componentes, entre eles a borracha. A borracha pode ser feita de petróleo, mas há uma parte que vem da borracha extraída do *látex* da seringueira (*Hevea brasiliensis*). O *látex* é uma mistura complexa secretada dos troncos quando são feitos cortes na casca da árvore.

Pensando dessa forma, a Botânica não está tão longe assim das pessoas. Materiais originados de vegetais estão sempre ao nosso redor. Antes de partir para um estudo mais formal de temas de Botânica, é útil pensar em tudo que está ao seu redor e que tem origem vegetal.

1) Quais os materiais que estão ao seu redor são derivados de vegetais? Escreva uma lista em um papel (feito de *fibras vegetais* de pinheiro e eucalipto, principalmente).

Olhe para os móveis ao seu redor. A mesa sobre a qual você está escrevendo deve ter partes que são de madeira e outras que não são. Há partes que não são de madeira sólida, mas também são derivadas das árvores, como aglomerados ou chapas de fibra (tipo eucatex) e ainda outras com palha ou outros tecidos. Examine bem. Pense também nos materiais de construção da sua casa.

2) Escreva o nome das madeiras que você conhece. Dessas madeiras, quais você sabe que são de reflorestamento, e quais ainda são extraídas da nossa *floresta nativa*? Faça uma pesquisa.

E a roupa que você está vestindo? Você sabe de que *tecidos* elas são feitas? Dê uma espiada nas etiquetas das roupas que informam a composição do tecido e verifique do que as peças são feitas. Veja que alguns produtos são

Organizadores

Paulo Takeo Sano

Lyria Mori

Elaboradores

Gregório Ceccantini

Fabíola Bovo

Mendonça



Fig 1.1 - Compensado de madeira com várias camadas de madeira laminada colada e com orientação do veio cruzada em cada camada.



Fig 1.2 - Algodoeiro com fibras que envolvem a semente. (Foto de Gregório Ceccantini).

sintéticos (viscose, poliéster etc) e outros são de origem vegetal, como o algodão, que é a fibra que envolve a semente do algodoeiro (*Gossypium hisutum*) (Figura 1.2).

3) Agora converse com seus colegas e faça uma lista dos produtos vegetais usados para fazer tecidos. Lembre-se que há fibras mais grossas, como o sisal e o buriti, usadas em artesanato e também usadas por nós. Faça uma lista de fibras, lembrando que podem ocorrer em esteiras, vassouras, cestas etc.

4) E nos sapatos? Há algo de vegetal?

Depois de pensar em tudo isso, não te dá uma vontade de comer um chocolate? É fácil reconhecer que a alface é um vegetal, mas isso não ocorre com todos os alimentos dessa origem. O chocolate, por exemplo, é feito com a gordura extraída da semente do cacaueteiro (*Theobroma cacao*), muito cultivado na Bahia, mas que foi descoberto pelos astecas, no México, há muitos séculos.

5) Quais outros alimentos da sua rotina são vegetais ou de origem vegetal? Faça listas dessas duas categorias. Procure lembrar de alimentos como os cereais matinais, a margarina, o tofu, bem como de outros cuja origem vegetal não é tão óbvia.

A CLASSIFICAÇÃO

Você pode não perceber, mas estamos o tempo todo classificando o mundo à nossa volta: classificamos filmes em comédia, drama, romance ou aventura; classificamos a comida em doce ou salgada, e entre essas as que não gostamos e as preferidas; classificamos as pessoas em amigos, conhecidos ou estranhos.

Em um supermercado, por exemplo, os produtos estão dispostos de acordo com uma *classificação* (Figura 1.3), há corredores em que encontramos os enlatados, outros onde há doces e guloseimas, setores com produtos de origem vegetal, produtos de limpeza etc. Em cada um desses corredores ou setores, há também uma organização em sub-grupos; por exemplo, no corredor de higiene pessoal há prateleiras com produtos de banho, produtos para higiene dos dentes e assim por diante. Em cada uma dessas prateleiras, os produtos ainda estão separados pelo tipo de uso (por exemplo, nos produtos de banho podemos encontrar conjuntos de sabonetes e xampus). Além disso, em

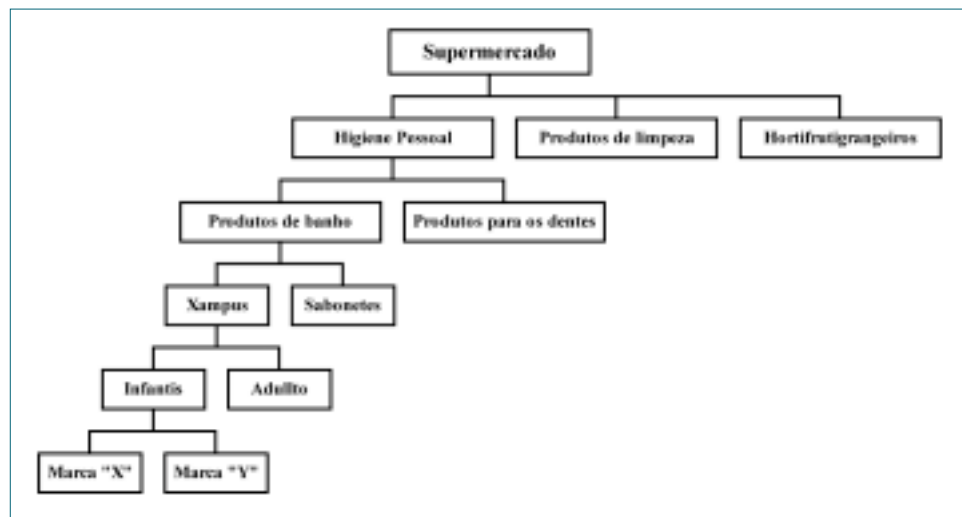


Figura 1.3 – Hierarquia de produtos de higiene em um supermercado.

cada um desses grupos, há produtos separados por marca ou tipo de produtos. Podemos observar, então, que há uma *hierarquia* ou *subordinação* na formação das classes ou grupos de produtos.

Essas classes de produtos foram elaboradas de acordo com *critérios de classificação*. Nesse exemplo, o critério foi quanto ao uso e às características do produto (higiene pessoal, enlatados, roupas etc.). Se o critério para a classificação dos produtos em um supermercado fosse simplesmente o tipo de material, encontraríamos rolos de algodão próximos ao setor de roupas e não no setor de higiene pessoal e, se ainda o critério de classificação fosse por preço do produto, imagine a confusão! Assim, podemos perceber a importância de escolha de critérios que facilitem e obedeçam a lógica de um dado sistema – no caso o supermercado.

Essa mania de classificar e entender o mundo é antiga, e não podia ser diferente com a compreensão do mundo natural. Na Grécia antiga, Aristóteles já tinha a idéia de “organizar” também os seres vivos em grupos.

Os animais e plantas já foram classificados de acordo com diferentes critérios, como o de utilidade para o homem – os animais e plantas “úteis” e “nocivos” ao homem. Classificações como essa foram percussoras da *classificação biológica* atual.

Como no exemplo do supermercado, na classificação biológica há categorias hierárquicas entre os grupos. A *Taxonomia*, ciência que estuda a classificação biológica, reconhece as seguintes categorias taxonômicas hierárquicas para a classificação de plantas e animais:

Reino – Filo – Classe – Ordem – Família – Gênero – Espécie

É possível estabelecer uma analogia entre os grupos do supermercado e as categorias taxonômicas. O produto que você leva para casa é equivalente à *espécie*, a menor categoria taxonômica. As categorias estão subordinadas: várias espécies compõem um gênero, vários gêneros uma família, várias famílias uma ordem, várias ordens uma classe, várias classes um filo e vários filios em um reino (Figura 1.4).

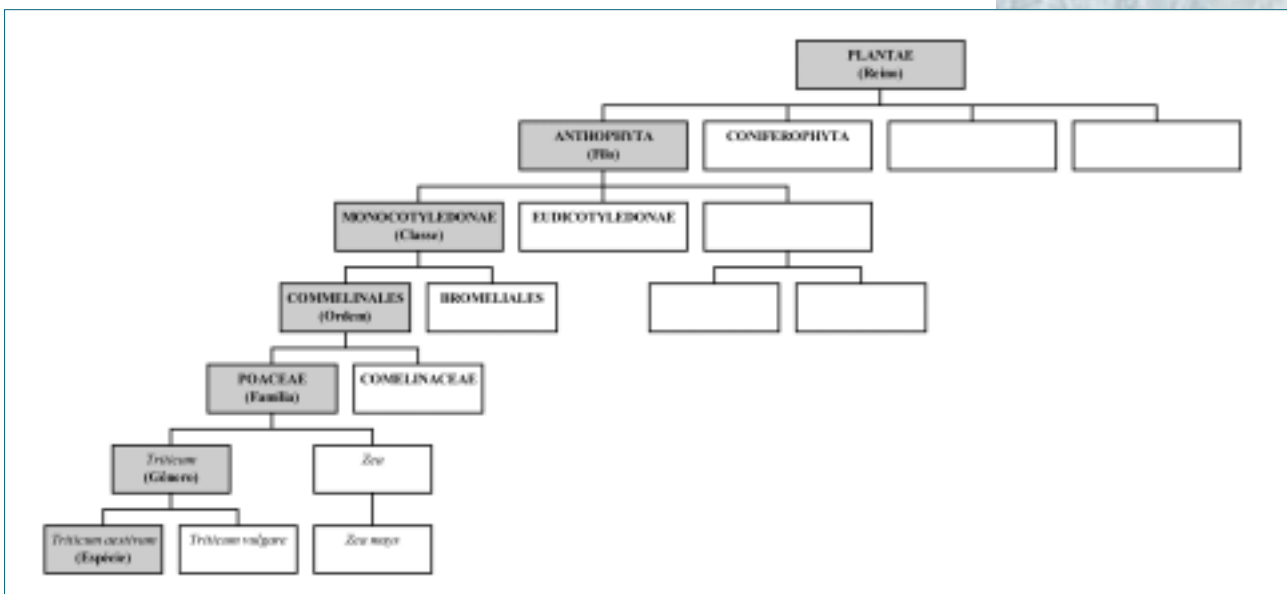


Figura 1.4- Categorias taxonômicas do milho e trigo

Para entender o grau de parentesco entre as espécies, o método de estudo mais utilizado atualmente é conhecido como *cladística* ou *análise filogenética* (veja o Módulo II de Genética e Evolução). Nesse método, analisam-se as características (caracteres) usando o máximo de informações disponíveis (morfológicas, moleculares, biológicas) sem dar importância maior para uma ou outra, procurando identificar quais são as características exclusivas de cada grupo e que, portanto, servem para caracterizá-lo.

Antigamente, os pesquisadores utilizavam critérios pessoais para a classificação biológica, e isso fazia com que a classificação de um grupo de organismos pudesse ser diferente para vários pesquisadores e mudasse em cada nova classificação feita. Atualmente, não se faz mais isso: não há mais escolhas pessoais dos caracteres, mas uma busca para utilização do maior número de caracteres disponíveis com uma ponderação lógica. Assim, a tendência é que as classificações atuais fiquem cada vez mais estáveis e seja possível que vários pesquisadores cheguem a um mesmo resultado. É o que se espera de uma análise científica: que os resultados possam ser reproduzidos. Além disso, é possível fazer uma hipótese de como foi a evolução do grupo, gerando *árvores filogenéticas*.

Hoje, estamos em um momento de transição e de grande riqueza de descobertas nas classificações. Por isso, alguns nomes que todo mundo conhece e que estão consagrados pelo uso, como “gimnospermas” e “dicotiledôneas” tendem a não ser mais usados. Como nem todas as plantas que eram classificadas nesses grupos tiveram o mesmo ancestral, os pesquisadores acreditam que esse não é um bom nome para usar. Esses problemas serão discutidos com mais detalhes a seguir.

É importante que você perceba que estamos passando por um momento de transição e de grandes descobertas nas delimitações dos grupos biológicos. A verdade científica está sempre sendo construída: ela é transitória e efêmera.

O QUE A BOTÂNICA ESTUDA?

1) O que é Botânica para você?

Na época de Linnaeus, e mesmo antes dele, acreditava-se que existiam dois reinos de seres vivos: o reino animal e o reino vegetal. Essa classificação era baseada principalmente em semelhanças visíveis entre os seres, como composição, mobilidade e tipo de crescimento. Dessa forma, os grupos como algas, plantas e fungos eram incluídos no reino vegetal. Por muitos séculos, esse tipo de classificação permaneceu válida. Com o advento do microscópio, no século XVII, foram percebidas diferenças entre células eucariontes e procariontes, e foram descobertos organismos que não se encaixavam bem nos dois reinos, como organismos unicelulares, ou organismos verdes que se moviam e se alimentavam, ou mesmo com células multinucleadas. Essas diferenças foram importantes e tiveram impacto na delimitação de uma nova classificação, que organizasse os seres vivos de uma forma lógica. Apesar disso, até hoje, por tradição, muitos organismos de reinos diferentes são estudados pela ciência Botânica (cianobactérias, algas, plantas e fungos).

Whittaker (1969) propôs o reconhecimento de cinco reinos: **Monera** com as bactérias (únicos seres procarióticos), **Protistas** com os protozoários e as algas unicelulares, **Fungi** com os fungos, **Animalia** com os animais e **Plantae** com as algas, os musgos, samambaias e plantas com sementes. Assim, os

O científico x o popular

O nome *científico* da planta conhecida pelos *nomes populares* “hortelã” e “menta” é *Mentha piperita*. Enquanto os nomes populares são designados pela população, tendo em vista, geralmente, o aspecto, a qualidade ou o emprego de um vegetal ou animal, os nomes científicos são designados por pesquisadores ou estudiosos. As plantas podem possuir mais de um nome popular, até mesmo em idiomas diferentes, mas possuem um único nome científico, cujo uso é universal e padronizado em todo mundo. Desde alguns séculos atrás, os nomes científicos são escritos em latim e destacados do texto, seja pelo uso de *itálico*, **negrito** ou sublinhado. Além disso, o nome científico é composto pelo nome do gênero, sempre escrito com a primeira letra maiúscula, seguido do nome da espécie, sempre em minúsculas. Essas convenções foram estabelecidas para facilitar a comunicação e o entendimento entre cientistas e estudiosos.

grupos tratados anteriormente no reino vegetal passaram a estar em quatro diferentes reinos – Monera, Protista, Fungi e Plantae. Mais recentemente, Margulis e Schwartz (2001) propuseram uma nova delimitação para o reino protista, no qual estariam incluídas também as algas de grande porte. No reino vegetal, estariam somente as plantas verdes verdadeiramente multicelulares (com conexões citoplasmáticas entre as células).

Entretanto, o reconhecimento de cinco reinos é bastante controverso. Atualmente, novos estudos, principalmente moleculares (com análises de DNA), têm questionado as relações de parentesco entre os grupos e até mesmo entre os organismos de cada reino. Entre as bactérias, percebeu-se que havia dois grupos fundamentalmente diferentes de bactérias: Archaeobacteria e Eubacteria. A diferença no genoma total entre elas é de cerca de 50%. Com base nessas evidências moleculares, muitos biólogos dividem atualmente os procariotos em dois reinos: Eubacteria e Archaeobacteria, resultando em um sistema de seis reinos (Solomon *et al.* 1999).

De qualquer forma, mesmo sendo grupos tão diversos, pertencentes a diferentes reinos e com grau de parentesco discutível, as bactérias (cianobactérias), algas, plantas e fungos continuam sendo vistos na área de Botânica por uma questão prática. Na tabela 1.1 é possível observar os grupos tratados nas áreas de Botânica e Zoologia e algumas das principais diferenças entre os organismos dos cinco reinos.

COGUMELOS, BOLORES E OUTROS FUNGOS – O PODER DE TRANSFORMAR ATÉ ESTERCO EM COISAS GOSTOSAS DE COMER

Os fungos, um reino à parte

Durante muito tempo, os fungos foram considerados pertencentes ao reino das plantas. Algumas características em comum com as plantas (como imobilidade, presença de parede celular e reprodução por esporos) faziam com que fossem considerados plantas primitivas aclorofiladas. Contudo, estudos mais detalhados mostram que os fungos são muito distintos das plantas. Investigações baseadas em análises moleculares (DNA) demonstram que os fungos estão mais relacionados aos animais do que às plantas. Um aspecto importante que os distingue dos vegetais é que eles são heterótrofos, ou seja, alimentam-se de matéria orgânica viva ou morta e crescem no interior do alimento que vão consumir. Em seu desenvolvimento, os fungos formam filamentos ramificados de células chamados de *hifas* (Figura 1.5). Essas hifas se entrelaçam em um emaranhado denominado *micélio*, que cresce no interior do substrato orgânico que vão consumir. O micélio secreta enzimas digestivas, digerindo o alimento, e absorvem os produtos digeridos de modo semelhante ao de algumas bactérias.

Mesmo sem perceber, você já deve ter visto um micélio denso. Você já viu nos supermercados aquelas geladeiras com queijos franceses chiques e caros? Olhe lá e veja que os queijos “camembert” ou “brie” possuem por fora uma camada branca e densa. Essa capa é um micélio. Se você deixar um queijo-de-minas dentro de um saco plástico na geladeira, em um mês ele estará coberto por um micélio, mais mole e com gosto mais forte.

Referências:

Solomon, Berg & Martin. Biology, 5th ed. 1999, p.470.

Whittaker, R.H. *New concepts of kingdoms of organisms*. Science vol 163, p. 150-163. 1969.

Margulis, L. e K.V. Schwartz. *Cinco Reinos – um guia ilustrado dos filós da vida na terra*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2001.

