

BIO LOGIA

Botânica Sistemática

Prof. Augusto César Pessoa Santiago
Prof. George Sidney Baracho

2ª edição | Nead - UPE 2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Núcleo de Educação à Distância - Universidade de Pernambuco - Recife

XXXX	<p>XXXXXXXX, XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXXXXXX / XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX. – Recife: UPE/NEAD, 2009. 87 p. ISBN - xxxxxxxxxxxxxxxx XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX</p>
	XXXXXXXXXXXX

..... UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - UPE

Reitor
Prof. Carlos Fernando de Araújo Calado

Vice-Reitor
Prof. Rivaldo Mendes de Albuquerque

Pró-Reitor Administrativo
Prof. Maria Rozangela Ferreira Silva

Pró-Reitor de Planejamento
Prof. Béda Barkokébas Jr.

Pró-Reitor de Graduação
Profa. Izabel Christina de Avelar Silva

Pró-Reitora de Pós-Graduação e Pesquisa
Profa. Viviane Colares Soares de Andrade Amorim

Pró-Reitor de Desenvolvimento Institucional e Extensão
Prof. Rivaldo Mendes de Albuquerque

..... NEAD - NÚCLEO DE ESTUDO EM EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

Coordenador Geral
Prof. Renato Medeiros de Moraes

Coordenador Adjunto
Prof. Walmir Soares da Silva Júnior

Assessora da Coordenação Geral
Profa. Waldete Arantes

Coordenação de Curso
Prof. José Souza Barros

Coordenação Pedagógica
Profa. Maria Vitória Ribas de Oliveira Lima

Coordenação de Revisão Gramatical
Profa. Ângela Maria Borges Cavalcanti
Profa. Eveline Mendes Costa Lopes
Profa. Geruza Viana da Silva

Gerente de Projetos
Profa. Patrícia Lídia do Couto Soares Lopes

Administração do Ambiente
José Alexandre Viana Fonseca

Coordenação de Design e Produção
Prof. Marcos Leite

Equipe de Design
Anita Sousa/ Gabriela Castro/Renata Moraes/ Rodrigo Sotero

Coordenação de Suporte
Afonso Bione/ Wilma Sali
Prof. José Lopes Ferreira Júnior/ Valquíria de Oliveira Leal

Edição 2013
Impresso no Brasil

Av. Agamenon Magalhães, s/n - Santo Amaro
Recife / PE - CEP. 50103-010
Fone: (81) 3183.3691 - Fax: (81) 3183.3664

INTRODUÇÃO À BOTÂNICA SISTEMÁTICA

Prof. Augusto César Pessoa Santiago
Prof. George Sidney Baracho

Carga horária | 8H

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os objetivos da **sistemática** como uma ciência e, especificamente, a sistemática vegetal;
- distinguir a evolução dos sistemas de **classificação** vegetal; realizar na internet de interesse da Botânica Sistemática;
- distinguir os principais princípios e regras do Código Internacional de Nomenclatura Botânica;
- refletir criticamente e relacionar com outras disciplinas e áreas correlatas, sugerindo, também, dicas para aplicação em sala de aula.

INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão abordadas as idéias sobre Sistemática bem como os principais conceitos relativos à Sistemática Vegetal ou Botânica Sistemática. Serão apresentadas as idéias sobre diversificação biológica e a necessidade de sua sistematização bem como o objetivo e a evolução dos sistemas de classificação dos vegetais. Serão, também, abordados os principais pontos que

regem o Código Internacional de Nomenclatura Botânica, fornecendo informações que permitam o entendimento de sua finalidade e funcionamento.

Em face da imensa diversidade do mundo natural, o homem instintivamente o classifica, com o intuito principal de compreender o mundo que o cerca. Já na remota Antiguidade, o homem aprendeu a reconhecer os tipos de plantas que eram úteis como alimento, as que poderiam ser úteis como combustível, as medicinais, as venenosas etc.

Um sistema de classificação pode ser construído com diferentes objetivos. Cada um deles terá um princípio filosófico e normativo distinto e irá empregar distintos conjuntos de caracteres.

A classificação passa a ser o método básico para o homem enfrentar e organizar o mundo exterior. Diferentes classificações serão feitas para servir a diferentes propósitos. Podemos fazer tal equivalência com a organização de livros numa biblioteca, separados por cor, autor ou assunto e, também, com os utensílios domésticos, que podem ser separados de acordo com seu local de utilização. A classificação surge como um sistema de armazenamento e recuperação de informações. No intuito de classificar a diversidade biológica no planeta, surge a Sistemática, que vem evoluindo juntamente com outras ciências e, como expõe Amorim (2002), tenta resolver os seguintes problemas:

1. descrever a diversidade biológica;
2. encontrar que tipo de ordem existe na diversidade (se existir) e
3. compreender os processos que são responsáveis pela geração desta diversidade.

A finalidade da Sistemática é estabelecer uma imagem completa da grande diversidade de organismos, compreendendo, ao mesmo tempo, as relações entre eles e o conhecimento das leis biológicas gerais. Assim, deverá estabelecer-se, primeiro, uma caracterização e delimitação clara dos organismos “iguais” e “não iguais” e depois, organizar estas formas num sistema claro. A razão de empregar-se um nome para um organismo é dupla: ele fornece um ponto de referência, mas, ao mesmo tempo, ligado

ao nome, está uma série de suposições que há um grupo de indivíduos compartilhando certas características em comum, de modo que toda vez que um organismo é determinado como pertencendo a certa *espécie*, há uma grande possibilidade de a espécie ter sempre as mesmas características, quer sejam morfológicas, químicas, fisiológicas, dentre outras (Heywood 1970).

DIVERSIDADE BIOLÓGICA

É inevitável para qualquer ser-humano se “espantar” com a diversidade biológica, ou biodiversidade, existente em nosso planeta. Mesmo na Antiguidade, não eram conhecidos diversos grupos e até hoje para os mais leigos, não se pode negar o quanto chama atenção a quantidade de seres que nos cercam. Vale ressaltar ainda, que a diversidade ou variedade biológica se manifesta em todos os níveis de organização, de moléculas a ecossistemas e em todos os organismos.

Para distinguir a diversidade de organismos que o cercava, o homem passou a se utilizar de nomes particulares, originando a noção de espécie. Os nomes populares eram dados a um grupo de indivíduos semelhantes, muitas vezes, com características próprias, reconhecendo em cada um deles a repetição de uma similaridade de atributos, sugerindo um padrão biológico. As espécies são consideradas as unidades básicas da Sistemática, mas, ainda assim, este é um termo complexo e que tem diferentes definições nas diversas áreas de estudo, por exemplo, o conceito biológico, ecológico, bioquímico, dentre outros.

Duas correntes filosóficas marcam, historicamente, o surgimento e as concepções vinculadas ao conceito de espécie e ao mecanismo que conduz à diversificação biológica, ao Fixismo e ao Evolucionismo.

Em resumo, a Teoria Fixista, afirmada por Aristóteles, dizia que as espécies constituiriam realidades imutáveis: uma vez criadas, conservariam ao longo dos tempos os mesmos atributos. Esta teoria foi defendida por Linnaeus (Carl von Linnaeus, 1707-1778), George Cuvier (1769-1832), Alcides d’Orbigny (1802-

1857), dentre outros. Linnaeus, no final de sua vida, já acreditava que híbridos poderiam surgir das espécies já existentes. Para explicar a existência dos fósseis surgiu a hipótese do Catastrofismo, onde se acreditava que a terra seria abalada por grandes cataclismas, provocando extinção em massa dos seres ali viventes e que poderiam não deixar descendentes. Alguns defendiam que a renovação poderia ser feita por novos eventos da “criação”, e outros, pela migração de espécies.

O Evolucionismo tem sua base em alguns filósofos antigos, como Anaximandro (século VI a.C.), Empédocles (século V a.C.), considerado pai da evolução e Xenófanos (século V a.C.), com idéias especulativas sobre estágios evolutivos do desenvolvimento biológico. Uma maior interpretação científica sobre a variedade biológica, neste ponto de vista, foi dada por importantes nomes, como Jean-Baptist Lamarck (1744-1829), Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1884), Charles Darwin (1809-1913) e Alfred Russel Wallace (1823-1913). Neste caso, admitia-se a mudança nos organismos poderia originar diferentes formas de vida derivadas, ocorrendo assim o processo de especiação. Destacam-se aqui as doutrinas do Transformismo (Lamarckismo), proposta por Lamarck, a **Seleção Natural**, originada dos estudos de Darwin e o **Mutacionismo**, cujos conceitos surgiram com De Vries em 1901. Essas idéias foram baseadas nos dados paleontológicos, morfológicos, embriológicos, biogeográficos e genéticos.

As idéias de Lamarck baseavam-se em duas leis, a *lei da adaptação ou do uso e desuso* e a *lei da herança dos caracteres adquiridos*. O ponto crucial para derrubar esta doutrina foi a impossibilidade de provar a efetiva transmissão dos caracteres adquiridos. Darwin surge com as idéias da Seleção Natural, na qual ressalta a importância da luta pela vida, no estabelecimento dos indivíduos mais aptos, mais fortes. O Darwinismo, não se preocupou em explicar a causa do aparecimento de indivíduos mais fortes ou mais fracos, mas frisava a transmissão dos caracteres adquiridos através da *teoria da Pangênese*. Posteriormente, com as idéias de mutação e o conhecimento genético foi possível esclarecer a teoria de Darwin e compreender o processo de formação de novas espécies.

Uma das últimas versões do conceito biológico de espécie, proposto por Mayr, em 1982, diz que “espécies são grupos de populações atualmente ou potencialmente intercruzantes, que são reprodutivamente isoladas e que ocupam um nicho específico na natureza”. O termo “potencialmente” é bem colocado para destacar que algumas populações separadas geograficamente podem voltar a conviver e prosseguir o cruzamento. Avaliando este conceito, já podemos destacar o problema de como enquadrá-lo para organismos com reprodução assexuada. Isto mostra a complexidade do conceito de espécie e sua variação de acordo com as diferentes áreas da ciência.

Hoje são descritos no mundo cerca de 2 milhões de organismos, embora se acredita que o número de espécies existentes seja muito maior, podendo chegar a 100 milhões, mesmo sem contar as espécies que foram extintas em épocas passadas e das quais não podemos tomar conhecimento. Atualmente, a ciência vive um intenso processo de descrição de novas espécies, não só de organismos pequenos, mas de espécies de primatas, aves, anfíbios, entre outros, não esquecendo obviamente os organismos vegetais.

LEI DA ADAPTAÇÃO OU USO E DESUSO

“Nos animais que não passaram o limite do seu desenvolvimento, o uso mais frequente e contínuo de um órgão fortalece, desenvolve e aumenta gradualmente esse órgão, e dá-lhe um poder proporcional ao tempo durante o qual foi usado, enquanto que a não utilização permanente de qualquer órgão causa o seu enfraquecimento e deterioração e diminui progressivamente a sua capacidade para funcionar, até que finalmente desaparece”.

LEI DA TRANSMISSÃO DOS CARACTERES ADQUIRIDOS

“Todas as características são adquiridas ou perdidas por imposição da natureza aos indivíduos, através da influência do ambiente no qual a espécie vive há muito, e, por isso, através da influência do uso predominante ou desuso permanente de qualquer órgão; todas são preservadas pela reprodução e transferidas

para os novos indivíduos, desde que as modificações adquiridas sejam comuns a ambos os sexos, ou, pelo menos, tenham ocorrido no indivíduo que produz os novos”.

TEORIA DA PANGÊNESE

Segundo essa teoria, todas as partes do organismo produziam partículas denominadas “gêmulas” que eram direcionadas para as células germinativas. Durante a reprodução sexuada, havia a mistura das partículas provenientes do macho e da fêmea, produzindo um novo organismo com características de ambos os progenitores. De acordo com a pangênese, a modificação do organismo durante a vida provocava alterações nas gêmulas e, conseqüentemente, poderiam ser transmitidas para as gerações seguintes.

Futuro professor, é importante que os alunos compreendam a importância das idéias de Lamarck, de acordo com sua época, quebrando antigos conceitos e acreditando na transformação dos seres. Darwin também não se desvincilhou das idéias do uso e desuso, pois não conhecia os mecanismos do processo de hereditariedade. Incentive a pesquisa e debata com os alunos como era o pensamento, na época de Lamarck e Darwin, sobre a origem e evolução das espécies e como seria difícil fazer interpretações sem os conhecimentos da genética que temos hoje. No site a seguir, você pode encontrar várias informações sobre Darwin, que pode ser motivo de muitos debates, incluindo o texto sobre a aceitação do papa João Paulo II sobre as idéias do cientista (<http://www.icb.ufmg.br/lbem/aulas/grad/evol/darwinwal.html>).

BOTÂNICA SISTEMÁTICA

A Botânica Sistemática tenta compreender a diversidade biológica encontrada nos grupos vegetais e entender sua história evolutiva. Um termo bastante utilizado na sistemática é *taxonomia*, que significa identificar, denominar e classificar as espécies. Muitas vezes, porém, este termo é colocado até como sinônimo de sistemática. Para Haywood, por exemplo, o termo sistemática é usado para “designar o estudo científico da diversidade e diferenciação dos organismos e das relações existentes entre eles”, enquanto que taxonomia é a “parte da sistemática que trata do estudo da classificação, incluindo suas bases, princípios procedimentos e regras”.

Linnaeus é um dos nomes que se destaca no sistema moderno de classificação dos seres vivos. Esse naturalista sueco, que viveu no século XVIII, pretendia nomear e descrever todos os tipos de plantas, animais e minerais. Na publicação de sua obra *Species plantarum*, em 1753, Lineu usava a descrição através de polinômios, que chegavam a apresentar até 12 palavras. Contudo, o cientista acrescentou o sistema binomial de nomenclatura, criado por Caspar Bauhin (1520-1624). Junto à descrição polinomial, o autor associava uma palavra que, em conjunto com o nome do gênero, poderia ser uma boa referência para denominação da espécie. Muitos nomes dados por Linnaeus são utilizados até hoje em dia pelos sistematas (ex. *Caesalpinia echinata* L. – “pau-brasil”). Atualmente os nomes científicos dados às plantas, fungos e protistas fotossintetizantes, estão sujeitos às regras contidas no Código Internacional de Nomenclatura Botânica. Ainda existem o Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (para animais e protistas não fotossintetizantes) e o Código Internacional de Nomenclatura das Bactérias (para micróbios).

SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO

Ao longo da História, surgiram numerosos sistemas de classificação, os quais costumam ser agrupados em quatro categorias: os sistemas baseados no hábito das plantas, os sistemas artificiais, os naturais e os filogenéticos (em ordem cronológica).

Os primeiros foram, evidentemente, os menos elaborados, embora seus autores acreditassem que eles refletiam afinidades naturais. Theophrastus (370-285 a. C.) é o nome mais célebre desse período, sendo considerado o Pai da Botânica. Nestes sistemas, os grupos de plantas eram divididos em árvores, arbustos, subarbustos e ervas. Os gregos foram mais tarde sucedidos por herbalistas, que observavam os caracteres utilitários das plantas, e botânicos que mantiveram esse período da História da classificação até a metade do século XVIII. Um dos nomes de destaque que utilizou o sistema de classificação baseado no hábito foi Andrea Caesalpino (1519-1603).

Assim como esses antigos sistemas, os sucessores, denominados sistemas artificiais, não

encontram hoje qualquer aplicação. Um sistema artificial tem como único objetivo ser um meio conveniente de situar uma planta dentro de uma classificação e contribuir para sua **identificação**. Não tem qualquer preocupação de mostrar relações de afinidades, sendo o mais conhecido destes sistemas o de Linnaeus, publicado na obra *Species Plantarum*, que ficou conhecido como “sistema sexual”, por ter sido o primeiro a dar uma grande ênfase aos caracteres florais. Linnaeus classificou as plantas em 24 classes, uma classe de plantas sem flores e 23 de plantas com flores, baseando-se, principalmente, no número de estames, a soldadura e o comprimento dos filetes e o “sexo” exibido pelas plantas. Nesta época, as idéias da diversidade biológica ainda estavam centradas na imutabilidade das espécies. Assim, observa-se a utilização de poucos caracteres no sistema de classificação, que conseqüentemente não vai refletir uma real relação entre os organismos. A importância de Lineu para a Botânica é incontestável, já que este foi responsável pela descrição de grande número de espécies e pelo estabelecimento da nomenclatura binomial.

Os sistemas naturais surgiram como fruto do enorme contingente de novas espécies que passaram a ser conhecidas devido às numerosas coleções que chegavam à Europa, provenientes dos países tropicais. Isso estimulou um conhecimento mais detalhado da Morfologia Vegetal, especialmente após a melhoria do instrumental óptico. Esses sistemas procuravam expressar o relacionamento “natural” entre as espécies. Para seu autor, um sistema natural deveria refletir um plano Divino, pois aceitando-se o dogma da Criação, acreditava-se que o poder Divino criou toda a natureza de acordo com um plano que o homem poderia descobrir. Esses sistemas apareceram na segunda metade do séc. XVIII e prevaleceram até o surgimento do Darwinismo. Alguns nomes relacionados a sistemas naturais, que merecem destaque, são Jean Baptist Lamarck, Antonine Laurent de Jussieu (1748-1836), Augustin Pyrame de Candolle (1778-1841). Ao contrário dos sistemas artificiais, os naturais eram construídos com base num grande número de caracteres.

O sistema de Jussieu é o primeiro a ser tratado como um sistema natural e considerava inicial-

mente o número de cotilédones para separar os grupos Acotyledonae (sem cotilédones), Monocotyledoneae (um cotilédone) e Dicotyledoneae (dois cotilédones). Posteriormente, utilizou-se de caracteres vegetativos e reprodutivos para delimitar as 15 classes e 100 ordens (equivalentes atualmente as famílias). De Candolle merece destaque pela distinção entre plantas vasculares e **talófitas** e a ordenação e delimitação de muitas famílias, mas pecou em alguns pontos, como por exemplo ao incluir as pteridófitas entre as monocotiledôneas.

Após a discussão sobre o dogma da imutabilidade das espécies, que foi descartado pelas idéias de formas novas de organismos, tratadas por Saint-Hilaire e Lamarck e, principalmente, pelos estudos sobre a origem das espécies de Darwin e Wallace, iniciou-se uma busca pela relação existente entre os seres. Isto ficou mais evidente com os avanços dos estudos genéticos. Aliados a estes estudos, surgiam, também, novidades em relação aos dados paleontológicos, contribuindo para as informações os ancestrais das plantas atuais e o surgimento dos grupos. Acreditava-se assim, que as afinidades entre os grupos de plantas mostravam um reflexo de sua evolução filogenética. Pode-se dizer que o objetivo do sistema filogenético é uma estrutura de uma classificação baseada na teoria da evolução.

Os sistemas filogenéticos procuram usar toda a informação disponível no momento, a respeito dos **táxons** envolvidos, procurando relacioná-los segundo uma afinidade baseada em ancestralidade e descendência. Os sistemas filogenéticos apareceram envoltos na publicação de DARWIN (1859): A origem das espécies (a teoria da evolução). As plantas podem ser ordenadas segundo distintos princípios, mas o parentesco filogenético aparece como um princípio de ordenação hierárquico independente do observador. Um dos grandes problemas encontrados para a reconstrução da história evolutiva dos grupos é a falta do registro fóssil.

Vários nomes são importantes para o estabelecimento dos sistemas filogenéticos, destacando-se os pioneiros August Eichler, Adolf Engler, Charles Bessey, Richard von Wettstein, John Hutchinson e Oswald Tippo. Posteriormente, destacam-se: Takhtajan, Cronquist,

Thorne, Banks e Dahlgren, que se utilizam de diferentes áreas do conhecimento - morfologia externa, anatomia, citologia, embriologia, ecologia, genética, química e estatística. Dois nomes merecem destaque no início dos sistemas filogenéticos, Adolf Engler (1846-1930) e Artur Cronquist (1919-1992). Esses autores, não são filogenéticos em seu exato sentido, pois não usam metodologia **cladística**, mas são aqui incluídos pela aceitação das idéias evolucionistas. O sistema de Engler está entre um dos mais difundidos e conhecidos. Uma razão para a ampla aceitação do sistema de Engler foi que ele o aplicou às plantas, em geral, no seu trabalho *Die Natürlichen der Pflanzenfamilien*, publicado em dez volumes. Esse trabalho, com chaves de determinação de gêneros, amplas diagnoses das famílias, descrições das características mais importantes dos gêneros e boa ilustração, dando meios para o reconhecimento dos gêneros de algas às espermatófitas, foi, sem dúvida, o responsável pelo sucesso do Sistema.

A Sistemática **Filogenética** foi gradativamente consolidando-se como paradigma na Botânica e, a partir da década de 90, muitos trabalhos integradores trouxeram progressos imensos para nosso entendimento da evolução das plantas e conseqüente aprimoramento da sua classificação. Atualmente, a maioria dos taxonomistas recorre aos estudos moleculares para realização de trabalhos filogenéticos. Assim, com os dados de seqüenciamento de DNA, analisados por métodos cladísticos, surgem novas perspectivas e grandes avanços nos sistemas de classificação, como pode ser visto em Judd et al. (1999) e outros trabalhos que serão discutidos nos capítulos posteriores.

Considera-se como uma qualidade importante num sistema de classificação a sua previsibilidade ou seu poder de predição. Isso significa que, uma vez que se reconheça que uma determinada planta pertence ao táxon A, mesmo que não se tenha procurado nela certo caráter, ele estará presente, desde que este caráter seja um atributo importante de A. Por exemplo, ao se deparar com uma planta pouco estudada pertencente a uma determinada família, é muito provável que ela contenha os compostos químicos e processos fisiológicos que sejam representativos para as demais da mesma família.

Mas a qualidade mais importante de um sistema de classificação é que ele represente, com a maior fidelidade possível, a árvore da vida. Se ele tiver sido construído com base em clara detecção de homologias entre caracteres, gerando um corpo de hipóteses de parentesco entre grupos expresso na forma de cladograma (árvore filogenética), os táxons serão consistentes, representando linhagens evolutivas que devem ter tido existência na natureza. Em conseqüência, o seu poder de predição também será elevado.

Futuro professor, é importante ver que a estrutura hierárquica que encontramos hoje nos sistemas de classificação (Reino, Filo, Classe, Ordem, Família, Gênero e Espécies) foram sendo consolidadas aos poucos. Primeiro eram considerados os reinos e os gêneros; posteriormente estes foram sendo agrupados em famílias, as famílias em ordens e as ordens em classes. O termo divisão foi criado por de Candolle, que também criou a palavra taxonomia e tinha a intenção de agrupar as classes. Atualmente o termo filo, como utilizados para animais, pode ser empregado em substituição à divisão. As categorias hierárquicas (ou categorias taxonômicas) podem ser subdivididas em categorias inferiores (ex. subclasse, subfamília). Como categorias inferiores ao gêneros, podemos encontrar tribo e secção. A espécie também pode apresentar categorias inferiores, como subespécies, formas e variedades. Incentive os alunos a pesquisarem sobre os importantes nomes que contribuíram com a evolução dos sistemas de classificação. Podem ser formados grupos de acordo com o período histórico.

NOÇÕES BÁSICAS DE NOMENCLATURA BOTÂNICA

Os nomes científicos são utilizados amplamente nas áreas biológicas, especialmente no campo da Sistemática. Contudo, nem todos os biólogos conhecem os princípios básicos que regem a nomenclatura biológica. É necessário ter uma noção das principais regras que são abordadas na nomenclatura botânica, para que se compreenda a apresentação dos nomes que serão observados nos mais variados textos.

Um nome nada mais é que um símbolo convencional, que serve como ponto de referência e evita a necessidade de utilizar, continuamente, uma frase descritiva dificultosa. O objetivo dos nomes é sua utilização como veículo de comunicação científica, de modo

universal. Este é o objetivo fundamental da Nomenclatura Biológica, que cumpre seu papel através do estabelecimento de regras que governam sua aplicação. Estas são reunidas e organizadas sob a forma de Códigos de Nomenclatura. Existem códigos separados para as diversas áreas da Biologia Sistemática. Assim, para a Botânica (incluindo algas procarionóticas e fungos), existe o Código Internacional de Nomenclatura Botânica. Existe, ainda, o Código Internacional de Nomenclatura de Plantas Cultivadas (separado do Código Internacional de Nomenclatura Botânica).

Os Códigos de Nomenclatura Botânica são revistos e atualizados periodicamente, por ocasião dos Congressos Internacionais de Botânica realizados, em regra, a cada seis anos. Existem, portanto, várias edições do Código de Botânica desde o estabelecimento das Regras de Nomenclatura. Cada nova edição do Código anula as precedentes e passa a ser aquela válida em matéria de Nomenclatura Botânica. O Código é, portanto, dinâmico e não constitui um conjunto estático de leis.

O Código visa, fundamentalmente, estabelecer um método estável de denominação dos grupos taxonômicos, evitando e rejeitando nomes errôneos ou supérfluos e, ainda, nomes que possam causar confusão. A organização do Código está baseada em princípios, regras e recomendações. Os princípios constituem a base da Nomenclatura e, portanto, se um nome fere qualquer um dos princípios, deve ser rejeitado. As regras são constituídas de artigos e se destinam a pôr ordem nos nomes já existentes e orientar a criação de novos nomes. As recomendações constituem pontos secundários e indicam a melhor forma de escrever um nome, visando à uniformização do trabalho nomenclatural, particularmente da nomenclatura futura. O Código inclui também exemplos, inseridos em partes correspondentes, que visam a ilustração dos artigos e das recomendações.

PRINCÍPIOS

- I. A Nomenclatura Botânica é independente da Zoológica.
- II. A aplicação de nomes de grupos taxonômicos é determinada por meio de tipos nomenclaturais (estes tipos são representados por exsicatas, que se constituem de plantas ou parte delas, desidratadas e depositadas no herbário).
- III. A nomenclatura de um grupo taxonômico está baseada na prioridade de publicação.
- IV. Cada grupo taxonômico tem, apenas, um nome válido, qual seja, o nome mais antigo que esteja conforme as Regras, exceto em casos específicos.
- V. Os nomes científicos de grupos taxonômicos são tratados em latim, independentemente de sua origem.
- VI. As Regras de Nomenclatura são retroativas, salvo indicações contrárias.

Algumas regras de nomenclatura botânica

1. As categorias hierárquicas têm uma terminação fixa, exceto para gêneros e espécies.

Categoria taxonômica	Sufixo	Nome vulgar: rosa-vermelha
DIVISÃO (FILO)	OPHYTA	<i>Magnoliophyta</i>
CLASSE	OPSIDA	<i>Magnoliopsida</i>
SUBCLASSE	IDAE	<i>Rosidae</i>
ORDEM	ALES	<i>Rosales</i>
SUBORDEM	INEAE	<i>Rosineae</i>
FAMÍLIA	ACEAE	<i>Rosaceae</i>
SUBFAMÍLIA	OIDEAE	<i>Rosideae</i>
TRIBO	EAE	<i>Roseae</i>
SUBTRIBO	INAE	<i>Rosinae</i>
GÊNERO		<i>Rosa</i>
ESPÉCIE		<i>Rosa gallica L.</i>

2. O nome científico é sempre um binômio.
3. Gênero e espécie não têm terminação fixa.
4. A primeira palavra do binômio científico corresponde ao gênero e deve ser escrito com letra inicial maiúscula. A segunda palavra corresponde ao epíteto específico, para uma espécie determinada, o qual deve concordar gramaticalmente com o nome do gênero e ser escrito com letra inicial minúscula.
5. O binômio científico deve ser acompanhado do nome do autor deste, isto é, daquela



pessoa que descreveu a espécie. Nomes de autores podem ser abreviados, sendo recomendado que as abreviaturas não sejam aleatórias, sugerindo-se que sejam obedecidas as normas indicadas por algum autor.

6. Sempre que houver mais epíteto específico para nominar uma espécie, vale o princípio da prioridade, devendo ser utilizado o nome mais antigo, sendo os demais considerados sinônimos. Essa regra vale para todos os nomes publicados a partir de 1753.
7. Quando uma espécie muda de gênero, o nome do autor do basônimo (primeiro nome dado a uma espécie) deve ser citado entre parênteses, seguido pelo nome do autor que fez a nova combinação. Ex.: *Tabebuia alba* (Cham.) Sadw.; basônimo: *Tecoma alba* Cham.
8. Espécies que receberam o nome sem terem sido descritas; aparece primeiramente o autor, seguido pelo responsável pela descrição. Ex. *Maytenus ilicifolia* Martius ex Reissek.
9. O binômio científico deve ser grifado no texto (o grifo em itálico é o usual; quando manuscrito deve ser sublinhado).

DEFINIÇÕES GERAIS

Nome - Termo geral para designar um grupo taxonômico. O nome de um gênero ou de um táxon de nível superior é uma palavra.

Epíteto - Qualquer palavra subsequente ao nome genérico. Para o nível espécie denomina-se epíteto específico, e a combinação constitui um binômio. Para níveis inferiores (variedade ou subespécie), denomina-se epíteto varietal ou subespecífico, e a combinação do nome genérico com dois epítetos constitui-se um trinômio.

Nome efetivo - É o nome que atende às condições de publicação efetiva. Segundo o Código, uma publicação é efetiva somente pela distribuição de matéria impressa (através de venda, intercâmbio ou doação) a instituições com bibliotecas acessíveis a botânicos, em geral.

Nome válido - É o nome que atende às condições de publicação válida, a saber:

1. ser efetivamente publicado;
2. ser acompanhado de uma descrição ou diagnose (descrição resumida destacando as características diferenciais) do táxon em latim;
3. conter a indicação do tipo nomenclatural.

Nome legítimo - É o nome mais antigo que estiver de acordo com as Regras do código, destacando-se a publicação válida e o princípio de prioridade.

TIPIFICAÇÃO

A aplicação de nomes de táxons do nível família ou abaixo é determinada por meio de tipos nomenclaturais, num processo denominado tipificação. *Tipo nomenclatural* é o elemento ao qual o nome de um táxon está permanentemente ligado. A aplicação dos tipos alcança apenas os táxons inferiores ao nível de Ordem. Excepcionalmente esta aplicação pode atingir níveis hierárquicos mais elevados, quando seus nomes forem baseados em táxons genéricos. O tipo do nome de uma família é um gênero, o de um gênero é uma espécie, e o de uma espécie (ou táxon infra-específico), um espécime. O tipo de um nome de uma espécie (ou táxon infra-específico) é um único espécime, exceto nos seguintes casos: para pequenas plantas herbáceas e para a maioria das plantas avasculares, que pode consistir-se de mais que um indivíduo.

Os tipos são geralmente representados por um espécime de herbário, ou outro elemento, como descrição ou uma figura. O nome da espécie, ou suas divisões, estará associado permanentemente a este tipo, tratando-se de um nome correto ou sinônimo. O tipo nomenclatural não é, necessariamente, o elemento mais típico e representativo de um táxon, mas apenas o elemento em que o autor de um determinado táxon se baseou para descrevê-lo e o indicou como tipo na publicação original.

TIPOS NOMENCLATURAIS PARA ESPÉCIE OU CATEGORIAS INFRA-ESPECÍFICAS

Holótipo - espécime ou outro elemento usado pelo autor ou designado por ele como modelo ou tipo nomenclatural. Enquanto o holótipo existir, ele automaticamente fixa a aplicação correta do nome.

Lectótipo - espécime ou outro elemento selecionado do material original para servir como tipo quando o holótipo não foi designado.

Neótipo - espécime ou outro elemento selecionado para servir como tipo quando todo material original estiver desaparecido. Pode ser um material botânico da mesma espécie, mas de uma coleta diferente da que originou o holótipo.

Isótipo - é qualquer duplicata (espécime coletado no mesmo local, mesma data e pelo mesmo coletor) do holótipo.

Síntipo - espécime entre dois ou mais citados pelo autor, quando o holótipo não foi indicado ou quando dois ou mais espécimes foram simultaneamente designados como tipo.

Parátipo - qualquer um dos exemplares a que se recorreu para complementar a descrição, devendo ser citado ao lado do holótipo ou do sintipo.

CITAÇÃO DE AUTOR

Quando uma espécie, gênero ou família são citados pela primeira vez no texto, deve ser incluso o nome do seu respectivo autor(es). O(s) autor(es) deve(m) ser citado(s) logo após o nome do táxon e pode ser colocado de forma abreviada, desde que seja longa suficiente para que não gere ambigüidade. Casos excepcionais podem ocorrer quando o referido autor é uma importante referência, como, por exemplo, Linnaeus, que é representado apenas pela letra L. Quando forem dois os autores, suas abreviações devem ser unidas por “*et*” ou “&”. Em se tratando de mais de dois autores somente o primeiro é citado seguido “*et al.*” ou “& *al.*” A obra de referência quanto à abreviação correta dos nomes de autores é: Brummitt, R.K. & C.E. Powell. 1992. *Authors of plant names*. Royal Botanic Gardens, Kew, England.

Vale ressaltar que os nomes científicos também podem estar acompanhados de sinônimos, que são os nomes diferentes que se aplicam ao mesmo táxon, sem confundir com os homônimos que são os nomes iguais aplicados a táxons diferentes.

PRINCÍPIO DA PRIORIDADE

Cada família ou táxon de nível inferior pode ter somente um nome correto. O princípio da prioridade determina que quando dois ou mais nomes se referem ao mesmo táxon deve, como regra, ser considerado correto o mais antigo. Algumas exceções são feitas no caso de prioridade por conservação. No Código, constam listas de nomes conservados, a fim de preservar nomes que melhor servem à estabilidade da nomenclatura. A Nomenclatura Botânica é entendida como tendo iniciado com Linneu (Linnaeus, *Species Plantarum*, 1 edição, 1º de maio de 1753). Essa obra e respectiva data, são consideradas como ponto inicial de partida para os estudos nomenclaturais da maioria dos grupos vegetais. Outras datas podem ser vistas no artigo de Rodrigues (2003) (www.uepg.br/prospesp/publicatio/bio/2003_3/09.pdf).

Futuro professor, para explorar os conceitos de Nomenclatura Botânica pode ser interessante a realização de exercícios sobre a forma de escrever o nome das espécies e de autores, observar as terminações fixas nas categorias hierárquicas e suas diferenças com nomes na Zoologia.

HERBÁRIOS E TÉCNICAS DE COLETA, HERBORIZAÇÃO E PRESERVAÇÃO DE MATERIAL BOTÂNICO

HERBÁRIOS

Herbários são bancos de coleções permanentes de espécimes e de informações associadas a elas. São coleções dinâmicas de plantas secas prensadas, de onde se extrai, utiliza e adiciona informação sobre cada uma das populações e/ou espécies conhecidas e sobre novas espécies de plantas. Os herbários abrigam uma grande quantidade de informações sobre a diversidade

de vegetal local, regional e mundial, além de funcionarem como centros de treinamento e formação de recursos humanos e capacitação de pessoal voltados ao estudo da taxonomia vegetal.

Os herbários e outras coleções a elas associadas, tais como as xilotecas, as carpotecas, são ferramentas imprescindíveis ao trabalho dos taxonomistas e apoio indispensável para muitas outras áreas do conhecimento. O herbário provê a exsicata ou voucher para um grupo de organismos vivos, fornecendo também a base de dados acerca da distribuição geográfica e da diversidade de plantas, além de guardar a memória de conceitos morfológicos e taxonômicos e a maneira como esses conceitos foram modificados.

De acordo com a capacidade nacional instalada, existem 113 herbários ativos no país, os quais juntamente abrigam pouco mais de 4,7 milhões de espécimes herborizados. Destes, 90 herbários abrigam até 50 mil espécimes, 10 herbários contam com coleções entre 50 e 100 mil espécimes, e 13 herbários mantêm acima de 100 mil espécimes preservados. Dos 113 herbários nacionais estimados, 73 estão registrados no Index Herbariorum (IH) e reconhecidos por seus acrônimos ou siglas que identificam o nome e porte do herbário.

O estado de Pernambuco possui 5 herbários ativos, dos quais somente 3 estão registrados no IH mediante seus respectivos acrônimos:

- (i) IPA, Herbário Dárdano de Andrade Lima, da Empresa Pernambucana de Pesquisas Agropecuárias;
- (ii) PEUFR, Herbário Vasconcelos Sobrinho, da Universidade Federal Rural de Pernambuco; e
- (iii) UFP, Herbário Prof. Geraldo Mariz, da Universidade Federal de Pernambuco.

Os demais, HST, Herbário Sérgio Tavares, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, e HVASF, Herbário do Vale do São Francisco, da Universidade Federal Vale do São Francisco, único no sertão do estado, são de pequeno porte e ainda sem registro no IH.

São inúmeras as justificativas para se registram e colecionarem elementos da flora. A

diversidade biológica da América Latina é inigualável, com pelo menos 90 mil espécies de plantas superiores na região tropical (de aproximadamente 250 mil espécies registradas). O Brasil apresenta uma das floras mais ricas do mundo, com 50-55 mil espécies descritas. O ritmo atual de desmatamento levará ao desaparecimento de pelo menos 60 mil espécies, entre 15 e 25 anos. Desta forma, o nível de conhecimento das plantas deve ser altamente prioritário, caso se deseje fazer uso apropriado e racional dos recursos vegetais disponíveis, já que o uso das plantas nativas é muito diverso, sendo dividido em óleos fixos, ceras, látex e produtos químicos, fibras, alimentos, óleos essenciais, medicinais e madeiras. Com base somente nessas justificativas, os jovens cientistas brasileiros têm o direito e o dever de aplicar seu talento e seu conhecimento à produção de contribuições originais à ciência, à técnica, ao seu povo e à humanidade.

TÉCNICAS DE COLETA E HERBORIZAÇÃO

São diversas as técnicas de coleta de organismos vegetais, muitos dos quais, a exemplo de bromélias, cactos e palmeiras, requerem, inclusive, metodologias específicas e que não estão facilmente à disposição. Mas, de uma forma geral, é recomendável destacar algumas instruções de ordem geral.