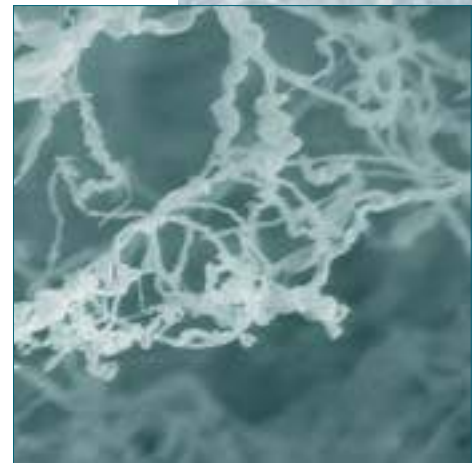




Figura 1.5 - Hifas de fungos vistas em microscópio eletrônico de varredura (Foto de Gregório Ceccantini).

Reino	Organização celular	Célula	Parede celular	Fonte de energia	Mobilidade	Papel ecológico	Quem são
Archaeobacteria*	unicelular	procarionte	ausente	autotrófica ou heterotrófica	móvel ou imóvel	decompositor ou produtor	arqueobactérias
Eubacteria*	unicelular	procarionte	presente	autotrófica ou heterotrófica	móvel ou imóvel	decompositor ou produtor	bactérias e cianobactérias
Protista+	unicelular ou multicelular	eucarionte	ausente	autotrófica ou heterotrófica	móvel ou imóvel	consumidor ou produtor	protozoários e algas
Fungi*	unicelular ou multicelular	eucarionte	presente	heterotrófica	imóvel	decompositor	fungos (cogumelos e bolores)
Plantae*	multicelular (multinucleado)	eucarionte	presente	autotrófica	imóvel	produtor	plantas
Animalia-	multicelular	eucarionte	ausente	heterotrófica	móvel ou imóvel	consumidor	animais

 * Reinos estudados pela botânica

 – Reino estudado pela zoologia


 + Reino estudado pela zoologia e pela botânica

Tabela 1.1 – Comparação entre características dos Reinos Archaeobacteria, Eubacteria, Protista, Fungi, Plantae e Animalia.



Por suas características e peculiaridades, os fungos foram classificados em um reino só para eles – o Reino Fungi –, que possui grande diversidade de espécies ainda desconhecidas. Os fungos podem ser unicelulares, coloniais, mas a maioria é multicelular e muitos deles apresentam células multinucleadas.

Os fungos estão por toda parte. Neste momento, ao seu redor há milhares de esporos, que são células capazes de germinar e dar origem a um novo fungo. Há esporos no ar que você respira, na mesa, na sua pele, no solo – os fungos estão em tudo. Basta que eles encontrem um lugar propício (alimento com umidade) como um tomate ou pedaço de pão. Se você sofre de asma ou alergias, deve sofrer um bocado com os fungos. Em locais empoeirados e úmidos crescem muitos fungos, que se alimentam de restos orgânicos contidos na poeira (como pele e cabelo). Esses fungos soltam milhões de esporos microscópicos que flutuam no ar, causando as alergias. Para piorar, servem de alimento para ácaros que aumentam ainda mais as reações alérgicas.

Junto com as bactérias, os fungos são os principais decompositores da biosfera. Sem eles, a Terra estaria repleta de animais mortos, restos de vegetais e troncos de árvores sem vida. Eles são responsáveis pela ciclagem de nutrientes – por exemplo, pelo ciclo do carbono. Você, sem perceber, já deve ter participado desse processo. As plantas fazem a fotossíntese, absorvendo o carbono do ar; com ele produzem açúcares (que são compostos formados de carbono e água) que nós e os demais animais ingerimos quando as comemos. Esses açúcares passam a fazer parte do nosso corpo ou saem nas fezes. Os fungos e bactérias decompõem fezes e partes do corpo, oxidando de novo as substâncias com carbono, devolvendo o gás carbônico à atmosfera. Você ainda está vivo, mas não têm como escapar: você também vai colaborar para fechar o ciclo.

Lembra quando aquele pão embolorou e formaram-se sobre ele manchas esbranquiçadas ou esverdeadas? Pois é, essas manchas nada mais são do que fungos, conhecidos popularmente como *bolores*. Além dos bolores, há também outros fungos conhecidos: os cogumelos, as orelhas-de-pau, comuns em troncos apodrecidos, e as leveduras como o fermento de pão.

Na fabricação de pães, as leveduras (fermento biológico) desenvolvem um papel fundamental para que se obtenha um pão “fofo” e macio. O levedo, ao efetuar a sua respiração anaeróbia (a fermentação), libera gás carbônico (CO_2); esse gás faz com que a massa “cresça”. Depois de assado, o pão fica leve e fofo.

As bebidas alcoólicas, como a cerveja e o vinho, também utilizam leveduras na sua fabricação. Na fermentação alcoólica há a liberação de dois subprodutos: gás carbônico e álcool. No caso dos pães o álcool evapora, enquanto na cerveja ele fica retido no líquido. Junto com o álcool, formam-se bolhinhas da cerveja e da champagne, que são o gás carbônico resultante da fermentação alcoólica.

Além de serem importantes na economia da indústria alimentícia, os fungos podem ser parasitas de plantas ou animais. Muitos agentes causadores de doenças de plantas são fungos. A ferrugem do café e a cigatoca-negra da banana são exemplos de fungos que causam grandes prejuízos e exigem o uso de produtos químicos nas lavouras (fungicidas). Além disso, são os causadores das micoses humanas, como o pé-de-atleta e a frieira. Você já viu peixinhos de aquário com um tufo parecido com algodão crescendo no corpo? Também é uma micose.



O sexo dos fungos

A reprodução dos fungos pode ser *assexuada* (por esporos ou fragmentação de partes do fungo) ou *sexuada* (envolvendo a troca de material genético e liberação de esporos). Na reprodução sexuada, há o encontro de duas hifas sexualmente compatíveis, que juntam seus núcleos. Após esse encontro, elas desenvolvem-se juntas e formam, geralmente, para fora do substrato, os *corpos de reprodução ou frutificação*, que, às vezes, possuem a forma de um chapéu, os *cogumelos* que todos nós conhecemos. As células dos corpos de frutificação sofrem meiose e dão origem a esporos que desenvolverão novas hifas.

Relações simbióticas: os fungos e os outros reinos

Ao longo da evolução, os fungos desenvolveram interessantes *relações simbióticas* com seres de outros reinos. Veja os exemplos abaixo:

Micorrizas: as micorrizas (*mikes*, do grego “fungo” e *rhíza* do grego “raiz”) são associações entre a maioria das plantas vasculares e fungos que desenvolvem-se em suas raízes. A presença do fungo pode auxiliar na germinação das sementes e na obtenção de nutrientes do solo.

Líquens: os líquens são associações entre fungos e algas ou fungos e cianobactérias. As algas verdes e cianobactérias realizam fotossíntese e provêm o fungo de matéria orgânica. Em contrapartida, os fungos fornecem sais minerais e propiciam um local úmido o suficiente para que esses organismos se desenvolvam (Figura 1.6).



Fig. 1.6 - Líquens foliosos sobre rocha (Foto de Fabíola Bovo Mendonça).

Fazendas naturais de fungos: algumas formigas são verdadeiras “agricultoras” de fungos, pois levam para o formigueiro fragmentos de vegetais para alimentar os fungos de suas criações, alimentando-se posteriormente de parte deles.

Cogumelos comestíveis

Comer cogumelos não é um costume muito difundido no Brasil, mesmo porque eles não costumam ser baratos, mas há alguns que são muito saborosos, como os *champignons* ou os cogumelos japoneses *shitake* ou *shimeji*. Infelizmente, não é qualquer cogumelo que se pode comer, e os saborosos são cultivados em estufas em um processo complicado. O mais incrível é que, para cultivá-los, utilizam-se vários tipos de restos, como palhas de arroz e milho, esterco de galinha e cavalo ou mesmo tocos de madeira. Quem diria que uma orelha-de-pau pudesse ser saborosa?

Cogumelos tóxicos e alucinógenos

Além dos comestíveis, há os cogumelos que são alucinógenos e venenosos. Não é fácil de identificá-los e mais difícil ainda é saber a partir de que quantidade a ingestão de um cogumelo pode ser letal. Muitas pessoas já quiseram ingerir cogumelos por seu poder alucinógeno e acabaram se envenenando.

A VIDA NA TERRA E A FOTOSÍNTESE

Os fósseis mais antigos encontrados até hoje na Terra estavam localizados em rochas australianas, com cerca de 3,5 bilhões de anos, e eram compostos de células muito simples, semelhantes às bactérias que conhecemos hoje.

Sabe-se pouco sobre os primeiros organismos que existiram na Terra. Provavelmente eram seres procariontes semelhantes às bactérias atuais. É provável, também, que fossem *heterótrofos* (palavra de origem grega: *heteros*, “outro”, e *trophos*, “alimentar”). Os organismos heterotróficos são organismos que consomem compostos orgânicos produzidos por fontes externas, ou seja, que se alimentam de outros seres ou de produtos de outros seres. Os animais, os fungos e também bactérias e protozoários são heterótrofos.

Outros organismos, capazes de produzir moléculas orgânicas ricas em energia a partir de matérias inorgânicas, são autótrofos (palavra de origem grega: *auto*, “por si próprio”, e *trophos*, “alimentar”). Um organismo autótrofo é capaz de fabricar o seu próprio alimento. Mas como isso é possível? Certas células desenvolveram mecanismos de transformar a energia solar em moléculas orgânicas por meio da fotossíntese. Entre os seres fotossintetizantes estão algumas bactérias, como as cianobactérias (Figura 1.7), as algas eucarióticas e as plantas com cloroplastos verdes (Figura 1.8).

A teoria mais aceita para a origem dos primeiros eucariotos fotossintetizantes é a *teoria endossimbiótica* (*endo*, “posição interior, dentro” e *simbiose*, “associação íntima entre dois organismos”). Acredita-se que organelas celulares, como mitocôndrias e cloroplastos, são descendentes de bactérias que foram fagocitadas por células eucarióticas e passaram a fazer parte de uma célula hospedeira. A célula hospedeira foi capaz de incorporar essas células procarióticas de forma que não fossem destruídas, mas passassem a fazer parte dela. Portanto, as bactérias seriam ancestrais das mitocôndrias e cloroplastos, e em épocas diferentes, estabeleceram uma relação simbiótica com a célula hospedeira.

Eis alguns dos argumentos que sustentam essa idéia: são organelas revestidas por uma unidade de membrana; a ocorrência de DNA circular tanto nessas organelas quanto em bactérias, e não em cromossomos, como acontece nos núcleos dos eucariotos; a presença de genes específicos para proteínas estruturais e funcionais das organelas apenas no seu DNA e não no núcleo; a estrutura dos genes ser típica de bactérias; a incapacidade de as células gerarem essas organelas se estas forem destruídas; a necessidade de que ao menos uma dessas organelas seja passada da célula mãe para a célula filha durante a divisão mitótica da célula eucariótica, ou as células descendentes não terão as organelas e serão inviáveis; o fato de cloroplastos e mitocôndrias de dividirem por fissão, como as bactérias fazem.

Entretanto, as bactérias ancestrais dos cloroplastos tinham características diferenciais, pois eram células procarióticas capazes de fazer fotossíntese. Assim, a célula hospedeira que incorporou os cloroplastos passou a ter a capacidade de produzir energia orgânica a partir de moléculas inorgânicas e energia solar. Acredita-se que, dessa forma, tenham surgido os primeiros seres eucariotos fotossintetizantes semelhantes a algas unicelulares atuais.

À medida que os seres fotossintetizantes aumentavam, as características da atmosfera da Terra se modificavam. Uma das principais mudanças foi o aumento na quantidade de oxigênio livre (O_2), que deve ter sido decisivo no

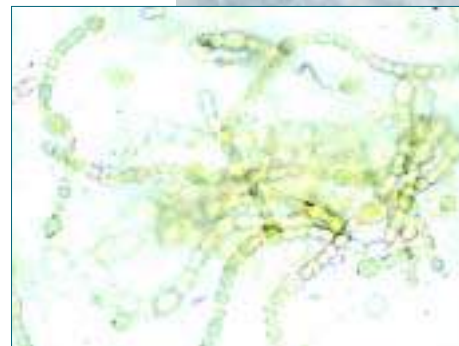


Fig. 1.7 - Filamento de cianobactérias (Foto de Gregório Ceccantini).

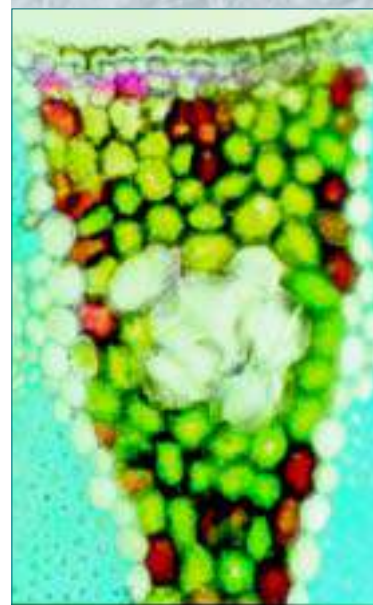


Fig. 1.8 - Cloroplastos em células da folha de linhoda-Nova-Zelândia (*Phormium tenax*) (Foto de Gregório Ceccantini).

desenvolvimento de outros seres. Com mais oxigênio na atmosfera, a Terra tornou-se mais favorável à permanência de muitos organismos para os quais o oxigênio livre é imprescindível, os organismos *aeróbios*. Dessa forma, houve uma grande diversificação dos seres vivos, e a fotossíntese teve um papel fundamental para a vida na Terra.

A DIVERSIDADE DOS ORGANISMOS FOTOSINTETIZANTES

O que bactérias, algas, musgos, samambaias, pinheiros e roseiras têm em comum?

Os organismos fotossintetizantes pertencem a grupos bastante diversificados. O que todos têm em comum é a presença de um pigmento: a *clorofila do tipo a*, característica compartilhada pelas cianobactérias, algas e plantas.

As algas

O nome “algas” é antigo e vago. Antigamente incluía organismos simples que vivem principalmente em ambiente aquático doce ou marinho ou ambiente terrestre úmido. São organismos bem diversificados sem ancestralidade comum, desde procarióticos até eucarióticos, unicelulares ou multicelulares, com pigmentos e colorações variadas. Desde seres microscópicos até com dezenas de metros de comprimento. Alguns grupos apresentam ciclos de vida com alternância de gerações diplóides ($2n$) e haplóides (n).

As algas azuis ou cianofíceas são na verdade procarióticas, e devem ser tratadas como cianobactérias, do reino Eubacteria, mas tradicionalmente eram estudadas pela Botânica.

Todos os grupos de algas eucarióticas possuem, ao menos, um tipo de clorofila, além da clorofila *a*. Esta é a principal evidência de que todos os organismos fotossintetizantes eucarióticos foram originados de um mesmo ancestral, que já possuía a clorofila *a*. Outros pigmentos como as clorofilas *b*, *c*, *d* e carotenóides podem ocorrer em alguns grupos. Algumas são unicelulares, microscópicas e flageladas, como as *euglenas*, enquanto outras podem possuir uma parede celular rígida composta de sílica, como as *diatomácias* (Figura 1.9). Podem ser unicelulares de vida livre ou coloniais.

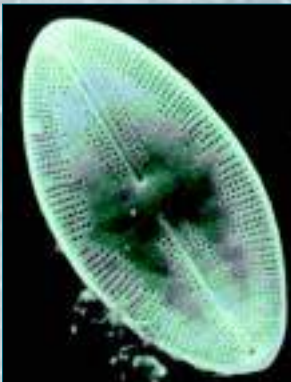


Fig. 1.9 - Diatomácia com parede silicosa vista em microscópio eletrônico de varredura (*Achnanthes salvadoriana*) (Foto de Thelma Veiga Ludwig).



Fig. 1.10 - Algas verdes em costão rochoso – *Ulva* a esquerda e *Halimeda* à direita. (Foto de Estela Plastino).

As algas multicelulares ou macroscópicas podem ser filamentosas (ramificadas ou não), talosas ou formando lâminas extensas. Entre elas são reconhecidos alguns grupos, como *algas pardas* (Filo *Phaeophyta*) e *algas vermelhas* (*Rhodophyta*). Além desses, existem as algas verdes (*Chlorophyta*), que por possuírem clorofila *a* e clorofila *b*, entre outras características, são reconhecidas como o grupo mais relacionado às plantas. Acredita-se que ancestrais semelhantes às algas verdes atuais deram origem às plantas.

No litoral brasileiro, principalmente nos costões rochosos, é possível observar algumas algas macroscópicas, como a alface-do-mar (gênero *Ulva* – Figura 1.10), uma alga com lâminas finas e delicadas do grupo das algas verdes. O sargaço, uma alga parda (gênero *Sargassum* – Figura 1.11) comum na costa brasileira, possui ramos achatados que parecem folhas e pequenas vesículas de ar (esferas ocas que auxiliam a flutuação).

Alguns grupos se reproduzem de forma assexuada, por brotamento e fragmentação de um talo multicelular ou pela formação de esporos, enquanto outros podem se reproduzir também de forma *sexuada*, com formação de gametas.

As algas são de grande importância econômica. O consumo de algas ou de produtos à base de algas é comum para muitos povos orientais. Na culinária japonesa, por exemplo, os famosos sushis (aqueles “bolinhos” de arroz e alga) podem ser feitos com uma alga vermelha, conhecida como *nori* (*Porphyra spp.*). Muitos espessantes e estabilizantes – que são substâncias gelatinosas muito utilizadas nas indústrias alimentícia, de cosméticos e farmacêutica – são feitos a partir de algas vermelhas do gênero *Gracilaria* (Figura 1.12). Além disso, as algas e as cianobactérias têm grande importância ecológica, já que contribuem para o ciclo do carbono e são responsáveis por grande parte da fotossíntese realizada no planeta, contribuindo para a manutenção dos níveis de oxigênio da atmosfera. As algas também são a base da cadeia alimentar dos ambientes aquáticos, e junto com as cianobactérias constituem o fitoplâncton.

As plantas e seus ciclos de vida

Entre as plantas reconhecem-se quatro grandes grupos: as Briófitas (ex: musgos e hepáticas), as Pteridófitas (ex: samambaias e avencas), as Gimnospermas (ex: pinheiros e cicas) e as Angiospermas (ex: roseiras, laranjeiras e violetas). Para que você compreenda esses grupos, atente para o seguinte fato:

Os organismos do reino Plantae originaram-se a partir de ancestrais aquáticos, provavelmente do grupo de algas verdes. Assim, a história evolutiva das plantas está relacionada à ocupação gradual do ambiente terrestre e à independência de água para a reprodução.

Se queremos entender um organismo, uma coisa importante a fazer é compreender seu ciclo de vida. Isso se torna mais fácil se lembrarmos antes daquele que conhecemos bem: o ciclo em humanos. Nos humanos, o ciclo de vida não apresenta alternância de gerações (Figura 1.13). Há apenas uma geração diplóide, com células germinativas que sofrem uma meiose gamética. Essa meiose (R!) dá origem aos gametas (espermatozóide e óvulo) que se unem formando diretamente um novo ser diplóide. Já nas algas e plantas, é comum haver duas gerações independentes. Em muitas algas, há plantas haplóides com vida livre e plantas diplóides, ambas com morfologia similar, independentes e nem sempre há uma forma dominante (em duração ou tamanho). Já no ciclo de vida das plantas, ocorre uma alternância de gerações com o predomínio de uma das formas (Figura 1.14).

Abaixo são apresentados dois ciclos de vida diferentes: o primeiro ocorre nos grupos animais, como o ser humano, em que *não há* alternância de gerações, enquanto o segundo ocorre em todos os grupos de plantas, com gerações alternadas diplóide e haplóide:

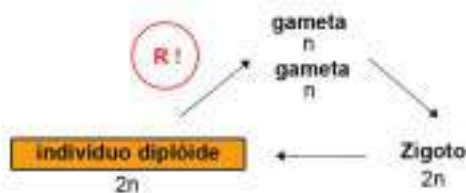


Fig. 1.13 - Ciclo de vida sem alternância de gerações (MEIOSE GAMÉTICA) – Ex: Ser Humano. R! = meiose.



Fig. 1.11 - Alga parda do gênero *Sargassum*. (Foto de Estela Plastino).



Fig. 1.12 - Alga vermelha do gênero *Gracilaria*, usada para a produção de substâncias espessantes. (Foto de Estela Plastino).



Fig. 1.14 - Ciclo de vida com alternância de gerações (MEIOSE ESPÓRICA) – Ex: Plantas. R! = meiose.

No ciclo de vida de todas as plantas há sempre uma geração diplóide, conhecida como *esporófito*, e uma geração haplóide, o *gametófito* (Figura 1.14). Mas nem sempre é fácil observar as duas fases em todos os grupos de plantas.

Uma característica adaptativa importante para a vida no ambiente terrestre foi o fato de os gametas estarem encerrados em estruturas compostas por células estéreis, protegidos da dessecação. Essas estruturas são conhecidas como *anterídio*, que protege os *anterozóides* (gametas masculinos), e *arquegônio*, que protege a *oosfera* (gameta feminino). Contudo, as briófitas ainda são dependentes da água, principalmente para a reprodução. Seus gametas masculinos são flagelados e necessitam de um meio líquido para chegar até o gameta feminino; a fecundação ocorre dentro do *arquegônio*. Após a fecundação, sobre o gametófito desenvolve-se o esporófito, que nunca se torna independente da planta mãe (Figura 1.15). No esporófito ocorre divisão celular (meiose), surgem os esporos que são dispersos e originarão outros gametófitos.

Briófitas: plantas avasculares sem órgãos e sementes

As briófitas são pequenas plantas, comuns em ambientes úmidos (Figura 1.15). Nesse grupo estão os famosos musgos e as hepáticas. Elas possuem o corpo multicelular, mas com tecidos pouco diferenciados. Como não possuem vasos condutores, o transporte nas briófitas é lento. Elas não possuem raízes, caule e folhas verdadeiras, mas existem estruturas morfológicamente semelhantes à raiz (*rizóides*), a pequenas folhas (*filóides*) e ao caule (*caulóide*). Embora seja um grupo simples, elas são diversificadas, abundantes e cosmopolitas. O gênero do musgo *Sphagnum* ocupa mais de 1% da superfície da Terra.

Como as plantas originaram-se a partir de ancestrais aquáticos, a evolução do grupo está fortemente associada à ocupação do ambiente terrestre e à independência da água para a reprodução. As plantas antigas provavelmente eram muito semelhantes às briófitas atuais.

Nas briófitas a fase mais visível e duradoura (a planta em si) é a *fase gametofítica*, que originará os gametas masculinos e femininos.

Pteridófitas: as plantas vasculares sem sementes

Pertencem a esse grupo as samambaias e avencas. As principais novidades evolutivas das pteridófitas são a presença de vasos condutores (plantas vasculares) e órgãos verdadeiros (folhas, caules, raízes). Plantas semelhantes às pteridófitas atuais foram provavelmente as primeiras plantas vasculares, ou



Fig. 1.15 - Gametófito de musgo do gênero *Polytrichum* com esporófito crescendo sobre ele. (Foto de Gregório Ceccantini).

seja, as primeiras a possuem xilema e floema, tecidos responsáveis pelo transporte de sais minerais, água e matéria orgânica. Com os tecidos vasculares, esse grupo passou a ter uma maior independência da água, as plantas se tornaram mais altas e passaram a possuir raiz, caule e folhas verdadeiras.

Outra característica distinta desse grupo para as plantas avasculares (briófitas) é que a fase duradoura e mais visível é a fase do esporófito e não a do gametófito. A planta que a gente “vê”, a samambaia, é o esporófito. Nesse, desenvolvem-se os esporângios, que produzem e guardam os esporos até o momento da sua liberação. Os esporângios aparecem em grupos naquelas manchas alaranjadas ou castanhas, que em algumas épocas desenvolvem-se sob as folhas das samambaias (Figura 1.16). Os esporos germinam e dão origem ao gametófito, que é reduzido, conhecido também nas petridófitas como *protalo*. No gametófito, as células se dividem e surgem os gametas masculinos e femininos, geralmente um em cada extremidade do protalo. Os gametas masculinos, os anterozóides, são flagelados e, assim como nas briófitas, são dependentes de um meio líquido para chegar até o gameta feminino (oosfera). Após o encontro entre os gametas, desenvolve-se um novo esporófito.

Algumas samambaias arborescentes podem possuir em seu caule uma grande quantidade de raízes, que formam um emaranhado chamado de xaxim, muito utilizado como substrato para plantas. Os xaxins estão sendo extraídos de forma ilegal, já que essas plantas nativas não são cultivadas para esse fim; sua comercialização está proibida, pois várias espécies estão *ameaçadas de extinção*.

Gimnospermas: as plantas vasculares com sementes nuas

Se voltássemos no tempo, à época dos dinossauros, veríamos esses animais em uma paisagem repleta de plantas semelhantes a algumas pteridófitas e gimnospermas atuais.

As gimnospermas são plantas como os pinheiros (incluindo os de natal) e as araucárias, comuns nas regiões mais frias do Brasil, como Paraná e Rio Grande do Sul. De acordo com novos estudos, elas não formam um grupo natural, ou seja, nem todas possuem o mesmo ancestral. Nesse texto, para fins didáticos, optamos por tratá-las como um grupo, visto que possuem características em comum que facilitam o seu reconhecimento e compreensão.

Como as pteridófitas, as gimnospermas possuem a fase esporofítica mais visível e duradoura: a planta propriamente dita. Já os gametófitos são pouco visíveis e ainda mais reduzidos. Os gametófitos masculinos, nesse grupo, são os grãos de pólen, e os gametófitos femininos correspondem a uma parte interna do óvulo. Quando o pólen é formado, ele é um esporo (uma célula), mas quando o pólen é disperso, ele já se dividiu, então corresponde ao gametófito masculino. Os gametófitos desenvolvem-se sobre o esporófito, em ramos modificados em estruturas reprodutivas – os *estróbilos*. Há *microestróbilos*, onde se desenvolvem os gametófitos masculinos (grãos de pólen), que serão dispersos pelo vento até atingirem uma região específica de um megaestróbilos, onde estará o gametófito feminino.

Uma célula do grão de pólen se desenvolve em um *tubo polínico*, que carrega os gametas masculinos até a oosfera. Após a fecundação o óvulo transforma-se em *semente*, com uma “casca” de proteção (o tegumento), um material nutritivo (o tecido do gametófito) e o *embrião* (a planta jovem), que agora estará mais protegido. O tecido de reserva para a semente é o tecido do gametófito.

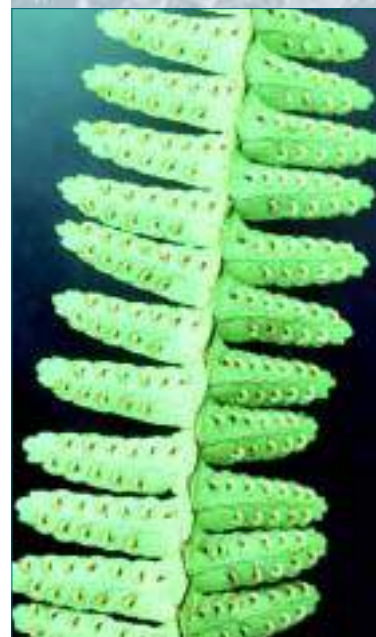


Fig. 1.16 - Grupos de esporângios na face inferior das folhas de samambaia. (Foto de Gregório Ceccantini).



Fig. 1. 17 - Semente de pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*).



Fig. 1.18 - Flor de *Vellozia*. (Foto de Nanuza Luíza de Menezes).

O pinhão, muito apreciado durante as comemorações juninas das regiões sul e sudeste, é na verdade uma semente de uma gimnosperma. A parte “gostosa” do pinhão é parte do gametófito feminino. Acontece que, algumas vezes, caso a fecundação não ocorra ou o embrião morra, a semente se forma sem o embrião (Figura 1.17).

Os principais ganhos evolutivos do grupo foram três: o surgimento dos grãos de pólen, que facilitam a dispersão dos gametas masculinos pelo vento; a fecundação pela formação de um tubo polínico que leva o gameta masculino (núcleo espermático) diretamente ao gameta feminino (oosfera), sem depender da água; o surgimento das sementes, um conjunto de reservas que protegem e nutrem o embrião no seu desenvolvimento inicial.

Angiospermas: as plantas vasculares com flores e frutos

Atualmente são conhecidas cerca de 235.000 espécies de angiospermas, que compreendem o maior grupo de plantas do mundo. Nesse grupo, estão os principais grupos de plantas utilizados na alimentação humana, como feijão, arroz, trigo, milho e soja, entre outros.

As angiospermas, graças à presença de *flores e frutos*, conseguiram ocupar habitats e nichos diversificados, permitindo sua grande irradiação pelo mundo (Figura 1.18). As flores permitiram mecanismos diversificados de polinização. Provavelmente o grande sucesso das angiospermas está ligado à co-evolução entre as flores e os polinizadores.

Assim como as pteridófitas e gimnospermas, as angiospermas também possuem o esporófito como fase duradoura, a planta em si. Os gametófitos reduzidos, assim como nas gimnospermas, também desenvolvem-se sobre o esporófito, só que agora em estruturas reprodutivas especializadas – as flores. O gametófito masculino, o grão de pólen, também é disperso até chegar ao gametófito feminino maduro, agora conhecido como *saco embrionário*.

O grão-de-pólen (gametófito masculino), ao chegar ao estigma, parte receptiva da flor, germina e origina um tubo polínico que cresce pelo interior do carpelo e leva duas células espermáticas até o gametófito feminino, onde está o gameta feminino (oosfera). Depois da fecundação, o óvulo fecundado se desenvolve em semente e o ovário – ou as estruturas associadas a ele – se desenvolverá no fruto. Os frutos, além de protegerem a semente e conseqüentemente o embrião, se tornaram importantes para a dispersão das sementes.

Na Figura 1.19 e na Tabela 1.2 são apresentadas as características usadas para definir os grupos de plantas.

As principais angiospermas: monocotiledôneas e eudicotiledôneas

Até pouco tempo atrás, eram reconhecidos entre as angiospermas dois grandes grupos com características distintas – as *monocotiledôneas* e as *dicotiledôneas*. Essa classificação foi proposta levando-se em consideração algumas semelhanças morfológicas, como a presença de um ou dois cotilédones (cotilédone = folha do embrião presente no interior da semente). Enquanto as monocotiledôneas possuem um só cotilédone (por isso o prefixo “mono”), as dicotiledôneas possuem dois (“dico”). A maioria dos livros didáticos apresenta essa classificação, que está desatualizada em relação ao conhecimento existente hoje.

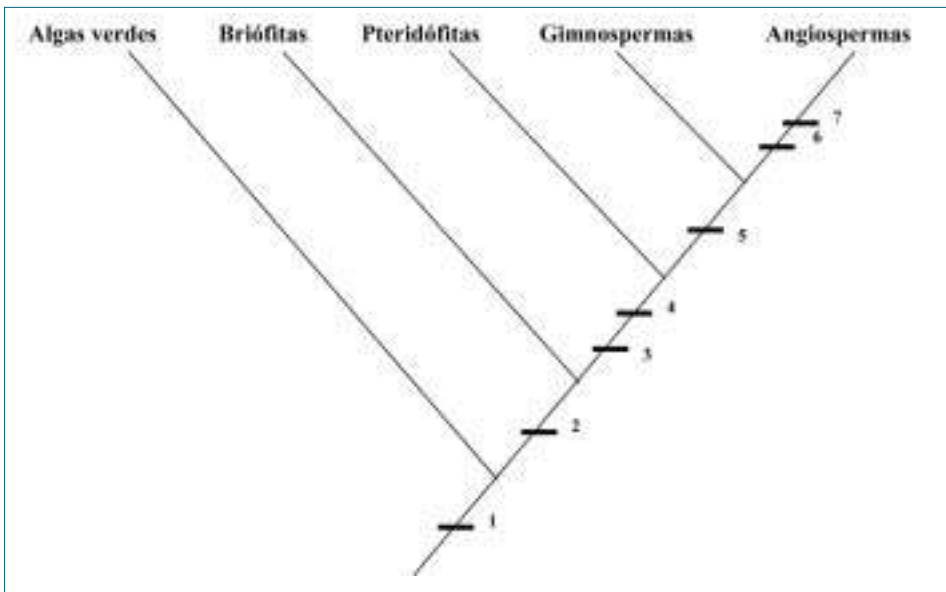


Figura 1.19 - Esquema simplificado representando algumas características compartilhadas entre as algas verdes e os principais grupos do Reino *Plantae*.

"novidades evolutivas"	Algas verdes	Briófitas	Pteridófitas	Gimnospermas	Angiospermas
1 - Clorofila a e b	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo
2 - Embrião multicelular com desenvolvimento dentro do gametofito feminino	Amarelo	Laranja	Laranja	Laranja	Laranja
3 - Vasos condutores – xilema e floema verdadeiros	Amarelo	Amarelo	Vermelho	Vermelho	Vermelho
4 - Fase esporofítica dominante	Amarelo	Amarelo	Azul	Azul	Azul
5 - Sementes	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Verde	Verde
6 - Flores	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Púrpura
7 - Frutos	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Preto

Tabela 1.2 - Grupos e principais "novidades evolutivas" das algas verdes, briófitas, gimnospermas e angiospermas.

Entretanto, estudos recentes das angiospermas revelaram que o grupo das dicotiledôneas é artificial, ou seja, não expressa uma relação de parentesco. Em estudos mais detalhados, em que levaram-se em conta outras características, como semelhanças entre o DNA das espécies, observou-se que alguns pequenos grupos de dicotiledôneas estão mais relacionados a outros grupos de plantas do que com as próprias dicotiledôneas. Dessa forma, as espécies que eram classificadas entre as dicotiledôneas não possuem um ancestral em comum. Por isso, esse grande grupo não é considerado natural e está sendo desmembrado: um grande grupo nomeado *eudicotiledôneas* ("dicotiledôneas verdadeiras") e outros pequenos grupos de *angiospermas* com características mais parecidas com as dos ancestrais. Como esses grupos são relativamente pequenos e ainda é incerto quem é "parente" de quem, não há consenso entre os especialistas quanto à definição de categorias de classificação para esses

Exercício

Algumas dessas características podem ser facilmente observadas por meio de um exercício prático. Vamos estudar algumas flores comuns no nosso dia-a-dia. Pegue uma folha e uma flor de uma violeta (ou azaléia) e de um lírio. Agora, com base nas características da tabela anterior das partes florais e do padrão de nervura, tente identificar a que grupo cada uma pertence.

1) Agora pense em plantas que você conhece do seu cotidiano, converse com os colegas, com o professor e pesquise. Quais são monocotiledôneas, como milho e palmito, e quais são eudicotiledôneas, como feijão e alface? Faça uma lista de plantas e coloque em duas colunas separadas.

nomes (classes, sub-classes etc.). Assim, não há a necessidade de nos preocuparmos com isso agora.

Mas nem tudo que sabíamos deixou de valer: com as monocotiledôneas nada aconteceu. Os estudos recentes confirmam que elas compõem um grupo natural e que todas possuem um mesmo ancestral.