Inicialmente, dentre os materiais gerais para coleta, são indispensáveis os seguintes:

- (i) prensa de madeira;
- (ii) corrugado (ou chapa de zinco);
- (iii) papelão e jornais;
- (iv) barbantes;
- (v) sacos plásticos, sacos de papel e papel de seda;
- (vi) caderneta de campo;
- (vii) instrumentos de medição (fita métrica, gps);
- (viii) instrumentos cortantes
- (ix) tesoura de poda, podão, faca, canivete, serrote-de-campo);
- (x) máquina fotográfica.

Além destes, de acordo com o objetivo da coleta, também são indispensáveis:

- (i) instrumentos diversos para coletas específicas (frascos, redes, luvas de borracha,

luvas de couro, papel vegetal, lápis de grafite, espátulas, baldes, dragas, martelos, talhadeiras, bandejas, pinças);

- (ii) Líquidos diversos para fixação e preservação de espécimes (ácido acético, formol, álcool 50°, álcool 70°, FAA).

O conjunto de materiais selecionados acima usualmente são conduzidos pelo coletor durante a atividade de coleta. A prioridade na condução de um ou outro material, ou seja, a seleção dos itens acima dependerá principalmente do objetivo da coleta e prioridade na seleção dos espécimes a serem coletados. A quantidade do material selecionado para a coleta, isto é, número de prensas, corrugados e jornais, assim como a variedade dos instrumentos cortantes que, em outras, palavras traduz-se no peso deste conjunto, depende especialmente da distância até o(s) local(is) selecionado(s) para a coleta, do tipo ou variedade do material botânico que se pretende coletar, da atividade individual ou conjunta da coleta e da disposição e resistência física do(s) coletor(es).

Algas são exemplos de organismos que requerem coletas e herborizações específicas, sendo indispensável a consulta em literaturas específicas e especialistas sobre os procedimentos mais corretos para a coleta desses espécimes. De uma forma geral, a coleta e herborização de microalgas, por exemplo, exigem frascos de vidro de tamanhos diversos que, passados em meio à água, são enchidos aproximadamente até a metade, sendo, então, o material coletado mantido in vivo, ou fixado em seguida com soluções específicas. No caso de macroalgas, as amostras coletadas são colocadas em bandejas com água comum, de forma que sejam esteticamente arrumadas para posterior secagem em folhas de papel vegetal.

Briófitas são normalmente coletadas do substrato com auxílio de espátulas ou demais elementos cortantes, cuidadosamente, e separados em sacos de papel, sendo em seguida levados à secagem em estufas de campo ou de laboratório.

Pteridófitas e plantas superiores são coletadas com o auxílio dos diversos tipos de material de

coleta selecionados acima. O espécime selecionado para coleta deve apresentar as características gerais que identificam a espécie a que pertence, ou seja, folhas viçosas e com atributos padrões e, no caso de plantas superiores, flores. Materiais estéreis devem ser evitados, visto que, muitas vezes, sua identificação por especialistas é bastante difícil. Flores delicadas devem ser prensadas e protegidas por papel vegetal, para não grudarem no jornal, durante o processo de secagem. Plantas suculentas exigem tratamentos prévios para retirada do excesso de água antes do processo de secagem, como ocorre com os cactos, por exemplo. A retirada do excesso de água em cactos é feita da seguinte forma:

- (i) corta-se a amostra ao meio;
- (ii) extrai-se a polpa (medula);
- (iii) retira-se o excesso da água, espalhando-se sal grosso e mantendo-se a amostra no sal durante 2-3 dias;
- (iv) prensa-se e seca-se normalmente a amostra.

É importante, mais uma vez, lembrar que cada amostra vegetal requer cuidados específicos para coleta e prensagem. Em caso de dúvidas, algumas literaturas mais específicas são listadas no final deste capítulo, assim como a consulta aos diversos tipos de especialistas em plantas é requerida.

PRESERVAÇÃO DE MATERIAL BOTÂNICO

A preservação de espécimes botânicos depende basicamente de uma boa coleta, uma boa prensagem e uma boa secagem. Plantas especiais requerem coletas especiais com o auxílio de materiais especiais, muitos dos quais foram listados anteriormente. Uma boa prensagem consiste na arrumação ou organização do material coletado entre os jornais, respeitando-se os limites da prensa, de forma que nenhuma parte da planta seja exposta livremente na estufa, durante o processo de secagem, evitando-se, assim, queimaduras. Assim, é importante saber cortar a planta, no ato da coleta, no tamanho ideal que possibilite a organização e total proteção entre as folhas do jornal, de forma que o material seque uniformemente.



O período de secagem de material botânico é variável, pois depende da quantidade de amostras presentes na prensa, do uso da estufa por outros materiais e da suculência da amostra prensada, dentre outras variáveis. Considerando-se uma média de três amostras de plantas não suculentas, prensadas entre jornais e corrugados e colocadas numa estufa livre, o período de secagem do material é de 3-5 dias, com a estufa à uma temperatura de 60°C. Para evitar a queima do material ou a extrapolação do período de secagem, é muito importante que o material seja diariamente monitorado, ou seja, abrindo a prensa e verificando diretamente se o material prensado está úmido ou seco. Caso necessite, jornais úmidos devem ser trocados durante a secagem do material, evitando-se assim a proliferação de fungos ou que partes mais sensíveis do vegetal, como flores, fiquem grudadas. Após o período de secagem, o material botânico está pronto para a última fase de herborização, que corresponde à montagem da exsicata.

Exsicata é uma amostra de planta seca e prensada numa estufa (herborizada), fixada em uma cartolina de tamanho padrão, acompanhada de uma etiqueta ou rótulo, contendo informações sobre o vegetal e o local de coleta, para fins de estudo botânico. A montagem da exsicata geralmente está a cargo de técnicos comumente disponíveis nos herbários aos quais as amostras serão definitivamente incorporadas.

RESUMO

O homem instintivamente classifica as coisas ao seu redor. Ao se deparar com uma grande diversidade de seres vivos a sua volta, o homem sentiu a necessidade de classificar esses seres, no intuito de guardar informações sobre esses e tornar fácil o acesso a essas informações. Assim, foram criados os sistemas de classificação, para poder criar, de modo prático, um sistema de armazenamento e recuperação destas informações.

A Botânica Sistemática ou Sistemática Vegetal tem por finalidade estudar a diversidade vegetal existente e as relações evolutivas entre os grupos. Essa ciência sofreu grande modifica-

ção desde o seu surgimento, de acordo com as inovações tecnológicas e modificações de pensamento dos pesquisadores.

No intuito de tornar os sistemas de classificação universais, foram criados os Códigos de Nomenclatura Biológica. O Código Internacional de Nomenclatura Botânica é responsável pela normatização do processo de denominação das espécies e da organização do sistema hierárquico.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

1. Quais os objetivos da Sistemática?
2. Acesse o site <<http://www.icb.ufmg.br/lbem/aulas/grad/evol/especies/>> e comente os pontos de discussão sobre a aplicabilidade do conceito biológico de espécie.
3. Qual a diferença entre Fixismo e Evolucionismo?
4. Comente sobre a veracidade da seguinte afirmativa: "As idéias de Darwin encerraram as idéias do processo de especiação". Caso não concorde com a afirmação, justifique.
5. O que é Táxon ou Categoria Taxonômica?
6. Qual a importância da sistemática no nosso dia-a-dia? Qual a importância do estabelecimento de um código de nomenclatura?
7. Diferencie sistemas naturais, artificiais e filogenéticos de classificação.
8. Quais os avanços que a sistemática molecular trouxe à classificação dos organismos?
9. Qual a importância de Lineu para a Botânica Sistemática?
10. Qual a diferença entre determinação e classificação?

11. Por que o Sistema de Engler é um dos mais aceitos e difundidos no meio botânico?
12. No que se baseia o Sistema Filogenético e como as teorias evolutivas de Darwin o influenciaram?
13. O que são tipos nomenclaturais e quais os principais exemplos?
14. No que se baseia o princípio de prioridade.

GLOSSÁRIO

Classificação - É a ordenação das plantas de maneira hierárquica. O produto final é um arranjo dessas plantas, ou seja, um sistema de classificação, que pode ser artificial, natural ou filogenético.

Cladística - É um método de análise das relações evolutivas entre grupos de seres vivos, de modo a obter a sua genealogia, ou seja, definir suas relações de parentesco.

Espécie [l. *specie*, 'tipo', 'modelo'] - É a categoria básica de hierarquia taxonômica e tem sido definida desde o tempo de Linné como um nome em um livro, ou como um julgamento de uma autoridade que julga que tal planta é uma espécie, ou ainda, como um grupo de indivíduos que, na soma total de seus caracteres, difere de outro em nível específico. O conceito de espécie tem evoluído muito, porém ainda não há um conceito definido, especialmente porque os conceitos são essencialmente genéticos e populacionais, enquanto o taxonomista geralmente se utiliza, apenas, de material de herbário para descrever suas novas espécies.

Filogenética [gr. *phylon*, 'raça'; *genos*, 'origem'] - Relações evolutivas entre organismos, ou seja, história do desenvolvimento de um grupo de organismos.

Identificação ou determinação - É o processo para se conseguir a denominação de uma planta, reconhecendo-se assim que ela é idêntica ou quase a outra planta já descrita anteriormente.

Mutacionismo [rel. mutação] - É um mecanismo de evolução proposto pelo geneticista pioneiro Hugo de Vries, em 1901, onde considerava que as mutações genéticas fossem, sozinhas, o principal mecanismo dirigindo a evolução das espécies.

Seleção natural - O conceito básico de seleção natural é que características favoráveis que são hereditárias tornam-se mais comuns em gerações sucessivas de uma população de organismos que se reproduzem, e que características desfavoráveis que são hereditárias tornam-se menos comuns.

Sistemática - Estudo científico da diversidade e diferenciação dos organismos e das relações existentes entre eles.

Talófitas - Termo antigo para designar organismos algas (algas verdes, pardas, vermelhas e fungos) cujo corpo é denominado de talo por não apresentarem diferenciação anatômica e histológica entre os órgãos vegetativos.

Táxon [gr. *taxis*, 'arranjo'] - É um agrupamento taxonômico de qualquer categoria. Pode ser, portanto, uma espécie, um gênero, uma família, etc. (táxon: pl. táxons ou taxa).

ABREVIATURAS E SIGLAS USADAS NESTE CAPÍTULO

gr., do grego, de origem grega.

l., do latim, de origem latina.

rel., relativo a.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, D.S. *Fundamentos de Sistemática Filogenética*. Ribeirão Preto: Holos. 2002. 156p.
- BARROS, I.C.; Porto, K.C.; Chamixaes, C.B.C.B. & Mariz, G. 1990. *Manual de práticas de criptógamos*. Editora Universitária, Recife-PE. 67 p.il.
- FERNANDES, A. 1996. *Compêndio Botânico: diversificação-taxionomia*. Fortaleza: EUFC. 99 p.il.



FIDALGO, O. & Bononi, V.L.R. 1989. *Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico*. Instituto de Botânica. Secretaria do Meio Ambiente. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo-SP. 62 p.il.

GUIMARÃES, P. 2003. *Noções básicas de nomenclatura botânica*. Disponível em:<www.ceunes.ufes.br/downloads/2/luismenezes-Noções%20básicas%20de%20nomenclatura%20Botânica.pdf>

Heywood, V.H. 1970. *Taxonomia vegetal*. São Paulo: EDUSP. Pp: 17-25.

JUDD, W.S., Campbell, C.S. Kellog, E.A. & Stevens, P.F. 2003. *Plant Systematics: A phylogenetic approach*. Sinauer Associates Inc., Sunderland.

RAVEN, P.H., Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. 1992. *Biologia vegetal*. 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara, Koogan.

TISSOT-SQUALLI, M.L. 2007. *Introdução à Botânica Sistemática*. 2 ed. Ijuí: Ed. Unijuí.

ALGAS

Prof. Augusto César Pessoa Santiago
Prof. George Sidney Baracho

Carga horária | 8H

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Distinguir os principais grupos de algas abordados no Ensino Fundamental e no Ensino Médio;
- Reconhecer as formas de vida, características sistemáticas, ecológicas e de reprodução das algas;
- Observar a importância econômica, ecológica e evolutiva das algas para entender o Reino Vegetal;
- Usar a Internet para consultas eletrônicas relacionadas ao assunto;
- Refletir criticamente sobre o assunto, correlacionando-o com outras disciplinas e áreas correlatas.

INTRODUÇÃO

Neste capítulo, serão abordadas as principais características sistemáticas das algas bem como sua importância ecológica e econômica. Serão apresentadas noções sobre a sua classificação e características dos principais grupos de algas, contemplados nos livros de ensino médio e fundamental. Os grupos que serão vistos neste capítulo são popularmente denominados de cia-

noíceas, euglenofíceas, diatomáceas, dinoflagelados, clorofíceas (algas pardas), rodofíceas (algas vermelhas) e feofíceas (algas pardas ou marrons). Também serão sugeridas dicas para aplicação do assunto em sala de aula.

1. AS ALGAS E SUA CLASSIFICAÇÃO

“Algas” é um termo genérico, sem valor taxonômico ou filogenético, proposto por Lineu em 1753 e que engloba uma gama muito diferente de organismos. O termo era usado para um táxon considerado um grupo uniforme, mas, a partir da avaliação das diferenças essenciais como pigmentos, reservas nutritivas, parede celular, reprodução, locomoção, habitat e pelos estudos moleculares, muito evidenciados recentemente, o grupo foi dividido em vários filos. A capacidade de fotossíntese é bem destacada nas algas, que possuem clorofila e outros pigmentos fotossintetizantes, conferindo-lhes diferentes colorações.

VOCÊ SABIA

A palavra *Ficologia* pode ser usada para definir a ciência que estuda as algas (do grego *Phycos* = algas)

Durante muito tempo, este grupo de organismos foi inserido dentro do Reino Vegetal. As algas eram consideradas talófitas (juntamente com os fungos), por não possuírem órgãos ou tecidos especializados. Assim, seu corpo não é dividido em raiz, caule e folha. Vamos encontrar algas desde procariontes a eucariontes, fotossintetizantes ou não, planctônicas (às vezes, com mecanismos de locomoção) ou bentônicas, heterotróficas, autotróficas ou **auxotróficas** e unicelulares até multicelulares, atingindo vários metros de comprimento. Além disso, podem ser encontradas em inúmeros habitats, vivendo como terrestres, em água doce, salgada e fontes termais, em rochas, em madeira, na neve e, até, associadas a vegetais, a fungos ou animais. A variedade de estratégias reprodutivas encontradas no grupo também merece destaque, indo desde a divisão binária a complexos ciclos que envolvem diferentes gerações, apresentando mecanismos assexuados e sexuados.

Futuro professor: Os termos *macroalgas* e *microalgas* são muito utilizados didaticamente, para designar as algas visíveis a olho nu e as que são visíveis apenas com aparelhos de microscopia. É importante saber também que as *microalgas*, principalmente *filamentosas*, em certas condições ambientais, podem formar aglomerados que acabam sendo visíveis a olho nu, porém necessitamos do microscópio para perceber a sua estrutura.

Caso haja laboratório de microscopia em sua universidade e na escola onde você dará aulas, aproveite para fazer coletas simples de algas microscópicas, aproveitando corpos d'água que existam próximos à instituição. Utilize frascos de vidro e luvas, dependendo da qualidade da água. Procure, preferencialmente, locais com massas esverdeadas ou marrons, pois, em água muito límpida, a concentração de organismos pode ser pequena. Após a coleta, faça o procedimento de observação no microscópio e confira a diversidade de organismos que pode haver numa “gota d'água”.

A classificação das algas vem sofrendo bastantes modificações com os estudos moleculares e as análises filogenéticas. Em diferentes sistemas de classificação, seus representantes podem ser distribuídos em mais de dois reinos. Durante muito tempo, a utilização do sistema de Harvey, proposta em 1836, baseada nos pigmentos fotossintetizantes, foi amplamente aceita. Em muitos livros, encontramos, ainda, as referências às algas verdes, vermelhas e pardas. Contudo as relações evolutivas do grupo não eram muito claras devido ao registro limitado de fósseis, morfologia simples e grande plasticidade fenotípica. Grandes avanços foram registrados com a microscopia eletrônica e os estudos moleculares.

Como bem ressalta Tissot-Squali (2007) e que pode ser visto em outros livros, como Raven (2006), Reviers (2006), entre outros, as algas podem ser incluídas no Reino Monera, Protista e/ou Plantae (Vegetalia). Outros desmembramentos podem aparecer, de acordo com a aceitação das linhagens filogenéticas, mas, para se tomar uma posição em relação a estas questões, é preciso que o problema seja olhado com cautela, percebendo as questões de ordem prática e as polêmicas que podem surgir, assumindo um ou outro sistema. Com as novidades dos estudos moleculares, muitas propostas de mudanças nos sistemas de classificação estão surgindo, até alterando os reinos que são mais difundidos atualmente. A figura 1 mostra um clado-grama, evidenciando a relação entre os principais grupos de seres vivos.

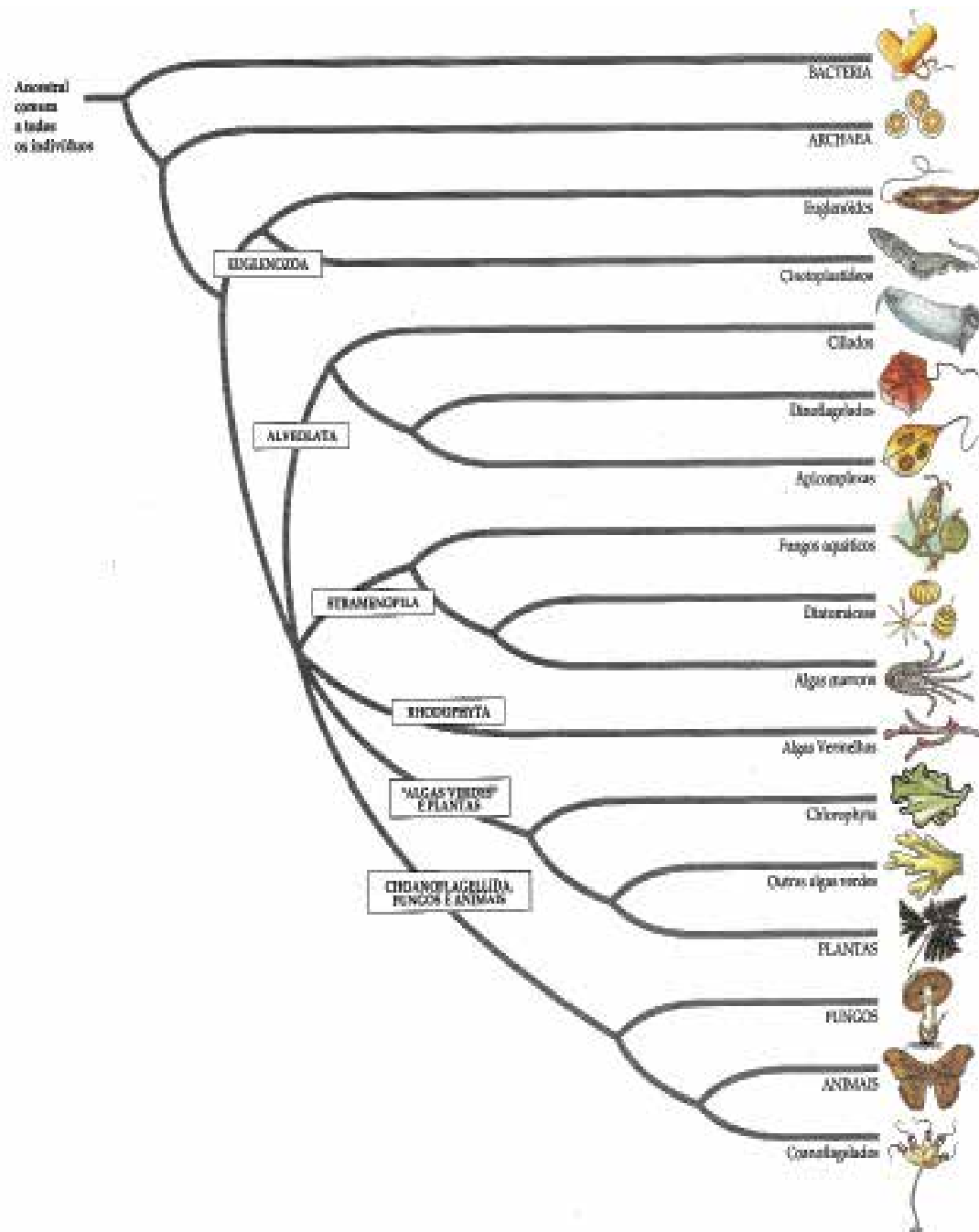


Figura 1 - Cladograma mostrando a relação dos principais grupos de seres vivos, evidenciando os protistas.
 Fonte: Purves et al. (2002). Vida: a ciência da biologia, v. II. Artmed.

ATIVIDADE PROPOSTA

1. Tente reunir, com os seus companheiros em uma biblioteca e consulte livros de décadas diferentes tanto de ensino médio como de ensino superior. Verifique a mudança na classificação das algas e as características avaliadas para isso. Veja se os livros de ensino médio mudam seus conceitos nas edições atualizadas. Organize essas mudanças num quadro para melhor visualização.

1.1 ORGANIZAÇÃO VEGETATIVA NAS ALGAS

Como incluem uma grande diversidade de organismos, as formas encontradas nas algas são as mais diversas:

a) Formas Unicelulares

Presentes na maioria dos grupos, sendo que, nas chamadas algas pardas (ou marrons), só a fase de gametas é unicelular. As formas unicelulares podem apresentar flagelos para auxiliar na locomoção, como em *Euglena* (Euglenophyta).

As células podem estar isoladas ou em colônias. Neste caso, podem se apresentar como colônias amorfas (sem organização definida das células), como em *Mycrocistis* (Cyanophyta) ou cenóbio (elaboradas, com forma e número de células pré-definidos), como em *Pediastrum* (Chlorophyta). As células da colônia apresentam-se unidas por uma mucilagem e não possuem ligações citoplasmáticas. Podem fazer parte do plâncton ou do bento.

b) Formas filamentosas

As formas filamentosas são constituídas de indivíduos, que sofrem constantes divisões celulares, nas quais as células-filhas compartilham a parede celular, possuindo ligações citoplasmáticas. Algumas vezes, os filamentos podem ser ramificados, como visto em algumas cianofíceas, clorofíceas e rodofíceas.

c) Formas pseudoparenquimatosas

Organização filamentosa de aspecto cilíndrico, similar à organização parenquimatosa. Estas duas formas ocorrem em clorofíceas, rodofíceas e feofíceas.

d) Formas parenquimatosas

Talo formado por sucessivas divisões celulares em diferentes planos, formando tecidos bi ou tri-dimensionais. Estruturas tridimensionais são encontradas, apenas, em feofíceas marinhas.

e) Formas cenocíticas

Formados por filamentos tubulares não divididos em células e que são encontrados em apenas alguns grupos de algas verdes (ex. *Codium*). São formadas células, apenas, na porção que formarão os gametas.

(Faça uma pesquisa nos livros indicados e na Internet, para encontrar exemplos de gêneros que se enquadrem nas formas descritas acima e construa um arquivo de imagens no power point.)

1.2 IMPORTÂNCIA DAS ALGAS

As algas possuem grande importância evolutiva, ecológica e econômica. Assim como os vegetais terrestres, as algas constituem a base da cadeia alimentar em muitos ecossistemas aquáticos. Estes organismos também são considerados como o “pulmão” do mundo, pois são responsáveis pela maior parte

da produção de oxigênio do planeta. As macroalgas também podem constituir microhabitats importantes em certos ecossistemas, servindo de abrigo e/ou alimento para outros organismos. As evidências de ocorrência do grupo já aparecem no Pré-Cambriano; às algas verdes é atribuída a origem das plantas terrestres, após o surgimento de certas adaptações, como sistema subterrâneo, cutícula e mudanças no processo reprodutivo. Assim, a compreensão de sua diversificação é de grande importância para o entendimento sobre a evolução da célula eucariótica e o surgimento dos vegetais.

Alguns grupos podem indicar alterações ambientais, sendo utilizadas como indicadores da qualidade da água. Muitas vezes a poluição ou o excesso de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo nos ecossistemas aquáticos pode levar, à reprodução demasiada de um grupo de microalgas, desencadeando um processo chamado de “Floração” ou “Bloom” das algas. O problema causado por este processo é imenso, pois pode prejudicar outros organismos no ecossistema, muitas vezes, levando-os à morte, pela diminuição do oxigênio local devido à decomposição da biomassa das algas e também pela produção de toxinas, que são produzidas por alguns grupos. Estas toxinas também podem ser prejudiciais aos humanos, principalmente quando este processo acontece nos reservatórios de água de abastecimento público. Também podem ocorrer alterações na cor, odor e sabor da água. Isso mostra a importância do monitoramento destes reservatórios, para observar as condições abióticas e o equilíbrio entre os organismos, prevenindo e evitando problemas futuros. Algumas vezes, este processo pode ocorrer de forma natural, com alteração de temperatura, associada ao aumento de nutrientes. Neste caso, quando as condições voltam ao normal e os nutrientes são consumidos, o equilíbrio é restabelecido.

A utilização das algas é bastante difundida pela indústria alimentícia e farmacêutica. Existem relatos com cerca de três mil anos a.C., nos quais os chineses empregavam algas marinhas secas, defumadas ou prensadas em diversos tratamentos de queimadura, escoriações e erupções cutâneas.

SAIBA MAIS

<http://www.empreendedoresdobem.com.br/algas/index.html>, <http://educacao.uol.com.br/biologia/ul-t1698u89.jhtm>

Futuro Professor: Mesmo que os livros de ensino médio não tragam as atualizações sobre as classificações das algas, é importante comentar com os seus futuros alunos sobre a evolução da classificação do grupo. Destaque a complexidade e a diversidade de organismos que são inclusos neste grupo, evidenciando a não aplicação taxonômica do termo *alga* nos dias atuais. A descoberta de novos grupos, o aprimoramento nos estudos das estruturas e a biologia molecular vêm alterando, de forma significativa, a posição dos organismos que compõem as algas. Isso vem sendo uma realidade para quase todos os organismos, na intenção de estabelecer uma relação filogenética entre os seres.

ATIVIDADE PROPOSTA

1. Pesquise sobre a importância econômica, ecológica e evolutiva das algas. Os casos em que seus produtos são utilizados em nosso dia-a-dia e os problemas causados pela floração das microalgas podem ser interessantes para gerar discussões. Consulte livros sobre algas e sites de busca na Internet. Este procedimento pode ser usado em suas futuras aulas, trazendo o assunto para a realidade em que você convive.

2. OS GRUPOS

2.1 CIANOFCÉAS

O filo Cyanophyta pode receber inúmeras denominações, como cianofíceas, algas azuis, cianobactérias, etc. Esse filo é composto por cerca de 150 gêneros e 2.000 espécies, que podem ser encontrados nos mais diversos ambientes. Este é o único grupo de algas formado por procariontes [Você lembra as diferenças entre procariontes e eucariontes?]. Diferente das bactérias, as cianofíceas possuem clorofila a , liberam O_2 , nunca apresentam flagelo e podem atingir maior complexidade morfológica. Normalmente se apresentam com coloração azul, embora possam apresentar cores esverdeadas, avermelhadas e, até, enegrecidas. Além da clorofila, possuem também outros pigmentos, como ficobilinas (ficoeritrina, ficocianina e aloficocianina), carotenóides

e xantofilas, permitindo captação de energia num amplo espectro de radiação luminosa. A reprodução sexuada não é conhecida, sendo comum a divisão binária, fragmentação ou a formação de células especiais, como os acinetos, que acumulam reservas e se tornam resistentes, **hormogônios** ou **endosporos**. A reserva de carboidrato é o glicogênio.

VOCÊ SABIA

Interessante:

As cianofíceas possuem registros fósseis que datam de 3,5 bilhões de anos e, provavelmente, estão associadas ao acúmulo de O_2 na atmosfera primitiva, possibilitando o aparecimento da camada de Ozônio (O_3). Este gás retém parte da radiação ultravioleta, permitindo, assim, a evolução de organismos menos resistentes a essa radiação. Um outro aspecto relevante é a capacidade de fixação de nitrogênio que essas algas possuem.

Um importante fator que merece atenção nas algas azuis é a produção de toxinas. A liberação destes compostos para o meio aquático pode causar sérios problemas ou, até, levar à morte de muitos animais. As neurotoxinas atingem o sistema neuromuscular, podendo levar à morte por parada respiratória, sendo produzidas por algumas espécies de *Anabaena*, *Oscillatoria* (Figura 2), *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis* e *Trichodesmium*. As hepatotoxinas atingem o fígado, agindo mais lentamente; causam necrose e conseqüente morte por hemorragia. Podem ser produzidas por espécies dos gêneros *Microcystis*, *Nodularia*, *Oscillatoria* e *Anabaena*.

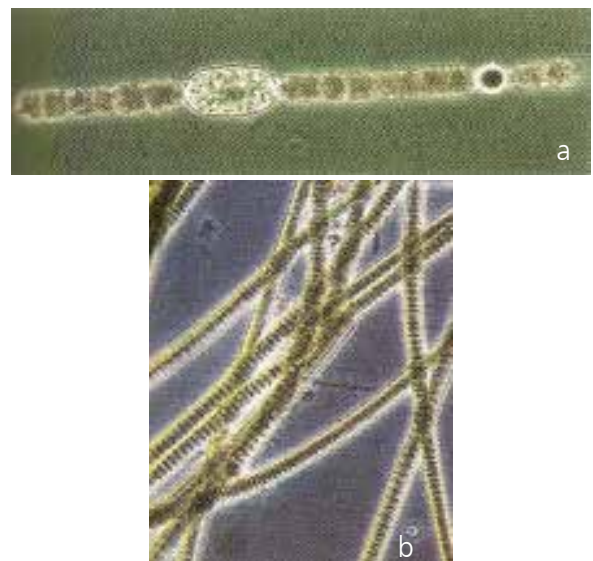


Figura 2 - Exemplo de Cianofíceas filamentosas, *Anabaena* (a) e *Oscillatoria* (b). Fonte: Raven et al. (2007). Biologia Vegetal. 7 ed. Guanabara Koogan.

VOCÊ SABIA

Um caso ocorrido em Caruaru, onde houve a intoxicação e morte de 50 pacientes que realizavam hemodiálise, foi associado à produção de toxinas pela floração do gênero *Mycrocitris* nas águas destinadas ao abastecimento da clínica.

SAIBA MAIS

<http://www.agecom.ufsc.br/index.php?secao=arq&id=1229>.

As cianofíceas podem realizar simbiose com outros organismos, como os fungos, formando líquens, animais, como os tunicados ou outros vegetais, como é o caso da *Azolla*, favorecendo a fixação do Nitrogênio. Esta última associação é utilizada em plantações de arroz, como adubo. A fixação ocorre em células diferenciadas, os **heterocistos**, em que não ocorre produção de O₂, que inibe a fixação do N₂. Uma cianofícea bem conhecida é a *Spirulina*, utilizada na indústria farmacêutica devido ao seu alto teor de proteína e a outras características que parecem ser benéficas a saúde.

SAIBA MAIS

http://www.enatural.pt/detalhe_produto.aspx?ido=413&produto=spirulina-500mg-now-foods

2.2 EUGLENÓFÍCEAS

A classe Euglenophyceae possui cerca de 900 espécies, distribuídas em, aproximadamente, 40 gêneros, dentre os quais *Euglena* é o mais conhecido (Figura 3). Pode ser inserida na divisão Euglenophyta ou outras divisões mais complexas, envolvendo organismos que não são algas. Possuem clorofila **a** e **b**, xantofilas e carotenos; sua reserva de carboidrato é o paramilo e possui uma mancha ocelar (estigma), que orienta o organismo em direção à luz. Possuem um ou dois flagelos, que ajudam na movimentação.

São encontradas, principalmente, em água doce, em áreas ricas em nutrientes, podendo estar associadas a florações não tóxicas. Também ocorrem em água salgada, salobra e ambientes lodosos. A maioria dos seus representantes é unicelular, exceto *Colacium* (gênero colonial), sendo 1/3 das espécies clorofiladas, e as restantes, aclorofiladas, podendo absorver

substâncias orgânicas dissolvidas ou ingerir alimento particulado. Alguns representantes podem realizar fotossíntese e, em condições de escuro, viver como heterotróficas. Acredita-se que os cloroplastos das euglenofíceas tenham uma origem endossimbiótica, com algas verdes. Isso ocorre devido a presença de indivíduos sem cloroplastos e à presença de um envelope triplo nos plastos das formas clorofiladas.

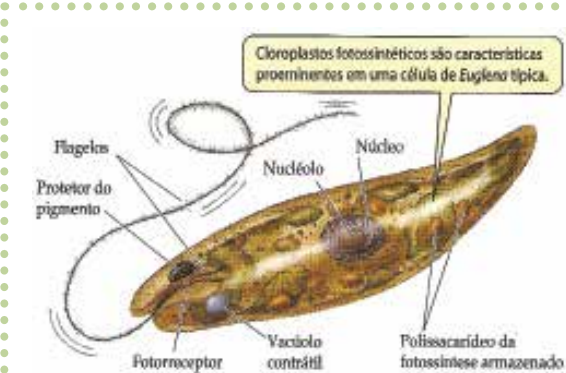


Figura 3 - Uma característica interessante do grupo é a ausência da parede celular e a presença de uma película protéica organizada espiraladamente, ao redor do citoplasma. *Euglena*, o gênero mais conhecido das euglenófitas (Observe a película protéica ao que envolve a célula). Fonte: Purves et al. (2002).

A reprodução é assexuada através de divisão longitudinal da célula. Algumas vezes, em condições desfavoráveis, o organismo transforma-se em cisto, formas de resistência que permanecem dormentes, até que as condições se tornem favoráveis.

2.3 DINOFLAGELADOS

Representam a divisão Dinophyta, antigamente denominada de Pyrrophyta (do grego Phyrros = cor de fogo, Phytos = planta). Fazem parte de uma linhagem evolutiva determinada de alveolados, grupo caracterizado por pequenas cavidades envolvidas por membranas (alvéolos), sob a membrana plasmática, juntamente com alguns protozoários ciliados (ex. *Paramecium*) e os Ampicomplexa (ex. *Plasmodium*). Dinophyta inclui cerca de 4.000 espécies e 550 gêneros, habitando água doce e marinha, tendo também muitos representantes fósseis. A maioria dos representantes é unicelular, embora existam formas coloniais cocóides ou cadeias filamentosas. A reprodução pode ser assexuada através da divisão celular simples ou sexuada, pela formação de gametas (isogamia ou anisogamia). O ciclo é **haplobionte haplonte**. A formação de cistos de resistência em condições desfavoráveis também é comum.

Estes organismos possuem clorofila **a** e **c**, beta-caroteno e várias xantofilas. São encontrados organismos fotossintetizantes ou heterotróficos, que assim como as euglenas podem absorver substâncias dissolvidas ou ingerir partículas. Armazenam carboidrato na forma de amido ou óleo. Apresentam uma característica marcante que é a presença de dois flagelos, localizados no interior de dois sulcos, um circundando o corpo como um cinto, e o outro, perpendicular a este. O movimento derivado do batimento desses flagelos nos sulcos é semelhante ao de um pião. Algumas espécies são imóveis, mas suas células reprodutoras possuem flagelos em sulcos. Muitos dinoflagelados possuem placas rígidas de celulose abaixo da membrana celular, formando uma estrutura denominada “teca”, dando a impressão de um capacete ou armadura. O sulco que circunda a célula divide a teca em duas metades, chamadas epícono (superior) e hipócono (inferior).

A simbiose pode ocorrer com inúmeros organismos, como esponjas, anêmonas-do-mar, povos, lulas, gastrópodes, corais, etc. Quando simbiotes aparecem como células esféricas douradas, sem tecas, chamadas zooxantelas, essa associação permite uma alta produtividade e o crescimento dos recifes de corais em regiões pobres em nutrientes.

Muitas espécies formam florações tóxicas. As famosas “marés vermelhas”, causadas por vários gêneros, como *Prorocentrum*, *Ceratium* (Figura 4), *Gonyaulax* e *Gymnodinium*, podem levar muitos organismos marinhos à morte. Alguns dinoflagelados têm a característica de serem bioluminescentes (ex. *Noctiluca*), transformando energia química em luz, parecendo minúsculas “gotas de geléia transparente” no mar, sendo responsáveis pela luminescência observada nas ondas do mar ou na areia da praia, à noite.

VOCÊ SABIA

Interessante:

Pfiesteria piscicida causa alta mortalidade de peixes e quando consumida indiretamente pelos humanos pode gerar graves problemas, como dificuldade respiratória, perda de memória, paralisia das mãos, disfunção dos rins e fígado, etc. A toxina produzida por esta espécie é volátil, e sua inalação pode causar os mesmos problemas - <http://www.mtholyoke.edu/~akpeters/whatis.html>

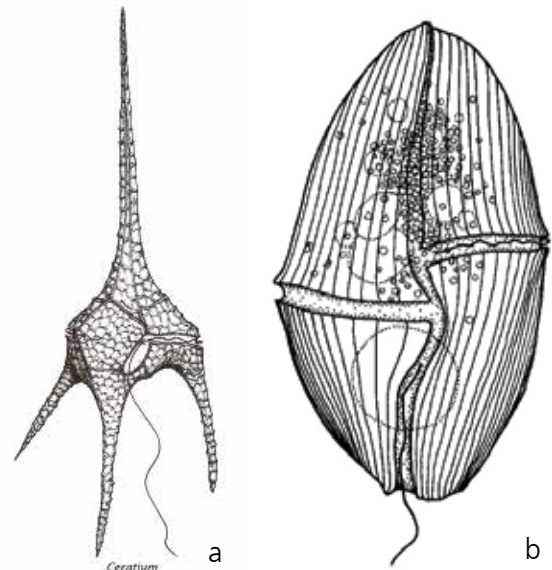


Figura 4 - Exemplos de Dinophyta: *Ceratium* (a) e *Gymnodinium* (b).
Fonte: Raven et al. (2007) e <http://biodidac.bio.uottawa.ca>.