De qualquer forma, as monocotiledôneas e as eudicotiledôneas são os dois maiores grupos das plantas com flores e podem ser facilmente diferenciados por algumas características morfológicas (Tabela 1.3), como já apontavam os pesquisadores antigos. Nas Figuras 1.20 a 1.22, você pode ver algumas das características distintivas entre os dois grupos.

	Monocotiledôneas	Eudicotiledôneas
Cotilédones	um	dois
Partes da flor (pétalas, sépalas etc.)	trímeras: partes florais em número de três ou múltiplo de três	tetrâmeras ou pentâmeras: partes florais em número de quatro ou cinco ou múltiplo desses números
Nervação da folha	paralelinérvea (nervuras paralelas entre si)	reticulada (nervuras entrecruzadas, formando uma rede)
Disposição dos feixes vasculares no caule	arranjo complexo	feixes dispostos em anel
Pólen	uniaperturado (com apenas um poro ou abertura)	triaperturado (com três poros ou aberturas)

Tabela 1.3



Fig. 1.20 - Flores de angiospermas: A- monocotiledônea (*Dietes bicolor*); B- eudicotiledônea (*Primula obconica*). (Fotos de Nanuza Luiza de Menezes).

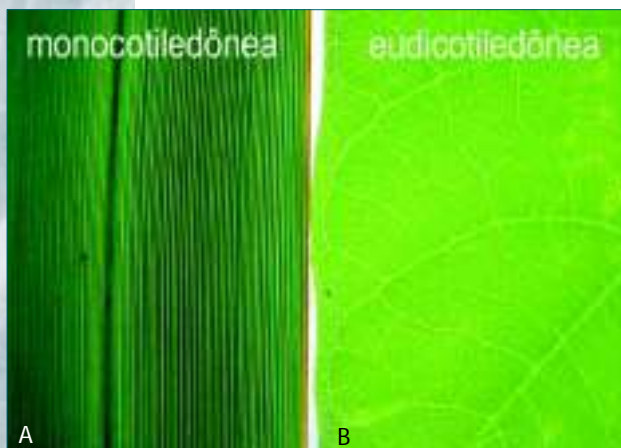


Fig. 1.21 - Nervação de folhas de angiospermas: A- monocotiledônea; B- eudicotiledônea.



Fig. 1.22 - Sistemas radiculares de angiospermas: A - fasciculado de monocotiledônea; B - pivotante de eudicotiledônea.

Unidade 2

Forma e função andam juntas

QUEBRA-CABEÇAS DE ÓRGÃOS VEGETAIS

Já aconteceu de você estar tão preocupado com algo que não consegue deixar de pensar em outra coisa que você tinha que estar fazendo, como estudar para uma prova? Você vai fazer o que precisa, mas acaba enxergando o material de estudo em todo lugar. Tudo que você faz ou vê te lembra daquilo que você precisa estudar. É o que chamamos de “ficar bitolado”.

Por exemplo, você está em um dia de grande motivação e boa vontade, e se oferece para ir ao supermercado para sua mãe. Você vai, mas o sentimento de culpa incomoda por dentro e você não consegue se desligar do estudo. Para todo lado que você olha, enxerga e tenta entender a matéria. Será que isso não pode ser uma grande oportunidade?

Pois é, não precisa desse drama todo para aproveitar um passeio pela feira ou pelo balcão de “hortifruti” do supermercado para entender alguns assuntos de Botânica, que nos textos parecem complicados.

Como muitas pessoas, é provável que você também já tenha se atrapalhado para entender que batata é caule, ou tenha ficado na dúvida quando ouviu dizer que abobrinha é fruto e não legume.

O fato é que, para entender *morfologia vegetal*, é preciso, antes de tudo, lembrar que como os vegetais aparecem muito no nosso cotidiano (principalmente em nossas panelas), há termos e definições populares que nem sempre correspondem à interpretação da ciência. Há uma pequena confusão desses termos entre a linguagem coloquial, do dia-a-dia, e a linguagem técnica da Botânica. Exemplos disso são as palavras *fruta* e *fruto*. Para o senso comum, as frutas são aqueles frutos doces e carnosos. Outro exemplo é a palavra *legume*: para os botânicos, legumes são as vagens, um tipo específico de fruto seco que se abre, como o feijão, a soja e ervilha (Figura 2.1). Ele ocorre numa família denominada Fabaceae ou Leguminosae, na qual parte de suas espécies possuem o tal legume como fruto. Já para as pessoas em geral, o termo legume denomina coisas morfologicamente tão diferentes quanto cenoura (que é uma *raiz*), batata (que é um *caule*) ou pepino (que é um *fruto*). Outros exemplos de termos populares imprecisos, que causam confusão, são *talo* (que serve para designar estruturas carnosas e alongadas) e *verdura* (que reúne as folhagens verdes usadas na alimentação, incluindo vários órgãos juntos). O brócolis, por exemplo, é um conjunto de caule, folhas e flores.

Organizadores

Paulo Takeo Sano

Lyria Mori

Elaboradores

Gregório Ceccantini

Fabíola Bovo

Mendonça



Fig. 2.1 - Fruto do tipo legume.



Fig. 2.2 - Caule com nós e internós.

Caule

O *caule* é reconhecido por ser, geralmente, uma estrutura alongada, que porta folhas e gemas (brotos ativos ou dormentes), com crescimento no ápice, verde ou não. Além disso, apresenta duas partes distintas: nós (regiões com folhas) e entrenós (regiões sem folhas) (Figura 2.2). Na feira, são exemplos de caule os “talos” de alface, de couve-flor, de brócolis, de alcachofra, os aspargos, o broto-de-bambu, entre outros. Note que todos esses exemplos possuem folhas e gemas.



Fig. 2.3 - Tubérculo de batata com brotamentos, mostrando que se trata de um caule com gemas. (Foto de Gregório Ceccantini).

A batata também é um caule, mas de crescimento subterrâneo e com função de reserva (tubérculo). É possível deduzir essa particularidade porque quando ela fica velha, começa a esverdear e brotar. Aqueles “olhinhos” da batata que precisamos tirar com a faca são gemas dormentes (Figura 2.3). Com o tempo, a batata fica verde, pois começa a fazer fotossíntese e brota porque essas gemas, que estavam dormentes, se ativaram, consumindo reservas de amido estocadas (as mesmas que nos fazem engordar). Além de tubérculos, existem outras adaptações dos caules, como as gavinhas, que se enrolam ajudando a prender plantas trepadeiras. Em outras plantas, como nos cactos, os caules são suculentos, armazenam água e são verdes, fazendo a fotossíntese no lugar das folhas (Figura 2.4). A flor-de-maio, tão comum, não apresenta folhas. Aquelas estruturas achatadas que vemos são caules que fazem fotossíntese. A prova disso é que é delas que saem as flores.

Raiz



Fig. 2.4 - Caule de planta da família das cactáceas com folhas transformadas em espinhos. (Foto de Gregório Ceccantini).

As *raízes*, ao contrário dos caules, geralmente não possuem gemas nem folhas, portanto não possuem nós e entrenós. São estruturas geralmente subterrâneas e que também podem se modificar e acumular reservas (cenoura, nabo, beterraba, rabanete, mandioca, batata-doce etc.) (Figura 2.5). As plantas podem ter dois tipos de sistemas radiculares (ver Figura 1.22): *sistema axial* (ou pivotante), com uma raiz principal, comum a muitas plantas não monocotiledôneas (cenoura, alface); e *sistema fasciculado*, que não possui raiz principal, comum nas monocotiledôneas (cebolinha, alho, milho).

As raízes normalmente possuem função de fixação e absorção de água e sais, mas lembre-se que há plantas que não possuem raízes, ou as raízes não têm alguma destas funções. Em algumas bromélias, as raízes só servem para fixação, enquanto outras nem possuem raízes.

Folhas

As *folhas* são muito comuns nas “verduras” e dão uma contribuição importante em nossa dieta, como importante fonte de fibras e vitaminas. São estruturas em geral achatadas e que saem lateralmente dos caules. No local de inserção da folha no caule, sempre há uma gema lateral capaz de brotar e gerar um outro caule (Figura 2.6). Também nas folhas, normalmente há uma nervura principal e nervuras secundárias, que são os locais com feixes de *xilema* e *floema*, por onde chegam água e sais para a folha e saem os produtos da *fotossíntese* para o resto da planta (Figura 2.7). Entre essas nervuras, há a *lâmina foliar* ou limbo, que é a superfície principal para a fotossíntese (Figura 2.7). São exemplos de folhas as partes que aproveitamos para comer da alface e da couve. Note, entretanto, que na base da couve-flor e do brócolis também há folhas.

As folhas podem ser inteiras, como no almeirão, ou divididas como na cenoura e no nabo. Lembre-se de que as plantas precisam de estruturas que fazem fotossíntese, e a estrutura que geralmente faz isso é a folha. Nem sempre as folhas chegam até nosso prato, pois podem ter sido removidas no preparo, nos casos em que não as comemos. É o caso da cenoura, do nabo e da beterraba. A batata, por outro lado, não vem com folhas, pois estas se formam quando a planta está na fase vegetativa.

Em muitas plantas, as folhas se adaptaram a outras funções, como defesa ou fixação, ou desapareceram para evitar a perda de água. Em alguns cactos, as folhas podem ser transformadas em espinhos (Figura 2.4) e em algumas trepadeiras as folhas ou partes delas são transformadas em gavinhas. Em algumas plantas, como as bromélias, as folhas podem estar adaptadas a absorver água e minerais, papel geralmente exercido pelas raízes (Figura 2.8). Há folhas, como as das plantas carnívoras, em que as folhas ou parte delas são transformadas em armadilhas para capturar insetos (Figura 2.9). Algumas têm tentáculos com cola, outras têm vasos com interior atraente e escorregadio, outras se fecham prendendo os insetos. Há ainda plantas parasitas, como o cipó-chumbo, que se parece com um macarrão amarelo, em que não existem folhas e retira tudo de que precisa de uma planta hospedeira.



Fig. 2.5 - Raízes tuberosas contendo reservas. (Foto de Gregório Ceccantini).



Fig. 2.6 - Folha de eudicotiledônea e suas partes.



Fig. 2.7 - Folha diafanizada mostrando a nervuras que contém xilema e floema. (Foto de Gregório Ceccantini).



Fig. 2.8 - Bromélia que vive sobre as árvores da floresta úmida e que não possui raízes (*Tillandsia usneoides*). (Foto de Gregório Ceccantini).



Fig. 2.9 - Planta insetívora (*Drosera communis*), com folhas modificadas com apêndices que produzem substâncias pegajosa que auxiliam a capturar insetos. (Foto de Gregório Ceccantini).

Flor

As *flores*, por sua vez, são órgãos reprodutivos, que incluem partes de caule e folhas modificadas, como pétalas, sépalas, estames, para as funções de atração de polinizadores e reprodução. Nas flores podem estar juntas partes femininas, como o ovário (que dará origem ao fruto e dentro dele os óvulos, que darão origem às sementes) e partes masculinas, como os estames (com anteras contendo o pólen) (Figura 2.10). As flores podem aparecer isoladas no caso das rosas, ou em inflorescências, como na couve-flor ou no brócolis. Quando você for a uma floricultura, aproveite para analisar a diversidade existente, lembrando que os coloridos vistosos estão relacionados à atração dos polinizadores, que auxiliam na fecundação.



Fig. 2.10 - Flor de quaresmeira (*Tibouchina granulosa*) cortada longitudinalmente mostrando suas partes. (Foto de Gregório Ceccantini).

Fruto e semente

Os resultados da fecundação, que ocorre nas flores, são o desenvolvimento dos ovários em *fruto* e dos óvulos, situados em seu interior, em *sementes* (Figura 2.11). Assim, muitas coisas que comemos e denominamos genericamente como legumes são, na verdade, frutos. Apesar de abobrinhas, pepinos, vagens, berinjelas e pimentões normalmente serem consumidos em pratos salgados, também são frutos como as laranjas, bananas e melancias. Basta verificar que essa estrutura é a que porta as sementes. Grãos de cereais, como milho, trigo e arroz também são frutos, pois são o resultado da maturação do ovário de uma só semente. Nesses frutos, as sementes estão soldadas às paredes dos frutos. Por isso, na preparação industrial do trigo e do arroz, os grãos são polidos por atrito, removendo o ovário, que só persiste nos grãos chamados “integrais”. O arroz ou trigo comuns, que comemos no dia-a-dia, apresentam apenas o interior da semente (endosperma), ou seja, a parte que possui reservas de amido.



Fig. 2.11 - Seqüência de maturação mostrando botão floral, flor, ovário fecundado até o fruto com sementes em feijão guandu (*Cajanus cajan*).

As *sementes*, por sua vez, são o resultado da maturação dos óvulos fecundados, formados no interior dos frutos, constituindo a forma de resistência e dispersão de muitas plantas. É fácil lembrar que feijões e ervilhas são sementes, pois germinam expondo o embrião, que é a planta da nova geração, formada da fecundação dos gametas. Nesse pequeno embrião, já existem os órgãos vegetativos jovens (caule, raiz, folha).

O quebra-cabeças montado

Existem materiais na feira que podem parecer complicados. A alcachofra, por exemplo, é uma estrutura mais complexa. É uma *inflorescência*, como a margarida e o girassol (Figura 2.12). Mas se você entender os órgãos, fica fácil. Veja como: o “talo” da alcachofra é um caule que sustenta a inflorescência no alto da planta. O coração da alcachofra (tão saboroso) é um caule achatado, (receptáculo) sobre o qual crescem as flores. As plaquinhas que arrancamos e raspamos são folhas modificadas que protegem a inflorescência. Os “espinhos” que jogamos fora são na verdade as flores ainda não desabrochadas, protegidas pelas folhas que recobrem a inflorescência.



Fig. 2.12 - Inflorescências de plantas da família *Compositae*. (Foto de Gregório Ceccantini).

Provavelmente, a única maneira de entender bem a morfologia vegetal é examinar os materiais na prática. Por isso, a partir de agora, aproveite sem culpa seus passeios nas feiras e mercados para olhar e manipular os vegetais.

Há uma diversidade imensa de materiais ali. Aproveite também aqueles instantes que antecedem a alimentação, examinando os vegetais presentes na mesa mesmo que não goste de comê-los.

DE ONDE VEIO A MAÇÃ DE ADÃO? (OU “DE ONDE VIERAM OS FRUTOS?”)

Toda a cultura ocidental é bastante influenciada pelas escrituras bíblicas. Assim, a expressão “fruto proibido” é bastante utilizada como metáfora para transgressões de regras, seja na literatura, em peças publicitárias ou mesmo na linguagem cotidiana. Mas, afinal, de onde veio a maçã de Adão? Apesar de o Velho Testamento não tocar no assunto, “a maçã” deve ter vindo de uma flor.

A flor vista de perto

Você certamente já viu uma flor. Mas já ficou alguns instantes olhando com atenção as partes de uma flor? Você pode não ter prestado muita atenção, mas já deve ter observado ou mesmo dissecado uma flor. Talvez tenha feito isso brincando de tirar as partes de uma flor-de-beijo (*Hibiscus rosa-sinensis*), como se estivesse “despindo uma bailarina” (as sépalas e pétalas de um hibisco lembram um pouco as saias de uma) (Figura 2.13). Ou até mesmo tirando a sorte em uma brincadeira de “mal-me-quer, bem-me-quer”, em que se arrancam, uma por uma, partes de uma margarida.

O termo angiosperma teve sua origem de duas palavras gregas: *angeion*, que significa “vaso” ou recipiente, e *sperma*, que significa “semente”. Pertencem a esse grupo plantas que possuem um “vaso que contém sementes” – o *carpelo* (do grego *karpos* = fruto). O carpelo é a estrutura essencial de uma flor, já que é ele que contém os óvulos, que após fecundados darão origem às sementes. Dessa forma, o nome angiosperma faz uma referência indireta à principal característica desse grupo: as flores, cujo papel é fundamental para a reprodução sexuada desse grupo.

As flores podem possuir diferentes colorações, configurações e tamanhos. Podem ter poucos milímetros, como as flores de um figo ou de algumas gramíneas (gramas e capins) ou serem enormes, com cerca de um metro de diâmetro, como a *Rafflesia*, a maior flor do mundo, que ocorre na ilha de Sumatra, na Oceania.

As flores possuem partes masculinas e femininas, que podem estar em uma mesma flor, como ocorre na maioria das plantas (a rosa, por exemplo). Outras possuem estas partes em flores diferentes da mesma planta – é o caso do antúrio e das palmeiras. Outras ainda possuem partes femininas e masculinas em flores diferentes de plantas diferentes, como a amoreira. As amoreiras (*Morus nigra*) apresentam árvores de sexos separados, sendo necessário que o pólen da planta masculina atinja o ovário das flores de plantas femininas para que obtenha-se frutos. Algo similar ocorre com os mamoeiros.

Mesmo que possam apresentar características diferentes, a maioria das flores é composta por partes atraentes ou de proteção (*sépalas* e *pétalas*) e partes reprodutivas (*gineceu* e *androceu*).

As sépalas e pétalas são muito variáveis. Há plantas que não possuem pétalas ou sépalas, ou apenas uma delas. Além disso, o número de sépalas e pétalas é bem variado para cada grupo de plantas, e pode ser importante para a classificação de alguns deles.

As estruturas mais externas, que geralmente são semelhantes a pequenas folhas verdes, são as sépalas. Mais internamente estão as pétalas, que também

Atividade

Após ler o texto, experiente caminhar numa feira, olhar para os produtos e tentar reconhecer os órgãos vegetais. Tente entender, por exemplo, o que são o cará, a cebola, a batata-doce e o rabanete.