2.4 DIATOMÁCEAS

Compreendem cerca de 250 gêneros, com 10.000 a 12.000 espécies, mas se estima que pode haver mais de 100.000 espécies, com muitos representantes fósseis. Juntamente com as Dinophyta, são os principais representantes do fitoplâncton marinho. Contudo, ocorrem numa vasta gama de ambientes, até em solos úmidos. São responsáveis por 25% da produção primária da terra. De acordo com diferentes autores, podem representar uma divisão Bacillariophyta ou aparecer como classe, Diatomophyceae ou Bacillariophyceae. Numa estrutura mais recente, estas classes compõem a divisão Ochrophyta, juntamente com outras algas (ex. Phaeophyceae, Chrysophyceae), formando uma linhagem das algas “castanho-douradas”.

Possuem clorofila **a** e **b**, vários carotenóides e xantofilas (fucoxantina), mas algumas espécies podem ser heterotróficas. As cores destas algas variam em tons de marrom e amarelo. O tipo de reserva é a crisolaminarina. A maioria das espécies é unicelular, mas podem formar colônias ou serem filamentosas. Os flagelos só são presentes em células reprodutivas. A característica distintiva do grupo está na parede celular, com depósitos de sílica e composta por duas metades que se ajustam como placas de petri. Essa parede é chamada de frústula, e

suas metades, de tecas ou valvas, sendo a parte superior chamada de epiteca ou epivalva, e a inferior, de hipoteca ou hipovalva. A parede pode ter apêndices e diferentes ornamentações, que são usadas na taxonomia do grupo.

De acordo com a morfologia da célula, dois grandes grupos são reconhecidos, as diatomáceas penadas (Pennales), cujas frústulas têm simetria bilateral, e as cêntricas (Centrales), com simetria radial (ver Figura 5). Estudos indicam que estes grupos são artificiais. Na maioria das penadas, existe um sulco com fissura vertical no centro da valva, a rafe, onde não há depósito de sílica. A presença de fibrilas e a produção de muco nessa região podem permitir movimentação de algumas espécies. A reprodução ocorre assexuadamente, por divisão das placas, num processo em que cada valva inicial deposita uma nova hipovalva. Assim, uma célula fica com tamanho da original, e outra fica menor. Então, há uma tendência de diminuição no tamanho das células da população, que pode ser restabelecida pela reprodução sexuada, que também ocorre quando há alterações ambientais.

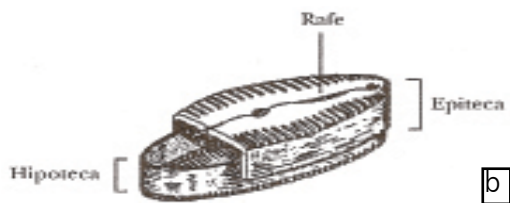
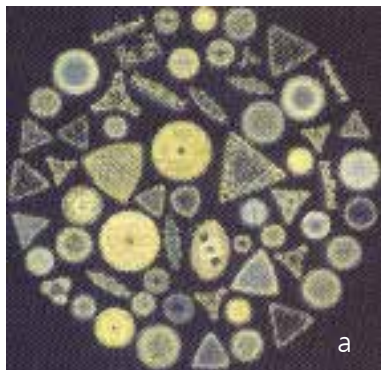


Figura 5 - Diatomáceas: (a) Diversidade de formas encontradas nas diatomáceas. (b) Esquema da frústula de uma diatomácea penada. Fonte: Raven et al. (2007) e Oliveira (2003). Introdução a Biologia Vegetal, 2ed. Edusp.

As diatomáceas também produzem florações tóxicas e podem causar danos aos humanos pela ingestão indireta de moluscos filtradores.

VOCÊ SABIA

Interessante:

O grupo possui ampla utilização na indústria. Sua parede silicosa permanece inteira depois que a célula morre e devido a sua quantidade no fitoplâncton, formam grandes depósitos no fundo do oceano. Este material é chamado de diatomito e pode ser usado em filtros, como isolante térmico ou acústico, em tintas, vernizes, produção de talco, giz, ceras abrasivas, etc./

2.5 ALGAS PARDAS (FEOFÍCEAS)

As algas pardas ou marrons (do grego Phaios = pardo, marrom) compreendem cerca de 250 gêneros e aproximadamente 1.500 espécies. Um gênero bastante conhecido, *Sargassum* (Figura 6), representa quase 30% deste total. Alguns autores consideram este grupo como uma divisão (Phaeophyta), e outros, como uma Classe (Phaeophyceae) na divisão Ochrophyta, como citado para diatomáceas. Constituem as algas marinhas bentônicas mais conspícuas de mares temperados, boreais e polares. As espécies dulcícolas (água doce) são inconspícuas e não ocorrem no Brasil.



Figura 6 - Esquema geral de *Sargassum*, mostrando o talo complexo. Fonte: www.seaweed.ie/sargassum e Raven et al. (2007).

VOCÊ SABIA

Interessante:

Espécies de *Sargassum* podem formar massas flutuantes, servindo como abrigo e alimento para vários microorganismos e peixes.

Possuem clorofila a e c, carotenóides e xantofilas, como a fucoxantina, que é responsável pela cor marrom. A reserva de carboidrato acontece sob a forma de crisolaminarina. A parede celular é composta por celulose e impregnada

por algumas substâncias, como alginatos, que também se distribuem pelos espaços intercelulares, dando mobilidade ao talo e proteção à planta contra a dessecação e invasão de microorganismos.

Apresentam talos sempre multicelulares, variando de espécies filamentosas microscópicas a estruturas altamente complexas, destacando-se entre os grupos de algas. A estrutura parenquimatosa e o crescimento localizado em determinadas regiões, formando basicamente meristemas, é também encontrada. Algumas espécies apresentam uma diferenciação de tecido em estruturas que se assemelham à raiz, ao caule e à folha, chamadas de apressórios, estipe e lâmina, respectivamente.

VOCÊ SABIA

Os Kelps (ex. *Macrocystis* e *Durvillea*, Figura 7) constituem um importante exemplo de algas pardas; são encontrados no Pacífico oriental e podem atingir, até, 60m de comprimento, formando verdadeiras florestas marinhas.



Figura 7 - Exemplo de Kelp (*Durvillea antarctica*) exposta na maré baixa. Fonte: Raven et al. (2007).

A reprodução pode ser assexuada ou gamética. Os gametas podem ser isogâmicos, anisogâmicos ou oogâmicos. O ciclo de vida é monofásico (haplonte diplonte) ou difásico (diplobionte), com alternância de gerações isomórficas ou heteromórficas, com gametófito e esporófito iguais ou diferentes, respectivamente. As células reprodutoras, esporos (zoósporos) e gametas masculinos, possuem dois flagelos desiguais.

A importância econômica dessas algas está muito associada à extração do alginato, utilizado na indústria alimentícia, têxtil, farmacêutica, papéis, borracha, etc. Serve como estabilizante e emulsificante, empregados em maioneses, gomas de mascar e cremes gelados, nos sorvetes, por exemplo, impedem a formação de cristais de gelo e mantêm o aspecto cremoso. Na alimentação é utilizada em larga escala pelos orientais (*Laminaria* e *Undaria*), que cultivam verdadeiras fazendas marinhas. Integra frequentemente complementos de dietas de emagrecimento devido à sua riqueza em iodo e à importância que este tem sobre o metabolismo humano.

2.6 ALGAS VERMELHAS (RODOFÍCEAS)

A divisão Rodophyta (do grego Rhodon = vermelho) possui cerca de 700 gêneros e 4.000 a 6.000 espécies. Apesar do nome, seus representantes podem apresentar também coloração amarela, esverdeada, azulada, marrom ou, até, enegrecidas. Apresentam clorofila *a* e *d*, ficobilinas (azuis e vermelhas) e carotenóides (amarelos e laranjas). A cor pode variar não só de acordo com a espécie, mas também com as condições ambientais. As espécies são bentônicas, sendo a maioria marinha e algumas de água doce, existindo formas parasitas (ex. *Poly-siphonia lanosa*). Poucas espécies são unicelulares, sendo a maioria multicelular filamentosa (Figura 8) e algumas parenquimatosas, atingindo até 2m. Um fenômeno observado neste grupo (ex. Corallinaceae) e nas feófitas (ex. *Padina*) é o depósito de carbonato de cálcio e magnésio na parede celular, deixando estas algas mais rígidas.





Figura 8 - Exemplos de algas vermelhas coralináceas (a) e filamentosas (b). Fonte: Raven et al. (2007).

VOCÊ SABIA?

As algas que possuem carbonato de cálcio podem ser usadas como adubo e na correção de pH.

Interessante:

Algumas características marcantes são encontradas neste grupo, como ausência de flagelo em todos os representantes e fases de vida, ausência de centríolo e o tipo particular de reserva, o amido das florídeas ou rodâmido. Em substituição aos centríolos, possuem os anéis polares. A parede celular é impregnada

de outras substâncias, além da celulose, destacando as agaranas (ágar) e carragenanas, que também preenchem espaços intracelulares, dando proteção e flexibilidade, semelhante ao das feófitas.

Nestas algas, ocorre reprodução vegetativa (fragmentação), esporífica e gamética. Nos gêneros, em que é observada a reprodução gamética, ocorre a oogamia. O gameta feminino é chamado carpogônio, que possui uma porção diferenciada, a tricogine, que ajuda na fixação do masculino (espermácio), que é aflagelado. Em alguns gêneros, exclusivos do grupo, o ciclo pode ser trifásico (ex. *Gracillaria* e *Polysiphonia*, Figura 9): fase gametofítica (n), carposporofítica (2n) e tetrasporofítica (2n). O carposporófito é parasita do gametófito feminino, enquanto as outras duas fases são livres e podem ser semelhantes (isomórficas) ou diferentes (heteromórficas). O aparecimento da fase carposporofítica, produtora de esporos diplóides, é importante para garantir maior disseminação do produto genético, já que a fecundação apresenta baixa taxa de sucesso. As características do ciclo de vida são muito importantes para a taxonomia.

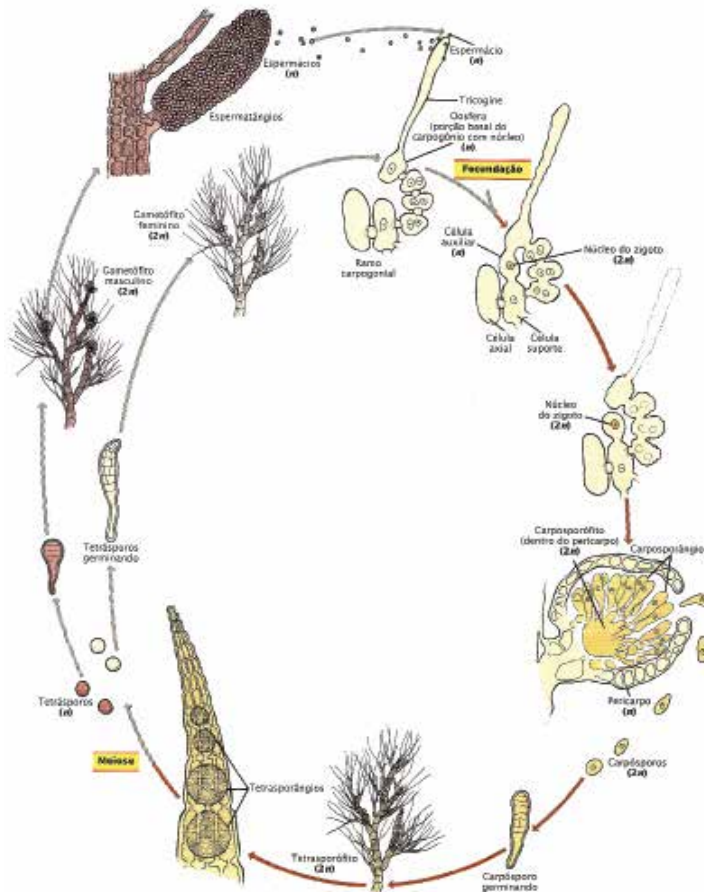


Figura 9 - Ciclo de vida complexo de *Polysiphonia*, mostrando alternância de três fases (gametófito, esporófito e carposporófito). Fonte: Raven et al. (2007).

As algas vermelhas são utilizadas na alimentação e na produção de ficocolóides (ex. *Porphyra*, *Gelidium*, *Gelidiella*, *Gracilaria*). *Porphyra* possui um talo foliáceo delicado, com apenas uma camada de células e é muito utilizada na cozinha oriental, constituindo alimento rico em vitaminas, sais minerais, proteínas e com baixo teor de gordura. As agaranas (ágar) são amplamente utilizadas na cultura de microorganismos e, também, juntamente com as carragenanas, como emulsificante e estabilizante de produtos cremosos e gelados.

2.7 ALGAS VERDES (CLOROFÍCEAS)

Este é o grupo mais diverso de algas, exibindo diversos padrões morfológicos, estruturais e reprodutivos. É formado por quase 17.000 espécies, com cerca de 570 gêneros. A maioria é dulcícola (90%), mas ocupa quase todos

os ecossistemas, assim como as Cyanophyta, e apresenta simbiose com muitas plantas, animais e fungos. É o maior componente dos líquens. As espécies marinhas são bentônicas e normalmente em mares tropicais e subtropicais.

Possuem clorofila **a** e **b**, vários carotenos e xantofilas. Sua reserva é sob a forma de amido, no interior dos plastos, e a parede celular é basicamente composta de celulose. Além da semelhança na estrutura celular, também das células reprodutoras com os antero-zóides, dados moleculares indicam que este grupo apresenta afinidade com as plantas terrestres (briófitas + plantas vasculares).

VOCÊ SABIA?

Alguns autores citam um clado das plantas verdes (Viridófitas), reunindo algas, briófitas e as plantas vasculares como um grupo monofilético (Figura 10)

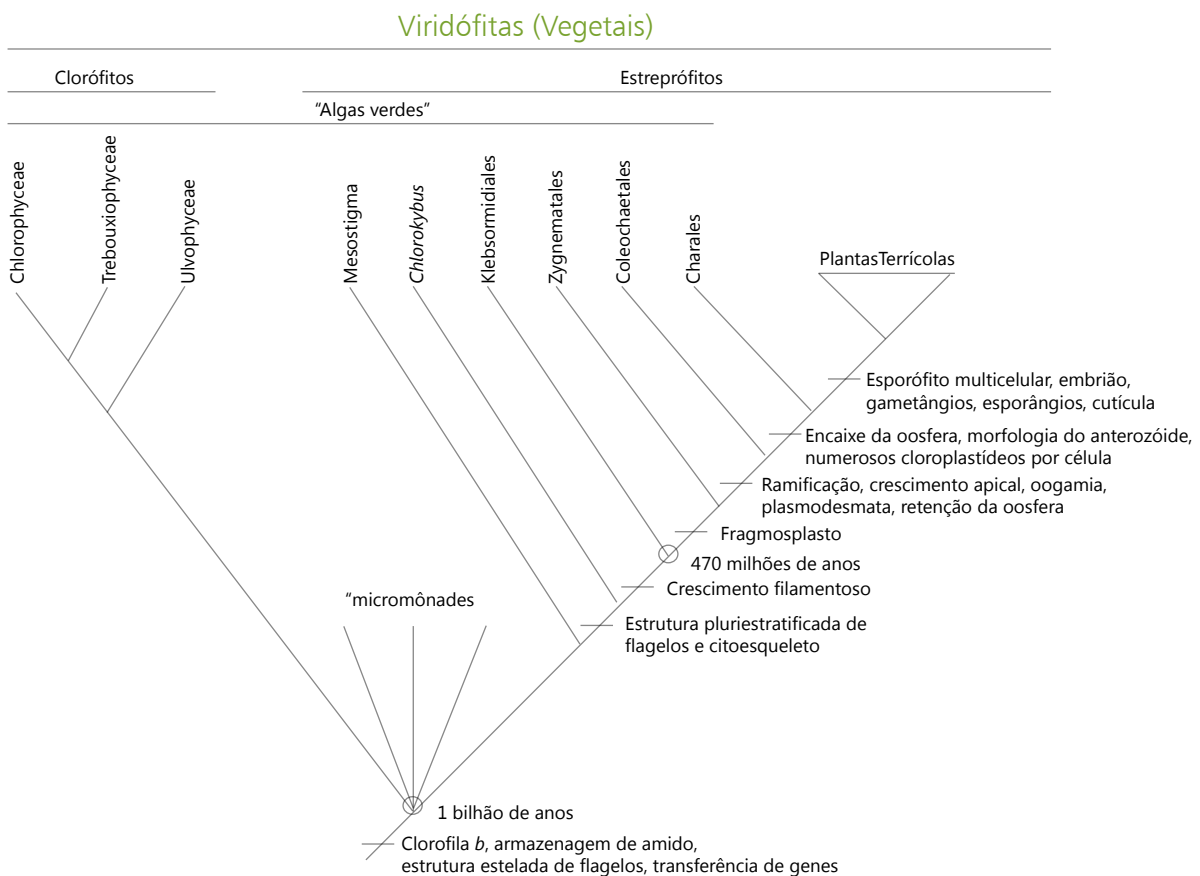


Figura 10 - Cladograma mostrando relações filogenéticas dos viridófitos. Fonte: Tissot Squali (2007). Botânica Sistemática, 2ed. Unijuí.

As algas verdes podem ser unicelulares (móveis ou imóveis), coloniais (amorfas ou cenóbios/móveis ou imóveis), filamentosas (simples ou ramificadas), multisseriadas, laminares ou

parenquimatosas. Apesar da diversidade, não atingem a complexidade estrutural das algas pardas. É o único grupo que apresenta formas cenocíticas, como exemplo *Codium*, que pode

atingir 8m de comprimento. Essas algas possuem de um a muitos plastos por célula e as formas são muito variáveis (fita, estrelado, discóide, laminar, etc.), sendo caráter muito utilizado na taxonomia.

Os tipos de reprodução também são os mais diversos, incluindo-se vegetativa (divisão simples ou fragmentação), esporica (zoósporos-flagelados ou aplanósporos-aflagelados) ou gamética (isogamia, anisogamia e oogamia). Os ciclos de vida podem ser Haplobionte diplonte (ex. *Caulerpa*, *Codium*, Figura 11), Haplobionte haplonte (ex. *Zygnema*, *Spyrogira*), Diplobionte isomórfico (ex. *Chaetomorpha*, *Ulva*, Figura 12) e Diplobionte heteromórfico (*Derbesia*). Neste último caso, a fase n é muito diferente, tendo mesmo chegado a ser descrita, no passado, em outro gênero.

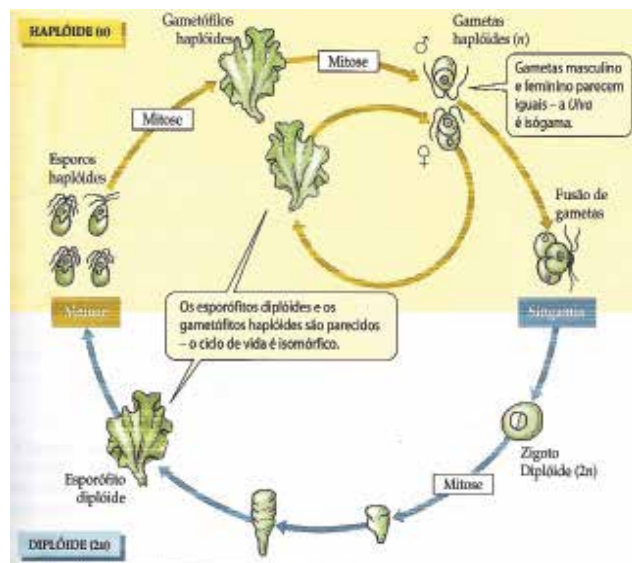


Figura 12 - Ciclo de vida Diplobionte Isomórfico de Ulva. Fonte: Purves et al. (2002).



Figura 11 - Exemplos de algas verdes: (a) *Caulerpa*, (b) *Codium* e © *Chara*. Fonte: www.fischannel.com (a) e Raven et al. (2007) (b e c)

As algas verdes são importantes produtores primários nos ecossistemas de água doce, embora sua importância econômica seja baixa, quando comparada a algas pardas e vermelhas. Alguns gêneros marinhos, macroscópicos, são utilizados na culinária oriental, como *Monostroma*, *Caulerpa* e *Enteromorpha*.

VOCÊ SABIA?

Interesante:

Nas algas verdes, encontramos os grupos mais relacionados com as plantas terrestres, as Charophyceae e Coleochaetophyceae. Possuem crescimento apical, reprodução oogâmica, e os seus anterozóides são estruturalmente semelhantes aos das briófitas. Coleochaete apresenta um cloroplasto com um pirenóide, semelhante a um grupo das briófitas. A estrutura muito semelhante às plantas, com nós, entrenós e ramos (talo parenquimatoso), e dados ultra-estruturais e bioquímicos indicam que o gênero *Chara* (Figura 11) é o mais próximo de um possível ancestral das plantas vasculares.

SAIBA MAIS

<http://www.botany.uwc.ac.za/algae>

<http://felix.ib.usp.br/bib120/1998/index.html>

(Para ver imagens: <http://waynesword.palomar.edu/algae1.htm>)

ATIVIDADE PROPOSTA

1. com base nos dados apresentados aqui e em outras fontes bibliográficas, construa uma tabela que apresente as principais diferenças entre os grupos de algas (utilize características como pigmentos fotossintetizantes, substância de reserva, flagelos, parede celular). Isso ajudará você a visualizar melhor as características de cada grupo e a relação entre eles. Você também pode colocar colunas relacionadas à importância econômica do grupo, habitat e número de

espécies. Sobre o aspecto econômico, faça pesquisas na Internet e veja outras situações em que as algas são utilizadas e não foram citadas no texto.

RESUMO

O termo algas não apresenta significado taxonômico, englobando organismos diversos que, dependendo do sistema de classificação, podem ser situados em mais de dois reinos diferentes. O número de divisões e categorias hierárquicas inferiores também varia bastante. As algas possuem grande importância nos aspectos evolutivo, ecológico e econômico. Entender a origem e a diversificação das algas é de extrema importância para entender a evolução dos vegetais terrestres. Muitas algas estão relacionadas ao nosso dia-a-dia, seja pela sua utilização na indústria alimentícia, farmacêutica, dentre outras ou pela sua importância nas águas de abastecimento público, podendo causar prejuízos à saúde humana. Esse grupo contribui, de forma expressiva, para a produção primária nos ecossistemas onde habitam, sendo também responsáveis pela maior parte da produção de O₂.

Alguns grupos de algas são mais conhecidos e abordados nos livros de ciências e biologia, como as cianofíceas, euglenofíceas, diatomáceas, dinoflagelados, algas vermelhas, algas pardas e algas verdes. Os pigmentos, relacionados à coloração das espécies são importantes para a classificação, embora nem sempre sejam eficientes. É preciso considerar diferenças bioquímicas, morfológicas e de reprodução para melhor separar os grupos.

GLOSSÁRIO

Auxotróficas - espécies que são autótrofas para a maioria das substâncias, mas que não podem sintetizar certas moléculas que lhes são indispensáveis, necessitando absorvê-las ou consumi-las no ambiente, sendo heterotrófica nesta situação.

Diplobionte - histórico de vida no qual ocorrem duas fases de vida livre, uma haplóide e outra diplóide (esporófito).

Endosporos - nas cianobactérias, esporos que resultam da diferenciação do conteúdo de uma célula vegetativa e que permanecem contidos na parede desta, até que sejam liberados. Hormogônios: parte de filamento que se destaca e forma novo indivíduo.

Haplobionte haplonte - histórico de vida em que ocorre, apenas, uma fase de vida livre, haplóide. O zigoto é a única fase diplóide do histórico, sendo a meiose zigótica.

Haplobionte diplonte - histórico de vida no qual ocorre, apenas, uma fase de vida livre, diplóide. A meiose ocorre na formação dos gametas.

REFERÊNCIAS

RAVEN, P.H., Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. 2006. *Biologia Vegetal*. 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara, Koogan.

REVIERS, B. 2006. *Biologia e filogenia das algas*. Porto Alegre: Artmed.

TISSOT-SQUALLI, M.L. 2007. *Introdução à Botânica Sistemática*. 2 ed. Ijuí: Ed. Unijuí.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

CHOW, F. (org.). 2007. *Introdução à Biologia das Criptógamas*. Universidade de São Paulo. (Disponível em: http://felix.ib.usp.br/apostila_cripto.pdf).

OLIVEIRA, E.C. 2003. *Introdução a Biologia Vegetal*. São Paulo: EDUSP.

BRIÓFITAS

Prof. Augusto César Pessoa Santiago
Prof. George Sidney Baracho

Carga horária | 10H

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reconhecer a importância da conquista terrestre pelos vegetais e as adaptações necessárias para este processo;
- Entender os principais conceitos e características das briófitas;
- Reconhecer os principais grupos dentro das briófitas;
- Observar a importância evolutiva, econômica e ecológica do grupo;
- Usar a Internet para consultas e refletir criticamente sobre o assunto.

INTRODUÇÃO

Neste capítulo, serão abordadas as principais características das briófitas, permitindo a distinção de seus grupos (hepáticas, antóceros e musgos) e das suas fases de vida (gametofítica e esporofítica). Serão apresentadas as principais adaptações que permitiram a conquista do ambiente terrestre. Será feita a caracterização geral das briófitas, evidenciando a semelhança com os outros vegetais e as características peculiares. Também serão sugeridas estratégias para abordagens em sala de aula.

- **Estômatos, poros e câmaras aeríferas:** Estruturas com função de permitir as trocas gasosas. Com a epiderme e cutícula impermeabilizando a camada externa do vegetal, estruturas para auxiliar nas trocas gasosas faziam-se necessárias, devido aos processos de fotossíntese e respiração. Os estômatos são estruturas mais especializadas para auxiliar na troca gasosa do vegetal; de acordo com estímulos fisiológicos podem abrir e fechar de acordo com as condições ambientes.
- **Raízes e rizóides:** o aparecimento do sistema radicular foi de extrema importância para captação de água e fixação do vegetal no substrato.
- **Sistema Vascular:** composto pelo floema e xilema, é responsável pelo transporte dos produtos da fotossíntese e de água e sais. Com o sistema vascular, uma importante substância surgiu, possibilitando a sustentação da planta: a lignina. Esta substância é depositada nas paredes das células do xilema, tornando-as rígidas e podendo levá-las à morte. O sistema vascular propriamente dito só aparece a partir das pteridófitas, assim como as raízes. Contudo, células especializadas, sem lignina, aparecem em briófitas, como veremos adiante.
- **Esporopolenina:** camada protetora de esporos e pólen, impregnada com um polímero muito resistente à dessecação e a agentes químicos.
- **Envoltório de células vegetativas (estéreis):** os órgãos reprodutivos assexuais (esporângios) e sexuais (gametângios) possuem um envoltório estéril, evitando a exposição de esporos e gametas antes da diferenciação.
- **Tubo polínico (gimnospermas e angiospermas):** as briófitas e as pteridófitas estão associadas à água em seu processo de fecundação, no qual os anterozóides flagelados devem nadar até a oosfera. Já nas gimnospermas e angiospermas, o pólen atinge o estigma e forma o tubo polínico, com independência completa da água.

Futuro professor: pesquise sobre o tema acima “a conquista do ambiente terrestre” e veja a importância deste fenômeno para a vida em nosso planeta. Em suas aulas, procure abordar o tema e fazer com

que os alunos reflitam sobre o processo que ocorreu. É necessário que eles entendam que isso não aconteceu de forma repentina; possivelmente inúmeras formas sofreram adaptações, mas não foram capazes de colonizar a terra. O processo foi lento, e, de uma maneira informal, podemos dizer que deve ter havido uma série de “tentativas”, até que foi possível o estabelecimento dos organismos no novo ambiente a ser explorado.

ATIVIDADE PROPOSTA

1. pesquise sobre o assunto em diferentes livros e observe a consideração dos autores sobre outras adaptações que foram importantes para a colonização do ambiente terrestre.

2. AS BRIÓFITAS

2.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL

As briófitas são plantas pequenas (até cerca de 20cm), de morfologia simples, com aspecto taloso ou folhoso, avasculares (sem xilema e floema) e que habitam em lugares úmidos e sombreados. Contudo, têm adaptações para sobreviver em diversos ambientes, inclusive colonizam rochas nuas, junto com líquens. Podem dominar alguns ecossistemas pela exclusão de outras plantas, como o caso do norte do Círculo Ártico. Essas plantas atingem poucos centímetros devido à falta de um sistema vascular e, também, à ausência de lignificação, que propiciaria maior eficiência na captação de água e suporte para uma estrutura maior. Não apresentam folhas, caules ou raízes, e sim estruturas semelhantes, denominadas de filídios, caulídios e rizóides.

VOCÊ SABIA

As briófitas, juntamente com as algas, fungos e pteridófitas, eram denominadas de criptógamas, representando um grupo de plantas no qual os órgãos reprodutivos não são evidentes (do grego *kryptós* = oculto, *gamos* = união), contrastando com as gimnospermas e angiospermas, que eram denominadas de fanerógamas (do grego *phanerós* = visível]

São consideradas como um grupo de transição entre as algas e as plantas vasculares. O seu registro fóssil não é completo e muitos dos fósseis encontrados são posteriores aos

das pteridófitas. Assim, em décadas passadas, muitas teorias surgiram, indicando estas plantas como percussoras do avanço em direção ao ambiente terrestre ou surgindo como uma derivação reduzida de pteridófitas primitivas. Atualmente, como indica Raven (2007), os dados de seqüenciamento genético, recentes descobertas fósseis e caracteres morfológicos clássicos e ultra-estruturais sugerem que este é o grupo mais antigo dos vegetais (logicamente, com exclusão das algas). Podem, assim, oferecer informações sobre como eram as primeiras plantas e como se desenvolveram as plantas vasculares.

Chow (2007) cita algumas características que permitem distinguir as briófitas das algas, como a presença de cutícula, esporófito parcial ou completamente dependente do gametófito, esporófito não ramificado, com um único esporângio terminal, e os gametângios e esporângios são envolvidos por uma camada de células estéreis.

Algumas características são compartilhadas pelas briófitas e plantas vasculares e inexistentes nas algas verdes, por exemplo:

1. Presença de gametângios (regiões produtoras de gametas), masculinos (anterídeos) e gametângios femininos (arquegônios) com uma camada de células estéreis protetoras;
2. Retenção do zigoto e embrião em desenvolvimento (esporófito) dentro do arquegônio (gametófito feminino);
3. Presença de esporófito pluricelular diplóide que, após meiose, produz esporos haplóides;
4. Esporângios pluricelulares constituídos de células estéreis de revestimento e tecido interno produtor de esporos;
5. Esporos com paredes contendo esporopolenina;
6. Tecidos produzidos por meristema apical;
7. Plasmodesmos semelhantes aos das plantas vasculares, com desmotúbulos.

VOCÊ SABIA?

A ocorrência de um embrião pluricelular protegido em todas as plantas (briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas) é a base para utilização do termo embriófitas como um sinônimo de plantas.

As briófitas são plantas eucariontes, pluricelulares, com clorofila **a** e **b**. A reserva é sob a forma de amido, a parede celular é composta por celulose, os flagelos estão presentes só no gameta masculino, e o ciclo de vida é diplobionte heteromórfico, com reprodução oogâmica. No ciclo de vida, ocorre uma alternância de gerações entre o gametófito, produtor de gametas e o esporófito, produtor de esporos. O gametófito (haplóide) é a fase que normalmente observamos dessas plantas na natureza, constituindo a geração duradoura, já o esporófito (diplóide) é efêmero e nutricionalmente dependente do gametófito.

VOCÊ SABIA?

Interessante:

As briófitas podem ser chamadas de atraqueófitas. Apesar de algumas espécies apresentarem uma estrutura semelhante a um tecido vascular, as traqueídes (células condutoras especializadas) só surgem em grupos posteriores.

ATIVIDADE PROPOSTA

1. Faça uma pesquisa por imagens na Internet e observe as formas das briófitas. Ande pela área externa de sua escola, jardins próximos ou floriculturas e observe as briófitas que podem ser encontradas. Lembre-se de procurar em locais úmidos e sombreados.

VOCÊ SABIA?

Interessante:

As briófitas podem ser utilizadas com indicadores ecológicos. Algumas são boas indicadoras da qualidade do solo de florestas e das condições de pH e da água em turfeiras. Certos musgos indicam a presença de cálcio na água, outros indicam a presença de alguns depósitos minerais no solo. As briófitas também servem para monitorar a poluição por metais pesados, devido à sua grande capacidade de concentrar esses elementos e às concentrações de poluentes do ar. Além dessas funções, as briófitas também podem ser usadas com alimento para peixes, mamíferos e pássaros, como iscas em pescaria, para controlar a erosão do solo, umidade e inundações, como ervas medicinais, e na biologia aplicada (antibióticos, reguladores do crescimento de plantas, dentre outros). Fonte: <http://www.grupoescolar.com/materia/briofitas.html>

2.2 REPRODUÇÃO

A reprodução pode ser assexuada, por fragmentação do talo ou pela produção de gemas especializadas. Também podem acontecer os fenômenos de aposporia (formação do gametófito diplóide por proliferação de células sem formação de esporos) e apogamia (formação de esporófito haplóide sem produção de gametas). A reprodução sexuada envolve estruturas produtoras de gametas ou gametângios, que são os anterídeos e os arquegônios, frequentemente encontrados em gametófitos separados (Figura 2).

Os arquegônios assemelham-se a uma garrafa, com um longo canal e uma porção basal dilatada que envolve uma oosfera, exceto em antóceros. A camada de células estéreis do canal (ou colo) desintegra-se e origina um fluido, que permite a natação do anterozóide. Após a fecundação, o zigoto sofre repetidas divisões celulares, originando um embrião pluricelular, que cresce à custa da planta-mãe e se transforma no esporófito ou esporogônio.

O esporófito nunca é de vida livre, permanece ligado à fase gametofítica, da qual depende nutricionalmente. No esporófito maduro, vai

ocorrer a divisão reducional com formação de esporos haplóides (aflagelados) e, ao germinarem, dão origem à fase gametofítica (haplóide). Na maturidade, o esporófito da maioria das briófitas é constituído de: um pé, que permanece inserido no arquegônio do gametófito, uma seta ou haste e uma cápsula ou esporângio.

O embrião encontra-se na base da formação de um esporófito diplóide pluricelular, capaz de produzir muitos esporos haplóides diversos após a meiose. Essa condição teria propiciado uma vantagem significativa às primeiras plantas, quando começaram a ocupar o ambiente terrestre. Em algumas briófitas, os esporos germinam, formando estágios juvenis de desenvolvimento, que, nas briófitas, se designam protonemas. A partir do protonema, desenvolvem-se os gametófitos.

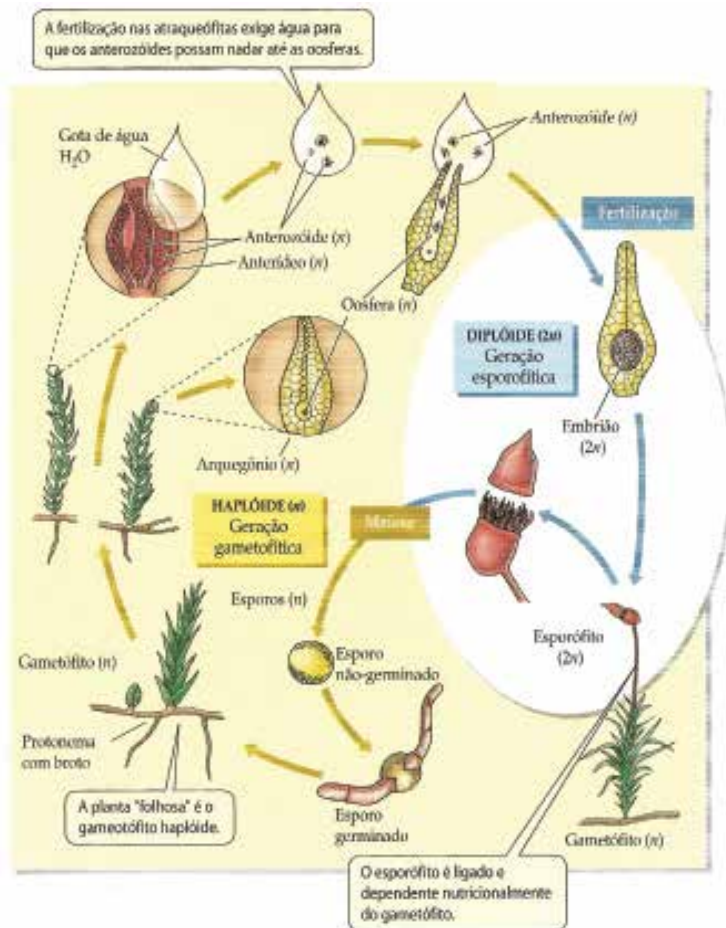


Figura 2 - Ciclo de vida de um musgo. Fonte: Purves et al. (2002).

2.3 CLASSIFICAÇÃO

O anterídeo pode ser esférico ou alongado, normalmente pedunculado e consiste num envoltório estéril, com uma camada de células, que guarda inúmeras células espermatógenas. Cada célula forma um anterozóide biflagelado, que nada até a oosfera no interior do arquegônio. Assim, a água é extremamente necessária para que ocorra a fecundação nas briófitas.

São considerados três grupos dentro das briófitas, separados, principalmente, pelas características presentes no esporófito: as **hepáticas** possuem gametófitos complexos e esporófitos simples; os **antóceros** apresentam gametófitos simples e esporófitos diferenciados, e os **musgos**, que têm um gametófito elaborado com filídios dispostos espiraladamente em um

caulídio e esporófito com estruturas diferenciadas para dispersão. Esses grupos eram considerados classes dentro da divisão Bryophyta. Atualmente são reconhecidas três divisões (ou filos) distintas: Hepatophyta (hepáticas), Antocerophyta (antóceros) e Bryophyta (musgos). A relação entre os grupos é incerta, mas se sugere que os musgos sejam mais próximos das plantas vasculares.

2.3.1 HEPATOPHYTA

Compreende 300 gêneros e aproximadamente 6.000 espécies, normalmente diminutas. São comuns em locais úmidos e sombreados, próximos à queda de água e em locais com formação de neblina. Podem ser encontradas em terra, em rochas ou em árvores, algumas vezes formando grandes agrupamentos. O gênero *Ricciocarpus* apresenta adaptação para a vida aquática.

VOCÊ SABIA?

O nome está relacionado a sua forma, semelhante a um fígado e foi atribuído na época da "Doutrina das assinaturas". Acreditava-se que a forma dos vegetais poderia ser associada a órgãos, e estes poderiam ser usados no combate a afecções e doenças.

Interessante:

Estudos recentes feitos por especialistas no grupo citam o filo Marchantiophyta. Este termo ainda não

é muito difundido em livros de ensino fundamental, médio e superior.

A fase gametofítica apresenta um hábito prostrado, em forma de fita estreita, lobada ou bifurcada ou como lâminas em forma de folhas. Assim, são denominadas de hepáticas talosas ou folhosas. Na face superior, estão presentes os poros respiratórios com câmaras subestomáticas e filamentos assimiladores com células contendo cloroplastos. A cutícula é ausente no grupo. Na face inferior, são encontrados os rizóides e as escamas, que ajudam na captação e retenção de água por Capilaridade. Esta fase pode formar propágulos, como um meio de reprodução assexuada. Os Filídios não possuem nervura, contendo uma camada de células em 2 ou 3 fileiras dispostas no caulídio.

Um dos gêneros mais utilizados como exemplo é *Marchantia* (Figura 3), que tem talo em forma de fita bifurcada, com poros respiratórios e conceptáculos em forma de pequenas taças com propágulos na superfície da planta. Sobre o gametófito fértil, são encontradas elevações em formas de chapéus que abrigam os gametângios, anteridióforos e arquegonióforos, nos quais se desenvolvem os esporófitos. Esses gametângios apresentam alta complexidade, se destacando dos outros grupos.



Figura 3 - *Marchantia*: Arquegonióforos (a), Anteridióforos (b) e conceptáculos com propágulos (c). Fonte: Raven et al. (2007). *Biologia Vegetal*. 7 ed. Guanabara Koogan.

Os esporófitos são simples, localizados em baixo do chapéu do arquegônio, geralmente aclorofilados, bastante reduzidos, que podem passar despercebidos. A cápsula é simples, sendo envolvida por uma camada de tecido estratificado, e a seta é reduzida e pode faltar. Os esporos são liberados com a ajuda de elatérios (células alongadas com espessamentos espira-

lados da parede celular). Estas estruturas são sensíveis às condições de umidade, sofrendo expansão e retração (movimentos higroscópicos), arremessando os esporos. No interior da cápsula, não há tecidos estéreis. Em algumas espécies, os esporos germinam e dão origem a um protonema rudimentar de 2-3 células, que depois se desenvolvem no gametófito.

Algumas diferenças, em relação aos filídios podem ser citadas para separar as hepáticas folhosas dos musgos.

Hepáticas folhosas	Musgos
Filídios em duas fileiras iguais e uma diferenciada na face inferior	Filídios iguais em tamanho, espiralados no Caulídio
Sem costa mediana	Costa mediana espessa
Maioria com Filídios aplanados	Poucas espécies com Filídios aplanados
Filídios lobados ou partidos	Filídios inteiros

2.3.2 ANTOCEROPHYTA

Divisão representada por 4-6 gêneros e 300 espécies. Amplamente distribuída nas regiões tropical e temperada, associadas a ambientes úmidos. A organização do corpo é uma estrutura talosa (talo achatado dorsiventralmente), verde, sem diferenciação anatômica, sem filídeos ou caulídios (Figura 4). Cresce através de meristemas marginais, encontrados nas bordas. Os gametângios (anterídeos e arquegônios) estão imersos na região dorsal (superior) do talo. Na face inferior são encontrados rizóides, que auxiliam na fixação ao substrato e com células sem cutícula, para absorção de água. Alguns antóceros também podem apresentar poros na superfície superior, nos quais são encontradas algas azuis (*Nostoc* e *Anabaena*), formando uma associação que dá uma cor ligeiramente azul a planta.

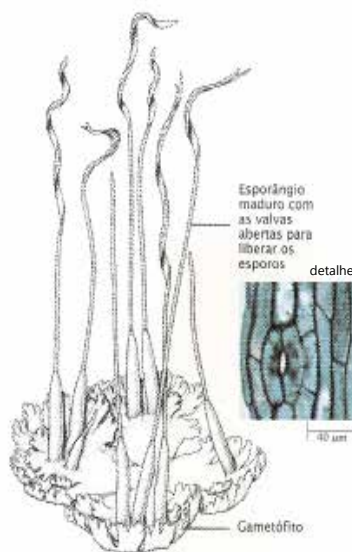
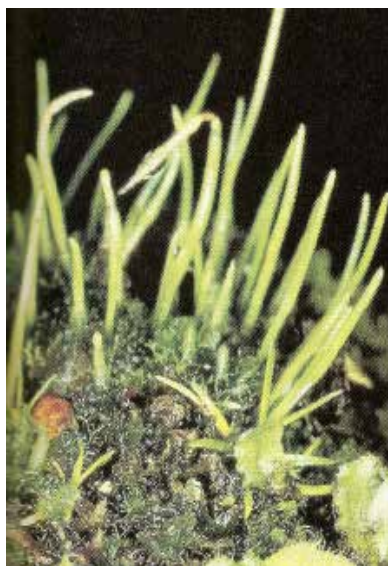


Figura 4 - Esquema geral de antóceros. Em detalhe um estômato do esporófito. Fonte: Raven et al. (2007).

VOCÊ SABIA?

Interessante:

Em muitas espécies de antóceros, cada célula do talo tem, apenas, um cloroplasto com pirenóide (região envolvida com a produção do amido). Esta característica indica primitividade, sendo uma condição semelhante à de algumas algas verdes (ex. *Coleochaete*). Outras podem apresentar vários cloroplastos sem pirenóides, condição mais semelhante às plantas vasculares.

Os esporófitos apresentam pé e cápsula e podem ser fotossintetizantes. No pé, existe uma região meristemática, que determina o crescimento contínuo, característica exclusiva e que oferece uma grande vantagem em relação a musgos e hepáticas. A cápsula é bastante diferenciada das encontradas nos outros dois grupos de briófitas, é persistente e não é bojuda, sendo formada por uma estrutura cilíndrica e alongada, que pode atingir cerca de 16cm. A porção terminal do esporófito se abre em fendas para liberação dos esporos. Os esporos são liberados à medida que a cápsula vai secando e abrindo. A produção de esporos é contínua, já que a parte mais velha seca e cai, e o meristema basal continua realizando crescimento do esporófito. No interior, existe um cordão de células estéreis (columela), que são parecidas com as células do tecido condutor de plantas superiores (traqueídes). Apresentam, ainda, cutícula e estômatos (ausente nos gametófitos) não funcionais.

VOCÊ SABIA?

Os estômatos de antóceros são idênticos aos das plantas superiores, mas não são observados movimentos, encontrando-se ausentes as câmaras subestomáticas. No grupo, também, são encontrados, pseudo-elatérios, estruturas multicelulares intercaladas entre os esporos, que auxiliam na dispersão.

2.3.3 BRYOPHYTA

A divisão apresenta três classes: Sphagnopsida (musgosa de turfeiras), Andreopsida (musgos de granito) e Bryopsida (musgos verdadeiros).

VOCÊ SABIA?

Os representantes do filo Bryophyta, normalmente são chamados de mus-

gos. Contudo, este termo é aplicado a um grande número de outros organismos, como líquens, pteridófitas e, até, algumas angiospermas.

SPHAGNIDAE

Possui 400 espécies, amplamente distribuídas em extensas regiões de turfeiras no hemisfério norte, são comercialmente e ecologicamente importantes. O esporófito possui uma cápsula avermelhada, que, com o amadurecimento vai secando e causando uma pressão no conteúdo interno (Figura 5a). Quando atinge um limite, o opérculo não suporta mais a pressão e ocorre uma pequena explosão, por vezes, audível, com arremesso do opérculo e liberação dos esporos. O protonema é pouco comum, com forma laminar e crescimento marginal (semelhante a *Coleochaete*).

que habitam, característica também de grande utilidade na jardinagem. As famosas turfeiras ocupam mais de 1% da superfície terrestre, sendo uma das plantas mais abundantes do mundo. As turfas compreendem, também, outros vegetais herbáceos, como juncos, ciperáceas, gramíneas e outras.

VOCÊ SABIA?

Interessante:
Além da retenção de água, as turfeiras contribuem para a acidez do local e têm boa capacidade de armazenamento de carbono. São utilizadas como antissépticos e podem servir como combustível.

ANDREIDAIDAE

Composta pelo gênero *Andreaea* (Figura 5b), com aproximadamente 100 espécies e *Andreobryum* com uma espécie, no Noroeste do Canadá e em rochas calcárias do Alaska. Podem apresentar coloração verde-enejecida, castanho-vermelha ou castanho-enejecida. O protonema tem duas fileiras de células, enquanto nos musgos, apenas uma. A cápsula é diminuta e com quatro válvulas verticais formando fendas que abrem ou fecham com a umidade, liberando os esporos.

BRYIDAE

Divisão formada por mais de 10.000 espécies e aproximadamente 800 gêneros, distribuídos desde regiões árticas até tropicais. Podem ser terrestres, epífitas, aquáticas ou semi-aquáticas. O talo é folhoso (estruturas semelhantes a folhas) e possui, na região central, células condutoras que são chamadas de leptóides e hidróides, semelhantes às células do floema e xilema. Os anterídeos estão densamente reunidos no ápice do talo gametófito masculino. Frequentemente agrupados em estruturas folhosas denominadas taças de respingo, sendo descarregados numa gota de água e dispersos por ela, caindo no chão. Os arquegônios ocorrem no ápice do talo do gametófito feminino.

VOCÊ SABIA?

O hidróideé, provavelmente, o progenitor das células especializadas em condução nas traqueófitas – traqueíde.

Interessante:
Em alguns gêneros, aparece a caliptra, estrutura se-



Figura 5 - Representantes de Bryophyta: a. Sphagnidae (processo de abertura do opérculo em detalhe). b. Andreaidaea. c. Bryidaea. Fonte: Raven et al. (2007) (a) e www.bryoecol.mtu.edu (b e c).

Apresentam células mortas cercadas por células vivas, sendo importantes na retenção de água, contribuindo para o ecossistema em

melhante a um chapéu de palha, que resulta do arquegônio, recobrimdo a cápsula quando jovem, protegendo-a e contribuindo para o seu desenvolvimento.

O esporófito é bem diferenciado, formado de pé, seta e cápsula (Figura 5c). A cápsula apresenta tecido estéril em seu interior (columela), sendo considerada como uma característica evoluída, possuindo tecido fotossintetizante externamente e, por vezes, estômatos. A abertura da cápsula é transversal, formando uma estrutura chamada opérculo, semelhante a uma tampa. A retirada do opérculo dá entrada na cápsula na qual são encontradas estruturas que auxiliam na dispersão dos esporos e variam de acordo com os gêneros. Normalmente são representados por prolongamentos, como dentes (peristômio), com células espessadas diferencialmente e que, por movimentos higroscópicos, entram e saem da cápsula, espalhando esporos (Figura 6). O esporo germina e desenvolve um protonema com características diferenciadas das hepáticas. Pode ser laminar ou filamentosos, com fileiras de 2-3 células, em que são formadas gemas que dão origem aos gametófitos. Isso representa uma grande vantagem, pois a partir de um esporo, nascem vários gametófitos. O esporângio pode apresentar cor brilhante para atrair insetos.

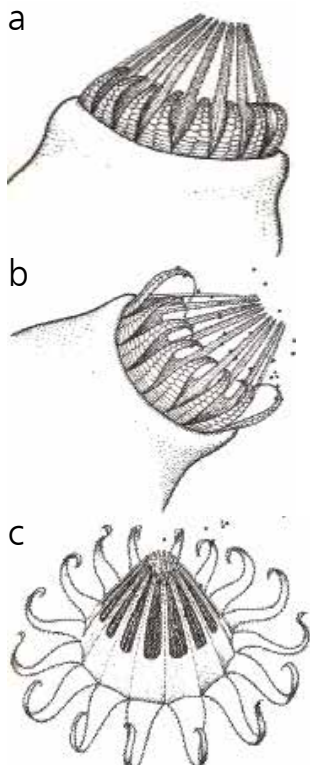


Figura 6 - Esquema representativo do movimento dos dentes do peristômio, em condição de umidade (a), capsula secando (b) e cápsula seca (c). Fonte: Raven et al. (2007).

Na Figura 7 são apresentadas as principais diferenças entre os esporófitos das briófitas.

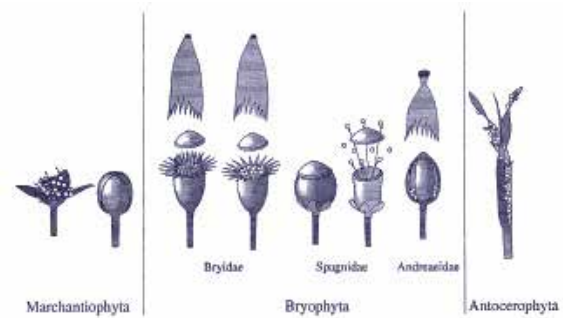


Figura 7 - Principais diferenças entre os esporófitos dos filos de briófitas. Fonte: Tissot-Squali (2007). Botânica Sistemática, 2ed. Unijui.

Futuro professor: incentive a pesquisa sobre a importância das turfeiras, levando em consideração atribuições ecológicas e econômicas.

ATIVIDADE PROPOSTA

1. Faça uma tabela para comparar a diferença entre os gametófitos e entre os esporófitos das três divisões de briófitas. Desenhe, em seu caderno, a estrutura geral de um representante de cada divisão, apontando suas estruturas e mostrando a diferença de um grupo para o outro. Considere, também, a estrutura do protonema. Pesquise sobre a semelhança e as diferenças entre as briófitas e os grupos mais evoluídos (derivados) de algas.

SAIBA MAIS

<http://bryophytes.plant.siu.edu/index.html>
<http://www.geocities.com/capecanaveral/lab/6969/briofitas.htm#Bryo-difer>
<http://www.briolat.org/briofitas/index.htm>

RESUMO

A passagem para o ambiente terrestre ocorreu com uma série de adaptações morfológicas e fisiológicas nos vegetais, das quais podem ser citadas entre as principais, a presença de uma epiderme associada a uma cutícula e estômatos, um sistema de captação de água (raízes), um sistema vascular, envoltório das estruturas de reprodução por células estéreis, camada

protetora presente nos esporos e nas angiospermas a formação do tubo polínico.

As briófitas constituem os primeiros vegetais a colonizarem o ambiente terrestre. Contudo, devido a sua estrutura, sem formação de raízes, sem vasos condutores e anterozóides flagelados, mantêm grande dependência de ambientes úmidos. Apesar disso, possuem estratégias para habitarem outros locais.

Dentre as briófitas, são reconhecidos três grupos, que se distinguem morfológicamente, principalmente pelas características de seus esporófitos. Assim são reconhecidas as hepáticas, os antóceros e os musgos. Estes grupos possuem um ciclo de vida com alternância de gerações, em que o gametófito é duradouro e de vida livre, enquanto o esporófito é nutricionalmente dependente deste. Possuem grande importância evolutiva, ecológica e econômica. Um gênero de musgo, *Sphagnum*, representa mais de 1% da cobertura da terra, sendo muito utilizado como fármaco e combustível.

REFERÊNCIAS

RAVEN, P.H., Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. 2006. *Biologia Vegetal*. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara, Koogan.

CHOW, F. (org.). 2007. *Introdução à Biologia das Criptógamas*. Universidade de São Paulo. (Disponível em: http://felix.ib.usp.br/apostila_cripto.pdf).

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

TISSOT-SQUALLI, M.L. 2007. *Introdução à Botânica Sistemática*. 2 ed. Ijuí: Ed. Unijuí.

OLIVEIRA, E.C. 2003. *Introdução à Biologia Vegetal*. São Paulo: EDUSP.

PTERIDÓFITAS

Prof. Augusto César Pessoa Santiago
Prof. George Sidney Baracho

Carga horária | 10H

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Entender dos principais conceitos e características relacionados às pteridófitas;
- Reconhecer as diferenças entre as pteridófitas e os demais grupos de plantas;
- Distinguir os principais grupos dentro das pteridófitas;
- Observar a importância evolutiva, econômica e ecológica das pteridófitas;
- Usar a Internet para consultas e refletir criticamente sobre o assunto, correlacionando-o a outras disciplinas.

INTRODUÇÃO

Neste capítulo será visto o grupo das pteridófitas, que englobam plantas vasculares que apresentam um ciclo com alternância de gerações, onde o esporófito é a fase dominante. Serão vistas as principais características que permitem distingui-las das briófitas e também das demais plantas vasculares. Serão comentados os quatro grupos mais comuns em livros didáticos (Licófitas, Equisetáceas, Psilotáceas e Filicíneas) e a situação destes na classificação atual. Também serão sugeridas estratégias para abordagem do conteúdo.

1. AS PTERIDÓFITAS

1.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL

As pteridófitas são as primeiras “plantas vasculares” e são assim chamadas por possuírem tecidos vasculares (xilema e floema) que permitem a condução de água, sais minerais e outras substâncias através do vegetal. Essa condição é compartilhada com os grupos que serão vistos nos próximos capítulos, as Gimnospermas e as Angiospermas (Figura 1).

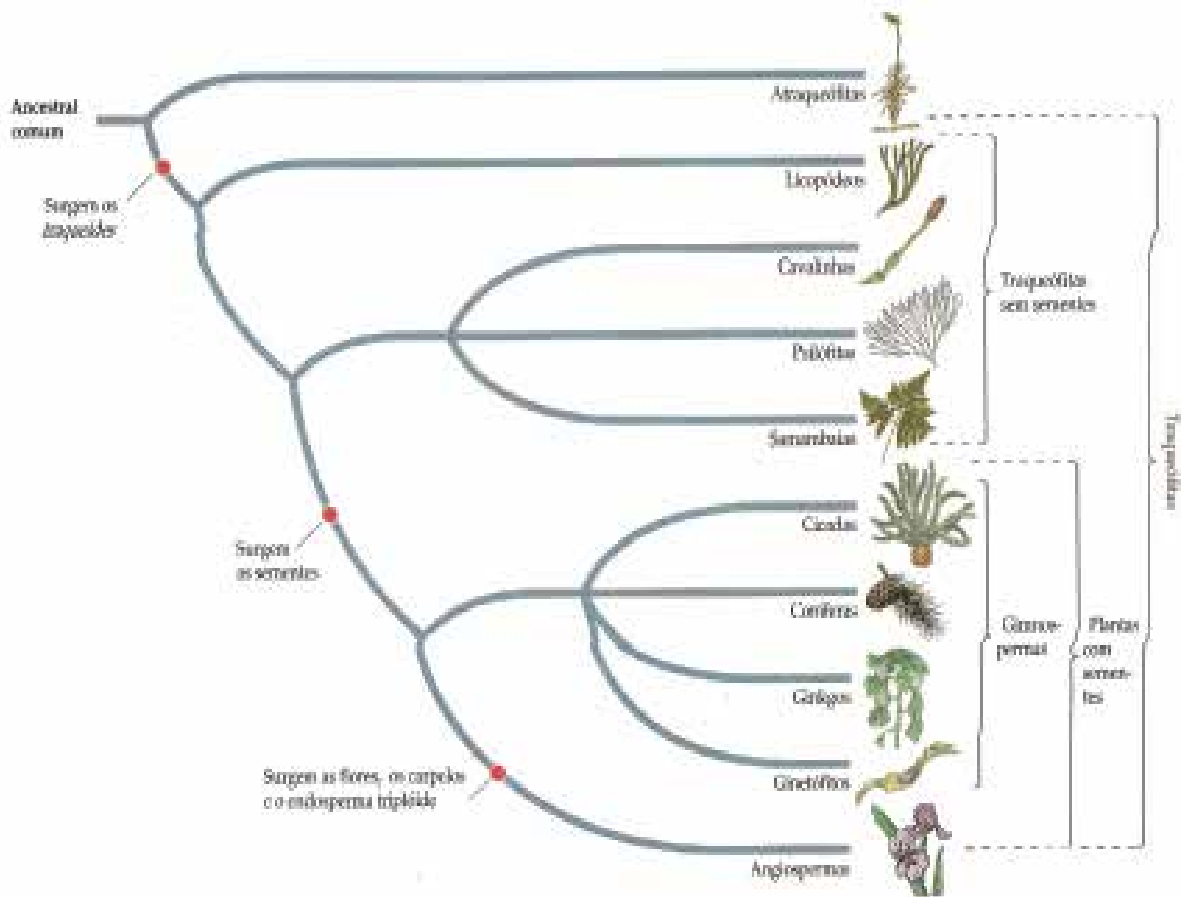


Figura 1 - Relações filogenéticas das traqueófitas, mostrando os Licopódios como clado basal. Fonte: Purves et al. (2002). Vida: a ciência da biologia, v. II. Artmed.

VOCÊ SABIA?

O termo “traqueófitas” pode ser utilizado para se referir a esses três grandes grupos, indicando a presença de células especializadas para a condução de água no esporófito, denominadas de traqueídes, ou, em alguns casos, células ainda mais diferenciadas, os elementos de vaso, que constituem os canais para a condução de água (traqueias).

Outra característica marcante nas plantas vasculares é a presença de um ciclo de vida com alternância de gerações heteromórficas, onde predomina o esporófito, diferente do ciclo das briófitas. O esporófito das pteridófitas é a fase que encontramos normalmente na natureza, onde se observa raízes, caule (chamado também de rizoma) e folhas (chamadas também de frondes) verdadeiros, mas não há produção de flores, frutos ou sementes (Figura 2).

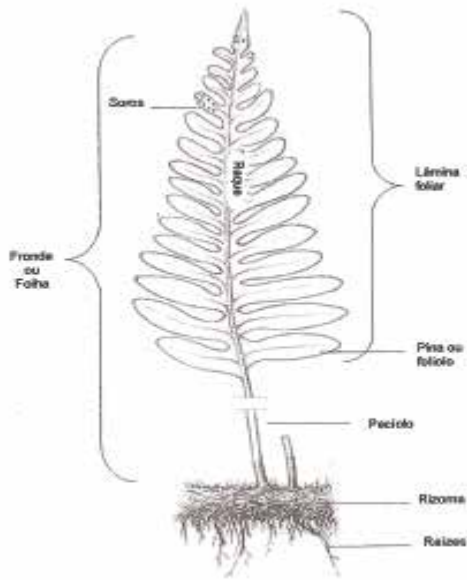


Figura 2 - Esquema geral de uma pteridófita. Fonte: www.davidnelson.md/cazadero/CazImages/Fern_structure.jpg

Esta fase produz os esporos, que são formados dentro dos esporângios e que normalmente estão reunidos em grupos, formando **soros**, na face abaxial da folha. Em alguns grupos, os esporófitos produzem esporos isomórficos, que originarão gametófitos bissexuados, sendo as plantas denominadas **homosporadas** e em outros há produção de esporos de tamanhos diferentes, em esporângios diferentes, sendo heterosporadas (Figura 3). Neste caso, são produzidos os micrósporos, que formarão o gametófito masculino e os megásporos, que formarão os gametófitos femininos. Os gametófitos são simples e diminutos, podendo ser fotossintetizantes e de vida livre ou heterotróficos, apresentando associação com fungos micorrízicos. Nas pteridófitas, os anterozóides ainda precisam de água para nadar até a oosfera. A propagação vegetativa também ocorre nas pteridófitas, como por exemplo, na produção de gemas ou estolões.

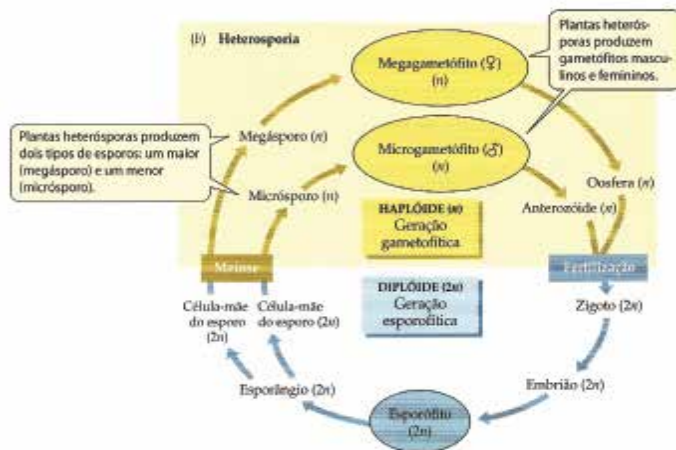
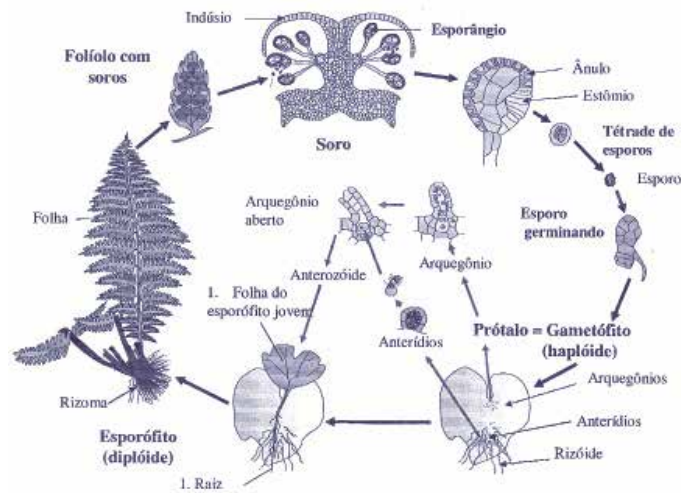


Figura 3 - Exemplos de ciclos de vida encontrados nas pteridófitas: a. homosporadas; b. heterosporadas. Fonte: (a) Tissot-Squali (2007). Botânica Sistemática, 2ed. Unijuí. (b) Purves et al. (2002).

Os esporos podem ser classificados em três tipos, monoletes, quando apresentam uma lesão advinda do seu processo de formação e sua forma é semelhante a um feijão, triletes, quando apresentam três lesões, normalmente tendo a forma triangular e os aletes, esporos redondos e sem lesão (exclusivos de Equisetum) (Figura 4).



Figura 4 - Esquema dos tipos de esporos encontrados nas pteridófitas, monolete (a), trilete (b) e alete com elatérios (c).

Do ponto de vista da estrutura e métodos de desenvolvimento de seus esporângios, as pteridófitas são também chamadas de eusporangiadas ou leptosporangiadas. Nas primeiras, o esporângio tem origem multicelular e produz muitos esporos, nas leptosporângiadas, apenas uma célula dá início a formação do esporângio (Figura 5).

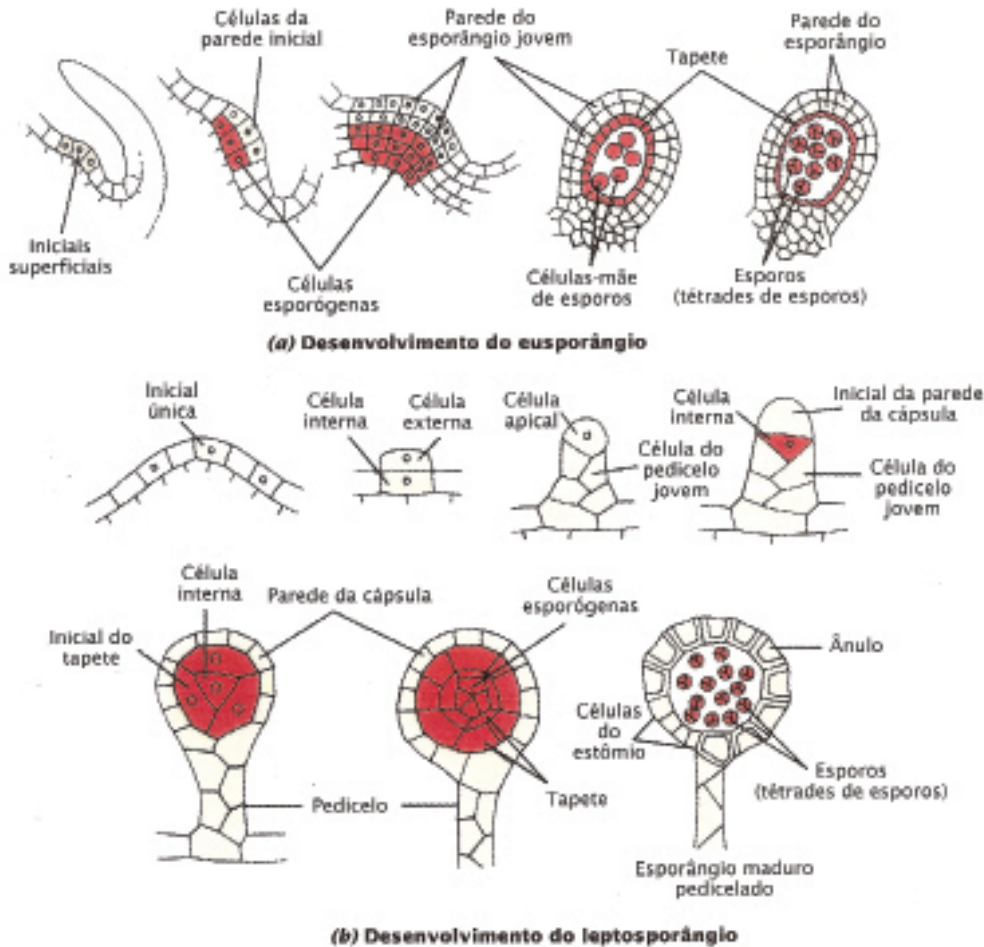


Figura 5 - Tipos de desenvolvimentos do esporângio. Fonte: Raven et al. (2007). Biologia Vegetal, 7ed. Guanabara Koogan.

As primeiras plantas vasculares sem sementes, surgiram a cerca de 420 milhões de anos. Segundo Raven *et al.* (2007), quatro divisões fósseis são reconhecidas, Rhyniophyta, Zosterophylllophyta, Trimerophyta e Progymnosper-mophyta. Os três primeiros grupos apresentavam

pequena estatura e morfologia simples, com ausência de raízes e folhas. As Progymnosper-mophyta eram mais complexas e tinham características intermediárias entre as das trimerófitas, das plantas vasculares sem sementes e das plantas com sementes. Nas progimnos-

permas, apesar da produção de esporos, surge a presença de um câmbio vascular capaz de produzir, além do xilema secundário, também o floema secundário.

O grupo pode ser considerado cosmopolita, e atualmente existem cerca de 13.000 espécies. Habitam preferencialmente as áreas úmidas e sombreadas das florestas tropicais. Contudo, algumas espécies possuem estratégias adaptativas que as permite sobreviver em ambientes aquáticos, locais semi-árdios e sujeitos a ação da neve. Além das espécies terrestres, muitas podem ser encontradas em rochas ou como epífitas, utilizando angiospermas ou outras pteridófitas como suporte.

Futuro professor: Discuta com os seus alunos as características que ajudam a diferenciar as pteridófitas das briófitas, dentre as quais de destacam:

- 1) Presença de tecidos vasculares;
- 2) Ciclo de vida com alternância de gerações heteromórficas, onde o esporófito é duradouro e o gametófito efêmero;
- 3) Lignificação de parte das células;
- 4) Estômatos em todas as partes fotossintetizantes;
- 5) Presença de raiz, caule e folha verdadeiros, na maioria dos grupos;
- 6) Esporângios reunidos em soros, *sinângios*, espigas e esporocarpos.

Vale ressaltar que o caule das pteridófitas, normalmente é chamado de rizoma, pela sua aparência semelhante à raiz e de hábito prostrado e a folha é normalmente chamada de frondes por especialistas.

ATIVIDADE PROPOSTA

1. Faça um desenho esquemático do ciclo de vida de uma pteridófito e uma briófito, destacando as diferenças encontradas. Faça uma pesquisa sobre os grupos exclusivamente extintos plantas vasculares sem sementes e relacione as principais características de cada um. Pesquise também nos livros e na Internet sobre pteridófitas fósseis, observando os principais grupos, suas formas e dimensões.

1.2 IMPORTÂNCIA EVOLUTIVA, ECOLÓGICA E ECONÔMICA

A formação de um tecido condutor permitiu a evolução dos organismos, proporcionando às pteridófitas atingirem maiores proporções, chegando ao porte comparável às árvores atu-

ais. Com esse sistema de vasos, a água e os nutrientes passariam a ser transportados com muita rapidez, permitindo grande eficiência na reposição da água perdida das partes expostas. Atualmente ainda são observadas espécies arborescentes, atingindo até 18m (ex. *Cyathea*), mas também são encontradas plantas com poucos milímetros (ex. *Azolla*). O surgimento do sistema de vasos condutores coloca em evidência a importância evolutiva das espécies do grupo, já que este foi um passo fundamental para a efetiva conquista do ambiente terrestre.

VOCÊ SABIA?

Interessante:

Ecologicamente, as pteridófitas desempenham um importante papel na manutenção da umidade no interior da floresta, absorvendo água pelas raízes densas, distribuindo-a gradualmente no solo e no ar e favorecendo o desenvolvimento da microfauna e microflora do substrato, extremamente necessárias para o equilíbrio ecológico do ambiente. Podem, ainda, estar associadas a alguns animais, principalmente insetos, que se utilizam de substâncias produzidas pelas plantas ou as utilizam como abrigo nos estágios iniciais de sua vida.

A principal importância econômica das pteridófitas está relacionada a ornamentação. As plantas podem ser usadas vivas ou desidratadas, ainda podem servir de base para fixação de outras plantas, como é o caso do xaxim. Este é um importante exemplo da flora brasileira. O xaxim (*Dicksonia sellowiana*) pertence a família Dicksoniaceae e foi altamente explorada nas matas do sul do Brasil. Durante muito tempo foi a única espécie de pteridófitas citada na lista de espécies vegetais ameaçadas de extinção no país. Muitas espécies podem ainda ser utilizadas na medicina popular, na produção de remédios, como inseticidas, na alimentação, entre outros. Algumas espécies podem ser usadas na biorremediação de solos contaminados, já que podem assimilar e concentrar altas quantidades de arsênico, como ocorre em algumas espécies de *Pteris*.

VOCÊ SABIA?

Uma espécie de pteridófito utilizada na alimentação, *Pteridium aquilinum*, é altamente tóxica e é associada a casos de câncer no trato digestivo, no Japão.

Futuro professor: Pesquise sobre as formas de utilização das pteridófitas e discuta com seus alunos. Caminhe pelo bairro ou pela escola e veja os exem-

plares usados como ornamentais. Visite uma floricultura com seus companheiros de sala ou seus alunos e veja como briófitas e pteridófitas podem ser vendidos como musgos e observe as variadas formas de pteridófitas que são utilizadas como ornamentais. Observe se há vasos ou estacas de xaxim e discuta com seus alunos o problema da coleta indiscriminada de espécies para fins comerciais.

1.3 CLASSIFICAÇÃO

As pteridófitas viventes podem ser reconhecidas em quatro grupos morfológicamente distintos, as **licopodiáceas**, as **psilotáceas**, as **equisetáceas** (cavalinhas) e as **filicíneas** (samambaias e avencas). Em diferentes sistemas de classificação já foram inseridas em uma grande divisão (Pteridophyta) ou em quatro divisões distintas (Lycophyta, Psilotophyta, Equisetophyta e Pterophyta).

Atualmente considera-se que as traqueófitas diversificaram muito cedo em dois grupos, as Licófitas e as Eufilófitas. Assim as licopodiáceas formaria o clado basal das plantas vasculares, com a divisão Lycophyta. As Eufilófitas seriam compostas pelas Monilófitas (demais grupos de pteridófitas) e Espermatófitas (angiospermas e gimnospermas). Importantes informações sobre a classificação atual das pteridófitas podem ser encontradas no trabalho de Smith et al. (2006). Assim, como o termo algas, "pteridófitas" não terá significado taxonômico, já que possui duas linhagens distintas.

A seguir serão vistos os quatro grupos reconhecidos como morfológicamente diferentes, e que normalmente aparecem nos livros do ensino médio e do fundamental. Muitas vezes, nem todos esses grupos são apresentados.

ATIVIDADE PROPOSTA

1. Selecione dois livros de ensino médio e fundamental e compare os grupos mostrados com dois livros de ensino superior e com o trabalho de Smith et al. (2006).

1.3.1 LICOPODIÁCEAS

Os licopódios são considerados como uma divisão, Lycophyta, que é o clado basal das plantas vasculares. Atualmente são representados por

cerca de 1.200 espécies, 15 gêneros e três famílias (Lycopodiaceae, Selaginellaceae e Isoetaceae) (Figura 6), todas de pequeno porte. A família Lycopodiaceae possui representantes homosporados, enquanto as demais são heterosporadas. O gametófito é cilíndrico e clorofilado.