1) Agora converse com seu colegas e tente listar produtos que vocês conhecem ou consomem na alimentação do dia-a-dia de todos os órgãos vegetais.



Fig. 2.13 - Flor do hibisco. (Foto de Gregório Ceccantini).

são folhas modificadas e quase sempre constituem a parte mais vistosa e colorida de uma flor (amarela, branca, rosa, vermelha). Tanto as pétalas quanto as sépalas variam em número e forma em cada grupo de plantas.



Fig. 2.15 - **Androceu** de várias plantas; consiste no conjunto das partes masculinas (estames); o estame é formado por filete e antera. (Foto de Gregório Ceccantini).

Internamente às pétalas, estão o androceu e o gineceu. O androceu (origem da palavra grega *andrós*, que significa homem) é o conjunto das partes masculinas da flor. Ele é formado pelos *estames*, constituídos de *filete* e *antera* (Figura 2.15). O filete é a haste alongada em que está inserida a antera, na qual estão localizados os minúsculos grãos de *pólen*. Os grãos de pólen, ao caírem na parte feminina (estigma), germinam, formando o tubo polínico, que vai liberar os gametas masculinos que fecundarão os gametas femininos. O gineceu (da palavra grega *gynaiko*, que significa mulher) é o conjunto de partes femininas da flor (Figura 2.16). Nele estão o estigma, o estilete e o ovário. O estilete é a parte entre o estigma (a parte receptiva ao pólen) e o ovário (parte dilatada que contém os óvulos com os gametas femininos). No óvulo, situado dentro do ovário, haverá o encontro dos gametas masculinos com os femininos. Esses gametas se unirão, formarão um zigoto, que originará o *embrião*, ou seja, a futura planta. Após a fecundação, o ovário se desenvolverá em um fruto e os diversos óvulos fecundados se transformarão em sementes.

Nem tudo o que parece é!

Mal-me-quer, bem-me-quer, mal-me-quer, bem-me-quer... Você se lembra de quando era criança e pegava flores de margarida para brincar de bem-me-quer? Que partes você tirava da flor, uma a uma? Você se lembra?

Talvez você tenha respondido: as pétalas. Quando você tirava cada uma das “pétalas”, na verdade você estava tirando flores inteiras, uma a uma. Embora a margarida pareça uma única flor, ela é uma *inflorescência*, isto é, um conjunto de várias flores. A margarida apresenta um tipo especial de inflorescência: nela há uma base ou disco esverdeado, em que estão inseridas várias flores de tamanhos e formas diferentes (ver Figura 2.12). As flores mais externas (aquilo que pensávamos serem “pétalas”) são flores que possuem uma pétala bem desenvolvida e as demais partes da flor bem reduzidas. As flores inseridas na parte central são reduzidas e possuem pétalas menores.

Há flores reunidas em inflorescência, como a margarida e hortênsia, além das isoladas ou unidas em pequenos grupos, como as rosas.

Plantas fazem sexo casual com muitos parceiros – Polinização

O título acima pode parecer um comportamento pouco seguro se estivermos tratando de seres humanos, mas para as plantas não é mal, nem algo incomum.

Seguramente você já ouviu alguma historinha que se conta para crianças quando elas perguntam a um adulto “de onde vêm os bebês?”, e este não quer falar de *sexo*. A da cegonha é a pior delas, mas há também a da sementinha na barriga da mãe e a da abelhinha. Pois a história da abelhinha não é tão má assim, pois ela trata mesmo de sexo. Só que ela é boa mesmo só para explicar como as plantas fazem sexo!

As plantas são semelhantes aos animais no que diz respeito à necessidade de procriar e no interesse em fazer fecundação cruzada, mas são muito mais versáteis no que diz respeito às “preferências” sexuais.



Fig. 2.16 - **Gineceu** de várias plantas; consiste no conjunto de partes femininas, contendo ovário, estilete e estigma. (Foto de Gregório Ceccantini).

Um ponto importante que não pode ser esquecido é que as plantas têm “dificuldades” para se deslocar. Elas até se movem, mas em geral lentamente e a curtas distâncias, e não podem se “desplantar” da terra à procura de parceiros para procriar. Assim, o que as plantas fazem é formar organismos intermediários durante seu ciclo de vida capazes de se mover, rapidamente e a longas distâncias, para encontrar parceiros reprodutivos. Esses organismos intermediários podem ser células individuais, como *gametas* livres que nadam (de pteridófitas e briófitas), ou podem ser organismos inteiros, como os grãos de *pólen*.

Que espanto! O pólen é um organismo inteiro? Sim, ele corresponde a uma fase do ciclo de vida, o *microgametófito* ou gametófito masculino. Esse gametófito atinge a parte feminina da planta e vai fecundar a *oosfera* (gameta feminino) formada pelo gametófito feminino (que pode estar no óvulo da flor ou do estróbilo). Ao cair no estigma da flor ou na abertura do óvulo das pinhas, o pólen germina e forma um *tubo polínico* (Figura 2.17) que cresce e insere os **núcleos espermáticos** (esses sim que são os gametas) no óvulo. A oosfera unida ao núcleo espermático forma o zigoto que será o embrião da nova planta e o óvulo fecundado que o contém vai virar a semente.



Fig. 2.17 - Pólen de maria-sem-vergonha germinando e formando o tubo polínico. (Foto de Gregório Ceccantini).

Mas a questão biológica que se coloca é como fazer sexo, levando o grão de pólen até a parte feminina de uma planta que pode estar muito longe. E como acertar a mira?

Para isso, as plantas podem usar diversos tipos de “ajudantes” e até artifícios para atraí-los. Podem estar envolvidos animais, elementos do meio ambiente e mecanismos morfológicos que usam princípios da física para transportar o pólen. Na falta destes estratagemas, algumas plantas se fecundam sozinhas.

1) Que grupos de animais e elementos do meio ambiente você conhece que auxiliam na polinização?

Ao responder a pergunta acima, certamente você deve ter pensado nas abelhas e nos beija flores, mas a lista de tipos de polinizadores é bem maior. As plantas podem ser polinizadas por besouros, moscas, vespas, vários tipos de aves, marsupiais, roedores e até morcegos. Sem contar o vento, a água e os mecanismos de auto-polinização.

Existem várias estratégias para garantir a polinização. Uma delas é usar polinizadores animais, outra é produzir grande quantidade de pólen e uma terceira é provocar a auto-polinização. A questão é que, para qualquer uma delas, é preciso gastar energia. A planta gasta energia para atrair os polinizadores ou para garantir que o pólen chegue sozinho em outra planta.

2) Como as plantas gastam energia para atrair polinizadores? Com que atividade é gasta a energia?

3) Como a planta gasta energia ao fazer polinização pelo vento?

Você deve ter imaginado que para fazer polinização com animais é preciso atraí-los primeiro. Para isso, são usados vários tipos de atrativos: folhas coloridas (como nas bromélias), pétalas de flores coloridas (como no ipê), perfume fortes (como o do jasmim), néctar açucarado para as abelhas, ou mesmo pólen abundante, que serve de alimento para muitos insetos. Para que o polinizador faça esses “especial favor” de levar o pólen de uma flor a outra, geralmente ele

ganha um prêmio. Na maioria das vezes, é o néctar (líquido açucarado) e o próprio pólen, que são a base da alimentação de muitos desses animais. O polinizador vai em direção às flores em busca dos recursos dos quais necessita, se suja com o pólen e acaba polinizando outra flor numa nova visita.

O fato é que as plantas gastam energia, produzida pela fotossíntese, e nutrientes, extraídos do solo, para produzir perfumes, cores, néctar etc. Isso sai caro no metabolismo. Assim, as plantas produzem estruturas especiais (inflorescências, brácteas, sépalas, pétalas), pigmentos e perfumes, gastando energia. Para valer a pena, elas têm que garantir a fidelidade dos polinizadores. Para garantir a fidelidade, há uma série de características das flores que favorecem tipos específicos de polinizador e, ao mesmo tempo, impedem que outro polinizador utilize o recurso. Isso é vantajoso, pois se um dado polinizador visita uma flor e depois não visita outra flor da mesma espécie, ele não efetiva a polinização desta espécie, e todo o investimento é perdido.



Fig. 2.18 - Flor tubulosa e vermelha polinizada por beija-flor. (Foto de Gregório Ceccantini).

Assim, flores polinizadas por beija-flores, como muitas bromélias, normalmente são tubulosas, com os nectários bem no fundo, de forma que apenas uma ave de bico e língua longos conseguirá sugar o néctar, o que restringe o tipo de visitantes dessa flor. Essas plantas, além de tudo, abrem suas flores de dia, período em que beija-flores estão ativos, e costumam ter peças vermelhas ou rosadas – cores que os pássaros enxergam bem (Figura 2.18).

Outras flores, como as margaridas e o picão, possuem tubos muito finos, que não permitem a entrada de um bico ou de um inseto inteiro. Apenas borboletas, que são insetos de tromba longa, conseguem coletar o néctar. Note que essas flores são amarelas e de abertura diurna. O amarelo é uma cor que borboletas enxergam bem, e é durante o dia que elas são ativas (Figura 2.19). Plantas com morfologia parecida, mas com abertura noturna, de cores claras (bege ou branco) e muito perfumadas, são por sua vez polinizadas por mariposas. À noite, as cores têm pouca importância, já que o que se distingue é o claro do escuro, e o perfume pode ser um atrativo mais eficiente.



Fig. 2.19 - Inflorescência de uma planta da família *Compositae* com flores tubulosas diminutas, polinizadas por borboletas.

Existem outros polinizadores noturnos importantes além das mariposas: são os morcegos. Surpreso? Pois sem esses animais, sempre satanizados nos filmes, nós não teríamos bananas. Embora os morcegos vampiros sejam os mais famosos, existem morcegos que se alimentam de peixes, de carne, de frutos e até de néctar. Esses morcegos nectarívoros são muito importantes na natureza, pois polinizam muitas espécies vegetais. Das espécies mais conhecidas, estão a banana (*Musa paradisiaca*, Musaceae) (Figura 2.20), o embiruçu (*Pseudobombax longiflorum*, Malvaceae) e o ingá (*Inga edulis*, Leguminosae). As flores polinizadas por morcegos, além de terem abertura noturna e cores claras, perfume muito doce e até azedo, também são grandes e possuem partes rígidas (folhas, brácteas) que permitem que os morcegos se segurem. Outra característica importante é que essas flores produzem muito néctar, mas aos poucos, ao longo de toda a noite. Isso obriga os morcegos a visitarem muitas flores e a mesma flor várias vezes, para garantir a quantidade de energia necessária para sobreviverem, já que são animais de sangue quente e de vôo batido, que consome muita energia. O resultado é que acabam polinizando muitas flores durante uma só noite.



Fig. 2.20 - Inflorescência de bananeira, com partes rígidas onde os morcegos se fixam para se alimentar de néctar. (Foto de Gregório Ceccantini).

Para fazer polinização usando o vento ou a água, há uma grande dependência do acaso. Os grãos de pólen devem ser levados pelo vento e atingir

exatamente o estigma de uma flor de angiosperma ou a entrada do óvulo das pinhas das gimnospermas. Tem que haver uma produção imensa de pólen para que a polinização ocorra. Para facilitar, muitas plantas que usam essa estratégia crescem em florestas que perdem folhas no inverno; outras formam inflorescências em hastes altas, que sobressaem na vegetação, como os capins (gramíneas), local onde o vento não é barrado (Figura 2.21).

A lógica da estratégia de polinização nas plantas pode ser compreendida observando o exemplo humano das peças publicitárias. Suponha que você quer fazer propaganda de produtos para maquiagem feminina. Você poderia fazer propaganda jogando vários panfletos na rua do alto de um prédio. Por acaso algumas mulheres poderiam ver o panfleto e se interessar pelo material. Mas há outra alternativa de investimento em propaganda: imprimir menos panfletos e pagar um menino para entregar apenas para as mulheres que estão maquiadas. Você teria certeza de que pessoas interessadas no seu produto receberiam o anúncio. O mesmo podemos pensar sobre um político em campanha, que distribui santinhos: em vez de fazer milhares de cópias e dar para todo mundo, é mais *eficiente e econômico* entregar os santinhos apenas para aqueles eleitores que podem ter mais interesse no trabalho dele (no seu bairro, da sua categoria profissional).

Há muitos exemplos de que as relações entre polinizadores e suas flores prediletas estão associadas a características perfeitamente complementares entre eles. Por exemplo: bicos de comprimento e diâmetro iguais aos de tubos de flores; polinizador que precisa de muito néctar aliado à flor que produz muito néctar. O conjunto de características do polinizador e da espécie vegetal é denominado *síndrome*. Há síndromes para polinização por aves, morcegos, besouros, mariposas, borboletas, abelhas, entre outras. O estudo dessas características mútuas pode ser explicado por uma teoria muito interessante da Biologia, denominada teoria da *co-evolução*. De uma forma simplificada, esta teoria sustenta que os avanços evolutivos de uma espécie vegetal (por exemplo, alongamento do tubo formado pela corola) foram sucedidos por mudanças evolutivas na espécie de polinizador associada, e isso, ao longo do tempo, também estimulou outras modificações da planta. Isso explicaria porque há tantas características complementares entre planta e polinizador, e tantas relações exclusivas, determinando que apenas uma espécie de polinizador é atraída ou consegue realizar a polinização de uma espécie de planta.

4) Por qual motivo você acha que as plantas podem ter vantagens na evolução se fizerem fecundação cruzada e tiverem muita variabilidade genética nas suas populações?

Ao usar animais para fazer sexo, pelos padrões morais dos humanos, as plantas podem ser consideradas verdadeiramente promíscuas. E é bom que seja assim, pois isso garante variabilidade genética, fundamental para a sobrevivência das espécies. O tomate, por exemplo, é o resultado da fecundação dos óvulos dentro do ovário da flor. Entretanto, esses óvulos são o resultado da fecundação por gametas que viajaram nos grãos de pólen, originados de muitas flores diferentes, de muitos indivíduos diferentes, trazidos por diversas visitas de abelhas diferentes e, possivelmente, diversas espécies de abelhas.

5) A cigatoca-negra é uma doença da bananeira causada por um fungo, que está matando bananeiras por todo o Brasil. Qual a importância da diversidade genética para a resistência às doenças? Por que as bananeiras cultivadas comercialmente são especialmente vulneráveis?



Fig. 2.21 - Polinização pelo vento: A-Inflorescências de capins (família das gramíneas) se destacam da vegetação; B- flores pequenas e pouco vistosas polinizadas pelo vento. (Fotos de Gregório Ceccantini).

Você já viu de onde sai a abóbora? E a melancia?

Pode ser difícil acreditar, mas frutos enormes como a melancia e a abóbora surgem de dentro de flores que são bem pequenas. Flor e fruto são órgãos importantes para caracterizar o grupo das angiospermas. Esses dois órgãos – flores e frutos – estão intimamente associados. Todo fruto veio de uma flor, mas nem toda flor um dia formará um fruto. Mas por quê? Porque nem toda flor é polinizada e fecundada.



Fig. 2.22 - Bananas selvagens com sementes (pachovás): seqüência de desenvolvimento da flor ao fruto. (Foto de Gregório Ceccantini).

O ovário maduro, após a fecundação, se desenvolverá em um fruto e os diversos óvulos fecundados se transformarão em sementes (Figura 2.22). O ovário da flor é como uma câmara, derivado de folhas modificadas. Por isso ele possui uma *epiderme externa*, um *tecido carnoso* e uma *epiderme interna*. A epiderme externa do carpelo corresponde à epiderme de uma superfície da folha, o tecido carnoso ao mesófilo da folha, enquanto a outra epiderme corresponde à epiderme do outro lado da folha. Essas partes crescerão e se modificarão para formar os frutos. Veja exemplos gostosos:

O pêssego e a ameixa-vermelha são frutos derivados do desenvolvimento apenas do ovário da flor. A “pele” aveludada do pêssego é o resultado do crescimento da epiderme do ovário da flor cheia de tricomas (“pêlos”). A polpa carnosa provém da parede do ovário e o “caroço” duro que envolve a semente deriva da epiderme interna do carpelo. A mesma coisa acontece com a azeitona e com a manga, só que nessa última a polpa é toda fibrosa, cheia de feixes vasculares (aquelas coisas chatas que entram entre os nossos dentes quando comemos).

Em outros frutos, o desenvolvimento das partes do ovário é diferente. Na laranja, não existe caroço, pois a epiderme interna não se endurece e fica suculenta. A casca amarela, cheia de cavidades (aquelas que arrebentam quando descascamos e espirram óleo ardido nos nossos olhos), é derivada da epiderme externa do carpelo. A parte branca amarga é a parede do ovário, enquanto as bolsas de suco são formadas pelo desenvolvimento da epiderme interna do carpelo. Cada bolsinha de suco é formada por muitas células, mas ao longo do amadurecimento as células internas se arrebentam e formam uma bolsa única. Erroneamente, muita gente pensa que essas bolsas são células. Cada gomo da laranja ou da mexerica é um carpelo do ovário (Figura 2.23).



Fig. 2.23 - Fruto cítrico com suas partes: a parte de fora, mais escura, é derivada da epiderme externa do ovário; a polpa branca da parede do ovário; a parte suculenta da epiderme interna do ovário.

Há também os frutos com partes comestíveis chamadas *acessórias*, que são resultado do desenvolvimento de outra parte da flor que não o ovário, como o pedúnculo ou as sépalas. A maçã e a pêra possuem o fruto no seu interior: é aquela parte que não comemos e jogamos fora. A parte carnosa e gostosa é a base da flor, onde se inserem as sépalas e pétalas (receptáculo), que cresce ao redor do fruto. Já o caju é considerado um *pseudofruto*, pois a parte carnosa é o pedúnculo da flor (“cabinho”) que torna-se carnoso, enquanto o fruto verdadeiro, derivado do ovário desenvolvido, é a castanha-de-caju. A castanha-de-caju é um fruto que é torrado e depois tem removido o tecido do ovário (pericarpo). O que comemos é só um embrião de uma eudicotiledônea – por isso ela se separa em duas metades. Cada metade é um cotilédone do embrião.

Os frutos e sementes provavelmente evoluíram junto com os seus agentes dispersores. Mecanismos tão diversos para a dispersão dos frutos, assim como a polinização, foram fundamentais para a diversificação das espécies de angiospermas. Você pode compreender melhor esses processos lendo o tópico “As plantas se movem”.

VOCÊ JÁ VIU BANANA COM SEMENTE?

Os frutos normalmente contêm sementes, com exceção dos frutos partenocárpicos, nos quais há a formação do fruto sem fecundação dos óvulos e, conseqüentemente, não há a formação de sementes. Isso ocorre, por exemplo com a banana e com o abacaxi cultivados. A banana que comemos é uma variedade “melhorada” capaz de produzir frutos sem fecundação. A vantagem disso é que não há sementes e toda a polpa formada é comestível. Você já imaginou uma banana toda cheia de sementes grandes que precisam ser cuspidas? Essas bananas selvagens com sementes existem em algumas florestas úmidas da América do Sul e Central e são chamadas popularmente de “pacovás” (ver Figura 2.22).

Sem veias ou artérias: condução pelo xilema e pelo floema

Há certas coisas das quais todo mundo já ouviu falar, mas se nos perguntam, sempre aparece uma dúvida para responder. É assim com os tecidos de condução das plantas. Todo mundo já ouviu falar de *xilema* e *floema*, mas saber exatamente quem é quem e o que cada um faz é uma dúvida freqüente para muita gente. Também parecem coisas de outro mundo, muito distantes da nossa vida, quando na verdade não são. O papel que você está lendo é feito de células do xilema e o açúcar dos doces que comemos foi produzido em uma folha, através da fotossíntese, e depois transportado pelo floema e estocado no caule da cana-de-açúcar.

Xilema

É pelo xilema que é transportada (para cima) a seiva mineral (erroneamente chamada de bruta) contendo água, sais e hormônios. Essa seiva não é apenas mineral, pois nela há hormônios, substâncias nitrogenadas e orgânicas, e muito menos *bruta*, pois seu conteúdo é determinado pelas raízes.

Muita vezes se lê que o xilema é composto de células mortas, mas isso não é verdade. O xilema possui algumas células que são mortas na maturidade, mas na verdade o xilema é um tecido complexo, com diversos tipos de células (fibras, células secretoras, células de preenchimento). Acontece que as células condutoras do xilema, essas sim, são mortas, e não possuem mais conteúdo celular, sobrando apenas as paredes celulares. Existem dois tipos de células condutoras no xilema: as *traqueídes* e os *elementos de vaso*. Os elementos de vaso são as células condutoras mais importantes para as angiospermas. Elas são características exclusivas desse grupo de plantas (Figura 2.24A).

As traqueídes são células muito alongadas, que chegam a medir mais de 2 mm de comprimento e possuem até cerca de 50 μm (5×10^{-7} m); por isso são tão boas para fabricar papel. Essas células não possuem grandes aberturas e a água passa de uma para outra por pequenos orifícios em suas paredes, as *pontoações*. Elas são as únicas células condutoras que as gimnospermas possuem. Os papéis produzidos com a madeira de *Pinus* (uma gimnosperma) são feitos com essas células.

Os elementos de vaso se assemelham a tubos ocos medindo cerca de 0,5 a 1 mm de comprimento e até 0,5 mm de diâmetro. Cada elemento desses se conecta a outro através de grandes aberturas, uma em cada extremidade, chamadas *perfurações* (Figura 2.24A). Essas perfurações aparecem quando a célula está morrendo, como resultado da dissolução da parede terminal. Imagine que cada elemento desses se conecta ao outro por essas aberturas, como manilhas de cerâmica usadas para fazer sistemas de esgoto. O conjunto de elementos conectados é chamado de *vaso do xilema* (Figura 2.24B). A seiva passa de um elemento para outro, principalmente pelas *perfurações*, mas também por *pontoações* na parede

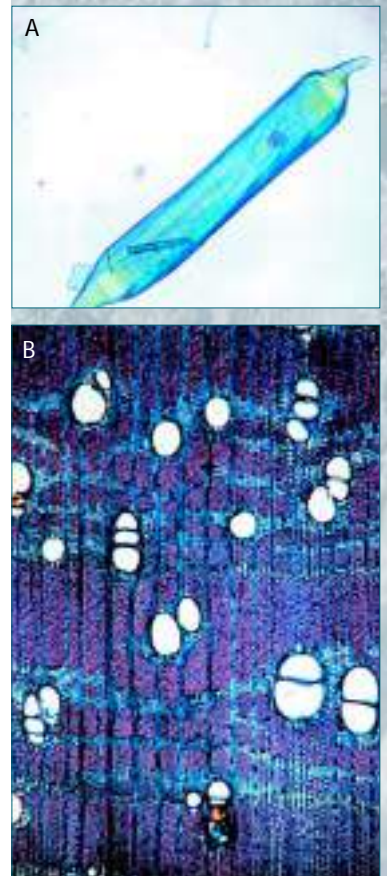


Fig. 2.24 - Elemento de vaso do xilema: A- célula solta; B- Vasos do xilema secundário vistos em corte transversal. (Foto de Gregório Ceccantini).

lateral. Essas células são característica exclusiva das angiospermas (plantas com flores), mas esse grupo de plantas pode também possuir traqueídes.

Floema

O *floema* é formado por conjuntos de células vivas, mas com grandes especializações. A *seiva orgânica* (elaborada), contendo água, açúcares, aminoácidos e hormônios, é transportada dentro de uma célula viva, por isso há uma grande modificação nas células condutoras. As células condutoras do floema também são células alongadas, perdem o núcleo na maturação e sempre possuem outras células acessórias vivas intimamente associadas a elas. Acredita-se que essas células acessórias exerçam função de controle das células condutoras.

As células condutoras do floema podem ser *células crivadas* das gimnospermas ou os *elementos de tubo crivado* (Figura 2.25A e B) que ocorrem nas angiospermas. Imagine uma organização parecida com a do xilema. Os elementos de tubo crivado se conectam um ao outro pela extremidade, e o conjunto formado é denominado *tubo do floema*.

As células de floema são chamadas de crivadas por possuírem regiões de conexão umas com as outras, com uma grande concentração de poros nas paredes celulares. Por essas paredes passam *plasmodesmas*, que são conexões de membrana com citoplasma entre células. Pelos *plasmodesmas* é que são transferidas as substâncias contidas na seiva.

Sistema condutor

Certamente, alguma vez na vida você já brincou de juntar canudinhos de lanchonete e montar um canudinho gigante. Pois esse é um modelo bastante similar a um vaso de xilema. Se você fez isso, notou que é bem difícil sugar um líquido com uma fileira muito longa de canudos. Porém, é exatamente isso que as plantas fazem para que a seiva suba até a copa das árvores. O sistema de subida da seiva funciona porque há uma coluna contínua de líquido desde a raiz até a menor nervura das folhas. À medida que a água evapora pelos estômatos, se estabelece uma pressão negativa que faz a seiva subir. É como se alguém estivesse aspirando o canudinho. Dessa forma, a seiva mineral pode chegar ao topo de árvores com até 100 metros de altura (o equivalente a um prédio de 25 andares). Para fazer isso, um prédio precisa de bombas elétricas muito potentes.

O sistema condutor ou vascular das plantas é feito de células microscópicas, mas pode-se entender sua organização examinando uma folha a olho nu (veja a atividade ao lado).

A seiva mineral formada nas raízes com a absorção de água e sais passa pelo caule e é conduzida por ramos e folhas, até a ponta de cada folha, para cada célula que precisa dela para fazer fotossíntese. Da mesma forma, mas em sentido inverso, a seiva orgânica é formada pela transferência de materiais produzidos nas células verdes das folhas, para as menores nervuras. Essas nervuras menores drenam seiva para nervuras maiores e transferem seu conteúdo para a nervura principal da folha, até que a seiva orgânica seja transferida para o caule e chegue a todas as partes que precisam. Se houver excedente, o floema ainda levará seu conteúdo até um órgão de reserva, como as raízes tuberosas (batata-doce, beterraba) ou caules (cana-de-açúcar, batata).

Tudo isso parece muito vago, mas com certeza você já observou evidências de que esses processos acontecem. Já aconteceu de pedirem a você para regar uma planta e você esquecer? Quando você finalmente lembrou, ela está toda

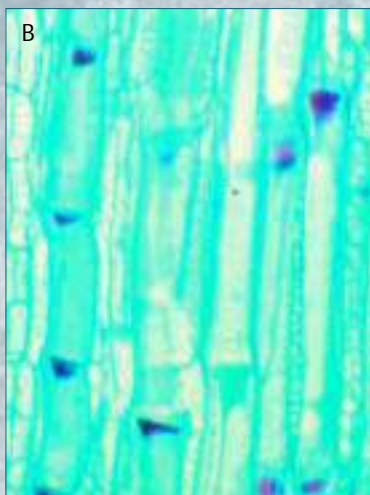
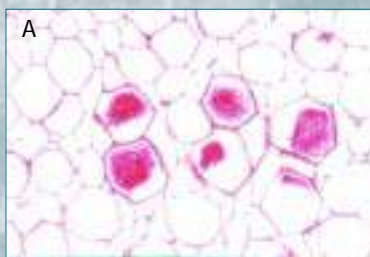


Fig. 2.25 - Elementos de tubo crivado: A- Elementos em corte transversal, mostrando a placa crivada; B- Tubos crivados em vista longitudinal. (Foto de Gregório Ceccantini).

Atividade

Pegue uma folha de qualquer planta e examine-a contra a luz. Veja como é intrincada a rede ramificações (ver Figura 2.6).

Agora imagine que o sistema condutor das plantas funciona como uma bacia hidrográfica, cheia de afluentes pequenos, desaguando em afluentes maiores ou vice-versa. No xilema, o sentido do fluxo é dos vasos maiores para os menores, e no floema dos tubos menores para os maiores.

torta e murcha, com as folhas prostradas e moles. Aí, você rega e em questão de horas ela está novamente ereta e com aparência bem distendida e viçosa. Assistir a esse processo é ver o xilema em ação.

Provavelmente você já notou que as plantas infestadas por insetos como pulgões e cochonilhas ficam todas meladas. Isso ocorre porque esses insetos sugam diretamente do floema e secretam do seu corpo o excesso de água e açúcares que não conseguem usar (Figura 2.26). (Para visualizar tridimensionalmente o sistema condutor das plantas, veja atividade ao lado).

AS PLANTAS SE MOVEM

Se perguntassem a você se as plantas se movem, o que você responderia? Provavelmente responderia que não se movem. Mas será que isso é mesmo verdade? As plantas se movem sim, mas só que não no tempo habitual dos humanos. Em geral, elas se movem devagar e pouco na fase vegetativa, mas podem se mover muito rápido e percorrer grandes distâncias na fase de reprodução.

1) Você já viu os seguintes fenômenos?

- um girassol acompanhar a rotação da Terra, mantendo-se sempre voltado para o Sol;
- uma dormideira fechando as folhas;
- um “pára-quadras” de dente-de-leão voando com o vento;
- um coco boiando na água ou germinando na praia.

As plantas podem se mover em tanto por pequenos movimentos, em geral lentos, ao longo do dia ou com o seu crescimento, como por grandes deslocamentos, ao longo de grandes distâncias e longos intervalos de tempo.

Pequenos movimentos

Os pequenos movimentos são quase imperceptíveis aos nossos olhos, pois acontecem muito devagar, geralmente ao longo de um dia ou mesmo de semanas. Alguns deles podem ocorrer ao cabo de um ou dois segundos, como as folhas das “dormideiras” que se fecham ao toque, mas, em geral, os movimentos ocorrem como decorrência do crescimento.

O crescimento e o desenvolvimento de uma planta são resultados da interação de três fatores:

- fatores ambientais externos (luz, umidade, nutrientes e temperatura);
- fatores internos (hormônios vegetais);
- fatores genéticos.

Ou seja, fatores ambientais como luz, temperatura, comprimento do dia e força da gravidade, junto com os fatores genéticos e os hormônios vegetais, regulam o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Tropismos

Tropismos são movimentos de uma planta em direção contrária a origem de estímulo externo. Podem ser desencadeados por luz, gravidade ou contato.

“As plantas crescem em direção à luz.”

Essa frase parece um pouco familiar, não é? As plantas necessitam da luz do Sol para “produzir” a energia necessária para o seu desenvolvimento. Além desse aspecto, a luz também influencia na manutenção de algumas funções básicas de uma planta, como crescimento e floração.



Fig. 2.26 - Inseto sugando floema de planta. (Foto de Pedro Gnaspini Neto).

Atividade

Para mentalizar como tudo isso acontece, junte alguns materiais com seus colegas e construa um modelo tridimensional de feixe vascular (canudinhos de duas espessuras e cores, elástico, palitinhos de churrasco). Junte dois canudinhos grossos enfiando um na extremidade do outro. Junte três séries destas. Esses serão os vasos de xilema. Agora junte um punhadinho de canudinhos finos de outra cor da mesma maneira. Esses serão os tubos do floema. Deixe o xilema de um lado e o floema de outro. Una tudo com um elástico. Agora envolva todos os canudinhos (xilema e floema) por uma camada de palitinhos de churrasco, que representam as células de sustentação (fibras) que normalmente envolvem os feixes vasculares de monocotiledôneas, como o milho ou o bambu (Figura 2.27).

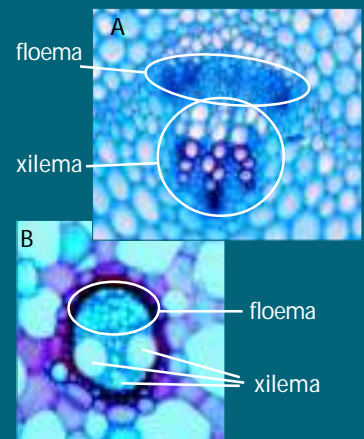


Fig. 2.27 - Feixes vasculares de angiospermas: A- eudicotiledônea; B- monocotiledônea. (Fotos de Veronica Angyalossy).



Fig. 2.28 - Geotropismo - raízes crescendo em direção ao solo. (Foto de Nanuza Luíza de Menezes).

¹ *Hormônio* tem origem na palavra grega "horman", que significa estímulo. Os hormônios vegetais são substâncias químicas produzidas nas plantas e que, mesmo em pequenas concentrações, têm efeito específico sobre a atividade de certo órgão ou estrutura vegetal.

Talvez você já tenha observado isso em casa: uma planta é colocada em ambiente fechado com baixa luminosidade e próxima a uma única fonte de luz natural, seja uma janela ou qualquer buraco na parede. Se não mexermos durante alguns meses e observarmos o seu desenvolvimento, veremos que algumas plantas tendem a crescer em direção a essa fonte luminosa.

Esse crescimento da planta em direção à luz é conhecido como *fototropismo* (do grego *photos* – luz e *trope*, mover-se). Este movimento é influenciado tanto pela luz quanto por *hormônios* (Figura 2.28).¹

Nesse processo está envolvido um importante grupo de hormônios vegetais – as *auxinas* – que regulam, entre outras coisas, o alongamento celular. As auxinas são produzidas principalmente no ápice dos ramos, folhas e partes jovens aéreas. Elas migram em direção à raiz, estimulando o alongamento das células.

Quando uma planta recebe luz de uma única fonte luminosa, a auxina tende a ficar mais concentrada no lado que está sombreado, de forma que as células do lado sombreado se alongam mais; assim, o órgão começa a curvar-se em direção à fonte luminosa.

Além do alongamento celular, as auxinas estão envolvidas na maturação de frutos e no fenômeno conhecido como *dominância apical*, que faz com que somente as gemas apicais se desenvolvam, enquanto as gemas laterais ficam inativas. Isso acontece porque parte da auxina, que está ao longo do caule, inibe o desenvolvimento das gemas laterais. É preciso lembrar que na axila de cada folha sempre existe uma gema com potencial para se transformar em um novo ramo. Quando podamos uma planta, cortamos as gemas apicais e, conseqüentemente, eliminamos a fonte de auxinas. Sem esse hormônio, as gemas laterais deixam de ser inibidas e voltam à atividade.

2) Por que as raízes crescem para baixo e os caule para cima?

Se colocarmos uma plântula horizontalmente ao solo, veremos que as raízes crescem para baixo e o sistema caulinar para cima. As auxinas e outros fatores estão envolvidos nesse desenvolvimento. Essas respostas do sistema caulinar e das raízes à força de gravidade são conhecidas como *gravitropismo* ou *geotropismo* (ver Figura 2.28).

EXPERIMENTO

Para observar esse fenômeno, podemos fazer um experimento muito simples:

Materiais:

- uma caixa de CD vazia
- dois grãos de milho (não pode ser milho de pipoca)
- dois filtros de papel de café novos de tamanho médio (número 102) ou maior

DESENVOLVIMENTO

Pegue a caixa de CD e coloque nela os dois filtros de café. Se eles forem maiores que a caixa, dobre ou corte as partes que ficaram para fora. Coloque os grãos de milho orientados um para cima e outro para baixo sobre o filtro. Mantenha-a em pé, apoiada no seu lado mais estreito. Marque com uma caneta de retroprojeter uma seta que indique a orientação inicial da caixa. Depois de 4-7 dias, quando os grãos de milho germinarem e estiverem com uma raiz de cerca de 3 cm e caule com 1 cm, gire a caixa 90° no sentido horário. Depois de dois dias, repita a operação. Durante todo o experimento não esqueça de manter umedecido o papel filtro.