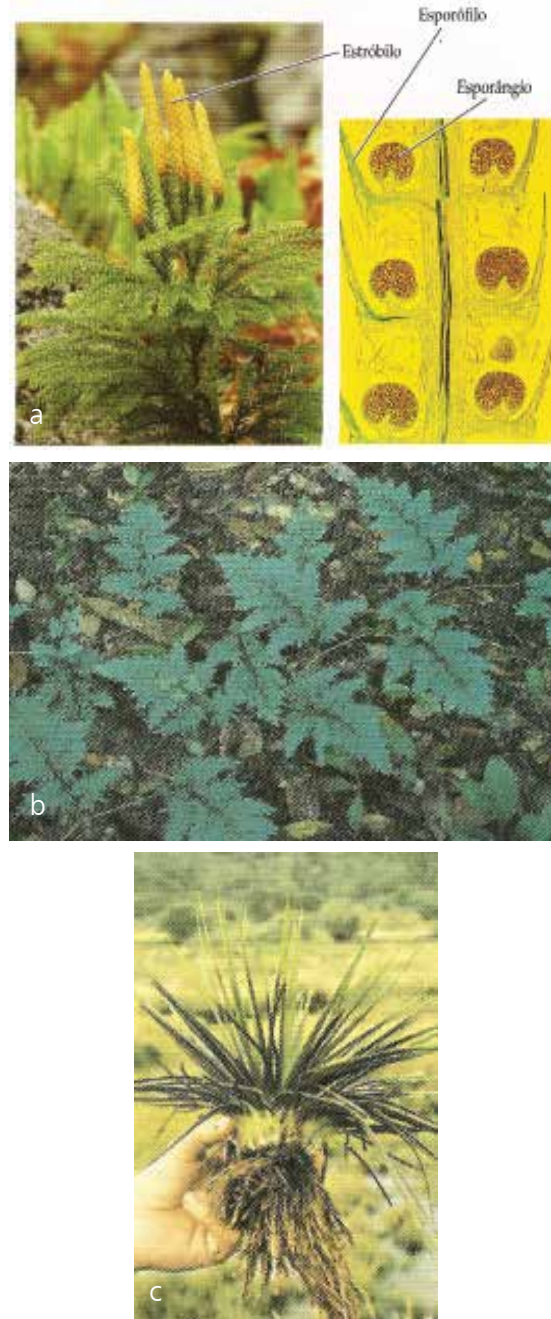


Figura 6 - Representantes dos licopódios: a. Lycopodiaceae (Lycopodium); b. Selaginellaceae (Selaginella) e c. Isoetaceae (Isoetes). Fonte: Purves et al. (2002) (a) e Raven et al. (2007) (b e c).

VOCÊ SABIA?

Representantes fósseis dos licopódios podiam atingir grandes dimensões (30-50m) e formaram a vegetação dominante durante o período carbonífero (Figura

7). Alguns gêneros, como *Lepidodendron* e *Sigillaria*, contribuíram de forma significativa, para a produção dos depósitos de carvão, característicos do período.

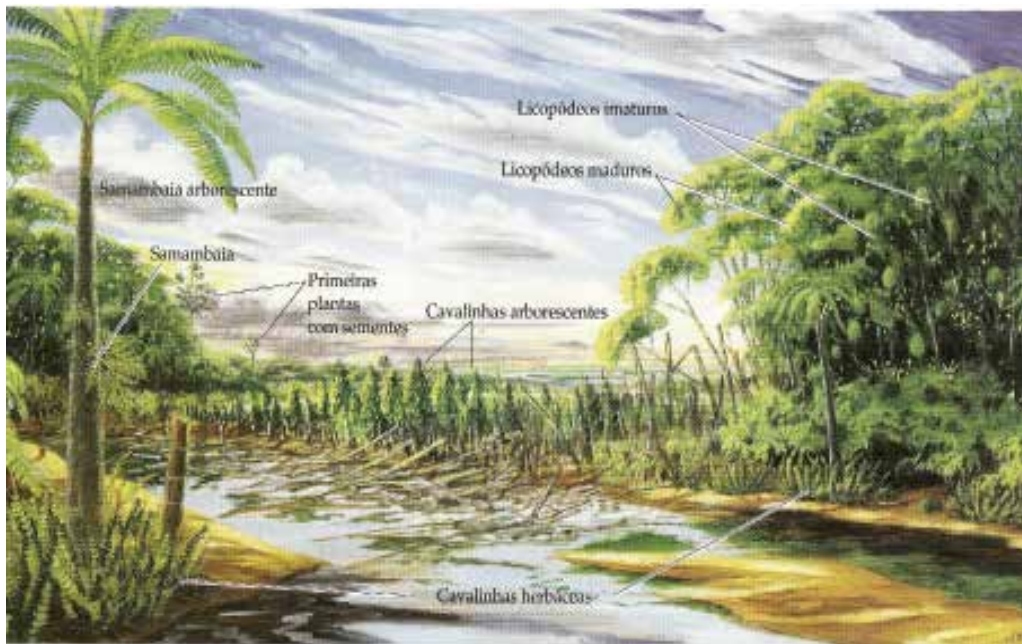


Figura 7 - Esquema de uma floresta primitiva, quando as pteridófitas predominavam e começavam a surgir as primeiras plantas com sementes. Fonte: Purves et al. (2002)

O esporófito é diferenciado dentro de um sistema curto, consistindo de caule, folhas (micrófilas) e raízes. O arranjo das micrófilas é geralmente espiralado, podendo apresentar também arranjo oposto ou verticilado. No ápice dos ramos férteis observa-se os estróbilos, estrutura que reúne os esporângios, localizados na axila de folhas com função de proteção. Esta folha é denominada de esporófilo e tem um único esporângio que é fixo na região adaxial ou localizado na axila.

VOCÊ SABIA?

Interessante:
Uma planta muito conhecida do grupo é a *Selagin-*

nella, que, muitas vezes, é vendida como planta ornamental com o nome de “musgo”.

1.3.2 PSILOTÁCEAS

Compreende 15 espécies distribuídas em dois gêneros (*Psilotum* e *Tmesipteris*) (Figura 8). Esse grupo de plantas possui uma organização muito simples, não possuindo raízes ou folhas. O caule consiste num sistema subterrâneo em ramos aéreos dicotomicamente bifurcados. As plantas são homosporadas e os esporângios estão reunidos em sinângios, que ocorrem em expansões caulinares laterais, denominadas de enações. O gametófito é aclorofilado e apresenta fungos micorrízicos.

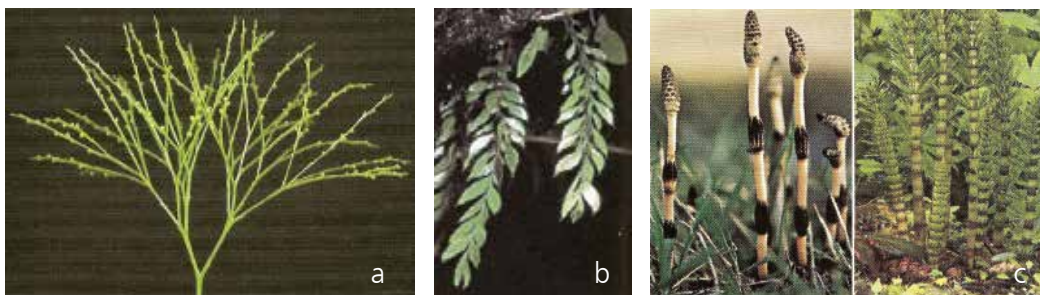


Figura 8 - Representantes de Psilotaceae: a. *Psilotum*; b. *Tmesipteris* e c. *Equitaceae* (*Equisetum*), evidenciando ramos férteis não fotossintetizantes e ramos vegetativos fotossintetizantes, respectivamente. Fonte: Purves et al. 2002 (a) e Raven et al. (2007) (b e c).

VOCÊ SABIA?

Interessante:

As psilotáceas são muito semelhantes às Riniófitas, mas se acredita-se que a ausência de partes é mais uma derivação por redução e não é uma condição primitiva.

1.3.3 EQUISETÁCEAS

São conhecidas popularmente como Cavalinhas. Grupo formado por apenas um gênero vivente (*Equisetum*, Figura 8), com 15 espécies. Assim, como as Lycopodiaceae e as Psilotaceae, possuem um ramo subterrâneo e ramos aéreos, que apresentam nó e entrenó. O caule aéreo é verde, cilíndrico e oco. Em cada nó são encontradas bainhas de micrófilas. Os ramos aéreos podem ser ramificados ou não e possuem estrias longitudinais com depósitos de sílica. Os esporângios estão agrupados em estróbilos densos e localizados nas extremidades dos ramos. Os esporos são isomórficos (homosporadas) apresentam fitas espessas na sua parede externa (elatérios), que se expandem ou se contraem de acordo com a umidade do ar e facilitam a dispersão do esporo (Figura 4).

VOCÊ SABIA?

A deposição de sílica no caule de *Equisetum* faz com que algumas pessoas utilizem esta planta para arear panela.

Os gametófitos haplóides, que surgem da germinação dos esporos, são membranosos, dióicos ou monóicos. Neste caso apresentando protoginia, observando-se inicialmente o aparecimento dos arquegônios, e após o desaparecimento destes, surgem os anterídeos.

VOCÊ SABIA?

Interessante:

Alguns exemplares extintos, como os gêneros *Calamostachys* e *Calamites*, foram bem representados no Paleozóico, juntamente com os licopódios gigantes e, também, formavam caules espessos com muitos metros de altura.

1.3.4 FILICÍNEAS (SAMAMBAIAS E AVENCAS)

Este grupo, engloba a maioria das espécies viventes de pteridófitas, apresenta ampla dis-

tribuição geográfica e grande diversidade de formas. Samambaias e avencas são nomes comumente relacionados a esse grupo, sendo diferenciados pelo pecíolo e raque (inserção do pecíolo na lâmina foliar) verdes ou paleáceos nas primeiras e enegrecidos nas avencas.

VOCÊ SABIA?

Interessante:

O termo avencas é usado, basicamente, para designar espécies relacionadas ao gênero *Adiantum* (Figura 9), enquanto samambaias abriga um grande número de espécies de diferentes famílias e gêneros.

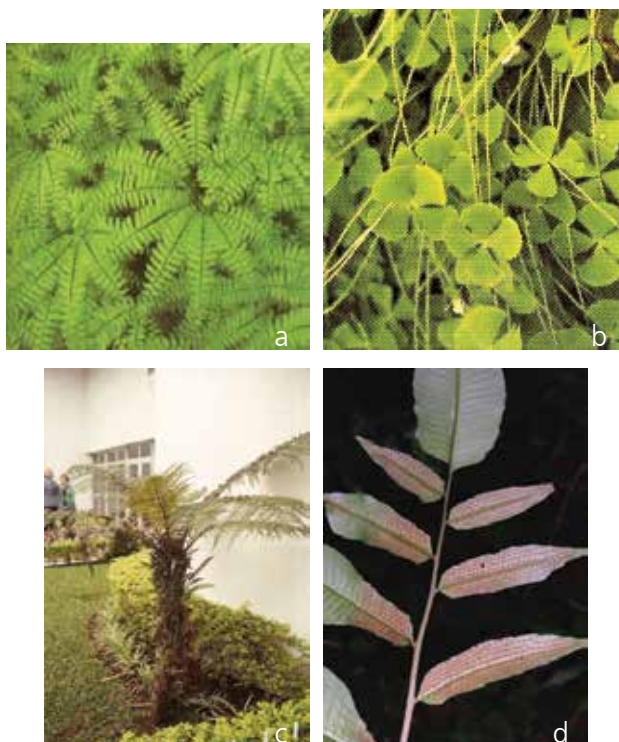


Figura 9 - Diversidade das formas das pteridófitas: a. *Adiantum*; b. *Marsilea*; c. *Dicksonia* e d. *Cyclodium*. Fonte: Purves et al. (2002) (a); Raven et al. (2007) (b); Foto Augusto Santiago (c) e Foto Ivo Abraão Silva (d).

Algumas características são marcantes, como a folha representada por megáfilos e a presença de numerosos esporângios na face abaxial da folha (ex. *Cyclodium*, Figura 9). As folhas jovens têm um crescimento característico, surgindo enroladas sobre si mesmas (vernação circinada) e são denominadas de Báculos (Figura 10). A disposição dos esporângios normalmente é abaxial e em estruturas chamadas de soros, mas podem ser encontradas algumas variações, como a formação de sinângios ou estruturas semelhantes, compactas e mais ou menos fundidas, como as

espigas de *Ophioglossum* e os esporocarpos das samambaias aquáticas. Os esporocarpos constituem estruturas de resistências e caso as plantas estejam em lagoas sazonais, eles podem suportar o período seco e continuar o ciclo com a volta das chuvas.



Figura 10 - Báculo de uma pteridófita do gênero *Cyathea*, mostrando o desenvolvimento circinado (enrolado). Foto: Ivo Abraão Silva

Outra característica interessante destas plantas aquáticas, *Azolla*, *Salvinia* e *Marsilea* (Figura 9), é a **heterosporia**, enquanto que as os outros representantes das samambaias são homosporados. Relembrando: *Azolla* forma associação com algas azuis, como visto no capítulo 2, que fixam o nitrogênio atmosférico e muitas vezes são utilizadas para enriquecimento de solo nas áreas alagadas de cultivo de arroz.

VOCÊ SABIA?

O trevo de quatro folhas é uma pteridófita de gênero *Marsilea*.

As folhas são macrofilas (ou megáfilos), com sistema complexo de vascularização, permitindo um maior desenvolvimento da mesma. As folhas são bastante variadas, indo de simples a muitas vezes divididas. Quando ocorre a divisão, as estruturas semelhantes a folíolos são denominadas de **pinas**. As folhas são denominadas compostas ou **pinadas**.

Muitas vezes os soros das samambaias apresentam uma cobertura chamada **indúcio**, que ajuda a protegê-lo no processo de maturação. As folhas e as outras partes da planta, também podem apresentar um indumento (tricomos e/ou escamas).

VOCÊ SABIA?

Interessante:

Atualmente as maiores pteridófitas estão relacionadas às samambaias, como as *Dicksoniaceae* (Figura 9) e *Cyatheaceae*, em que algumas espécies ultrapassam 10m de altura.

Futuro professor: Discuta com os seus alunos a importância do avanço da ciência nas modificações da classificação das pteridófitas. Você pode trabalhar com eles de acordo com o livro texto, apresentando os grupos morfologicamente diferentes, mas é necessário explicar a questão filogenética abordada nas classificações mais recentes.

ATIVIDADE PROPOSTA

1. Faça um quadro comparativo entre os quatro grupos clássicos, distintos morfologicamente, encontrados nas pteridófitas, apontando as principais diferenças entre eles.

SAIBA MAIS

<http://www.cavehill.uwi.edu/FPAS/bcs/bl14apl/pter2.htm>

http://www.nybg.org/scienceflash/Ferns_web.html

<http://www.anbg.gov.au/fern/>

RESUMO

As pteridófitas constituem o primeiro grupo de plantas vasculares, apresentando tecidos diferenciados e responsáveis pela condução de água, sais minerais e produtos da fotossíntese. Essa característica foi um passo fundamental para a conquista do ambiente terrestre.

A presença de vasos condutores, bem como um ciclo com alternância de gerações, onde o esporófito é duradouro e o gametófito é efêmero, permitiu a distinção das briófitas. Juntamente com gimnospermas e angiospermas formam o grupo das traqueófitas, mas diferem destas pela não produção de flores, frutos ou sementes. Na maioria das espécies é observada a presença de raiz, caule e folhas.

Constitui um grupo cosmopolita, ocorrendo preferencialmente em florestas tropicais, mas com adaptações para sobreviver em locais adversos. Possuem alta importância evolutiva.

va, ecológica e econômica. Morfologicamente são apresentados quatro grupos distintos (licófitas, psilófitas, equisetófitas e filicíneas), mas que, de acordo com os estudos recentes formam duas divisões distintas, Lycophyta e Monylophyta, tornando o termo pteridófitas sem significado taxonômico.

GLOSSÁRIO

Heterosporia - referente à formação de esporos distintos (micrósporos e megásporos) que darão origem a gametófitos diferentes quanto à sua morfologia e produção de gametas (microprotalos formadores de anterídeos e megaprotales formadores de arquegônios).

Homosporada - referente à formação de esporos iguais que podem dar origem a gametófitos hermafroditas ou diferentes quanto à sua morfologia e produção de gametas (gametófitos anteridiados ou arquegoniados).

Indúcio - estrutura membranosa formada junto ou sobre o receptáculo do soro (sobre o qual se inserem os pedicelos dos esporângios), que serve de proteção aos esporângios do soro, especialmente na fase inicial do seu desenvolvimento, podendo posteriormente (em alguns) casos cair (indúcio caduco) ou ficar amassado entre os esporângios maduros.

Megáfilo - em pteridologia refere-se à folhas supridas por feixe vascular que ao sair da estele do caule deixa na mesma uma lacuna, caracterizando-se ainda por um sistema de nervuras ramificado ou mais complexo, em contraposição às folhas micrófilas em que a nervura não se ramifica e que ao sair do cilindro vascular caulinar não deixa lacuna no mesmo. (Estelo: feixe ou conjunto de feixes vasculares, por vezes designado de cilindro central. Recebe tal designação pela disposição do xilema em certos casos, em corte transversal, formando uma estrutura com perfil estrelado. Há diversos tipos de estelo, recebendo designações próprias.)

Micrófila - tipo de folhas pequenas em que a nervura central geralmente não se ramifica, sendo que esta ao partir do cilindro vascular no caule não deixa falha. Pode ser observado em pteridófitas representantes de grupos mais primitivos como p. ex. no caso das licopodáceas e selagináceas.

Pina - numa folha decomposta de maneira penada (pinada), designa os segmentos de primeira ordem, que podem ou não ser decompostos mais uma vez (ou mais) em pínulas.

Pinada - refere-se à folha decomposta de maneira penada.

Raque - em pteridologia, designa o eixo principal de uma folha pinada ou segmento foliar pinado (ex. raque da pina). Também chamado de ráquis.

Sinângio - estrutura resultante da fusão de diversos esporângios, apresentando lóculos (câmaras) em que os esporos se desenvolvem. Quando os esporos estão maduros a estrutura sofre deiscência, liberando os esporos. Pode ser observada por exemplo nas marattiáceas.

Soro - em pteridologia refere-se a um conjunto de esporângios que se fixa num receptáculo, sendo que o conjunto apresenta contorno definido. Em certos grupos toda a superfície dorsal da lâmina fértil fica recoberta por esporos fixos ou não sobre as nervuras, sendo para esta situação o termo "cenosoro" pode ser utilizado.

REFERÊNCIA

OLIVEIRA, E.C. 2003. *Introdução a Biologia Vegetal*. São Paulo: EDUSP.

RAVEN, P.H., Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. 2006. *Biologia Vegetal*. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara, Koogan.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

CHOW, F. (org.). 2007. *Introdução à Biologia das Criptógamas*. Universidade de São Paulo. (Disponível em: http://felix.ib.usp.br/apostila_cripto.pdf).

TISSOT-SQUALLI, M.L. 2007. *Introdução à Botânica Sistemática*. 2ª Ed. Ijuí: Ed. Unijuí.

ANGIOSPERMAS

Prof. Augusto César Pessoa Santiago
Prof. George Sidney Baracho

Carga horária | 10H

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conceituar, relacionar e reconhecer os principais grupos taxonômicos das angiospermas;
- Fornecer os conteúdos essenciais para o reconhecimento dos seus diferentes caracteres morfológicos;
- Realizar atividades que envolvam a apreensão do conhecimento sobre a **sistemática** das angiospermas;
- Realizar consultas eletrônicas de interesse na Botânica Sistemática;
- Refletir criticamente e prepará-lo para outras disciplinas e áreas correlatas.

INTRODUÇÃO

Há cerca de 136 milhões de anos, no Cretáceo Inferior, houve uma grande explosão no surgimento e diversificação das Angiospermas. Conhecidas como divisão Magnoliophyta ou filo Anthophyta, este grupo contou com uma grande vantagem: a presença do fruto. Aliás, esta ainda é a definição mais básica para definir as Angiospermas: compreendem o grupo mais diversificado do reino Plantae e incluem todos os vegetais superiores capazes de produzir frutos. Além de ser o grupo de plantas que pre-

domina na Terra, também apresentam grande importância com, pelo menos, 3.000 espécies (spp.) com algum tipo de potencial econômico, seja alimentício (feijão, milho, soja, trigo, açúcar, 'frutas e verduras'), medicinal, aromático e condimentar (aroeira, açafrão, alho, erva-cidreira, hortelã, orégano, louro, manjeriço) químico e farmacológico (juá, romã, uva, arnica, barbatimão, guaraná, gengibre), ornamental (orquídeas, bromélias, lírios, ipês) ou industrial (eucalipto, borracha, algodão).

A principal estrutura que caracteriza as Angiospermas como um grupo monofilético, ou seja, derivado de um único ancestral comum, é a flor, unidade altamente complexa de reprodução da planta e de diversidade quase infinita. É esta unidade de reprodução a principal responsável por, pelo menos, 300 mil espécies viventes e que dominam em massa a maioria das comunidades vegetais do planeta desde as minúsculas lentilhas d'água (*Lemna minor* L.) até os gigantes eucaliptos australianos (*Eucalyptus regnans* F.Muell.).

ORIGEM DAS ANGIOSPERMAS

Existem duas linhas gerais para a origem das angiospermas. A primeira teoria é intitulada teoria Antostrobilar ou Euantial, datada de Arber & Parkins (1907). Essa teoria refletiu uma extensão de sistemas de classificação pré-darwinianos, como os de De Candolle e de Bentham & Hooker sendo, porém, apoiada por evidências fósseis de folhas e pólen. Foi desenvolvida desde o século XIX por Delpino e Bessey e defendida por Takhtajan e Cronquist na segunda metade do século passado. Ela baseou-se na hipótese de homologia entre as flores de Angiospermas e os estróbilos bissexuados não ramificados semelhantes aos encontrados nas Bennettitales do Mesozóico. As primeiras flores seriam grandes, radialmente simétricas, com estruturas reprodutivas e vegetativas numerosas, livres, dispostas espiraladamente, estames laminares, carpelos com muitos óvulos anátropos, bitegumentados e polinizadas por besouros. Segundo essa teoria, as flores das famílias Magnoliaceae e Winteraceae representariam o estado floral mais primitivo em plantas atuais.

A segunda teoria é intitulada teoria *Pseudantial*, de Wettstein (1907). Tal teoria sugeriu que as ordens Piperales, Chloranthales e as antigas amentíferas (*Fagales*, *Juglandales*, *Myricales*, *Casuarinales-Hamamelidae*) teriam flores semelhantes às primeiras Angiospermas, isto é, flores unissexuadas que seriam homólogas aos estróbilos da ordem Gnetales (Gimnospermas) e flores bissexuadas homólogas a pseudantos derivados da união de flores unissexuadas simples, representando estróbilos compostos condensados.

As flores seriam pequenas, simples, com simetria bilateral, carpelo com um ou poucos óvulos e polinizadas pelo vento. De acordo com essa teoria adotada pela escola de Engler, as Gnetales formariam o grupo irmão das Angiospermas, e a família Chloranthaceae mais tarde viria a representar um grupo-chave na origem das Angiospermas, apoiado pelo registro fóssil muito antigo de pólen clorantóide.

ANGIOSPERMAS PRIMITIVAS

Para Cronquist (1988), era evidente que as Angiospermas teriam derivado de algum grupo de Gimnosperma, provavelmente de "Cycadicae" (Pteridospermas-*Lyginopteris*, *Glossopteris* e *Caytonia* - Bennettitales e Cycadales). Elas seriam lenhosas, com lenho manoxílico, cujas traqueídes seriam grandes com pontuações circulares ou escaliformes e raios multisseriados, altos (lenho picnoxílico, traqueídes pequenas com pontuações circulares e raios estreitos). Como alguns grupos de Angiospermas basais, como Winteraceae, não possuem vasos, ele considerou os vasos uma característica secundária. As folhas seriam inteiras, simples, alternas, com venação pinada, reticulada, estômatos paracíticos (com células subsidiárias diferenciadas), sem estípulas (elas teriam surgido em algum grupo de Magnoliidae).

As flores nasceriam na porção terminal dos ramos, seriam grandes, actinomorfas, com muitas peças florais dispostas espiraladamente. O perianto seria composto, apenas, por sépalas derivadas da redução de modificações de folhas. As pétalas teriam surgido mais tarde e teriam derivado de estames. Os estames seriam

laminares, sem diferenciação entre filetes e anteras. O pólen monossulcado teria originado o triaperturado a partir de ornamentação em V ou Y, como em Cannelaceae. O gineceu seria apocárpico, com muitos carpelos. O ovário, derivado da conduplicação do megasporofilo, seria estipitado e estaria unido na margem, mas não fundido, e o estilete não estaria diferenciado. Os óvulos seriam bitegumentados, sendo muitos óvulos por carpelos, de placentação ventral, dispostos na região da sutura, resultado da posição marginal ancestral. O fruto primitivo seria um folículo, com frutículos se abrindo ventralmente, para a liberação das sementes. A polinização seria por besouros, que visitariam as flores em busca de pólen.

Dentre as adaptações mais importantes na evolução inicial das Angiospermas destaca-se a especialização do sistema vascular, que tornou a condução mais eficiente (mas Gnetales não se encontra diversificada, apesar de pos-

suir vasos) e a entomofilia, que aumentou a eficiência da polinização cruzada (mas a entomofilia já ocorria em algumas gimnospermas e, por outro lado, em alguns grupos com flores, a anemofilia parece bem sucedida, em geral Graminae). As características que parecem mais importantes são a redução dos gametófitos e a formação do endosperma triploide associada.

CARACTERÍSTICAS GERAIS E AUTAPOMORFIAS

As características que definem as Angiospermas estão relacionadas, principalmente, às estruturas reprodutivas, destacando-se a inclusão dos óvulos bitegumentados (geralmente anátropos, isto é, com a micrópila direcionada para o funículo) no carpelo, o qual pode ser ascidiado ou convoluto. (ver fig. 1).

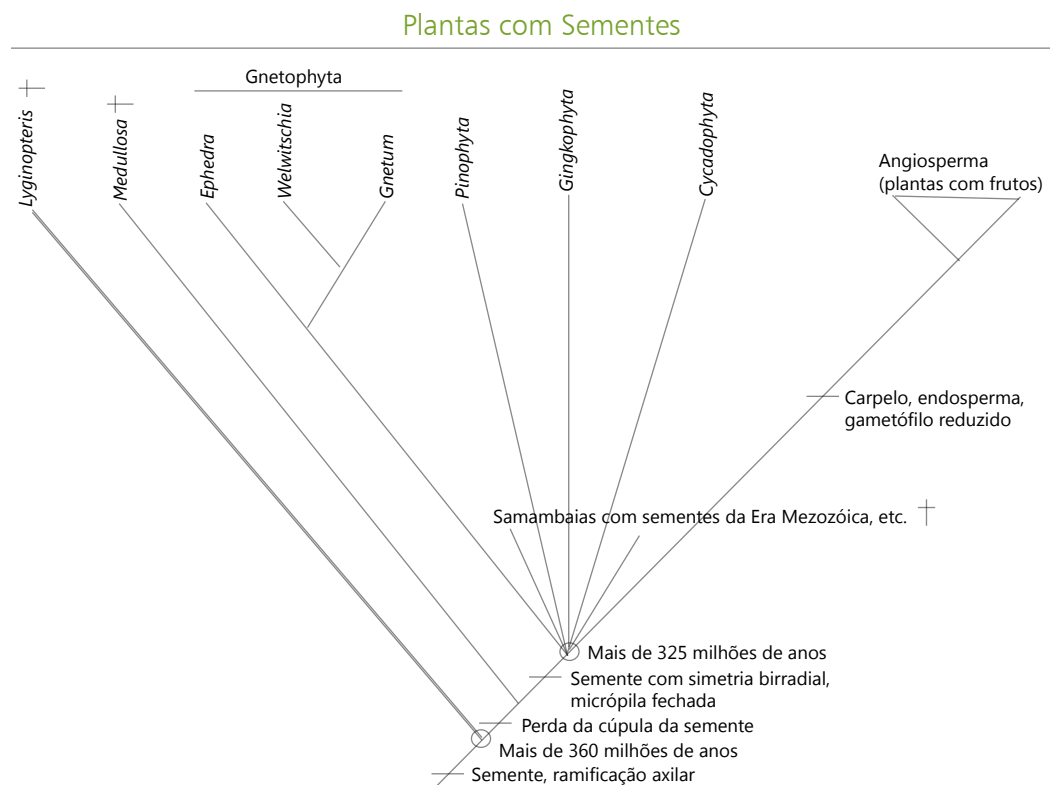


Figura 1 - Relacionamento filogenético das Angiospermas com os demais grupos de plantas e afins. (Introdução à Botânica Sistemática, Mara L. Tissot-Squalli, 2006).

Outra característica considerada importante é a presença de vasos, mas eles podem estar ausentes, sugerindo que esse caráter possa ter evoluído dentro das Angiospermas e/ou sofrido reversão. Supostamente, as primeiras an-

giospermas teriam vasos semelhantes a traqueídes, com perfurações escalariformes, de onde teriam derivado as fibras para sustentação e os vasos para condução. Os vasos teriam sofrido um encurtamento do comprimento associado

ao alargamento do diâmetro. As terminações passariam a formar placas, inicialmente anguladas e com numerosas perfurações escalariformes, as quais diminuiriam em número, até formar um único poro transversal. Enquanto os vasos favorecem a condução de fluidos, eles são menos eficientes na sustentação, o que teria pressionado a evolução simultânea de fibras também derivadas das traqueídes. Os elementos de tubo crivado e as células companheiras também caracterizam as Angiospermas.

As Angiospermas compartilham inúmeras características únicas. Em função disto, os especialistas julgam que é evidente que sejam monofiléticas, sendo suportadas pelas seguintes autapomorfias:

- (i) elementos de tubo crivado e células companheiras derivadas das células iniciais;
- (ii) grão-de-pólen com ectexina columelada;
- (iii) estames com dois pares laterais de sacos polínicos;
- (iv) endotécio hipodermal da antera;
- (v) gametófito masculino com apenas três células;
- (vi) carpelo fechado com região estigmática, onde ocorre a germinação do grão-de-pólen;
- (vii) parede do megásporo fina, sem esporopoleína;
- (viii) gametófito feminino com, apenas, sete a 16 células, sem arquegônios;
- (ix) dupla fecundação associada à formação de endosperma. (ver fig. 2).

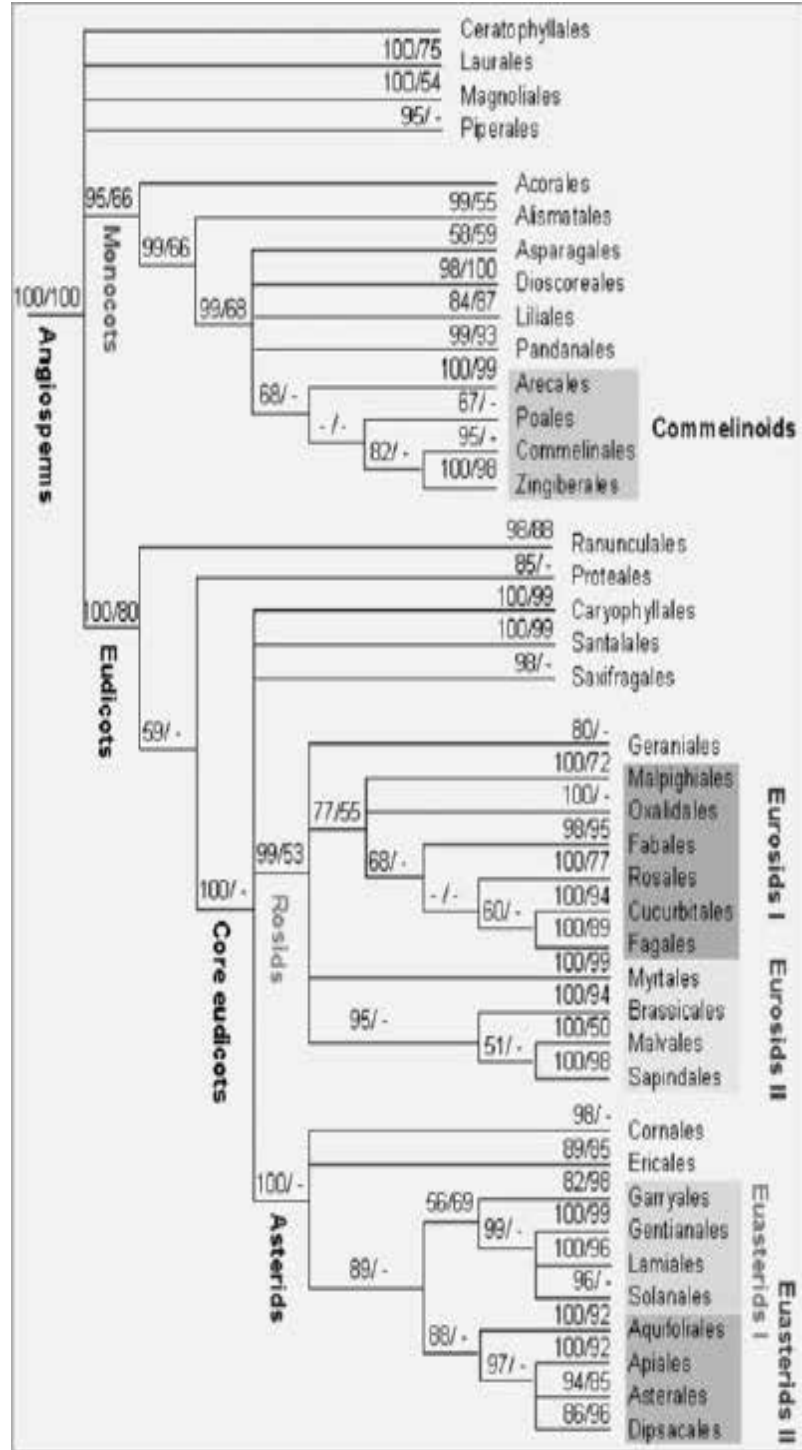


Figura 2. Relacionamento filogenético das Angiospermas com base na proposta filogenética de classificação do Angiosperm Phylogeny Group-APG, APG 2003.

LINHAGENS BASAIS DAS MAGNOLIOPHYTA

Três ordens distintas compõem a linhagem basal das Magnoliophyta, caracterizadas pelas margens dos carpelos seladas por uma secreção: Amborellales, uma ordem caledoniana formada apenas por Amborellaceae e que inclui uma única espécie (*Amborella trichopoda* Melikian, A.V.Bobrov & Zaytzeva), Nymphaeales, uma pequena ordem de plantas aquáticas, e Austrobaileyales, uma ordem de origem australasiana de aproximadamente 100 espécies. Destas, apenas Nymphaeales possui representantes brasileiros.

No Brasil, das três famílias que compõem Nymphaeales, há registros de dois representantes: Cabombaceae e Nymphaeaceae. Cabombaceae possui dois gêneros, *Cabomba* Aubl. (5-6 espécies) e *Brasenia* Schreb. (1-3 espécies), mas apenas *Cabomba* ocorre no país. Das espécies registradas para o Brasil, *C. aquatica* Aubl. é citada para Pernambuco. Nymphaeaceae possui 3-6 gêneros e cerca de 60 espécies. Destas, pelo menos dois gêneros, *Nymphaea* L. e *Victoria* Lindl., reúnem, pelo menos, 15 espécies ocorrentes no Brasil, das quais citam-se para Pernambuco *N. ampla* (Salisb.) DC., *N. la-sphylla* Mart. & Zucc. e *N. rudgeana* G.Mey.

MAGNOLIÍDEAS

As magnoliídeas estão reunidas em um clado que inclui a maioria dos grupos basais das Magnoliophyta. As plantas pertencentes a este clado são basicamente as mesmas da subclasse Magnoliidae, uma das cinco subclasses propostas pelo sistema de Cronquist **grupo basal** da classe Magnoliopsida (ou dicotiledôneas, para o autor). Este grupo reteve um grande número de características plesiomórficas das Angiospermas e reúne 4 ordens, também conhecido como complexo magnolióide: Magnoliales, Laurales, Canellales e Piperales. Uma outra ordem, Chloranthales, é posicionada como membro mais basal das magnoliídeas, embora este posicionamento seja questionado.

São plantas lenhosas de folhas coriáceas, alternas ou opostas e geralmente compostas; flores

com peças do perianto geralmente livres em disposição helicoidal e frequentemente simples; gineceu apocárpico, com carpelos numerosos; poliandria primária, com filetes pouco diferenciados, conectivos bem desenvolvidos e pólen sem estrutura columelar da exina.

Magnoliales é uma ordem bastante numerosa, com pouco mais de 2900 espécies reunidas em 154 gêneros e 5-6 famílias: Myristicaceae, Magnoliaceae, Degeneriaceae, Himantandraceae, Eupomatiaceae e Annonaceae. Destas, têm representantes brasileiros apenas Myristicaceae, Magnoliaceae e Annonaceae.

Myristicaceae possui 20 gêneros e pouco mais de 470 espécies, sendo mais numerosos *Myristica* Gronov. (175 spp.), *Horsfieldia* Willd. (100 spp.), *Knema* Lour. (95 spp.) e *Virola* Aubl. (60 spp.).

Apenas uma espécie, *Virola gardneri* (A.DC.) Warb., é citada para Pernambuco. Magnoliaceae compreende dois gêneros, *Magnolia* L. e *Liriodendron* L., sendo *Magnolia* o mais numeroso, com 225 espécies. Não há citação de espécies nativas para Pernambuco. Annonaceae é a família mais ampla, com pouco mais de 2200 espécies descritas para 129 gêneros, dos quais *Guatteria* (280 spp.), *Annona* (120-175 spp.) e *Xylopia* (100-160 spp.) são os mais diversificados, em especial nas florestas úmidas do Brasil. Em Pernambuco são citadas, pelo menos, seis espécies, dentre elas *Rollinia picke-lii* Diels, endêmica do estado.

MONOCOTILEDÔNEAS (MONOCOTS)

As monocotiledôneas (monocots) compreendem um grupo de 11 ordens de plantas, em geral herbáceas, sendo raras árvores; raiz e caule sem câmbio, crescimento geralmente simpodial, raro secundário; folhas geralmente estreitas e longas, paralelinérvias; flores geralmente trímeras e embrião com um cotilédone. As monocots diferenciam-se pela presença de um cotilédone apenas, sistema radicular adventício, folhas com venação paralelinérvia, câmbio ausente, de modo que os feixes vasculares encontram-se dispersos, isto é, ac-tostélicos. As flores são geralmente trímeras.

Entretanto, essas características não são universais nem exclusivas. Formam um grupo monofilético, inserido nas dicotiledôneas (dicots). Os registros de monocots são antigos entre o Cretáceo Inferior e Superior. Os registros fósseis mais antigos apontam para Araceae, família que incluía *Acorus*, gênero que nos estudos filogenéticos aparece como grupo irmão das demais monocots.

Monocotiledôneas e dicotiledôneas têm sido classicamente distintas pelas flores trímeras presentes nas primeiras, em oposição às flores pentâmeras características destas últimas, embora algumas dicots primitivas tenham flores mais ou menos trímeras. Estudos morfológicos e moleculares mais recentes têm evidenciado que flores trímeras são um caráter generalizado e possivelmente uma sinapomorfia para um clado que inclui Chloranthaceae + Ceratophyllaceae + monocots + magnoliídeas + eudicots.

As monocots incluem as seguintes ordens: Acorales, Alismatales, Petrosaviales, Dioscoreales, Pandanales, Liliales, Asparagales, Arecales, Poales, Commelinales e Zingiberales, além de um grupo incerto posicionado juntamente com Arecales. As monocots possuem uma grande importância econômica, com valores potenciais muitas vezes subestimados. Incluem inúmeros representantes com potencial alimentício, aromático e condimentar (cana-de-açúcar, centeio, arroz, trigo, aveia, milho, palmito, inhame, açaí, coco, abacaxi, gengibre, baunilha, cebola, alho, etc), medicinal, químico e farmacológico (cálamos, bromélias, lírios, palmeiras, gramíneas, etc), industrial (cálamo-aromático, sisal), além de grande potencial ornamental (palmeiras, orquídeas, bromélias, juncos, lírios, gramíneas, sempre-verdes, etc).

Acorales possui uma única família, Acoraceae, e apenas um gênero, *Acorus* L., com 2-4 espécies ocorrentes no Hemisfério Norte, das quais *A. calamus* L., conhecida no Brasil como cálamo-aromático, é comumente utilizada na destilação de óleo essencial para uso na perfumaria ou medicina. Classicamente, o sistema de Cronquist tem posicionado *Acorus* em Araceae, sendo atualmente reconhecida como Acoraceae por muitos poucos taxonomistas.

Alismatales possui 14 famílias e pouco mais de 160 gêneros e 4.500 espécies de plantas aquáticas e terrestres, com distribuição cosmopolita, das quais se destacam Araceae, Hydrocharitaceae, Butomaceae, Alismataceae, Limnocharitaceae e Potamogetonaceae como famílias mais comuns e todas com representantes brasileiros. Tradicionalmente a ordem restringia-se a três famílias, Alismataceae, Butomaceae e Limnocharitaceae (a exemplo do sistema de Cronquist, que inclui Alismatales na subclasse Alismatidae), as demais pertencendo a várias ordens distintas. São comuns no interior das florestas úmidas de Pernambuco e como ornamentais diversos representantes de Araceae, vulgarmente conhecidos como antúrio ou copo-de-leite (*Anthurium* spp., *Caladium* spp.), filodendro (*Phylodendron* spp.), jibóia (*Epipremnum* spp.) e comigo-ninguém-pode (*Dieffenbachia* spp.), Limnocharitaceae, conhecido como mururé (*Limnocharis flava* (L.) Buchenau), e Potamogetonaceae, como o lírio-d'água (*Potamogeton pusillus* L. ssp. *pusillus*).

Petrosaviales contém uma única família, Petrosaviaceae, com 4 espécies endêmicas do Japão, China e oeste da Malásia e ainda muito pouco conhecidas.

Dioscoreales compreende um grupo de 5 famílias e pouco mais de 1.000 espécies, das quais se destacam as famílias Burmanniaceae e Dioscoreaceae, com alguns representantes brasileiros. Existem em Pernambuco as espécies trepadeiras de *Dioscorea dodecaneura* Vell., *D. ovata* Vell. e *D. pernambucensis* T.Clayton, localizadas nas florestas úmidas do interior do estado.

A ordem Pandanales abriga 5 famílias e quase 1.350 espécies ocorrentes quase que exclusivamente no Hemisfério Sul. Destacam-se como representantes no Brasil as famílias Velloziaceae, Pandanaceae e Cyclanthaceae, das quais *Nanuzia plicata* (Mart.) L.B.Sm. & Ayensu, uma Velloziaceae do semi-árido conhecida como canela-de-ema, e *Asplundia gardneri* (Hook.) Harling, presente nas florestas úmidas, ocorrem em Pernambuco.

Liliales, grupo dos lírios, compõe uma das principais ordens de monocots, com pouco mais de 1.550 espécies agrupadas em 67 gê-

neros e 11 famílias, das quais se destacam Alstroemeriaceae, Smilacaceae e Liliaceae, com representantes típicos das florestas do Brasil, a exemplo de *Smilax* sp. (Smilacaceae), *Bomarea edulis* (Tussac)Herb. (Alstroemeriaceae) e *Zephyranthes cearensis* (Herb.)Baker (Lilaceae), presentes nas florestas úmidas e serranas de Pernambuco.

Asparagales, que inclui os aspargos, cebolas e orquídeas, é a maior ordem de monocots, com pouco mais de 26 mil espécies cosmopolitas e distribuídas em 16-24 famílias, das quais se destacam Orchidaceae, Hypoxidaceae, Iridaceae, Alliaceae, Amaryllidaceae e Agavaceae, sendo a família das orquídeas a mais numerosa, com quase 22 mil espécies. Diversas espécies de orquídeas são comuns em Pernambuco, ocorrendo por todo o estado e em diversos ecossistemas, desde representantes terrestres até epífitos. Além das orquídeas, merece destaque *Curculigo* sp. (Hypoxidaceae), espécie muito pouco conhecida em algumas serras do estado.

Uma dos grupos mais importantes dentre as monocots é Arecales, ordem que compõe as palmeiras, reunidas exclusivamente na família Arecaceae, com 205 gêneros e 2.500 espécies. As palmeiras são amplamente conhecidas pelo seu potencial econômico e com espécies para diversos fins, como o coqueiro (*Cocos nucifera* L.), açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), buritizeiro (*Mauritia flexuosa* L.f.), tamareira (*Phoenix dactylifera* L.), carnaubeira (*Copernicia prunifera* (Mill.)H.E.Moore), bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.), babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.), palmito ou juçara (*Euterpe edulis* Mart.), piaçaveira (*Attalea funifera* Mart.) e dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.), além de inúmeras outras palmeiras espalhadas pelo Brasil, como a pupunha, tucum, tucumã, urucuri, mururu, leque, licuri, palmeira-imperial, coco-católé, bacabinha, guaraná, etc. Várias espécies de palmeiras são encontradas também em Pernambuco, ocorrendo desde o litoral ao sertão do estado e em diversos ecossistemas.

Outra ordem importante e com um número bastante amplo de espécies é Poales, especialmente caracterizada pelas gramíneas, porém com 17 famílias atuais, das quais destacam-se Poaceae, Cyperaceae, Bromeliaceae e Eriocau-

laceae. As gramíneas, pertencentes à Poaceae e também conhecidas como capins, gramas ou relvas, compreendem o grupo mais diversificado da ordem, com pelo menos 12 mil espécies dispostas em 700 gêneros, dos quais estima-se que pelo menos 1.500 espécies em 120 gêneros ocorram no Brasil. Apresenta um potencial econômico inigualável por ser uma das bases de subsistência humana. As gramas agrícolas cultivadas para produção de alimento são conhecidas como cereais, principal fonte de calorias para o homem e demais animais, destacando-se o trigo, centeio, cevada, arroz, sorgo, milheto e milho, além da cana-de-açúcar, base do setor sucroalcooleiro, e bambu, usado como ornamental e para construção.

Em Pernambuco ocorrem diversas espécies de gramíneas pertencentes aos gêneros *Andropogon* L., *Aristida* L., *Cenchrus* L., *Olyra* L., *Panicum* L., *Paspalum* L., *Pennisetum* Rich., *Pseudechinolaena* Stapf, *Sacciolepis* Nash, *Schizachyrium* Nees, *Setaria* P.Beauv., *Sorghum* Moench, *Sporolobus* R.Br., *Streptostachys* Desv., *Digitaria* Haller, *Tragus* Haller, *Melinis* P.Beauv., entre outros. Cyperaceae, com aproximadamente 5.000 espécies, reúne ervas graminiformes encontradas em todo o mundo e com superficial semelhança com as gramíneas. São exemplos o capim-cidreira (*Kyllinga odorata* Vahl), nativa do Brasil e com óleos essenciais de aplicações medicinais, e o papiro (*Cyperus papyrus* L.), utilizada no antigo Egito para produção do papel. Cerca de 130 espécies dispostas em 22 gêneros são encontradas em Pernambuco, das quais *Fuirena lainzii* Luceño & M.Alves e *Scleria pernambucana* Luceño & M.Alves são endêmicas do estado. A família Bromeliaceae, com quase 3.000 espécies em 56 gêneros, é representada pelas bromélias, plantas de amplo potencial ornamental e paisagístico, além do abacaxi (*Ananas comosus* (L.)Merr.), fruta especialmente cultivada nas américas. Dezenas de espécies epífitas e terrestres, incluindo várias endêmicas, ocorrem em Pernambuco, das quais destacam-se *Neoglaziovia variegata* (A. Ruda)Mez, o caroá, *Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult.f., a macambira, e *Encholirium spectabile* Mart. ex Schult.f., a macambira-de-flecha, além de *Cryptanthus burle-marxii* Leme e *Noregelia pernambucana* Leme & J.A.Siqueira.

A família Eriocaulaceae possui pouco mais de 1.160 espécies em 10 gêneros, conhecidas como sempre-vivas, das quais destacam-se *Paepalanthus bifidus* (Schrad.)Kunth, *P. myocephalus* (Mart.)Körn., *P. lamarkii* Kunth, *P. tortilis* (Bong.)Mart., *P. triangularis* (L.)Körn., *Tonina fluviatilis* Aubl., *Syngonanthus caulescens* (Poir.)Ruhland e *Leiothrix pilulifera* (Körn.)Ruhland como ocorrentes principalmente nas florestas e matas serranas de Pernambuco.

Commelinales é uma ordem de monocots que inclui apenas 5 famílias, das quais destacam-se Commelinaceae e Pontederiaceae. A família Commelinaceae compreende pouco mais de 650 espécies abrangidas em 40 gêneros, ocorrendo em todas as regiões brasileiras e nos mais variados ecossistemas, embora principalmente associadas à ambientes mais úmidos. Ocorrem em Pernambuco diversas espécies, das quais destacam-se *Callisia repens* (Jacq.) L., *C. monandra* (Sw.)Schult. & Schult.f., *Commelina elegans* Kunth, *C. longicaulis* Jacq., *C. martiana* Seub., *C. obliqua* Vahl e *Dichorisantra hexandra* (Aubl.) Standl., dentre outras. Pontederiaceae é uma pequena família de plantas aquáticas, com apenas 33 espécies em 9 gêneros, dos quais 5 gêneros abrangendo cerca de 20 espécies ocorrem no Brasil e com significativo destaque para *Eicchornia diversifolia* (Vahl)Urb., *E. heterosperma* Alexander e *E. crassipes* (Mart.) Solms., espécies flutuantes comumente encontradas em Pernambuco.

Zingiberales compreende uma ordem de monocots que inclui as bananas e os gengibres, com 8 famílias de interesse econômico e ornamental, das quais destacam-se Zingiberaceae, Musaceae, Heliconiaceae, Costaceae, Cannaceae e Marantaceae. Zingiberaceae possui 1.300 espécies distribuídas em 49 gêneros e inclui os gengibres, cardamonos, açafreões-da-terra e gengibres-japoneses, dentre outras espécies de interesse econômico. Musaceae é uma pequena família de 35 espécies dispostas em apenas três gêneros, das quais destacam-se *Musa* spp., espécies conhecidas como bananeiras. Heliconiaceae, Costaceae, Cannaceae e Marantaceae também são famílias de amplo potencial ornamental, ocorrentes especialmente nas florestas úmidas do Brasil e com representantes distintos nas matas pernambucanas, como *Heliconia psittacorum* L.f., *Costus*

spiralis (Jacq.) Roscoe, *Ctenanthe compressa* (A.Dietr.)Eichler, *Stromanthe porteanana* Gris e *S. tonckat* (Aubl.)Eichler, dentre outros.

CERATOPHYLLALES

Ceratophyllales é uma ordem basal que precede todas as eudicotiledôneas e compreende um pequeno grupo de ervas aquáticas de Ceratophyllaceae, uma **monotípica** família (*Ceratophyllum* L.) com 6 espécies cosmopolitas. Em geral, as plantas formam massas flutuantes que proporcionam proteção aos peixes e outros animais aquáticos.

EUDICOTILEDÔNEAS (EUDICOTS)

Eudicotiledôneas são uma das duas principais classes de angiospermas, inicialmente contidas dentro do grupo das dicotiledôneas (dicots) e que foi desmembrado por não ser monofilético. O prefixo 'eu' significa 'verdadeiro' e portanto este termo designa as plantas que realmente apresentam dois cotilédones.

Os atributos mais comuns das eudicotiledôneas, embora hajam exceções, são as folhas geralmente largas, peninérvias ou curvinérvias; caule e raiz com câmbio e crescimento secundário nos grupos de hábito arbóreo e arbusativo; hábito tanto herbáceo quanto arbóreo; crescimento geralmente monopodial; flores geralmente pentâmeras (tetrâmeras); embrião com dois cotilédones; e pólen tricolpado ou tricolporado.

Durante os trabalhos de classificação filogenética das Angiospermas desenvolvidos pelo 'Grupo de Filogenia das Angiospermas' (Angiosperm Phylogeny Group – APG), os estudiosos observaram serem as dicots um grupo parafilético. Dois cladogramas distintos encontraram-se situados na base da árvore filogenética:

- (i) o clado das chamadas Paleoervas, por serem basicamente famílias de espécies herbáceas;
- (ii) e o clado das Magnoliidae, famílias predominantemente arbóreas e relacionadas a Magnoliaceae.

O restante das dicots foi denominado Eudicotiledôneas. Posteriormente notou-se a relação entre as Paleoervas, Magnoliideae e monocots, por possuírem grãos de pólen monossulcados, enquanto as eudicots possuíam pólen primariamente trissulcado.

Compreendem as eudicots pelo menos 38 ordens distribuídas nos seguintes grupos:

- (i) clado das 'eudicots basais' (ordens Ranunculales, Sabiales, Proteales, Trochodendrales, Buxales e Gunnerales);
- (ii) clado das 'eudicots', que inclui as ordens Berberidopsidales, Dilleniales, Caryophyllales, Santalales, Saxifragales, Vitales, o clado das 'rosídeas' (que inclui 15 ordens dispostas em 'rosídeas I' e 'rosídeas II', e o clado das 'asterídeas' (que inclui pelo menos 10 ordens distribuídas em 'asterídeas I' e 'asterídeas II').

As Ranunculales compreendem cerca de 1,6% da diversidade das eudicotiledôneas. Reúne sete famílias, das quais destacam-se Menispermaceae, Ranunculaceae e Papaveraceae. Menispermaceae é pantropical, com aproximadamente 70 gêneros e 420 espécies, das quais pelo menos um gênero, *Cissampelos* L., é referido com quatro espécies para Pernambuco: *C. andromorpha* DC., *C. glaberrima* A.St.-Hil., *C. pareira* L. e *C. tropaeolifolia* DC.

A ordem Sabiales é um pequeno grupo de uma única família, Sabiaceae, com dispersão do sudeste da Ásia à Malásia e na América tropical. Compreende apenas três gêneros e cerca de 100 espécies, das quais estima-se a presença de representantes de *Meliosma* Blume nas florestas de Pernambuco.

Proteales é uma ordem de plantas basais que compreendem três famílias, Nelumbonaceae, Platanaceae e Proteaceae, destacando-se esta última pela ocorrência de representantes brasileiros. Com 80 gêneros e 1.600 espécies, apresenta registro para Pernambuco, à princípio, apenas *Roupala paulensis* Sleumer.

Trochodendrales é uma pequena ordem endêmica do sudeste asiático formada por uma simples família, Trochodendraceae, de apenas duas espécies monotípicas, *Trochodendron aralioides* Siebold. & Zucc. e *Tetracentron sinensis* Oliv.

A ordem Buxales compreende duas a três famílias endêmicas da América Central e Madagascar, sendo apenas a família Buxaceae extensiva do leste asiático ao oeste malesiano, leste da América do Norte e norte da América do Sul, sem representantes ocorrentes no Nordeste do Brasil.

A ordem Gunnerales compreende duas famílias, Gunneraceae e Myrothamnaceae, esta última endêmica do sul da África. Gunneraceae possui distribuição na costa do sul do Pacífico, além de África e Madagascar, sem registros para o Nordeste do Brasil.

O clado das 'eudicots basais' inclui, pelo menos, 31 ordens distribuídas em dois grupos principais: o grupo das rosídeas e o grupo das asterídeas. O grupo das rosídeas apresenta, ao menos, 15 ordens das quais destacam-se Myrtales, como ordem basal, Malpighiales, Cucurbitales, Fabales e Rosales.

Myrtales é uma grande ordem com 12 famílias, das quais destaca-se Myrtaceae como uma das mais importantes e complexas famílias de plantas. Compreende 130 gêneros e cerca de 3.000 espécies. São plantas arbustivas ou arbóreas representadas nas Américas principalmente pelas plantas frutíferas, como o jambo, pitanga e uvalha (*Eugenia* spp.); goiaba e araçá (*Psidium* spp.); jaboricaba e cambuí (*Myrcia* spp.). Outro gênero de grande importância é o *Eucalyptus* spp. nativo da Austrália. Atualmente ele é cultivado em larga escala nas regiões tropicais (principalmente África e Brasil) para obtenção de matéria-prima como: madeira serrada, celulose na fabricação de papel, carvão vegetal para fins energéticos, etc. Diversas espécies de Myrtaceae ocorrem em Pernambuco, das quais destacam-se espécies de *Calyptrocalyx* Sw. (*C. dardanoi* Mattos, *C. polyantha* O.Berg), *Campomanesia* Ruiz & Pav. (*C. aromatica* (Aubl.) Griseb., *C. dichotoma* (O.Berg) Mattos, entre outras), *Myrcia* DC. ex Guill. (*M. alagoensis* O.Berg, *M. amazonica* DC., dentre outras) e *Eugenia* L. (*E. diantha* var. *glabra* O.Berg, *E. gardneriana* var. *depauperata* O.Berg, dentre outras), além de diversos outros representantes.

Malpighiales é outra bastante numerosa e diversificada, com 26 famílias ocorren-

tes em todo o mundo, das quais destacam-se Passifloraceae e Malpighiaceae. Passifloraceae compreende cerca de 530 espécies, classificadas em 18 gêneros de árvores, arbustos e, principalmente, lianas. As passifloráceas são mais comuns em zonas tropicais, mas algumas espécies, nomeadamente do gênero *Adenia* Forssk., estão adaptadas a condições de aridez. Os frutos de algumas espécies do gênero *Passiflora* L. são comestíveis e conhecidos como maracujá, com alguns representantes nativos e cultivados em Pernambuco. Malpighiaceae é uma família que compreende 64 gêneros e cerca de 1.200 espécies distribuídas nos trópicos, especialmente na América do Sul. No Brasil há 29 gêneros, com destaque na região centro-oeste. Há destaque econômico as drupas da acerola (*Malpighia emarginata* DC.), com alto teor de vitamina C. Há muitas plantas ornamentais, principalmente dos gêneros *Byrsonima* Rich. ex Kunth, *Galphimia* Cav., *Malpighia* L. e *Stigmaphyllon* A.Juss. *Banisteriopsis caapi* (Spruce ex Griseb.)C.V.Morton contém alcalóides narcóticos.

O clado das asterídeas, grupo mais avançado das Angiospermas, reúne pelo menos 10 ordens representantes, destacando-se as ordens Lamiales, Solanales e Asterales.

A ordem Lamiales contém 23 famílias, 1.059 gêneros e pouco mais de 23 mil espécies ocorrentes em todo o mundo. Destaca-se a família Lamiaceae, com 23 gêneros e 232 espécies nativas do Brasil e com muitas espécies de importância econômica, entre outros usos, para extração de óleos essenciais, tanto para uso cosmético, como codimentar, aromático e/ou medicinal. A ordem Solanales compreende cinco famílias, 165 gêneros e pouco mais de 4.000 espécies cosmopolitas, das quais destaca-se Solanaceae como a mais diversificada e complexa da ordem. Solanaceae é uma família de grande importância na alimentação humana, das quais destacam-se como alimentos cultivados a berinjela, jiló, tomate, pimenta, pimentão e a batata, além de diversas outras espécies venenosas ou alucinógenas, como a trombeta.

ATIVIDADE PROPOSTA

1. Com base no texto acima, responda as seguintes questões:

- Qual a importância das Angiospermas para o ser humano?
- Qual a provável origem das Angiospermas?
- O que caracteriza as Angiospermas como o grupo de maior diversidade no Reino das plantas?
- Como seriam caracterizadas as Angiospermas primitivas?
- Cite as principais autapomorfias das Angiospermas.
- Quais são os grupos mais basais dentre as Angiospermas?
- Caracterize o que são as magnoliídeas.
- Como são caracterizadas as monocotiledôneas no cenário atual das Angiospermas?
- Qual a importância econômica das monocotiledôneas para a subsistência humana?
- O que vem a ser as eudicotiledôneas?
- Como estão representadas as eudicotiledôneas basais?
- Quais os grupos de maior destaque dentre as eudicotiledôneas e qual a principal razão para isso?

GLOSSÁRIO

Endêmico [fr. *endémique*, var. gr. *éndemos*, 'originário de um local'] - Peculiar de um determinado local ou região ou que só existe em determinado lugar.

Espécie [l. *specie*, 'tipo', 'modelo'] - É a categoria básica de hierarquia taxonômica e tem sido definida desde o tempo de Linné como um

nome em um livro, ou como um julgamento de uma autoridade que julga que tal planta é uma espécie, ou ainda, como um grupo de indivíduos que, na soma total de seus caracteres, difere de outro em nível específico. O conceito de espécie tem evoluído muito, porém ainda não há um conceito definido, especialmente porque os conceitos são essencialmente genéticos e populacionais, enquanto o taxonomista geralmente se utiliza, apenas, de material de herbário para descrever suas novas espécies.

Eudicot [abrev. eudicotiledônea] - Forma abreviada e adotada do inglês para o táxon 'eudicotiledônea'.

Eudicotiledônea - Uma das duas principais classes de Angiospermas; inicialmente contidas dentro do grupo das dicotiledôneas, que foi desmembrado por não ser monofilético. O prefixo eu significa verdadeiro, portanto este termo designaria as plantas que realmente apresentam dois cotilédones.

Fanerógama [gr. *phanerós*, 'aparente'; gr. *gamos*, 'casamento'] - Qualquer vegetal superior que se caracteriza pela presença de flores; v. *espermatófito*.

Grupo basal [def. da sist. fil.] - Toda e qualquer espécie ou grupo de espécies que filogeneticamente esteja posicionado na base de um clado abordado numa análise.

Grupo irmão [def. da sist. fil.] - Espécie ou grupo monofilético mais próximo do grupo monofilético alvo em questão; v. *monofilia*.

Monotípico [gr. *monos*, 'um'; gr. *typos*, 'modelo'; gr. *ikós*, 'relacionado a'] - que tem apenas um representante.

Neotropical [gr. *neos*, 'novo'; gr. *tropikós*, 'trópico'; l. *ale*, 'relação'] - Relativo à América tropical; diz-se de qualquer organismo ou região zoo ou fitográfica que abrange as américas.

Sistemática - Estudo científico da diversidade e diferenciação dos organismos e das relações existentes entre eles.

REFERÊNCIAS

RAVEN, P.H.; Evert, R.F. & Eicchorn, S.E. 2007. *Biologia vegetal*. Guanabara-Koogan: Rio de Janeiro-RJ. Pp. 426-451. 830 p.il.

TISSOT-SQUALI, M.L. 2006. *Introdução à Botânica Sistemática*. Editora Unijuí: Ijuí-RS. 140 p.il.

ABREVIATURAS E SIGLAS USADAS NESTE CAPÍTULO

abrev., forma abreviada de.

def., definição da.

fr., do francês.

gr., do grego, de origem grega.

l., do latim, de origem latina.

rel., relativo a.

GIMNOSPERMAS

Prof. Augusto César Pessoa Santiago
Prof. George Sidney Baracho

Carga horária | 10H

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conceituar, relacionar e reconhecer os principais grupos taxonômicos das gimnospermas;
- Reconhecer os seus diferentes caracteres morfológicos;
- Realizar atividades que envolvam a apreensão do conhecimento sobre a sistemática das gimnospermas;
- Realizar consultas na internet de interesse na Botânica Sistemática;
- Refletir criticamente e prepará-lo para outras disciplinas e áreas correlatas.

INTRODUÇÃO

Este texto fornece informações gerais e atualizadas sobre as Gymnospermae (gimnospermas) nativas e cultivadas que ocorrem no Brasil. As gimnospermas têm sido reconhecidas por muito tempo como um grupo exclusivo de plantas, mas há um grande debate em torno disto no sentido de verificar se estas gimnospermas compartilham de um mesmo ou de um conjunto de caracteres e, se isto realmente acontece, se este **ancestral comum** compartilha caracteres comuns com as angiospermas atuais. Se isso realmente for verdade, então as gimnospermas formam um grupo

natural distinto. Se a resposta for não, então as gimnospermas não têm qualquer significado taxonômico. Todavia, o termo 'gimnosperma' tem um significado que se refere à um pequeno, porém altamente distinto, grupo de plantas cuja maioria é bastante antiga na **linhagem** evolutiva e reduzida a uma distribuição amplamente **relictual**, mas que apesar disso tem uma importância cultural e ecológica maior que sua própria diversidade de espécies. Assim, é um grupo interessante de se estudar, principalmente devido aos seus reais relacionamentos taxonômicos.

Futuro professor, é muito importante destacar que este capítulo é único no que se refere à informações florísticas e taxonômicas envolvendo todas as espécies de Gimnospermas registradas até o presente para o Brasil. Outras informações disponíveis na literatura são bastante pontuais e em geral referem-se à espécies que ocorrem fora do Brasil. Portanto, este capítulo é a melhor e talvez única referência sobre a situação atual das Gimnospermas brasileiras e principal fonte de estudos para concursos futuros.

CARACTERÍSTICAS GERAIS

O grupo das gimnospermas caracteriza-se por apresentar as sementes nuas, sendo este um conceito básico. Difere das Pteridophyta exclusivamente pela presença de duas características:

- (i) sementes originadas a partir do óvulo (x ausência de sementes) e
- (ii) presença de grão de pólen (x presença de esporo).

Por outro lado, o grupo se distingue basicamente das Angiospermae (angiospermas) pela presença, nesta última, da flor, do fruto e da dupla fecundação. Para lembrar, a dupla fecundação é a fusão da oosfera e do gameta masculino, resultando num zigoto (2n), e a fusão simultânea do segundo gameta masculino com os núcleos polares, resultando no núcleo primário do endosperma (3n), evento este característico em todas as angiospermas. Gimnospermas e angiospermas formam, tradicionalmente, o grupo das **fanerógamas**, ou seja, das plantas que apresentam estruturas de reprodução muito evidentes, ou das **espermatófitas**, ou seja, das plantas com sementes.

As gimnospermas têm sido divididas, ao longo de sua história taxonômica, em uma variedade de linhas distintas e a recente enxurrada de informações sobre caracteres taxonômicos fundamentais (tais como **DNA de cloroplasto**) tem conduzido a revisões mais aprofundadas. Em um desses tratamentos, p. ex., Reveal (1998) sub-dividiu as gimnospermas em quatro grandes divisões, seis classes, 12 ordens e 14 famílias (ver figura a seguir).

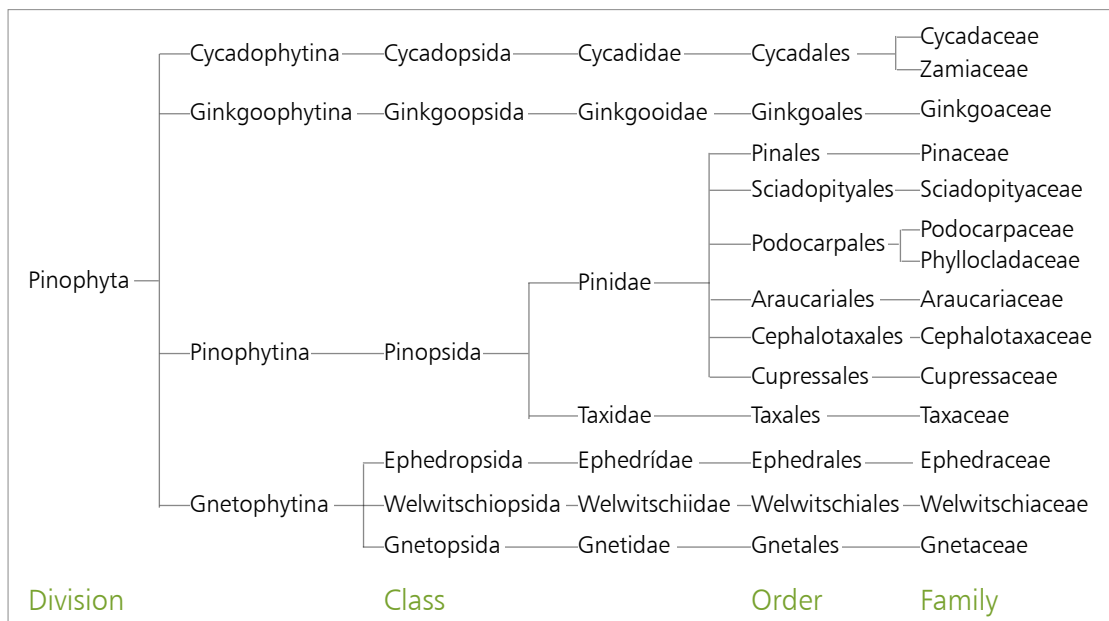


Figura 1 - Tratamento taxonômico das Gymnospermae extraído de Reveal (1998).

Na disputa entre os vários sistemas de classificação, as distinções que podem ser feitas para dividir as gimnospermas acima da categoria de família são o ponto crucial mais discutido pelos seus autores. Num esquema mais simples obtido por Earle (1997-2006, tabela 1), que não tem pretensão nenhuma de fazer qualquer distinção real acima da categoria de família, o autor atribuiu às gimnospermas quatro ordens: Ginkgoales, Cycadales, Coniferales e Gnetales. A cada uma destas ordens foi atribuída uma classe (Ginkgoopsida, Cycadopsida, Coniferopsida e Gnetopsida) e uma divisão (Ginkgophyta, Cycadophyta, Pinophyta e Gnetophyta). Apesar das diferentes categorias dos vários táxons, consideradas por muitos autores, a tabela abaixo esquematiza a hierarquia relativa da taxonomia das gimnospermas. A maioria dessas distinções permaneceu razoavelmente estável ao longo dos principais tratamentos taxonômicos, exceto pelo fato de que gêneros muito pequenos realmente necessitam ser convertidos em famílias.

Tabela 1
Esquema simplificado dos grandes grupos de gimnospermas sensu Earle (1997-2006).

<i>Ginkgo</i> (1 sp.)	
'Cícades'	<i>Cycas</i> (1 gênero em 1 família)
	<i>Zamia</i> (1-2 famílias)
Coníferas	'pinhos'
	pinhos (1 família)
	<i>Sciadopitys</i> (1 sp. em 1 família)
	podocarpos (1 ou 2 famílias)
	araucárias (1 família)
	<i>Cephalotaxus</i> (1 gênero em 1 família)
	ciprestes (1 ou 2 famílias)
	'teixos'
Gnetófitas	<i>Gnetum</i> (1 gênero em 1 família)
	<i>Ephedra</i> (1 gênero em 1 família)
	<i>Welwitschia</i> (1 espécie em 1 família)

Futuro professor, não existem sites nem livros brasileiros que tratem exclusivamente sobre Gimnospermas. Portanto, para informações mais detalhadas sobre todos os representantes do grupo, sua taxonomia e distribuição mundial, é extremamente útil acessar <http://www.conifers.org>.

SISTEMÁTICA DAS GIMNOSPERMAS NATIVAS DO BRASIL

Existem aproximadamente 12-14 famílias, 81 gêneros e 1000 espécies de gimnospermas em todo o mundo. No Brasil, as gimnospermas estão representadas por 20-23 espécies nativas em cinco famílias: Araucariaceae (*Araucaria angustifolia*), Ephedraceae (*Ephedra tweediana*), Gnetaceae (*Gnetum leyboldii*, *G. nodiflorum*, *G. paniculatum*, *G. urens*), Podocarpaceae (*Podocarpus acuminatus*, *P. brasiliensis*, *P. celatus*, *P. coriaceus*, *P. lambertii*, *P. roraimae*, *P. sellowii*, *P. sprucei*, *P. transiens*, *Retrophyllum piresii*) e Zamiaceae (*Zamia amazonum*, *Z. lecointei*, *Z. poeppigiana*, *Z. ulei*). Além destas, três outras espécies, de identidade duvidosa e por esta razão não tratadas aqui, são mencionadas como nativas do Brasil: *Gnetum schwackeanum*, *G. venosum* e *G. venuosum*.

ARAUCARIACEAE A.HENKEL & W.HOCHST.

A família Araucariaceae está constituída de árvores **sempre-verdes**, de folhas estreitas ou largas, dispostas em espiral e muitas vezes com venação paralela, monóicas e **dióicas**, os **estróbilos** masculinos relativamente grandes, cilíndricos, com numerosos **esporófilos** e ± 12 sacos polínicos invertidos, os **cones** femininos eretos, subglobosos a **ovóides**, relativamente grandes e leitosos, caindo na maturidade e cotilédones-4, frequentemente fundidos em dois cotilédones. A família está representada, apenas, por três gêneros: *Agathis* Salisb., *Araucaria* Juss. e *Wollemia* W.G.Jones, K.D.Hill & J.M.Allen (Mastroberti & Mariath 2003, Earle 1997-2006).

O gênero *Agathis* está representado por 21 espécies distribuídas desde o sul da Ásia (Malásia, Brunei e Indonésia), Nova Guiné e Austrália (Queensland) até o leste das ilhas Solomon, Vanuatu, Nova Caledônia, Fiji e Nova Zelândia (Waters 2003-2005).

O gênero *Araucaria* está representado por 19 espécies distribuídas nas seções *Araucaria*

(*A. araucana* e *A. angustifolia*), *Bunya* (*A. bidwillii*), *Intermedia* (*A. hunsteinii*) e *Eutacta* (*A. heterophylla*, *A. cunninghamii* e mais 13 spp. endêmicas da Nova Caledônia) (Earle 1997-2006). O gênero apresenta uma distribuição bastante **disjunta**, com ocorrência registrada para o norte do Chile, norte e sudoeste da Argentina, Paraguai, sudeste e sul do Brasil, Nova Caledônia, Ilha Norfolk (território da Austrália), Austrália e Nova Guiné. Apenas *A. angustifolia* existe no Brasil, com **espécimes** frequentemente registrados para os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e, em menor grau, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.

Wollemia é um gênero **monotípico**, representado apenas por *W. nobilis* W.G.Jones, K.D.Hill & J.M.Allen, espécie **endêmica** do noroeste da Austrália. São árvores de até 40 m de altura, com folhas lineares dispostas em espiral nos ramos laterais adultos, que crescem de três a oito anos e originam um estróbilo terminal masculino ou feminino.

Chave de separação de *Araucaria angustifolia* das demais espécies do gênero

1. **folhas largas** - estróbilos femininos acima de 12cm diâm.; sementes 5cm compr.; germinação **hipógea**; sul e sudeste do Brasil - *A. angustifolia*
1. **folhas estreitas** - estróbilos femininos menos que 12 cm diâm.; sementes 1,5-4cm compr.; germinação **epígea**; sul do Chile e/ou sudoeste da Argentina e/ou Austrália e/ou ilhas ou países circunvizinhos (Ilha Norfolk e/ou Nova Guiné e/ou Nova Caledônia) - *Araucaria* spp.

Quadro 1 - *Araucaria* no Brasil

<i>Araucaria</i> Juss.
<i>A. angustifolia</i> (Berto.) Kuntze

EPHEDRACEAE DUMORTIER

Família monotípica, representada, apenas, pelo gênero *Ephedra* L. São plantas herbáceas e arbustivas, eretas ou trepadeiras, dióicas (muito raro monóicas). Raízes geralmente fibrosas. Caule cinza a castanho-avermelhado, rachado ou com fissuras, muitas vezes fibroso. Ramos

numerosos, cilíndricos, **fasciculados**, fina e longitudinalmente sulcados, os internós 1-10 cm. Folhas e.g. não fotossintetizantes, simples, semelhantes a **escamas**, opostas e decussadas ou agrupadas, conadas na base, de modo a formarem uma bainha geralmente efêmera; canais resiníferos ausentes. Estróbilos masculinos 1-10 agrupados nos nós, cada conjunto de estróbilos composto de 2-8 séries de **brácteas** membranáceas opostas ou agrupadas, as proximais sem estróbilos, as distais sustentando um pequeno estróbilo composto por duas **bractéolas** basalmente fundidas e um **esporangióforo** com 2-10 (15) microsporângios sésseis a longo pedunculados, biloculares, apicalmente deiscentes; pólen **prolato**, com 6-12 sulcos longitudinais, não alados. Estróbilos femininos 1-10 nos nós dos ramos, cada um composto por um estróbilo sésil ou curto-longo pedunculado, composto por 2-7 séries de brácteas sobrepostas, opostas ou agrupadas, membranáceas, **papiráceas** ou carnosas, as proximais nuas, as mais distais sustentando um estróbilo axilar composto por um par de bractéolas, protegendo um simples óvulo integumentado com o **integumento** projetando-se como um tubo do envelope bracteolar. Sementes 1-3 por estróbilo composto, amarelas a castanho-escuras, lisas ou sulcadas. Cotilédones 2.