1) Qual a direção inicial do desenvolvimento do caule e da raiz? E nos dias seguintes, após a caixa ser girada?

Há ainda outros hormônios que regulam o desenvolvimento e o crescimento das plantas. As *giberelinas*, que regulam o crescimento do caule, promovem a germinação de sementes e brotos e o desenvolvimento de flores. O *ácido abicísico* está envolvido no fechamento dos estômatos e atua na dormência das sementes e gemas de algumas espécies. As *citocininas* também regulam o crescimento de um vegetal, atuando sobre a divisão celular. Já o *etileno* é um hormônio gasoso produzido quando a planta sofre lesões e que estimula a maturação dos frutos ou mesmo a morte de órgãos. É por isso que quando queremos que frutas, como bananas, amadureçam mais rápido, podemos envolvê-las em papel jornal; desse modo, o etileno quase “não escapa” e fica concentrado, acelerando o amadurecimento do fruto.

Depois que os hormônios naturais ficaram conhecidos pelos cientistas, foram desenvolvidas técnicas com o objetivo de utilizá-los na cultura de plantas comestíveis e ornamentais. Atualmente, existem vários hormônios sintéticos. As citocininas podem ser utilizadas para manter folhas por mais tempo verdes, parecendo mais “frescas”. Auxinas são úteis na produção de raízes adventícias em estacas (segmentos cortados de caule usados para fazer novas mudas de plantas); além disso, quando ovários de certas espécies são tratados com auxina, é possível obter frutos partenocápicos, que desenvolvem-se sem fecundação, como pepinos e tomates sem sementes.

Nastismos

Outro grupo de movimentos importantes das plantas são os *nastismos*, ou movimentos násticos. Exemplos de nastismos são: plantas dormideiras (*Mimosa pudica*), que fecham seus folíolos rapidamente após um toque (Figura 2.29); plantas que movimentam suas folhas para cima ou para baixo de acordo com o período do dia (dia/noite); e os movimentos das folhas modificadas em armadilhas de certas espécies de plantas carnívoras (por exemplo, a *Dionaea*), que fecham quando tocadas por algum inseto. Diferentemente dos tropismos, os movimentos násticos, embora também ocorram em resposta a um estímulo, têm direção independente da posição de origem do estímulo. Isso quer dizer que o estímulo pode vir de uma direção e o movimento da planta ser em outra. Um exemplo disso são as folhas das dormideiras: qualquer toque feito na folha, vindo de qualquer direção, fará com que a folha feche da mesma forma. Já na *Dionaea*, qualquer objeto que tocar em, no mínimo, dois tricomas sensíveis ao mesmo tempo, disparará o fechamento da folha como se fosse um par de conchas de mexilhão.

Grandes movimentos

Os grandes movimentos das plantas acontecem durante a reprodução, por meio de estruturas para reprodução sexuada ou assexuada (vegetativa). O problema é que, quando pensamos em plantas, nós só nos lembramos dos esporófitos maduros (ervas, arbustos, árvores) e nos esquecemos de que as sementes contêm os esporófitos jovens e que os grãos de pólen são gametófitos.

Polinização

A fase de polinização é seguramente um momento em que as plantas se deslocam mais e com maior rapidez. Pode parecer estranho, mas não se pode



Fig. 2.29 - Fechamento de folhas de dormideira – nastismo. (Fotos de Fabiola Bovo Mendonça)

esquecer que o grão de pólen é um indivíduo, não apenas um órgão. Ele é o gametófito masculino (microgametófito), reduzido a apenas duas células, que se desloca para encontrar as partes femininas de uma flor, que contém o microgametófito e o gameta feminino, a oosfera. A polinização já foi bem explorada anteriormente, e é possível ver os artifícios que as plantas usam para fazer reprodução sexuada.

Dispersão

Você já parou para pensar que muitas coisas divertidas que fazíamos quando crianças, na forma de brincadeira, na verdade possuem um significado mais importante? Pois soprar os “pára-quedas” do dente de leão é assim (figura 2.30). Quando os soprmos, estamos dispersando dezenas de sementes, que são então lançadas pelo vento para lugares distantes. Esse tipo de fruto plumoso e leve, pronto para ser carregado por uma leve brisa, é apenas uma das muitas estratégias que as plantas apresentam para se dispersar na natureza. Outras plantas terão frutos ou sementes com asas, asas duplas, triplas, hélices, balões ou qualquer outra estrutura que permita planar.

As plantas podem se dispersar de diversas formas e em diversas fases do seu ciclo de vida, por estruturas chamadas *propágulos*. Esses podem ser órgãos de sobrevivência e reprodução vegetativa, como os tubérculos ou estolões, que são segmentos de caule, ou como as sementes, que geralmente se formam com a reprodução sexuada. É preciso lembrar que a semente é uma planta viva e inteira, completa para se desenvolver quando for favorável. As sementes podem permanecer viáveis por um ano ou até mais de 2.000 anos em sítios arqueológicos. Elas são verdadeiras naves que resistem se deslocando ao longo do espaço e do tempo.

Quanto mais eficiente é a dispersão das sementes, melhor para o futuro embrião e para a espécie. Com uma dispersão eficiente, as sementes têm melhores chances de perpetuar a espécie, alcançando distâncias maiores e, portanto, uma variedade de ambientes maior, com mais chances de encontrar aquele que seja adequado. Ao mesmo tempo, ficam longe da planta mãe e não concorrem com ela por luz e nutrientes.

Há frutos que estão adaptados para a dispersão pelo vento, como o dente-de-leão. Esses frutos são leves e possuem uma estrutura plumosa facilmente levada por pequenos ventos (Figura 2.30).

Alguns frutos carnosos e saborosos são dispersados por animais. Os animais os comem e, quando defecam, lançam suas sementes prontas para germinar. Fazem isso porque precisam de recursos para sobreviver (água, alimentos), como a polpa gostosa dos frutos ou partes da semente que se destacam sem machucar o embrião. A obtenção desses recursos compensa o seu tempo e esforço de deslocamento ao buscar determinadas espécies ou tipos de frutos. Para as plantas também há vantagem, pois os animais se deslocam muito e espalham as sementes em muitos lugares diferentes. Por isso pode-se interpretar essa relação analogamente à teoria econômica dos humanos: a planta investe recursos (açúcar, água, pigmentos, perfume) para atrair os animais dispersores e esse investimento é compensado pela garantia de que suas sementes serão espalhadas em muitas condições ambientais diferentes, aumentando a chance de encontrar locais adequados para sobreviver.

Não é, portanto, por acaso que as plantas são capazes de produzir frutos tão grandes e gostosos como melancias e abóboras. Plantas dispersas por animais possuem diversos tipos de atrativos para os animais. Numa interpretação de



Fig. 2.30 - Frutos de dente de leão prontos para a dispersão pelo vento. (Foto de Gregório Ceccantini).

uma perspectiva humana, é possível dizer que há uma relação um pouco pernicioso: a planta “atrai, convence, sacia e paga” o animal, que dispersa suas sementes. Sob este ponto de vista, os frutos seriam pagamentos e ferramentas de sedução. É mesmo difícil resistir a um tronco carregado de jaboticabas brilhantes ou ao perfume, à doçura e à cor de goiabas vermelhas. Esse caráter sedutor dos frutos, também imortalizado nas histórias bíblicas, tem a sua razão biológica. Quando o animal é atraído pelo fruto e come a sua semente, ele acaba depositando-a com suas fezes – ou regurgitando-a, como fazem algumas aves – em outro lugar. Às vezes, o local é favorável, às vezes não, mas, provavelmente, distante da planta mãe. Em outras vezes, as sementes até germinam melhor quando passam no tubo digestório dos animais, como é o caso do maracujá ou da romã (Figura 2.31).

Em outros casos, a dispersão é feita por animais sem qualquer recurso para eles. Você já deve ter entrado em uma área verde e, quando saiu, percebeu que a barra da sua calça e seu tênis estavam repletos de “coisinhas” verdes ou castanhas achatadas grudadas, conhecidas também como carrapichos e picões (Figura 2.32). Quando isso acontece, você está sendo responsável pela dispersão de partes do fruto com sementes para outros lugares. Os carrapichos são difíceis de tirar da roupa porque possuem em sua superfície estruturas semelhantes a pequenos anzóis, os tricomas, que grudam de modo eficaz na roupa ou nos pêlos de um animal. Foi olhando para esses mecanismos de grudar que o velcro, usado nas bolsas e carteiras, foi inventado.

Outros frutos, por sua vez, flutuam e são dispersados pelas correntes marítimas, como os cocos. Além de ter uma polpa fibrosa que flutua, há um revestimento duro para proteger a semente e uma quantidade de reservas formidável – a polpa carnosa com a qual fazemos cocadas e a água de coco. O embrião do coqueiro tem seu próprio “iate”, com comida, sombra e água fresca. Por isso a imagem de uma praia está sempre associada aos coqueiros, não é?

Você já viu, ou melhor, escutou vagens de sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa*) estourarem em tardes quentes de verão? Quando a vagem estala, se abre em duas partes que se torcem como hélices, arremessando as sementes a alguns metros ou mesmo a uma dezena de metros da planta mãe (Figura 2.1). Se não viu isso, é garantido que você já brincou de estourar os frutos da maria-sem-vergonha (*Impatiens walleriana*). Esses fenômenos exemplificam a dispersão explosiva de frutos. É uma maneira de dispersar as sementes a boas distâncias, sem precisar da ajuda de fluídos (ar ou água), sem gastar nutrientes (açúcar, polpa, óleo, proteína) ou construir estruturas para a atração de animais (cores, cheiro). Na natureza, economizar energia pode representar uma vantagem adaptativa, e isso tem reflexo na seleção natural, e portanto na evolução.

O fato é que, não importa como, as plantas são capazes de dispersar seus diásporos (sementes ou outros propágulos), colonizando ambientes adequados, testar novos ambientes, ocupar lugares com menos competidores e, sobretudo, locais distantes da planta mãe, de forma que os filhos não compitam pelos mesmos recursos (água, luz, nutrientes).

FLORAÇÃO E FOTOPERIODISMO

Por que no Brasil a maioria das plantas florescem na primavera ou verão?

As plantas com flores, as angiospermas, também são influenciadas pela luminosidade na sua floração. A resposta das plantas ao comprimento ou à duração do dia e da noite (proporções entre períodos de luz e escuridão em um período de 24 horas) é conhecido como *fotoperiodismo*.



Fig. 2.31 - Maracujá com arilo colorido, carnoso e succulento, atraente para pássaros e outros animais. (Foto de Gregório Ceccantini).



Fig. 2.32 - Carrapicho aderido em roupa – dispersão por animais. (Foto de Gregório Ceccantini).



Fig. 2.33 - Grãos de amido dentro de células vistas ao microscópio. (Foto de Gregório Ceccantini).

Há plantas, conhecidas como *plantas de dia longo*, que florescem quando os dias são mais longos e os períodos escuros são curtos, principalmente durante a primavera e o verão (de setembro a março). Outras florescem quando os dias são mais curtos e as noites mais longas, conhecidas como *plantas de dia curto*, que florescem no início da primavera ou no outono.

É importante saber que, embora as plantas sejam classificadas pelo período do dia, longos ou curtos, o que parece ser decisivo para a floração não é o comprimento do dia, mas o comprimento da noite. Alguns experimentos indicam que a exposição ao escuro precisa ser contínua, sem interrupções. Não pode haver nem sequer um flash de luz, que seu efeito passa a ser como se a noite fosse curta. Entretanto, o tempo necessário de períodos de claro/escuro varia de espécie para espécie. Plantas de dia longo florescem apenas quando o fotoperíodo for mais longo que um período crítico, enquanto plantas de dia curto florescem quando o fotoperíodo for menor que um período crítico.

Algumas plantas florescem por outros estímulos, independentemente do comprimento do dia, e são conhecidas como *plantas neutras*.

RESERVAS DE ENERGIA DOS VEGETAIS

“A farinha é feita de uma planta da família das euforbiáceas, euforbiáceas de nome Manihot utilissima que um tio meu apelidou de macaxeira e foi aí que todo mundo achou melhor!... a farinha tá no sangue do nordestino...”

Djavan

Como é possível ver nessa letra da música de Djavan, a macaxeira, mandioca ou aipim é uma mesma espécie de planta, com várias denominações locais. É um alimento típico, muito consumido em algumas regiões do Brasil e uma de nossas referências culturais. É um recurso alimentar originário do nosso País, como resultado da transmissão de conhecimentos pelos habitantes originais, os índios.

A mandioca foi disseminada pelo mundo pelos portugueses e é hoje uma importante fonte de *calorias* para populações de vários locais do mundo, principalmente da África. Esse alimento é muito rico, pois é um estoque natural de *carboidratos* para a planta, na forma de *amido* (Figura 2.33).

Nós comemos mandioca e outras fontes de carboidratos. Pensando nisso, o que você comeu ontem?

Provavelmente, no café da manhã, você comeu uma grande quantidade de carboidratos contendo amido (pão, cereais). No almoço e no jantar, também devem ter aparecido outros alimentos energéticos ricos em carboidratos.

- 1) Que produtos vegetais estavam presentes? Quais deles possuem amido?
- 2) Quais são as principais fontes de amido da sua dieta?
- 3) Que órgãos vegetais você conhece estocam amido?

Pelo visto, todos nós comemos muitos carboidratos. Os carboidratos e as gorduras são alimentos muito energéticos, mas são os principais vilões na luta das pessoas contra a balança. Fica fácil perceber porque é tão difícil perder peso quando queremos (Figura 2.34).

- 4) Na sua dieta, onde entram óleos de origem vegetal?
- 5) Tente lembrar que tipos de óleos comestíveis você vê no supermercado.



Fig. 2.34 - Sementes de plantas que produzem óleo comestível. (Foto de Gregório Ceccantini).

Lembre-se que, em uma planta, essas substâncias (carboidratos e óleos) também têm funções relacionadas à estocagem de energia. Essa estocagem se presta a diversos processos necessários para a vida do vegetal (germinação, crescimento, frutificação). Mas para armazenar a energia química nessas substâncias, a planta precisa obtê-la de algum lugar.

- 6) De que processo bioquímico se origina a energia necessária para fabricar o amido?
- 7) De onde vem a energia necessária para isso?
- 8) Em que órgão(s) vegetal(is) é gerado o amido e em quais ele é armazenado? Lembre-se de que partes dos vegetais que você come são ricas em amido.
- 9) Como é possível explicar que o amido gerado em uma parte da planta seja estocado em outra? Que tecido vegetal é importante para que isso ocorra?
- 10) E os óleos, de que parte das plantas nós os extraímos para a alimentação? Para que serviriam esses óleos na vida das plantas?

Então, significa que as plantas podem armazenar energia, em diversos órgãos, de diversas maneiras e em diferentes momentos do seu ciclo de vida.

ATIVIDADE EM GRUPO²

Reúna-se em grupo e verifique, com seus colegas, quais foram as respostas dadas por eles nas questões acima. Verifique o resultado da questão: Quais são as principais fontes de amido da sua dieta? Organize tudo em duas tabelas, uma para carboidratos e outra para óleos, para depois construir gráficos que ajudem a analisar melhor essa questão. Agrupe toda a lista de alimentos com carboidratos em uma coluna. Em outra coluna assinale quantos alunos mencionaram esse alimento em sua dieta. Some o total de alunos. Numa terceira coluna calcule a porcentagem de respostas para cada tipo de alimento em relação ao total de alunos. Construa então um histograma de frequências com barras verticais (y) indicando os valores de frequência e no eixo x os alimentos com carboidratos. Repita o procedimento para os alimentos que possuem óleo.

Esses gráficos devem expressar algo próximo da proporção em que as fontes de alimento com amido (milho, trigo, aveia etc.) e óleos (soja, amendoim, girassol etc.) são consumidas na nossa sociedade, pois quem respondeu às perguntas é uma amostra da sociedade. Aproveite para tentar visualizar a relação desses resultados que você encontrou com aspectos da economia do Brasil, a produção agrícola, as exportações e outros temas atuais.

FOTOSÍNTESE

*“Luz do sol, que a folha traga e traduz
Em verde novo, em folha,
em graça, em vida, em força, em luz”*

Caetano Veloso

Certamente você já ouviu as palavras *fotossíntese* e *clorofila*. Você já ouviu falar em suco de clorofila? Mas o que é clorofila?

A clorofila é um pigmento e, como outros pigmentos, ela tem uma cor, no caso verde. Moléculas de clorofila estão localizadas nos *cloroplastos* (ver Figura 1.8) e compreendem o principal grupo de pigmentos da fotossíntese nas plantas, podendo ser encontrados em tecidos vegetais, como folhas e caules jovens, ou seja, em quase tudo que é verde em uma planta. Logo, o suco de clorofila nada mais é do que uma amostra de folhas ou partes verdes de qualquer vegetal batidos em um liquidificador. Contudo, algumas pessoas que comercializam ou fazem em casa esse suco costumam usar alguns vegetais específicos.

² Referências

Site geral da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – <http://www.embrapa.br/>

Sites específicos de unidades da EMBRAPA especializadas em mandioca, trigo, soja, milho:

<http://www.cnpmf.embrapa.br/>

<http://www.cnpt.embrapa.br/>

<http://www.cnpms.embrapa.br/>

A fotossíntese é um processo complexo e compreende uma série de reações químicas, em que moléculas simples de dióxido de carbono (CO_2) e água são transformadas em moléculas orgânicas, como carboidratos (açúcares). Um fator importante em algumas das reações é a luz solar (energia luminosa).