Ephedra possui cerca de 60 espécies existindo geralmente em áreas secas da América do Norte tropical e temperada, regiões mediterrâneas, México, América do Sul, sul da Europa, Ásia e norte da África (incl. as ilhas Canárias). No Brasil, o gênero está representado unicamente por *E. tweediana*, subarbusto raro do Rio Grande do Sul (quadro 2).

Quadro 2. *Ephedra* no Brasil

<i>Ephedra</i> L.
<i>E. tweediana</i> Fisch. & C.A. Mey

GNETACEAE LINDL.

Família monotípica, representada, apenas, pelo gênero *Gnetum* L., com 32-35 espécies de ocorrência na Indomálásia, partes tropicais do oeste da África, Fiji e norte da América do Sul. São plantas monóicas ou dióicas, geralmente trepadeiras lenhosas, raramente arbustos ou árvores. Folhas elípticas, com venação

reticulada e estreitamente **acuminadas** no ápice. Estróbilos unissexuais reunidos em formações semelhantes a cachos; estróbilos femininos com um óvulo com dois integumentos e **perianto**. Tradicionalmente, a seguinte sinopse taxonômica tem sido proposta para o gênero:

- **Gnetum** L. (c. 32-35 spp.)
 - sect. **Gnetum** (c. 14 spp.)
 - subsect. **Gnetum** (2 spp. indomalesianas)
 - subsect. **Micrognemones** Markgr. (2 spp. africanas)
 - subsect. **Araeognemones** Markgr. (10-13 spp. neotropicais)
 - sect. **Cylindrostachys** Markgr. (19 spp. asiáticas e indomalasianas)

No Brasil, existem apenas quatro espécies de *Gnetum* pertencentes unicamente à **neotropical** subseção *Araeognemones*: *G. leyboldii* Tul., *G. nodiflorum* Brongn., *G. paniculatum* Spruce ex Benth. e *G. urens* (Aubl.) Blume. As espécies existem no norte do país, nos estados do Acre, Amazonas e Rondônia. Além das espécies acima mencionadas, existem três outras, cujos holótipos foram descritos para o Brasil, mas que apresentam informações bastante escassas e não sejam tratadas na chave a seguir: *Gnetum schwackeanum* Taub. ex Schenk [*Brazil, Ule 2310, 3 Aug 1900, B*], *G. venosum* Spruce [*Brazil, Spruce s.n., no date, B*] e *G. venuosum* Spruce [*Brazil, Spruce 1599, no data, W*].

Chave de separação para espécies brasileiras de *Gnetum*

1. **trepadeira delgada** - folhas **cartáceas** a raramente subcoriáceas - *G. urens*
1. **trepadeira lenhosa** - folhas fortemente coriáceas
2. folhas abruptamente acuminadas no ápice, **cordadas** a arredondadas na base - *G. leyboldii*
2. folhas **deflexas** e agudas a acuminadas no ápice, **obtusas** e desiguais na base
3. **caule esparsamente lenticelado** - sementes 30-35 x 20, oblongas a curtamente elipsóides, camada externa não carnosa - *G. nodiflorum*

3. **caule densamente lenticelado** - sementes 50 x 30, amplamente **elipsóide** a ovóide; camada externa finamente carnosa - *G. paniculatum*

Futuro professor, como o grupo dos gnetos é bastante complicado, sob o ponto de vista taxonômico, é muito provável que existam outras espécies ainda não descritas para o Brasil.

PODOCARPACEAE ENDL.

Podocarpaceae é constituída de 18 gêneros e 187 espécies, predominantemente distribuídas na Australásia com muitas espécies nativas da Nova Zelândia ao sudeste da Ásia. Muitas espécies não são amplamente distribuídas, porém confinadas a uma ou poucas ilhas da Tasmânia, Nova Zelândia, Nova Caledônia, Nova Guiné, Filipinas e Bornéu. Algumas espécies dos gêneros *Dacrydium*, *Lepdothamnus*, *Nageia*, *Podocarpus*, *Prumnopitys* e *Saxegothaea* são encontradas, além da Australásia, na Índia, Japão, China, África e, no Novo Mundo, no Caribe e do México ao Chile. Destas, *Saxegothaea* é o único gênero sem qualquer representante na região da Australásia. Muitos membros da família são árvores nativas de florestas úmidas tropicais ou subtropicais, muitas vezes de florestas tropicais montanas. Poucos representantes são arbustos ou arvoretas nativos de ambientes florestais pouco conhecidos. No Brasil, a família está representada, apenas, pelos gêneros *Podocarpus* e *Retrophyllum*.

Futuro professor, uma única e rara espécie desta família, Podocarpus sellowii, é encontrada nos brejos de Pernambuco.

PODOCARPUS L'HÉR. & PERS.

Podocarpus é o maior e o mais representativo gênero de Podocarpaceae, responsável por 56% do total da família. Reúne 105 espécies distribuídas em 18 seções agrupadas em dois subgêneros: *Podocarpus* L'Hér. ex Pers. subg. *Podocarpus* (sects. *Podocarpus*, *Scytopodium*, *Australis*, *Crassiformis*, *Capitulatis*, *Pratensis*, *Lanceolatis*, *Pumilis* e *Nemoralis*) e *Podocarpus* subg. *Foliolatus* de Laub. (sects. *Foliolatus*,

Acuminatus, *Globulus*, *Longifoliolatus*, *Gracilis*, *Macrostachys*, *Rumphius*, *Polystachyus* e *Spinulosus*).

O gênero caracteriza-se pela existência de plantas sempre-verdes, dióicas, arbustivas a arbóreas de até 40m de altura, folhas alternas, lineares a ovadas, comumente com uma simples venação mediana e raramente com venação paralela, estróbilos axilares, os estróbilos microsporangiados cilíndricos, solitários e sésseis ou agrupados em ramos subsésseis a longo pedunculados, as estruturas que sustentam os óvulos axilares e sem pedúnculo, receptáculo faltando ou composto por duas brácteas ou um múltiplo destas, óvulos solitários, invertidos, terminais e inclusos por um epimácio, exceto na micrópila, sementes verdes a púrpuras quando maduras com uma camada externa carnosa a coriácea, a mediana pedregosa e a interna papirácea. (ver fig. 1).

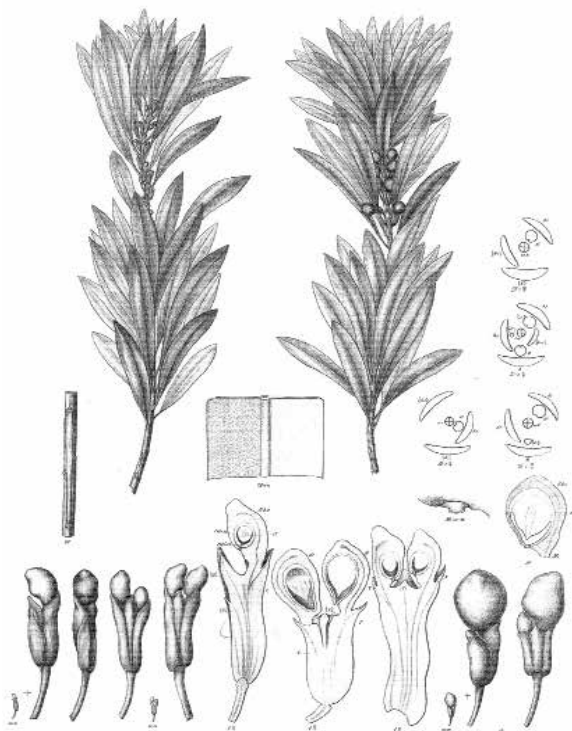


Figura 1 - *Podocarpus sellowii*, espécie rara de gimnosperma ocorrente no Brasil. (World Checklist and Bibliography of Conifers, de Aljos Farjon, 2001).

Apenas *Podocarpus* subg. *Podocarpus* é o mais representativo das gimnospermas brasileiras, com nove espécies nativas em quatro seções: sect. *Capitulatis* (*P. lambertii*, *P. sellowii*, *P. sprucei*, *P. transiens*), sect. *Lanceolatis* (*P. coriaceus*),

sect. *Pumilis* (*P. acuminatus*, *P. roraimae*) e sect. *Nemoralis* (*P. brasiliensis*, *P. celatus*). Não existem representantes brasileiros de *Podocarpus* subg. *Foliolatus*, uma vez que este grupo está concentrado unicamente na Ásia, Austrália e nos trópicos do Pacífico. *Podocarpus transiens*, uma espécie com ocorrência restrita na Bahia e em Minas Gerais, embora necessite de informações mais apropriadas sobre sua distribuição e abundância, figura na lista vermelha da IUCN das espécies ameaçadas (Conifer Specialist Group 2000).

Quadro 3. *Podocarpus* no Brasil

<i>Podocarpus</i> L'Hér. ex Pers. subg. <i>Podocarpus</i>
sect. <i>Capitulatis</i> Laubenf.
<i>P. lambertii</i> Klotzsch & Endl.
<i>P. sellowii</i> Klotzsch & Endl.
<i>P. sprucei</i> Parl.
<i>P. transiens</i> (Pilg.) Laubenf. ex Silba
sect. <i>Lanceolatis</i> Laubenf.
<i>P. coriaceus</i> Rich. & A.Rich.
sect. <i>Pumilis</i> Laubenf.
<i>P. acuminatus</i> Laubenf.
<i>P. roraimae</i> Pilg.
sect. <i>Nemoralis</i> Laubenf.
<i>P. celatus</i> Laubenf.
<i>P. celatus</i> Laubenf.

RETROPHYLLUM PAGE

Retrophyllum consiste de cinco espécies com distribuição disjunta no Hemisfério Sul. Está representado no Brasil unicamente por *R. piresii* (Silba) C.N.Page, com ocorrência registrada apenas para Rondônia, no norte do país.

Quadro 4. *Retrophyllum* no Brasil

<i>Retrophyllum</i> Page
<i>R. piresii</i> (Silba) C.N.Page

ZAMIACEAE HORIANOW

Zamiaceae consiste de oito gêneros e 100 espécies africanas, australianas e neotropicais, existindo nos trópicos e subtropicais e divididas em duas subfamílias: Zamiaceae subf. Zamioideae e Zamiaceae subf. Encephalartoideae.

São plantas **perenes**, sempre-verdes, dióicas. Caule subterrâneo com ápice exposto ou acima do solo, carnoso, duro, cilíndrico, simples ou irregularmente ramificado. Raiz principal com pequenas raízes secundárias; as raízes desenvolvendo-se na base do caule ou abaixo da superfície do solo. Folhas pinadamente compostas, agregadas em espiral no ápice do caule, coriáceas; **folíolos** inteiros, denteados ou espinhosos, venação **dicótoma** ou reticulada; canais de resina ausentes. Estróbilos axilares, parecendo terminais, curto-pedunculados ou sésseis, desintegrando na maturidade; esporófilos densamente agregados, dispostos em espiral. Estróbilos masculinos geralmente pequenos e mais numerosos que os femininos; esporófilos com pequenos microsporângios adaxialmente bem agregados; pólen esférico. Estróbilos femininos persistindo um ano ou mais, 1-2 por planta, aproximadamente globoso a ovóide, agudamente afilados em direção ao ápice; esporófilos **peltados**, espessados e lateralmente expandidos na região distal, reunindo 2-3 óvulos. Sementes angulares, revestimento interno endurecido e externo carnoso, muitas vezes brilhantemente coloridos; cotilédones 2.

O gênero mais numeroso é *Zamia L.*, com cerca de 50 espécies, das quais apenas quatro estão registradas para o norte do Brasil, nos estados do Acre, Amazonas e Pará.

Chave de separação para espécies brasileiras de *Zamia*

1. margem foliar inteira - *Z. lecointei*
1. margem foliar denteada
2. margem foliar elíptica a **oblongo**-elíptica, apicalmente acuminada, suavemente **ser-ruladas** - *Z. ulei*
2. margem foliar linear, lanceolada ou obovada, apicalmente aguda ou arredondada, grosseiramente denteada
3. dentes marginais **espinulosos** e espalhados em ângulo quase reto - *Z. poeppigiana*
3. dentes marginais serrados em ângulo **agudo** ou obscuramente **caloso** - *Z. amazonum*

Futuro professor, como não existem ofertas fáceis de *Gimnospermas brasileiras*, a melhor opção, em caso de aulas práticas, é utilizar como material de estudo duas espécies largamente cultivadas em nossa região e que geralmente são confundidas com pequenas palmeiras pelo seu porte visual. Estas gimnospermas são denominadas *Cycas revoluta Thunb.* e *Cycas circinalis L.* e facilmente encontradas em jardins e praças públicas.

ATIVIDADE PROPOSTA

1. Com base no texto acima, responda as seguintes questões:
 - a) Descreva as principais características das Gimnospermas.
 - b) Liste os principais grandes grupos das Gimnospermas.
 - c) Quais os principais caracteres distintivos que definem os principais grupos das Gimnospermas?
 - d) Com relação às Gimnospermas brasileiras, qual a estimativa dos táxons existentes?
 - e) Quais os principais caracteres que definem um membro de Araucariaceae?
 - f) O que são as Araucariaceae *sensu* Brasil?
 - g) Quais os principais atributos que definem Ephedraceae?
 - h) Caracterize as Ephedraceae *sensu* Brasil.
 - i) Defina Gnetaceae.
 - j) Qual a estimativa das Gnetaceae para o Brasil?
 - k) Quais os atributos que definem Podocarpaceae?
 - l) Caracterize Podocarpaceae *sensu* Brasil.
 - m) Quais os atributos que definem o gênero *Podocarpus* e como este se comporta ao nível de Brasil?

- n) Qual a estimativa para o gênero *Retrophyllum* para o Brasil?
- o) Defina Zamiaceae.
- p) Qual a estimativa para a família Zamiaceae para o Brasil?
- q) Caracterize o gênero *Zamia*.

GLOSSÁRIO

acicular [l. *acicula(ae)*, 'pequena agulha'] - Em forma de agulha, fina e pontiaguda.

acuminado [l. *acumine*, 'ponta aguda e comprida'; + suf. *ado*, 'provido de'] - Ápice gradualmente estreitado e terminado em ponta, pontiagudo.

agudo [l. *acutu*, 'em ponta'] - Ápice terminado em ponta aguda, em ângulo agudo, menor que 90°; difere de acuminado por não ser gradualmente estreitado.

ancestral comum [def. da sist. fil.] - Ancestral (ou espécie ancestral) que se partiu originando, mais tarde, duas ou mais espécies irmãs (v.) descendentes que, a princípio, compartilhavam entre si características comuns herdadas deste mesmo ancestral.

androstróbilo [gr. *andros*, 'masculino'; gr. *stróbilos*, der. do l. *strobilus*, 'estróbilo', 'cone'] - Cone (v.) ou estróbilo (v.) masculino das coníferas; o mesmo que microstróbilo (v.); v. *ginostróbilo*.

apomorfia [gr. *após*, 'isolado', 'afastado'; gr. *morphé*, 'forma'; def. da sist. fil.] - Nome dado ao estado de caráter mais afastado, i.é, derivado, dentro de uma série de transformação, originado a partir de uma condição homóloga anterior.

araucária [tax. *Araucaria*] - Nome genérico dado aos pinheiros do gênero *Araucaria* (v.).

bilobado [l. *bi*, 'duas vezes'; gr. '*lobós*', extremidade da orelha; l. - *atus*, 'provido de'] - Que possui dois lobos, a exemplo das folhas de *Ginkgo biloba*.

bráctea [l. *bractea*, 'lâmina fina'] - Nome dado aos diversos tipos de estruturas foliares inseridas no pedúnculo floral.

bractéola [dim.irreg. de bráctea] - Bráctea diminuta, inserida no pedicelo floral.

caloso [l. *callosu*, 'que tem calo'] - Diz-se do endurecimento acentuado dos dentes das margens das folhas de algumas espécies de *Zamia* (v.).

carpelo [l. *carpellum*, der. e dim. gr. *karpós*, 'pequeno fruto'] - O mesmo que pistilo; peça floral que atua como estrutura feminina e parte componente do gineceu, presente nas Angiospermas.

cartácea [l. *charta*, 'papel'; l. -*aceu*, 'referência a'] - diz-se de qualquer estrutura vegetal que tem a consistência idêntica à de um papel.

cladística [gr. *klados*, 'ramo'; gr. -*istés*, 'que pratica'; gr. -*ikós*, 'referência a'; def. da sist. fil.] - Método de análise filogenética de relações evolutivas entre grupos de espécies.

cone [gr. *kónos*, der. do l. *conu*, 'cone'] - Nome dado à 'flor' de uma gimnosperma; estrutura de reprodução de aspecto grosseiro e seco na maioria dos seus representantes; o mesmo que estróbilo (v.).

cipreste [l. *cupressus*] - Designação comum dada aos diversos representantes de coníferas ornamentais da família Cupressaceae (v.).

conífera [l. *conus*, 'cone'; l. *ferus*, 'aquele que traz consigo'] - Designação comum dada aos diversos representantes de um dos quatro grandes grupos das Gimnospermas, cujas estruturas de reprodução são denominadas cones (v.) ou estróbilos (v.).

cordada [gr. *kardia*, 'coração'; + suf. *ada*, 'provido de'] - Base reentrante, com lobos arredondados.

coriácea [l. *coriaceu*] - Diz-se das várias estruturas vegetais que possuem consistência de couro.

deflexa [l. *deflexu*] - Aquilo que é recurvado para baixo, a exemplo de algumas folhas de *Gnetum* (v.).

dicótoma [gr. *dicha*, 'em dois'; gr. *thomé*, 'dissecção'] - Ramificação em que, de um eixo principal, partem dois ramos iguais e divergentes; bifurcação; p.ex., o tronco de algumas espécies de *Cycas* (v.).

dióico [gr. *di*, 'dois'; gr. *oikos*, 'casa'] - O mesmo que unissexuado; diz-se do vegetal que tem flores masculinas e femininas em indivíduos diferentes, a exemplo dos cones masculinos e femininos em indivíduos diferentes de muitas espécies de Gimnospermas.

disjunta [l. *disjunctu*, 'separado'] - Não junto, separado, desunido; diz-se dos vegetais, a exemplo de muitas Gimnospermas, que apresentam uma distribuição geográfica não contínua ou disjunta.

DNAcp. [ingl. *deoxyribonucleic acid*; ingl. cp, abrev. *chloroplast*] - Sigla para DNA de cloroplasto, um tipo de marcador molecular comumente usado em análises filogenéticas e utilizado para detectar diversidades genéticas entre organismos próximos.

elipsóide [gr. *élleipsis*, 'falta'; + suf. gr. *-(o)eids*, 'em forma de'] - Que tem forma de elipse, a exemplo de algumas sementes de Gimnospermas.

endêmico [fr. *endémique*, var. gr. *éndemos*, 'originário de um local'] - Peculiar de um determinado local ou região ou que só existe em determinado lugar, a exemplo de diversas espécies endêmicas de Gimnospermas, p.ex., *Retrophyllum piresii*, espécie brasileira exclusivamente encontrada em Rondônia.

epígea [[gr. *epi*, 'sobre'; gr. *ge(o)*, 'terra'] - Tipo mais comum de germinação das sementes e que se processa acima do nível do solo.

epimácio [gr. *epi*, 'sobre'; l. *maccis*, 'massa'] - Excrescência mais ou menos carnosa que se forma em torno do óvulo como uma pequena cúpula e que se observa em algumas Gimnospermas; epimatium.

escama [l. *squama*, 'escama'] - Estrutura de origem foliar com finalidade protetora.

espécime [l. *specimen*, 'amostra'] - Indivíduo de uma determinada espécie.

espermatófita [gr. *sperma*, atos, 'semente'; gr. *phyton*, 'planta'] - Nome genérico dado às plantas superiores, dotadas de raiz, caule, folha, flor, fruto e semente, estando esta nua (Gimnospermas) ou protegida (Angiospermas).

espinuloso [l. *spinulosus*, var. l. *spinula*, 'espinhozinho'] - Diz-se de qualquer estrutura dotada de espinhos diminutos, a exemplo das margens das folhas de algumas Gimnospermas.

esporangióforo [gr. *sporo*, 'semente'; gr. *aggeion*, 'vaso'; l. *ferus*, 'aquele que traz consigo'] - Estruturas de reprodução que compõem os cones (v.) ou estróbilos (v.) masculinos e que protegem os microsporângios.

esporófilo [gr. *sporo*, 'semente'; gr. *phyllon*, 'folha'] - Estrutura de morfologia variada que, em conjunto, forma o estróbilo e sustenta os micrósporos (v.) e os megásporos (v.).

estróbilo [gr. *stróbilos*, der. do l. *strobilus*, 'estróbilo', 'cone'] - O mesmo que cone (v.).

fasciculado [l. *fasciculus*, 'pequeno feixe'; + suf. *-ado*, 'que tem caráter de'] - Qualquer estrutura vegetal que se mostra em pequenos feixes, ou conjunto de estruturas que está agrupado em feixes, p.ex., os ramos fasciculados de algumas spp. de *Ephedra*.

fanerógama [gr. *phanerós*, 'aparente'; gr. *gamos*, 'casamento'] - Qualquer vegetal superior que se caracteriza pela presença de flores; v. espermatófita.

filogenético [gr. *phylon*, 'raça'; gr. *genos*, 'origem'; gr. *etikós*, 'próprio de'] - Relativo à filogenia.

flabelado [l. *flabellum*, 'leque'; + suf. *-ado*, 'que tem caráter de'] - Diz-se de qualquer estrutura vegetal que tem forma de leque, p.ex., as folhas de *Ginkgo biloba*; v. *bilobado*.

flagelo [l. *flagellum*, 'chicote'] - Estrutura de locomoção presente nos gametas masculinos das cicadófitas e ginkgófitas.

folíolo [l. *foliolum*, 'pequenina folha'] - Cada uma das pequenas folhas que compõem as folhas compostas das cicadófitas.



ginostrobilo [gr. *gyné*, 'mulher'; gr. *stróbilos*, der. do l. *strobilus*, 'estróbilo', 'cone'] - Cone (v.) ou estróbilo (v.) feminino das coníferas; o mesmo que megastrobilo (v.); v. *androstróbilo*.

gnepinho [el. comp. *gne*, var. *Gnetum*; + pinho, 'pinheiro'] - Hipótese proposta em 2000 paralelamente pelos cientistas Shu-Miaw Chaw e colaboradores e Michelle L. Bowe e colaboradores para explicar o íntimo relacionamento entre as gnetales e coníferas.

gnetófita [gen. *Gnetum*; gr. *phyton*, 'planta'] - Nome genérico dado aos representantes de *Gnetum* (v.), *Ephedra* (v.) e *Welwitschia* (v.); v. *Gnetophyta*.

grupo basal [def. da sist. fil.] - Toda e qualquer espécie ou grupo de espécies que filogeneticamente esteja posicionado na base de um clado abordado numa análise.

grupo irmão [def. da sist. fil.] - Espécie ou grupo monofilético mais próximo do grupo monofilético alvo em questão; v. *monofilia*.

hipógea [gr. *hypo*, 'abaixo'; gr. *ge(o)*, 'terra'] - Tipo de germinação de sementes no qual os cotilédones não afloram à superfície do solo, permanecendo enterrados, resultando num caule epicotiledonário.

integumento [l. *integumentum*, 'cobertura'] - Conjunto de duas camadas que formam a 'casca' do óvulo das espermatófitas, ou integumento externo (primina) e integumento externo (secundina).

lenticelado [fr. *lenticelle*, 'lentícula'; + suf. -*ado*, 'que tem caráter de'] - Qualquer estrutura, e.g. caule e ramos, provida de lenticelas, a exemplo de algumas espécies de *Gnetum* (v.).

linhagem [l. *linea*, 'fio'; fr. *age*, 'resultado de ação'] - Conjunto dos descendentes de uma mesma linha ou origem genealógica.

megásporo [gr. *mega*, 'grande'; gr. *spora*, 'semente'] - Esporo de tamanho grande, quando comparado ao micrósporo (v.); nas Gimnospermas, o megásporo corresponde ao óvulo; v. *micrósporo*.

megastrobilo [gr. *mega*, 'grande'; gr. *stróbilos*, der. do l. *strobilus*, 'estróbilo', 'cone'] - O mesmo que cone (v.) ou estróbilo (v.) feminino.

micrósporo [gr. *mikros*, 'pequeno'; gr. *spora*, 'semente'] - Esporo de tamanho reduzido, quando comparado ao megásporo (v.); nas Gimnospermas, o micrósporo corresponde ao pólen; v. *micrósporo*.

microstróbilo [gr. *mikros*, 'pequeno'; gr. *stróbilos*, der. do l. *strobilus*, 'estróbilo', 'cone'] - O mesmo que cone (v.) ou estróbilo (v.) masculino.

monofilia [gr. *monos*, 'um'; gr. *phylon*, 'raça'] - Condição de qualquer grupo monofilético, i.é., qualquer grupo de espécies, incluindo seu ancestral e todas as espécies descendentes.

monóico [gr. *monos*, 'um'; gr. *oikos*, 'casa'] - Diz-se do vegetal que apresenta flores masculinas e femininas num mesmo indivíduo; pode ser monoclino, cujas flores são hermafroditas, diclinos, cujas flores são masculinas e femininas, ou polígamo, cujas flores são hermafroditas e unissexuadas; v. *dióico*.

monotípico [gr. *monos*, 'um'; gr. *typos*, 'modelo'; gr. *ikós*, 'relacionado a'] - que tem apenas um representante, p.ex., *Ginkgo* (v.), gênero monotípico formado, apenas, por *G. biloba*.

multigenômico [l. *multus*, 'muitos'; gr. *gen*, 'gerar'; gr. *oma*, 'massa'; gr. *ikós*, 'relacionado a'] - Que abrange vários genomas; diz-se de qualquer análise molecular que utiliza vários marcadores moleculares.

multinervado [l. *multus*, 'muitos'; l. *nervu*; + suf. -*ado*, 'que tem caráter de'] - Qualquer estrutura, p.ex. folhas, formada por séries de venações.

neotropical [gr. *neos*, 'novo'; gr. *tropikós*, 'trópico'; l. *ale*, 'relação'] - Relativo à América tropical; diz-se de qualquer organismo ou região zoo ou fitográfica que abrange as américas.

oblongo [l. *oblongu*, 'oblongo'] - Semelhante à lâmina elíptica, porém mais longa que larga, com base e ápice obtusos, margens paralelas ou quase e comprimento 3-4 maior que a largura.

obtusos [l. *obtusos*, 'rombo'] - Ápice terminado em ângulo obtuso, rombo, arredondado.

ovóide [l. *ovu*, 'ovo'; gr. (*o*)*eidés*, 'aspecto ou forma de'] - Em forma de ovo, oval, com base larga, arredondada a levemente reentrante e ápice estreitado e agudo.

papiráceo [l. *papyraceu* 'igual a folha de papel'] - Diz-se de qualquer estrutura vegetal semelhante ou com consistência de papel, p.ex., as brácteas papiráceas de *Ephedraceae*.

parafilético [gr. *pará*, 'ao lado de'; gr. *phylon*, 'raça'; gr. *ikós*, 'relacionado a'] - Espécie ou grupo cujos descendentes provém de um ancestral comum, mas não todos os descendentes deste mesmo ancestral; v. *monofilia*.

peltado [gr. *pelta*, 'escudo redondo'; + suf. *-ado*, 'que tem caráter de'] - Qualquer estrutura vegetal que tem formato mais ou menos circular, a exemplo dos esporófilos de algumas *Gimnospermas*.

perene [l. *perennis*, 'permanente'] - Diz-se da planta ou qualquer estrutura vegetal que dura o ano inteiro, permanentemente.

perianto [gr. *peri*, 'ao redor'; *anthos*, 'flor'] - Conjunto dos verticilos mais externos ou periféricos, e protetores da flor, diferenciados em cálice e corola.

pinho [l. *pinu*, 'pinheiro'] - Nome genérico dado às diversas *Gimnospermas* da família *Pinales* ou às coníferas de aspecto semelhante ao do pinheiro.

podocarpo [gen. *Podocarpus*] - Nome vulgar dado às coníferas do gênero *Podocarpus* (v.).

prolato [l. *prolatu*, 'alongado'] - Diz-se da morfologia alongada do pólen de representantes de *Gimnospermas*.

rbcl [ingl. *ribulose biphosphate carboxylase large chain*; def. da sist. fil.] - Um tipo de marcador molecular, derivado do rubisco, comumente usado em análises filogenéticas e utilizado para detectar diversidades genéticas entre organismos próximos.

relictual [l. *reliquia*, 'reliquia', de onde origina relictos; l. *-ale*, 'relativo a'] - O mesmo que rico (de reliquia). Nome dado a entidades (ambientes, grupos taxonômicos) que sobreviveram após mudança do ambiente. O mesmo que refúgios ou mini-refúgios, centros que indicam eras passadas.

sempre-verde [l. *sempervirens*, 'sempre-verde'] - Diz-se da planta com folhas persistentes e que permanece verdejante ao longo das estações frias.

sensu [l. *sensu*, 'no sentido de'] - Faculdade de apreciar; no sentido de; de acordo com.

serrulado [l. *serrae*, 'serra'; + suf. *-ula*, 'formador de diminutivo'; + suf. *-ado*, 'que tem caráter de'] - Diz-se de qualquer estrutura vegetal que possui dentes diminutos em direção à extremidade, a exemplo das margens foliares de várias *Gimnospermas*.

teixo [l. *taxu*] - Nome genérico dado às espécies da família *Taxaceae*, bastante cultivada como ornamentais.

REFERÊNCIA

EARLE, C.J. 2008. *The Gymnosperm Database*. Disponível em: <www.conifers.org>.

HAYNES, J.L. 2007. *Virtual Cycad Encyclopedia*. Disponível em: <www.plantapalm.com/vce/toc.htm>.

HILL, K. 2004. *The Cycads Page*. Disponível em: <<http://plantnet.rbgsyd.nsw.gov.au/PlantNet/cycad/>>.

MARCHIORI, J.N.C. 1996. *Dendrologia das Gimnospermas*. Editora da UFSM: Santa Maria-RS. 158 p.il.

RAVEN, P.H.; Evert, R.F. & Eicchorn, S.E. 2007. *Gimnospermas*. In: RAVEN, P.H.; Evert, R.F. & Eicchorn, S.E. 2007. *Biologia vegetal*. Guanabara-Koogan: Rio de Janeiro-RJ. Pp. 426-451. 830 p.il.

TISSOT-SQUALI, M.L. 2006. *Plantas produtoras de sementes*. In: TISSOT-SQUALI, M.L.



2006. Introdução à Botânica Sistemática. Editora Unijuí: Ijuí-RS. Pp: 75-96. 140 p.il.

WIKIPEDIA. 2008. Gimnosperma. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Gimnosperma>>.

ABREVIATURAS E SIGLAS USADAS NESTE CAPÍTULO

abrev., abreviatura de.
antr., do antropônimo.
chin., do chinês.
def., definição.
der., derivado de, derivativo de.
dim., diminutivo de.
el. comp., elemento de composição.
fr., do francês.
gen., do gênero.
gr., do grego, de origem grega.
i.é., isto é.
ingl., do inglês.
jap., do japonês.
l., do latim, de origem latina.
sist. fil., sistemática filogenética.
sp., espécie.
spp., espécies.
ssp., subespécie.
suf., sufixo.
táx., do táxon.
top., do topônimo.
var., variante do, de ou que varia do, de.
v., ver, queira ver.

ANGIOSPERMAS

Prof. Augusto César Pessoa Santiago
Prof. George Sidney Baracho

Carga horária | 10H

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conceituar, relacionar e reconhecer os principais grupos taxonômicos das angiospermas;
- Fornecer os conteúdos essenciais para o reconhecimento dos seus diferentes caracteres morfológicos;
- Realizar atividades que envolvam a apreensão do conhecimento sobre a sistemática das angiospermas;
- Realizar consultas eletrônicas de interesse na Botânica Sistemática;
- Refletir criticamente e prepará-lo para outras disciplinas e áreas correlatas.

INTRODUÇÃO

Há cerca de 136 milhões de anos, no Cretáceo Inferior, houve uma grande explosão no surgimento e diversificação das Angiospermas. Conhecidas como divisão Magnoliophyta ou filo Anthophyta, este grupo contou com uma grande vantagem: a presença do fruto. Aliás, esta ainda é a definição mais básica para definir as Angiospermas: compreendem o grupo mais diversificado do reino Plantae e incluem todos os vegetais superiores capazes de



produzir frutos. Além de ser o grupo de plantas que predomina na Terra, também apresentam grande importância com, pelo menos, 3.000 espécies (spp.) com algum tipo de potencial econômico, seja alimentício (feijão, milho, soja, trigo, açúcar, 'frutas e verduras'), medicinal, aromático e condimentar (aroeira, açafrão, alho, erva-cidreira, hortelã, orégano, louro, manjerição) químico e farmacológico (juá, romã, uva, arnica, barbatimão, guaraná, gengibre), ornamental (orquídeas, bromélias, lírios, ipês) ou industrial (eucalipto, borracha, algodão). A principal estrutura que caracteriza as Angiospermas como um grupo monofilético, ou seja, derivado de um único ancestral comum, é a flor, unidade altamente complexa de reprodução da planta e de diversidade quase infinita. É esta unidade de reprodução a principal responsável por, pelo menos, 300 mil espécies viventes e que dominam em massa a maioria das comunidades vegetais do planeta desde as minúsculas lentilhas d'água (*Lemna minor* L.) até os gigantes eucaliptos australianos (*Eucalyptus regnans* F.Muell.).

ORIGEM DAS ANGIOSPERMAS

Existem duas linhas gerais para a origem das angiospermas. A primeira teoria é intitulada teoria Antostrobilar ou Euantial, datada de Arber & Parkins (1907). Essa teoria refletiu uma extensão de sistemas de classificação pré-darwinianos, como os de De Candolle e de Bentham & Hooker sendo, porém, apoiada por evidências fósseis de folhas e pólen. Foi desenvolvida desde o século XIX por Delpino e Bessey e defendida por Takhtajan e Cronquist na segunda metade do século passado. Ela baseou-se na hipótese de homologia entre as flores de Angiospermas e os estróbilos bissexuados não ramificados semelhantes aos encontrados nas Bennettitales do Mesozóico. As primeiras flores seriam grandes, radialmente simétricas, com estruturas reprodutivas e vegetativas numerosas, livres, dispostas espiraladamente, estames laminares, carpelos com muitos óvulos anátropos, bitegumentados e polinizadas por besouros. Segundo essa teoria, as flores das famílias Magnoliaceae e Winteraceae representariam o estado floral mais primitivo em plantas atuais.

A segunda teoria é intitulada teoria *Pseudantial*, de Wettstein (1907). Tal teoria sugeriu que as ordens Piperales, Chloranthales e as antigas amentíferas (Fagales, Juglandales, Myricales, Casuarinales–Hamamelidae) teriam flores semelhantes às primeiras Angiospermas, isto é, flores unissexuadas que seriam homólogas aos estróbilos da ordem Gnetales (Gimnospermas) e flores bissexuadas homólogas a pseudantos derivados da união de flores unissexuadas simples, representando estróbilos compostos condensados. As flores seriam pequenas, simples, com simetria bilateral, carpelo com um ou poucos óvulos e polinizadas pelo vento. De acordo com essa teoria adotada pela escola de Engler, as Gnetales formariam o grupo irmão das Angiospermas, e a família Chloranthaceae mais tarde viria a representar um grupo-chave na origem das Angiospermas, apoiado pelo registro fóssil muito antigo de pólen clorantóide.

ANGIOSPERMAS PRIMITIVAS

Para Cronquist (1988), era evidente que as Angiospermas teriam derivado de algum grupo de Gimnosperma, provavelmente de "Cycadicae" (Pteridospermas–Lyginopterys, Glossopterys e Caytonia - Bennettitales e Cycadales). Elas seriam lenhosas, com lenho manoxílico, cujas traqueídes seriam grandes com pontuações circulares ou escaliformes e raios multisseriados, altos (lenho picnoxílico, traqueídes pequenas com pontuações circulares e raios estreitos). Como alguns grupos de Angiospermas basais, como Winteraceae, não possuem vasos, ele considerou os vasos uma característica secundária. As folhas seriam inteiras, simples, alternas, com venação pinada, reticulada, estômatos paracíticos (com células subsidiárias diferenciadas), sem estípulas (elas teriam surgido em algum grupo de Magnoliidae).

As flores nasceriam na porção terminal dos ramos, seriam grandes, actinomorfas, com muitas peças florais dispostas espiraladamente. O perianto seria composto, apenas, por sépalas derivadas da redução de modificações de folhas. As pétalas teriam surgido mais tarde e teriam derivado de estames. Os estames seriam laminares, sem diferenciação entre filetes e an-

teras. O pólen monossulcado teria originado o triaperturado a partir de ornamentação em V ou Y, como em Canelaceae. O gineceu seria apocárpico, com muitos carpelos. O ovário, derivado da conduplicação do megasporofilo, seria estipitado e estaria unido na margem, mas não fundido, e o estilete não estaria diferenciado. Os óvulos seriam bitegumentados, sendo muitos óvulos por carpelos, de placentação ventral, dispostos na região da sutura, resultado da posição marginal ancestral. O fruto primitivo seria um folículo, com frutículos se abrindo ventralmente, para a liberação das sementes. A polinização seria por besouros, que visitariam as flores em busca de pólen.

Dentre as adaptações mais importantes na evolução inicial das Angiospermas destacam-se a especialização do sistema vascular, que tornou a condução mais eficiente (mas Gnetales não se encontra diversificada, apesar de

possuir vasos) e a entomofilia, que aumentou a eficiência da polinização cruzada (mas a entomofilia já ocorria em algumas gimnospermas e, por outro lado, em alguns grupos com flores, a anemofilia parece bem sucedida, em geral Graminae). As características que parecem mais importantes são a redução dos gametófitos e a formação do endosperma triplóide associada.

CARACTERÍSTICAS GERAIS E AUTAPOMORFIAS

As características que definem as Angiospermas estão relacionadas, principalmente, às estruturas reprodutivas, destacando-se a inclusão dos óvulos bitegumentados (geralmente anátropos, isto é, com a micrópila direcionada para o funículo) no carpelo, o qual pode ser ascidiado ou convoluto. (ver Fig. 1)

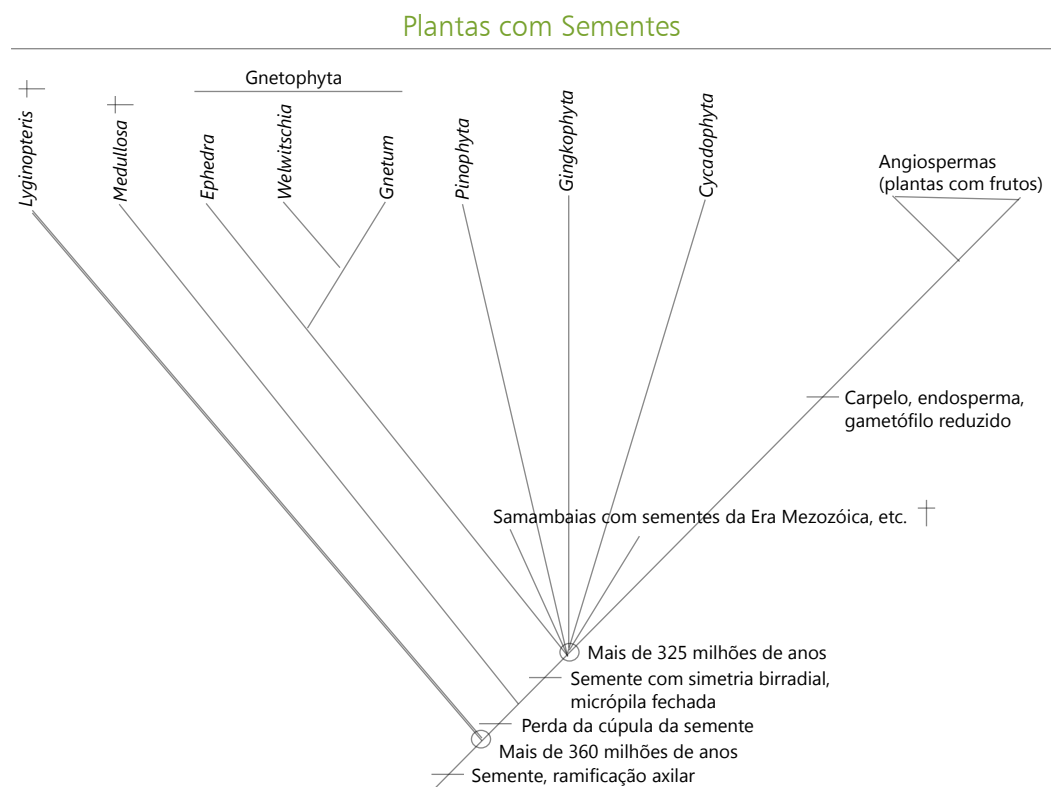


Figura 1 - Relacionamento filogenético das Angiospermas com os demais grupos de plantas e afins. (Introdução à Botânica Sistemática, Mara L. Tissot-Squalli, 2006).

Outra característica considerada importante é a presença de vasos, mas eles podem estar ausentes, sugerindo que esse caráter possa ter evoluído dentro das Angiospermas e/ou sofrido reversão. Supostamente, as primeiras angiospermas teriam vasos semelhantes a tra-

queídes, com perfurações escalariformes, de onde teriam derivado as fibras para sustentação e os vasos para condução. Os vasos teriam sofrido um encurtamento do comprimento associado ao alargamento do diâmetro. As terminações passariam a formar placas, inicial-

mente anguladas e com numerosas perfurações escalariformes, as quais diminuiriam em número, até formar um único poro transversal. Enquanto os vasos favorecem a condução de fluidos, eles são menos eficientes na sustentação, o que teria pressionado a evolução simultânea de fibras também derivadas das traqueídes. Os elementos de tubo crivado e as células companheiras também caracterizam as Angiospermas.

As Angiospermas compartilham inúmeras características únicas. Em função disto, os especialistas julgam que é evidente que sejam monofiléticas, sendo suportadas pelas seguintes autapomorfias:

- (i) elementos de tubo crivado e células companheiras derivadas das células iniciais;
- (ii) grão-de-pólen com ectexina columelada;
- (iii) estames com dois pares laterais de sacos polínicos;
- (iv) endotécio hipodermálica da antera;
- (v) gametófito masculino com apenas três células;
- (vi) carpelo fechado com região estigmática, onde ocorre a germinação do grão-de-pólen;
- (vii) parede do megásporo fina, sem esporopoleína;
- (viii) gametófito feminino com, apenas, sete a 16 células, sem arquegônios;
- (ix) e dupla fecundação associada à formação de endosperma. (ver Fig. 2).

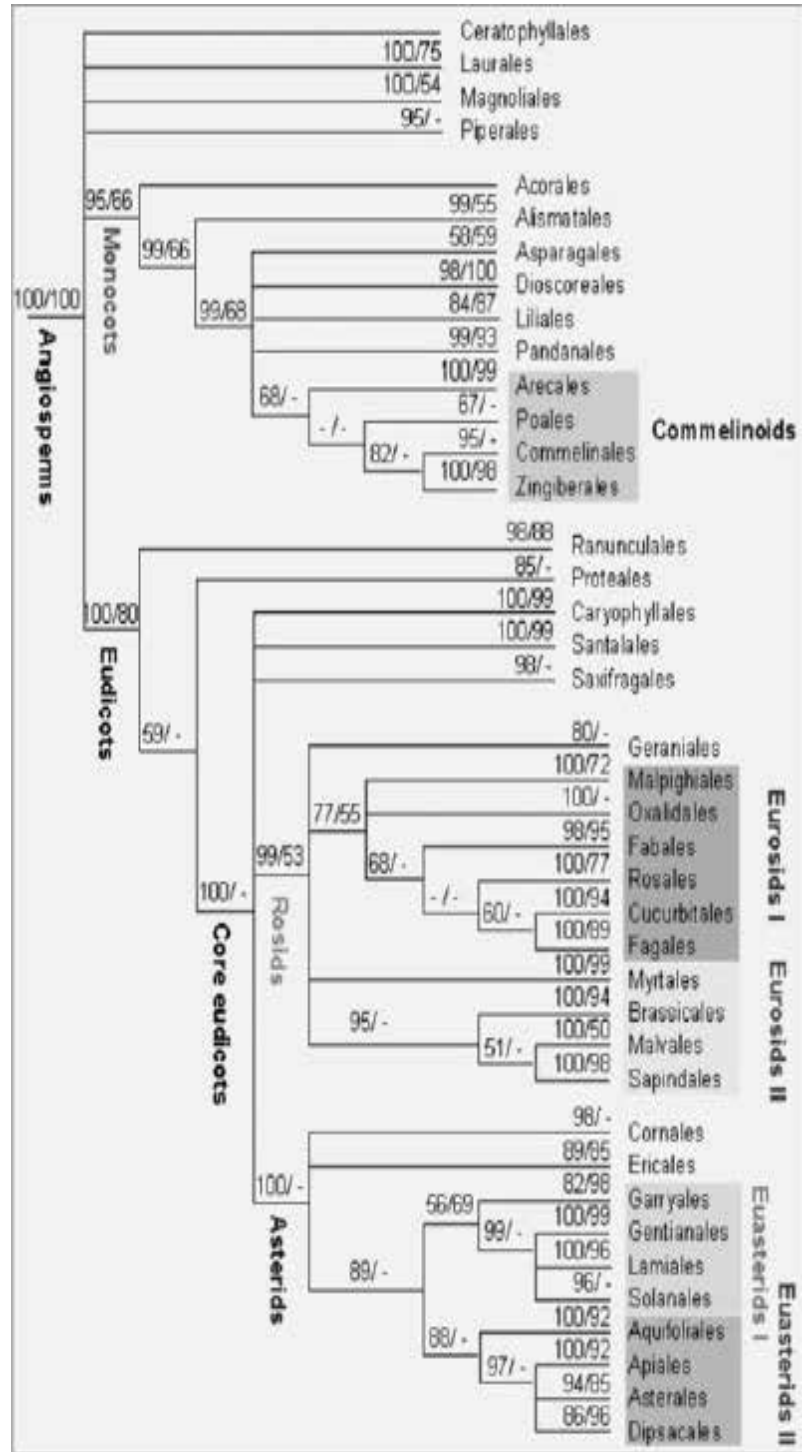


Figura 2. Relacionamento filogenético das Angiospermas com base na proposta filogenética de classificação do Angiosperm Phylogeny Group-APG, APG 2003.

LINHAGENS BASAIS DAS MAGNOLIOPHYTA

Três ordens distintas compõem a linhagem basal das Magnoliophyta, caracterizadas pelas margens dos carpelos seladas por uma secreção: Amborellales, uma ordem caledoniana formada apenas por Amborellaceae e que inclui uma única espécie (*Amborella trichopoda* Melikian, A.V.Bobrov & Zaytzeva), Nymphaeales, uma pequena ordem de plantas aquáticas, e Austrobaileyales, uma ordem de origem australasiana de aproximadamente 100 espécies. Destas, apenas Nymphaeales possui representantes brasileiros.

No Brasil, das três famílias que compõem Nymphaeales, há registros de dois representantes: Cabombaceae e Nymphaeaceae. Cabombaceae possui dois gêneros, *Cabomba* Aubl. (5-6 espécies) e *Brasenia* Schreb. (1-3 espécies), mas apenas *Cabomba* ocorre no país. Das espécies registradas para o Brasil, *C. aquatica* Aubl. é citada para Pernambuco. Nymphaeaceae possui 3-6 gêneros e cerca de 60 espécies. Destas, pelo menos dois gêneros, *Nymphaea* L. e *Victoria* Lindl., reúnem, pelo menos, 15 espécies ocorrentes no Brasil, das quais citam-se para Pernambuco *N. ampla* (Salisb.) DC., *N. lasiophylla* Mart. & Zucc. e *N. rudgeana* G.Mey.

MAGNOLIÍDEAS

As magnoliídeas estão reunidas em um clado que inclui a maioria dos grupos basais das Magnoliophyta. As plantas pertencentes a este clado são basicamente as mesmas da subclasse Magnoliidae, uma das cinco subclasses propostas pelo sistema de Cronquist e grupo basal da classe Magnoliopsida (ou dicotiledôneas, para o autor). Este grupo reteve um grande número de características plesiomórficas das Angiospermas e reúne 4 ordens, também conhecido como complexo magnolióide: Magnoliales, Laurales, Canellales e Piperales. Uma outra ordem, Chloranthales, é posicionada como membro mais basal das magnoliídeas, embora este posicionamento seja questionado.

São plantas lenhosas de folhas coriáceas, alternas ou opostas e geralmente compostas; flores

com peças do perianto geralmente livres em disposição helicoidal e freqüentemente simples; gineceu apocárpico, com carpelos numerosos; poliandria primária, com filetes pouco diferenciados, conectivos bem desenvolvidos e pólen sem estrutura columelar da exina.

Magnoliales é uma ordem bastante numerosa, com pouco mais de 2900 espécies reunidas em 154 gêneros e 5-6 famílias: Myristicaceae, Magnoliaceae, Degeneriaceae, Himantandraceae, Eupomatiaceae e Annonaceae. Destas, têm representantes brasileiros apenas Myristicaceae, Magnoliaceae e Annonaceae.

Myristicaceae possui 20 gêneros e pouco mais de 470 espécies, sendo mais numerosos *Myristica* Gronov. (175 spp.), *Horsfieldia* Willd. (100 spp.), *Knema* Lour. (95 spp.) e *Virola* Aubl. (60 spp.). Apenas uma espécie, *Virola gardneri* (A.DC.) Warb., é citada para Pernambuco. Magnoliaceae compreende dois gêneros, *Magnolia* L. e *Liriodendron* L., sendo *Magnolia* o mais numeroso, com 225 espécies. Não há citação de espécies nativas para Pernambuco. Annonaceae é a família mais ampla, com pouco mais de 2200 espécies descritas para 129 gêneros, dos quais *Guatteria* (280 spp.), *Annona* (120-175 spp.) e *Xylopia* (100-160 spp.) são os mais diversificados, em especial nas florestas úmidas do Brasil. Em Pernambuco são citadas, pelo menos, seis espécies, dentre elas *Rollinia pickelii* Diels, endêmica do estado.

MONOCOTILEDÔNEAS (MONOCOTS)

As monocotiledôneas (monocots) compreendem um grupo de 11 ordens de plantas, em geral herbáceas, sendo raras árvores; raiz e caule sem câmbio, crescimento geralmente simpodial, raro secundário; folhas geralmente estreitas e longas, paralelinérvias; flores geralmente trímeras e embrião com um cotilédone.

As monocots diferenciam-se pela presença de um cotilédone apenas, sistema radicular adventício, folhas com venação paralelinérvia, câmbio ausente, de modo que os feixes vasculares encontram-se dispersos, isto é, acotostélicos. As flores são geralmente trímeras.

Entretanto, essas características não são universais nem exclusivas. Formam um grupo monofilético, inserido nas dicotiledôneas (dicots). Os registros de monocots são antigos entre o Cretáceo Inferior e Superior. Os registros fósseis mais antigos apontam para Araceae, família que incluía *Acorus*, gênero que nos estudos filogenéticos aparece como grupo irmão das demais monocots.

Monocotiledôneas e dicotiledôneas têm sido classicamente distintas pelas flores trímeras presentes nas primeiras, em oposição às flores pentâmeras características destas últimas, embora algumas dicots primitivas tenham flores mais ou menos trímeras. Estudos morfológicos e moleculares mais recentes têm evidenciado que flores trímeras são um caráter generalizado e possivelmente uma sinapomorfia para um clado que inclui Chloranthaceae+Ceratophyllaceae+monocots+magnoliídeas+eudicots.

As monocots incluem as seguintes ordens: Acorales, Alismatales, Petrosaviales, Dioscoreales, Pandanales, Liliales, Asparagales, Arecales, Poales, Commelinales e Zingiberales, além de um grupo incerto posicionado juntamente com Arecales. As monocots possuem uma grande importância econômica, com valores potenciais muitas vezes subestimados. Incluem inúmeros representantes com potencial alimentício, aromático e condimentar (cana-de-açúcar, centeio, arroz, trigo, aveia, milho, palmito, inhame, açaí, coco, abacaxi, gengibre, baunilha, cebola, alho, etc), medicinal, químico e farmacológico (cálamos, bromélias, lírios, palmeiras, gramíneas, etc), industrial (cálamo-aromático, sisal), além de grande potencial ornamental (palmeiras, orquídeas, bromélias, juncos, lírios, gramíneas, sempre-verdes, etc).

Acorales possui uma única família, Acoraceae, e apenas um gênero, *Acorus* L., com 2-4 espécies ocorrentes no Hemisfério Norte, das quais *A. calamus* L., conhecida no Brasil como cálamo-aromático, é comumente utilizada na destilação de óleo essencial para uso na perfumaria ou medicina. Classicamente, o sistema de Cronquist tem posicionado *Acorus* em Araceae, sendo atualmente reconhecida como Acoraceae por muitos poucos taxonomistas.

Alismatales possui 14 famílias e pouco mais de 160 gêneros e 4.500 espécies de plantas aquáticas e terrestres, com distribuição cosmopolita, das quais se destacam Araceae, Hydrocharitaceae, Butomaceae, Alismataceae, Limnocharitaceae e Potamogetonaceae como famílias mais comuns e todas com representantes brasileiros. Tradicionalmente a ordem restringia-se a três famílias, Alismataceae, Butomaceae e Limnocharitaceae (a exemplo do sistema de Cronquist, que inclui Alismatales na subclasse Alismatidae), as demais pertencendo a várias ordens distintas. São comuns no interior das florestas úmidas de Pernambuco e como ornamentais diversos representantes de Araceae, vulgarmente conhecidos como antúrio ou copo-de-leite (*Anthurium* spp., *Caladium* spp.), filodendro (*Phylodendron* spp.), jibóia (*Epipremnum* spp.) e comigo-ninguém-pode (*Dieffenbachia* spp.), Limnocharitaceae, conhecido como mureré (*Limnocharis flava* (L.) Buchenau), e Potamogetonaceae, como o lírio-d'água (*Potamogeton pusillus* L. ssp. *pusillus*).

Petrosaviales contém uma única família, Petrosaviaceae, com 4 espécies endêmicas do Japão, China e oeste da Malásia e ainda muito pouco conhecidas.

Dioscoreales compreende um grupo de 5 famílias e pouco mais de 1.000 espécies, das quais se destacam as famílias Burmanniaceae e Dioscoreaceae, com alguns representantes brasileiros. Existem em Pernambuco as espécies trepadeiras de *Dioscorea dodecaneura* Vell., *D. ovata* Vell. e *D. pernambucensis* T.Clayton, localizadas nas florestas úmidas do interior do estado.

A ordem Pandanales abriga 5 famílias e quase 1.350 espécies ocorrentes quase que exclusivamente no Hemisfério Sul. Destacam-se como representantes no Brasil as famílias Velloziaceae, Pandanaceae e Cyclanthaceae, das quais *Nanuzia plicata* (Mart.) L.B.Sm. & Ayensu, uma Velloziaceae do semi-árido conhecida como canela-de-ema, e *Asplundia gardneri* (Hook.) Harling, presente nas florestas úmidas, ocorrem em Pernambuco.

Liliales, grupo dos lírios, compõe uma das principais ordens de monocots, com pouco mais de 1.550 espécies agrupadas em 67 gê-

neros e 11 famílias, das quais se destacam Alstroemeriaceae, Smilacaceae e Liliaceae, com representantes típicos das florestas do Brasil, a exemplo de *Smilax* sp. (Smilacaceae), *Bomarea edulis* (Tussac) Herb. (Alstroemeriaceae) e *Zephyranthes cearensis* (Herb.) Baker (Lilaceae), presentes nas florestas úmidas e serranas de Pernambuco.

Asparagales, que inclui os aspargos, cebolas e orquídeas, é a maior ordem de monocots, com pouco mais de 26 mil espécies cosmopolitas e distribuídas em 16-24 famílias, das quais se destacam Orchidaceae, Hypoxidaceae, Iridaceae, Alliaceae, Amaryllidaceae e Agavaceae, sendo a família das orquídeas a mais numerosa, com quase 22 mil espécies. Diversas espécies de orquídeas são comuns em Pernambuco, ocorrendo por todo o estado e em diversos ecossistemas, desde representantes terrestres até epífitos. Além das orquídeas, merece destaque *Curculigo* sp. (Hypoxidaceae), espécie muito pouco conhecida em algumas serras do estado.

Uma dos grupos mais importantes dentre as monocots é Arecales, ordem que compõe as palmeiras, reunidas exclusivamente na família Arecaceae, com 205 gêneros e 2.500 espécies. As palmeiras são amplamente conhecidas pelo seu potencial econômico e com espécies para diversos fins, como o coqueiro (*Cocos nucifera* L.), açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), buritizeiro (*Mauritia flexuosa* L.f.), tamareira (*Phoenix dactylifera* L.), carnaubeira (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E.Moore), bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.), babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.), palmito ou juçara (*Euterpe edulis* Mart.), piaçaveira (*Attalea funifera* Mart.) e dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.), além de inúmeras outras palmeiras espalhadas pelo Brasil, como a pupunha, tucum, tucumã, urucuri, mururu, leque, licuri, palmeira-imperial, cococatolé, bacabinha, guaraná, etc. Várias espécies de palmeiras são encontradas também em Pernambuco, ocorrendo desde o litoral ao sertão do estado e em diversos ecossistemas.

Outra ordem importante e com um número bastante amplo de espécies é Poales, especialmente caracterizada pelas gramíneas, porém com 17 famílias atuais, das quais destacam-se Poaceae, Cyperaceae, Bromeliaceae e Eriocau-

laceae. As gramíneas, pertencentes à Poaceae e também conhecidas como capins, gramas ou relvas, compreendem o grupo mais diversificado da ordem, com pelo menos 12 mil espécies dispostas em 700 gêneros, dos quais estima-se que pelo menos 1.500 espécies em 120 gêneros ocorram no Brasil. Apresenta um potencial econômico inigualável por ser uma das bases de subsistência humana. As gramas agrícolas cultivadas para produção de alimento são conhecidas como cereais, principal fonte de calorias para o homem e demais animais, destacando-se o trigo, centeio, cevada, arroz, sorgo, milheto e milho, além da cana-de-açúcar, base do setor sucroalcooleiro, e bambu, usado como ornamental e para construção. Em Pernambuco ocorrem diversas espécies de gramíneas pertencentes aos gêneros *Andropogon* L., *Aristida* L., *Cenchrus* L., *Olyra* L., *Panicum* L., *Paspalum* L., *Pennisetum* Rich., *Pseudechino-laena* Stapf, *Sacciolepis* Nash, *Schizachyrium* Nees, *Setaria* P.Beauv., *Sorghum* Moench, *Sporolobus* R.Br., *Streptostachys* Desv., *Digitaria* Haller, *Tragus* Haller, *Melinis* P.Beauv., entre outros. Cyperaceae, com aproximadamente 5.000 espécies, reúne ervas graminiformes encontradas em todo o mundo e com superficial semelhança com as gramíneas. São exemplos o capim-cidreira (*Kyllinga odorata* Vahl), nativa do Brasil e com óleos essenciais de aplicações medicinais, e o papiro (*Cyperus papyrus* L.), utilizada no antigo Egito para produção do papel. Cerca de 130 espécies dispostas em 22 gêneros são encontradas em Pernambuco, das quais *Fuirena lainzii* Luceño & M.Alves e *Scleria pernambucana* Luceño & M.Alves são endêmicas do estado. A família Bromeliaceae, com quase 3.000 espécies em 56 gêneros, é representada pelas bromélias, plantas de amplo potencial ornamental e paisagístico, além do abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merr.), fruta especialmente cultivada nas américas. Dezenas de espécies epífitas e terrestres, incluindo várias endêmicas, ocorrem em Pernambuco, das quais destacam-se *Neoglaziovia variegata* (Aruda) Mez, o caroá, *Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult.f., a macambira, e *Encholirium spectabile* Mart. ex Schult.f., a macambira-de-flecha, além de *Cryptanthus burle-marxii* Leme e *Noregelia pernambucana* Leme & J.A.Siqueira. A família Eriocaulaceae possui pouco mais de 1.160 espécies em 10 gêneros, conhecidas como sempre-vivas, das quais destacam-se



Paepalanthus bifidus (Schrad.) Kunth, *P. mycephalus* (Mart.) Körn., *P. lamarkii* Kunth, *P. tortilis* (Bong.) Mart., *P. triangularis* (L.) Körn., *Tonina fluvialis* Aubl., *Syngonanthus caulescens* (Poir.) Ruhland e *Leiothrix pilulifera* (Körn.) Ruhland como ocorrentes principalmente nas florestas e matas serranas de Pernambuco.

Commelinales é uma ordem de monocots que inclui apenas 5 famílias, das quais destacam-se Commelinaceae e Pontederiaceae. A família Commelinaceae compreende pouco mais de 650 espécies abrigadas em 40 gêneros, ocorrendo em todas as regiões brasileiras e nos mais variados ecossistemas, embora principalmente associadas à ambientes mais úmidos. Ocorrem em Pernambuco diversas espécies, das quais destacam-se *Callisia repens* (Jacq.) L., *C. monandra* (Sw.) Schult. & Schult.f., *Commelina elegans* Kunth, *C. longicaulis* Jacq., *C. martiana* Seub., *C. obliqua* Vahl e *Dichorisandra hexandra* (Aubl.) Standl., dentre outras. Pontederiaceae é uma pequena família de plantas aquáticas, com apenas 33 espécies em 9 gêneros, dos quais 5 gêneros abrigando cerca de 20 espécies ocorrem no Brasil e com significativo destaque para *Eicchornia diversifolia* (Vahl) Urb., *E. heterosperma* Alexander e *E. crassipes* (Mart.) Solms., espécies flutuantes comumente encontradas em Pernambuco.

Zingiberales compreende uma ordem de monocots que inclui as bananas e os gengibres, com 8 famílias de interesse econômico e ornamental, das quais destacam-se Zingiberaceae, Musaceae, Heliconiaceae, Costaceae, Cannaceae e Marantaceae. Zingiberaceae possui 1.300 espécies distribuídas em 49 gêneros e inclui os gengibres, cardamonos, açafreões-da-terra e gengibres-japoneses, dentre outras espécies de interesse econômico. Musaceae é uma pequena família de 35 espécies dispostas em apenas três gêneros, das quais destacam-se *Musa* spp., espécies conhecidas como bananeiras. Heliconiaceae, Costaceae, Cannaceae e Marantaceae também são famílias de amplo potencial ornamental, ocorrentes especialmente nas florestas úmidas do Brasil e com representantes distintos nas matas pernambucanas, como *Heliconia psittacorum* L.f., *Costus spiralis* (Jacq.) Roscoe, *Ctenanthe compressa* (A.Dietr.) Eichler, *Stromanthe porteanae* Gris e *S. tonckat* (Aubl.) Eichler, dentre outros.

CERATOPHYLLALES

Ceratophyllales é uma ordem basal que precede todas as eudicotiledôneas e compreende um pequeno grupo de ervas aquáticas de Ceratophyllaceae, uma monotípica família (*Ceratophyllum* L.) com 6 espécies cosmopolitas. Em geral, as plantas formam massas flutuantes que proporcionam proteção aos peixes e outros animais aquáticos.

EUDICOTILEDÔNEAS (EUDICOTS)

Eudicotiledôneas são uma das duas principais classes de angiospermas, inicialmente contidas dentro do grupo das dicotiledôneas (dicots) e que foi desmembrado por não ser monofilético. O prefixo 'eu' significa 'verdadeiro' e portanto este termo designa as plantas que realmente apresentam dois cotilédones.

Os atributos mais comuns das eudicotiledôneas, embora hajam exceções, são as folhas geralmente largas, peninérvias ou curvinérvias; caule e raiz com câmbio e crescimento secundário nos grupos de hábito arbóreo e arbusativo; hábito tanto herbáceo quanto arbóreo; crescimento geralmente monopodial; flores geralmente pentâmeras (tetrâmeras); embrião com dois cotilédones; e pólen tricolpado ou tricolporado.

Durante os trabalhos de classificação filogenética das Angiospermas desenvolvidos pelo 'Grupo de Filogenia das Angiospermas' (Angiosperm Phylogeny Group – APG), os estudiosos observaram serem as dicots um grupo parafilético. Dois cladogramas distintos encontraram-se situados na base da árvore filogenética:

- (i) o clado das chamadas Paleoervas, por serem basicamente famílias de espécies herbáceas;
- (ii) e o clado das Magnoliidae, famílias predominantemente arbóreas e relacionadas a Magnoliaceae.

O restante das dicots foi denominado Eudicotiledôneas. Posteriormente notou-se a relação

entre as Paleoervas, Magnoliideae e monocots, por possuírem grãos de pólen monossulcados, enquanto as eudicots possuíam pólen primariamente trissulcado.

Compreendem as eudicots pelo menos 38 ordens distribuídas nos seguintes grupos:

- (i) clado das 'eudicots basais' (ordens Ranunculales, Sabiales, Proteales, Trochodendrales, Buxales e Gunnerales);
- (ii) clado das 'eudicots', que inclui as ordens Berberidopsidales, Dilleniales, Caryophyllales, Santalales, Saxifragales, Vitales, o clado das 'rosídeas' (que inclui 15 ordens dispostas em 'rosídeas I' e 'rosídeas II', e o clado das 'asterídeas' (que inclui pelo menos 10 ordens distribuídas em 'asterídeas I' e 'asterídeas II').

As Ranunculales compreendem cerca de 1,6% da diversidade das eudicotiledôneas. Reúne sete famílias, das quais destacam-se Menispermaceae, Ranunculaceae e Papaveraceae. Menispermaceae é pantropical, com aproximadamente 70 gêneros e 420 espécies, das quais pelo menos um gênero, *Cissampelos* L., é referido com quatro espécies para Pernambuco: *C. andromorpha* DC., *C. glaberrima* A.St.-Hil., *C. pareira* L. e *C. tropaeolifolia* DC.

A ordem Sabiales é um pequeno grupo de uma única família, Sabiaceae, com dispersão do sudeste da Ásia à Malásia e na América tropical. Compreende apenas três gêneros e cerca de 100 espécies, das quais estima-se a presença de representantes de *Meliosma* Blume nas florestas de Pernambuco.

Proteales é uma ordem de plantas basais que compreendem três famílias, Nelumbonaceae, Platanaceae e Proteaceae, destacando-se esta última pela ocorrência de representantes brasileiros. Com 80 gêneros e 1.600 espécies, apresenta registro para Pernambuco, à princípio, apenas *Roupala paulensis* Sleumer.

Trochodendrales é uma pequena ordem endêmica do sudeste asiático formada por uma simples família, Trochodendraceae, de apenas duas espécies monotípicas, *Trochodendron aralioides* Siebold. & Zucc. e *Tetracentron sinensis* Oliv.

A ordem Buxales compreende duas a três famílias endêmicas da América Central e Madagascar, sendo apenas a família Buxaceae extensiva do leste asiático ao oeste malesiano, leste da América do Norte e norte da América do Sul, sem representantes ocorrentes no Nordeste do Brasil.

A ordem Gunnerales compreende duas famílias, Gunneraceae e Myrothamnaceae, esta última endêmica do sul da África. Gunneraceae possui distribuição na costa do sul do Pacífico, além de África e Madagascar, sem registros para o Nordeste do Brasil.

O clado das 'eudicots basais' inclui, pelo menos, 31 ordens distribuídas em dois grupos principais: o grupo das rosídeas e o grupo das asterídeas. O grupo das rosídeas apresenta, ao menos, 15 ordens das quais destacam-se Myrtales, como ordem basal, Malpighiales, Cucurbitales, Fabales e Rosales.

Myrtales é uma grande ordem com 12 famílias, das quais destaca-se Myrtaceae como umas das mais importantes e complexas famílias de plantas. Compreende 130 gêneros e cerca de 3.000 espécies. São plantas arbustivas ou arbóreas representadas nas Américas principalmente pelas plantas frutíferas, como o jambo, pitanga e uvalha (*Eugenia* spp.); goiaba e araçá (*Psidium* spp.); jaboricaba e cambuí (*Myrciaria* spp.). Outro gênero de grande importância é o *Eucalyptus* spp. nativo da Austrália. Atualmente ele é cultivado em larga escala nas regiões tropicais (principalmente África e Brasil) para obtenção de matéria-prima como: madeira serrada, celulose na fabricação de papel, carvão vegetal para fins energéticos, etc. Diversas espécies de Myrtaceae ocorrem em Pernambuco, das quais destacam-se espécies de *Calyptranthes* Sw. (*C. dardanoi* Mattos, *C. polyantha* O.Berg), *Campomanesia* Ruiz & Pav. (*C. aromatica* (Aubl.) Griseb., *C. dichotoma* (O.Berg) Mattos, entre outras), *Myrcia* DC. ex Guill. (*M. alagoensis* O.Berg, *M. amazonica* DC., dentre outras) e *Eugenia* L. (*E. diantha* var. *glabra* O.Berg, *E. gardneriana* var. *depauperata* O.Berg, dentre outras), além de diversos outros representantes.

Malpighiales é outra outra bastante numerosa e diversificada, com 26 famílias ocorrentes



em todo o mundo, das quais destacam-se Passifloraceae e Malpighiaceae. Passifloraceae compreende cerca de 530 espécies, classificadas em 18 gêneros de árvores, arbustos e, principalmente, lianas. As passifloráceas são mais comuns em zonas tropicais, mas algumas espécies, nomeadamente do gênero *Adenia* Forssk., estão adaptadas a condições de aridez. Os frutos de algumas espécies do gênero *Passiflora* L. são comestíveis e conhecidos como maracujá, com alguns representantes nativos e cultivados em Pernambuco. Malpighiaceae é uma família que compreende 64 gêneros e cerca de 1.200 espécies distribuídas nos trópicos, especialmente na América do Sul. No Brasil há 29 gêneros, com destaque na região centro-oeste. Há destaque econômico as drupas da acerola (*Malpighia emarginata* DC.), com alto teor de vitamina C. Há muitas plantas ornamentais, principalmente dos gêneros *Byrsonima* Rich. ex Kunth, *Galphimia* Cav., *Malpighia* L. e *Stigmaphyllon* A.Juss. *Banisteriopsis caapi* (Spruce ex Griseb.) C.V.Morton contém alcalóides narcóticos.

O clado das asterídeas, grupo mais avançado das Angiospermas, reúne pelo menos 10 ordens representantes, destacando-se as ordens Lamiales, Solanales e Asterales.

A ordem Lamiales contém 23 famílias, 1.059 gêneros e pouco mais de 23 mil espécies ocorrentes em todo o mundo. Destaca-se a família Lamiaceae, com 23 gêneros e 232 espécies nativas do Brasil e com muitas espécies de importância econômica, entre outros usos, para extração de óleos essenciais, tanto para uso cosmético, como codimentar, aromático e/ou medicinal. A ordem Solanales compreende cinco famílias, 165 gêneros e pouco mais de 4.000 espécies cosmopolitas, das quais destaca-se Solanaceae como a mais diversificada e complexa da ordem. Solanaceae é uma família de grande importância na alimentação humana, das quais destacam-se como alimentos cultivados a berinjela, jiló, tomate, pimenta, pimentão e a batata, além de diversas outras espécies venenosas ou alucinógenas, como a trombeta.

ATIVIDADE PROPOSTA

1. Com base no texto acima, responda as seguintes questões:

- Qual a importância das Angiospermas para o ser humano?
- Qual a provável origem das Angiospermas?
- O que caracteriza as Angiospermas como o grupo de maior diversidade no Reino das plantas?
- Como seriam caracterizadas as Angiospermas primitivas?
- Cite as principais autapomorfias das Angiospermas.
- Quais são os grupos mais basais dentre as Angiospermas?
- Caracterize o que são as magnoliídeas.
- Como são caracterizadas as monocotiledôneas no cenário atual das Angiospermas?
- Qual a importância econômica das monocotiledôneas para a subsistência humana?
- O que vem a ser as eudicotiledôneas?
- Como estão representadas as eudicotiledôneas basais?
- Quais os grupos de maior destaque dentre as eudicotiledôneas e qual a principal razão para isso?

GLOSSÁRIO

Endêmico [fr. *endémique*, var. gr. *éndemos*, 'originário de um local'] - Peculiar de um determinado local ou região ou que só existe em determinado lugar.

Espécie [l. *specie*, 'tipo', 'modelo'] - É a categoria básica de hierarquia taxonômica e tem sido definida desde o tempo de Linné como um nome em um livro, ou como um julga-

mento de uma autoridade que julga que tal planta é uma espécie, ou ainda, como um grupo de indivíduos que, na soma total de seus caracteres, difere de outro em nível específico. O conceito de espécie tem evoluído muito, porém ainda não há um conceito definido, especialmente porque os conceitos são essencialmente genéticos e populacionais, enquanto o taxonomista geralmente se utiliza, apenas, de material de herbário para descrever suas novas espécies.

Eudicot [abrev. eudicotiledônea] - Forma abreviada e adotada do inglês para o táxon 'eudicotiledônea'.

Eudicotiledônea - Uma das duas principais classes de Angiospermas; inicialmente contidas dentro do grupo das dicotiledôneas, que foi desmembrado por não ser monofilético. O prefixo eu significa verdadeiro, portanto este termo designaria as plantas que realmente apresentam dois cotilédones.

Fanerógama [gr. *phanerós*, 'aparente'; gr. *gamos*, 'casamento'] - Qualquer vegetal superior que se caracteriza pela presença de flores; v. *espermatófita*.

Grupo basal [def. da sist. fil.] - Toda e qualquer espécie ou grupo de espécies que filogeneticamente esteja posicionado na base de um clado abordado numa análise.

Grupo irmão [def. da sist. fil.] - Espécie ou grupo monofilético mais próximo do grupo monofilético alvo em questão; v. *monofilia*.

Monotípico [gr. *monos*, 'um'; gr. *typos*, 'modelo'; gr. *ikós*, 'relacionado a'] - que tem apenas um representante.

Neotropical [gr. *neos*, 'novo'; gr. *tropikós*, 'trópico'; l. *ale*, 'relação'] - Relativo à América tropical; diz-se de qualquer organismo ou região zoo ou fitográfica que abrange as américas.

Sistemática - Estudo científico da diversidade e diferenciação dos organismos e das relações existentes entre eles.

REFERÊNCIA

Raven, P.H.; Evert, R.F. & Eicchorn, S.E. 2007. *Biologia vegetal*. Guanabara-Koogan: Rio de Janeiro-RJ. Pp. 426-451. 830 p.il.

Tissot-Squali, M.L. 2006. *Introdução à Botânica Sistemática*. Editora Unijuí: Ijuí-RS. 140 p.il.

ABREVIATURAS E SIGLAS USADAS NESTE CAPÍTULO

abrev., forma abreviada de.

def., definição da.

fr., do francês.

gr., do grego, de origem grega.

l., do latim, de origem latina.

rel., relativo a.