Embora a fotossíntese compreenda várias reações, podemos representá-la com a equação simplificada abaixo:



As reações da fotossíntese podem ser divididas em dois grupos:

- reações luminosas
- reações de fixação de carbono

As reações luminosas eram tradicionalmente conhecidas como reações da *fase clara*, já que seriam dependentes de luz, e as reações de fixação de carbono como reações da *fase escura*, já que independeriam de luz. Entretanto, essas denominações não são adequadas, visto que as reações ditas da “fase escura” poderiam ocorrer tanto na presença quanto na ausência de luz, e são dependentes da luz no sentido de dependerem da energia armazenada na “fase clara”.

Na primeira etapa, de reações luminosas, há absorção de energia luminosa pelas clorofilas, que são excitadas pelos fótons (partículas de energia luminosa). Além disso, há a *quebra de moléculas de água*. Ao final das reações dessa etapa, há a produção de energia e síntese de ATP. A energia produzida é armazenada em ADP e NADPH.

Nas reações de fixação de carbono, ainda nos cloroplastos, a energia estocada nas reações luminosas (ADP e NADPH) é utilizada para reduzir CO_2 em carbono orgânico. Os produtos imediatos são carboidratos de três carbonos ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$), e não glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), como é representado na maioria das equações de fotossíntese dos livros didáticos. Em seguida, esses carboidratos de três carbonos são modificados para formar todos os açúcares das plantas. A maior parte do carbono fixado é convertido em sacarose (que é o açúcar de cana) e amido (polvilho, farinha de trigo, “Maizena”). A sacarose é um açúcar que pode ser conduzido facilmente pelo floema e depois armazenado na forma de amido.

1) Leia novamente a estrofe da música do Caetano Veloso e tente compreendê-la.

3 Se a planta respira, posso deixar plantas em meu quarto?

Muita gente pensa que plantas não respiram, mas elas respiram sim, pois também precisam de energia e, portanto, queimam os açúcares liberando gás-carbônico. Só que elas próprias produzem o açúcar e o oxigênio. Felizmente, elas produzem açúcar e oxigênio de sobra, de forma que não há o perigo de ficar asfixiado tendo árvores no seu quarto.

RESPIRAÇÃO E FOTOSSÍNTESE

É importante você perceber que a fotossíntese e a respiração são duas atividades metabólicas distintas, mas muito relacionadas. Enquanto na fotossíntese a energia luminosa é transformada em energia química, havendo portanto a *produção* de energia, na respiração há um *consumo* da energia química armazenada para o desempenho de outras funções metabólicas. Na fotossíntese, o gás carbônico é ligado à água, formando os açúcares e absorvendo energia luminosa do sol. Assim, o açúcar formado é uma forma de armazenar *energia química*. Na respiração, essa energia química é utilizada na sua oxidação, consumindo oxigênio e regenerando gás carbônico e água – é um ciclo energético do qual nós fazemos parte, chamado *ciclo do carbono*³.

PLANTAS FUNCIONAM COMO RELÓGIOS: METABOLISMO INTEGRADO

“As plantas são como os dinossauros. Ninguém nunca viu um andando por aí.”

A frase acima pode parecer maluquice, mas é absolutamente verdadeira. Ou você já viu? Não deve ter visto planta andando, mas com certeza você já

viu dinossauros em algum documentário científico. Aliás, sobre dinossauros, cobras, tubarões, diabos-da-tasmânia etc., há um monte deles. E sobre plantas? Há, mas são poucos. Quase não há. Você pode até argumentar: “mas as plantas são tão paradinhas, tão silenciosas, não fazem nada”. Mas será que são paradas mesmo? O fato é que dentro da aparente calma de uma planta, há um turbilhão de fenômenos bioquímicos acontecendo, bem debaixo dos nossos olhos, sem que a gente perceba. Só que eles acontecem em silêncio e numa escala temporal diferente da dos humanos. Não esqueça que os seres vivos mais velhos deste planeta são as árvores. Há árvores vivas de mais de 3.500 anos de idade. Se elas estão vivas por tanto tempo, é porque esse “relógio” funciona muito bem.

Dentre esses fenômenos, o mais famoso é a fotossíntese, que é tão importante para a nossa vida. Mas para que a fotossíntese ocorra, uma série de outras atividades devem acontecer. As raízes devem absorver água e, nela dissolvidos, os nutrientes de que as plantas precisam, principalmente nitrogênio, potássio, fósforo e cálcio. Esses nutrientes entram pela raiz e devem ser levados para todas as células vivas que precisam dele.

1) Como os nutrientes são levados para as células?

Você deve ter se lembrado que os nutrientes minerais dissolvidos na água compõem a seiva mineral ou seiva do xilema. Essa seiva, às vezes, é chamada de seiva bruta, mas de bruta ela não tem nada, pois quem determina a sua composição química é a raiz. São as células da raiz, através da seletividade das membranas celulares, que selecionam as substâncias que estarão presentes na seiva mineral e sua concentração.

2) Como a seiva mineral sobe pelo xilema até a copa? Com que força?

A seiva precisa subir desde alguns centímetros até uma centena de metros. Mas como isso é possível sem uma bomba? Isso acontece porque nas folhas existem os estômatos (Figura 2.35) e no xilema os vasos formam uma coluna contínua de seiva. Por isso, a transpiração, a subida da seiva, a fotossíntese e a absorção de nutrientes são atividades concatenadas. Quando amanhece o dia, a planta em geral encontra-se com os estômatos abertos. Com a luz, começa a fotossíntese. Os estômatos abertos permitem a entrada de gás carbônico (CO_2), que vai ser usado para fazer açúcares, bem como a saída do oxigênio produzido pela fotossíntese. Mas com o estômato aberto e com o calor, a água que irriga os tecidos das folhas também escapa na forma de vapor. À medida que a água evapora, mais seiva vai sendo trazida pelos vasos, pela coluna contínua do xilema. Ao longo do dia, o calor pode aumentar muito e a transpiração também, então há a necessidade de fechar os estômatos. Se os estômatos são fechados, a entrada de gás diminui, bem como a chegada de água, e o ritmo da fotossíntese também diminui. À noite, com a queda da temperatura e a diminuição da transpiração, os estômatos voltam a abrir. Por isso, muitas plantas ficam um pouco murchas nas horas mais quentes do dia. O murchamento é decorrência da perda de água das células pela transpiração. Planta fica murcha porque as células ficam plasmolisadas⁴.

3) Por que as plantas não são impermeáveis e transpiram?

Ser impermeável seria uma ótima maneira de conservar a água, que é tão importante para a vida. Se não há transpiração, não há subida da seiva, e se não há subida de seiva, não há água nas células das folhas (a água é quebrada na fotossíntese para fazer os açúcares). Se não se abrirem os estômatos, não há entrada de CO_2 para a fabricação de açúcar. Também sem a subida da seiva, não chegam os nutrientes necessários para fazer novas células construídas



Fig. 2.35 - Estômato em folha de trapoeiraba.

⁴ **Plasmólise** é o encolhimento da membrana plasmática das células, que se descolam da parede celular vegetal.

com proteínas (precisam de nitrogênio e metais), fosfolipídios de membrana (com fósforo) e ácidos nucleicos (com fósforo e nitrogênio). Enfim, a perda de água pela transpiração é um mal necessário para as plantas.

A fotossíntese que ocorre com a luz produz açúcares, que devem ser levados às outras partes da planta que não fazem fotossíntese o suficiente ou que simplesmente não a fazem.

- 3) Que partes da planta precisam de açúcares vindos de outro lugar?
 4) Como é trazido o açúcar para as outras partes da planta?

O sistema condutor das plantas, então, trabalha coordenado, levando água, sais e açúcares para as células que deles precisam. Um broto ou folha novos que se formam, mesmo estando iluminados, precisam tanto de seiva do xilema quanto de seiva do floema, uma vez que ainda não possuem uma atividade fotossintética suficiente para o seu crescimento.

GERMINAÇÃO DE SEMENTES

Você deve se lembrar de quando estava no ensino fundamental e a professora apresentou o experimento da germinação do “feijãozinho” (Figura 2.36). Provavelmente, você teve que repeti-lo muitas vezes na sua história escolar. Da primeira vez, você deve ter se empolgado com o que parecia, naquela época, ser “magia”. Como seria possível que aquele feijão, tão familiar no almoço, pudesse se transformar em uma planta, em alguns dias? Como é possível que dentro daquela coisa tão pequena, como uma semente de feijão, haja tantas outras coisas? Pois é, mesmo repetindo essa germinação mil vezes, sempre é possível aprender mais com ela: basta analisar com mais profundidade.

A germinação do feijão, bem como de outras sementes, apresenta uma série de transformações morfológicas e metabólicas que resumem vários aspectos do funcionamento das células e das plantas.

Siga o roteiro ao lado que te auxiliará a examinar a Figura 2.37, que apresenta as atividades da semente durante e logo após a germinação. Explique, escrevendo um texto, o que você vê no gráfico, em relação às três fases assinaladas.



Fig. 2.36

A linha pontilhada representa as atividades de respiração e síntese de proteínas. As barras horizontais representam outras atividades assinaladas com legendas. O degradê nas extremidades das barras representa início ou término gradual de uma atividade. Quanto mais escuro, maior a atividade.

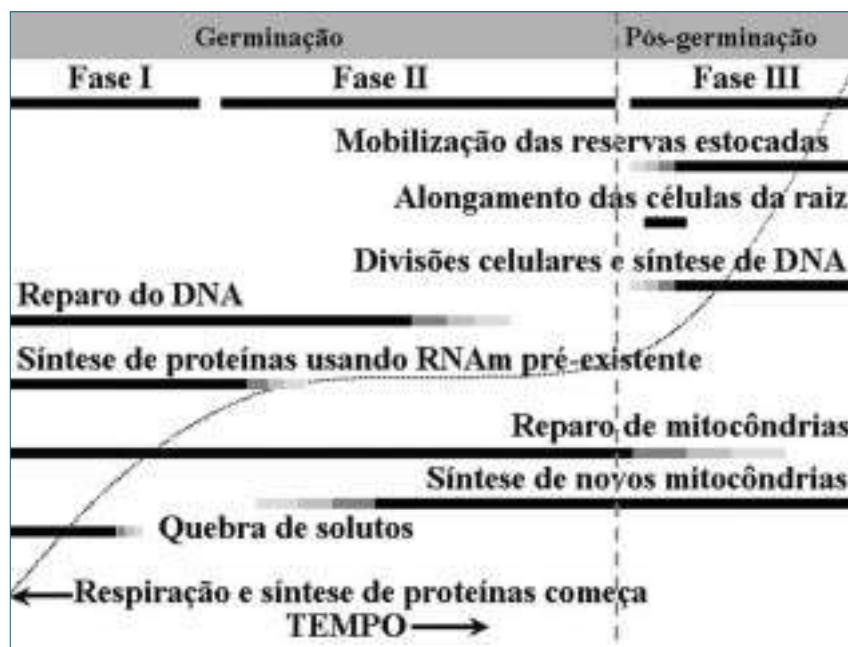


Figura 2.37 – Atividades metabólicas da semente durante a germinação.

Analise a Figura 2.35 e responda:

1. Como você pode descrever o comportamento da respiração ao longo do tempo?
2. Quais eventos acontecem no início da germinação?
3. Quais eventos acontecem ao final da germinação?
4. Quais eventos acontecem após a germinação?
5. Que tipos de reservas de sementes você conhece?
6. Caracterize com o início e o final dos fenômenos apresentados no gráfico cada uma das três fases.

CLONAGEM E PLANTAS TRANSGÊNICAS PODEM ESTAR NA SUA COZINHA

A *clonagem* de seres vivos ganhou evidência há alguns anos, quando o primeiro mamífero clonado de animal adulto nasceu: a ovelha Dolly. Virou até tema de novela. Assim, quase todo mundo já ouviu falar em clonagem, seja em algum filme, noticiário ou programa de televisão. Só que clonar seres vivos pode não ser nenhuma novidade. Isso acontece na natureza comumente e clonar plantas já é uma rotina na *biotecnologia*, há mais de cinquenta anos.

Você já clonou alguma planta? Provavelmente sim, mas talvez não tenha se dado conta. Se você não fez ainda, com certeza alguém conhecido à sua volta já o fez. Sabe aquelas violetas que quase todo mundo tem na janela da cozinha? Elas são clones. Quando você retira uma folha da violeta e deixa-a na água por algumas semanas, ela passa a formar raízes e, posteriormente, pode ser plantada, regenerando uma planta inteira, com flores e tudo o mais. Quando cortamos um caule de roseira ou morango e espetamos no solo para fazer uma muda, estamos produzindo um clone.⁵

A formação de cópias geneticamente idênticas de plantas pode correr de maneira natural, quando uma planta desprende brotamentos que se separam dela conseguindo viver independentemente da planta mãe (bulbos dos dentes de alho, brotos das bromélias, rizomas das bananeiras) ou de maneira mais técnica, quando são feitas culturas de tecidos em laboratório, em meios de cultura, esterilizados e com nutrientes e hormônios controlados pelo homem.

Isso parece ficção científica, mas a *cultura de tecidos* vegetais já é realidade há muito tempo e é a base para outros avanços biotecnológicos (Figura 2.38). Muitas plantas de floricultura (orquídea, gloxínia, violeta) ou consumidas no almoço (milho, tomate, soja) são resultado de clones produzidos em laboratório com o objetivo de fazer *melhoramento vegetal*, para obter plantas mais produtivas ou mais bonitas.

Além dos clones, são feitas outras manipulações em laboratório para modificar ou aperfeiçoar plantas de valor econômico. Uma das mais polêmicas é a produção de *plantas transgênicas* ou geneticamente modificadas. Plantas transgênicas são plantas que receberam genes de outros organismos, plantas ou não (animais, bactérias, fungos). Esses organismos geneticamente modificados dividem as opiniões tanto de cientistas quanto de ambientalistas, bem como da sociedade civil como um todo.

Existe um grande potencial para desenvolvimentos de plantas mais produtivas, que usariam menos adubos ou precisariam de menos inseticidas, ou até que seriam capazes de produzir medicamentos ou vacinas a um preço muito

⁵ Experimento

Faça um clone de plantas. Experimente com a violeta-africana. Corte uma folha de aspecto saudável, coloque em um copo de água em local iluminado e acompanhe seu desenvolvimento por algumas semanas. Anote quando se formam as primeiras raízes e quando começam a se formar outras folhas.



Fig. 2.38 - Plantas geradas por cultura de tecidos vegetais em laboratório.

⁶ As safras desse ano e a do ano passado foram liberadas.

⁷Opinião da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) sobre a pesquisa em organismos transgênicos:

<http://www.sbpcnet.org.br/documentos/Nota%20transgenicos.pdf>

Alimentos com produtos transgênicos:

<http://www2.uol.com.br/cienciahoje/chmais/pass/ch203/entrevs.pdf>

<http://www2.uol.com.br/fornac/Artigo.htm>

http://www.aprendebrasil.com.br/falecom/nutricionista_artigo054.asp

Diferença entre melhoramento genético tradicional e por engenharia genética:

<http://www.irrigar.org.br/noticias/noticia3jan4.php>

Posições de organizações que são favoráveis e contrárias aos organismos transgênicos:

<http://www.monsanto.com.br>

http://www.greenpeace.org.br/tour2004_ogm/

baixo. Apesar dos benefícios que podem ser obtidos com as plantas transgênicas, os ambientalistas se posicionam contrariamente ao seu uso, alegando riscos ao meio ambiente, ainda desconhecidos, caso esses organismos escapem do controle humano. O fato é que os organismos transgênicos já são uma realidade. A soja transgênica é alvo de polêmica nos últimos anos, pois seu plantio estava proibido pela justiça brasileira, mas, mesmo assim, milhares de hectares foram colhidos nos últimos anos⁶. Também existem produtos que usam plantas transgênicas nos supermercados. Informações sobre a presença desses produtos nos rótulos dos produtos são uma exigência legal.

Não importa qual a sua decisão pessoal, se a favor ou contra os organismos transgênicos, mas você deve se informar a respeito e se posicionar. Quando for ao supermercado, procure nos rótulos de produtos vegetais ou de origem vegetal se há informações sobre conteúdo de organismos transgênicos.⁷

Sobre os autores

Gregório Ceccantini

Biólogo, professor doutor da Universidade de São Paulo no Departamento de Botânica do Instituto de Biociências. Coordena pesquisas e ministra disciplinas na graduação e na pós-graduação concentradas na área de anatomia vegetal e da madeira. Sua dissertação de mestrado teve como tema o efeito do ambiente na estrutura da madeira de árvores de cerrado e floresta, enquanto sua tese de doutorado determinou o cenário da flora, o clima e o uso da madeira em um sítio arqueológico brasileiro, através de artefatos de madeira.

Fabíola Bovo Mendonça

Professora de Ensino Médio, bióloga, formada pela Universidade de São Paulo e mestre pelo Instituto de Biociências na área de Botânica. Sua dissertação de mestrado foi desenvolvida na Sistemática Vegetal e teve como tema a arborização do Campus do Butantã da USP.

Sobre os coordenadores

Paulo Takeo Sano

Professor do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB-USP). Bacharel e Licenciado em Ciências Biológicas, desenvolveu seu mestrado e seu doutorado com plantas da flora brasileira, no mesmo instituto. Atualmente trabalha com botânica e com ensino de Ciências.

Lyria Mori

Professora de Genética do Departamento de Biologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB-USP). Bacharel e Licenciada em Ciências Biológicas pela Faculdade de Ciências e Letras da USP. Mestre e Doutora em Biologia/Genética pelo IB-USP.