



EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

INTRODUÇÃO À SISTEMÁTICA ANIMAL, VEGETAL E MICROORGANISMO

EDITORA
UFMG

INTRODUÇÃO À SISTEMÁTICA ANIMAL, VEGETAL E MICROORGANISMOS



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Reitor: Ronaldo Tadêu Pena

Vice-Reitora: Heloisa Maria Murgel Starling

Pró-Reitoria de Graduação

Pró-Reitor: Mauro Braga

Pró-Reitora Adjunta: Carmela Maria Pólito Braga

Coordenadora do Centro de Apoio à Educação a Distância:

Maria do Carmo Vila

EDITORA UFMG

Diretor: Wander Melo Miranda

Vice-Diretora: Silvana Cóser

Conselho Editorial

Wander Melo Miranda (presidente)

Carlos Antônio Leite Brandão

José Francisco Soares

Juarez Rocha Guimarães

Maria das Graças Santa Bárbara

Maria Helena Damasceno e Silva Megale

Paulo Sérgio Lacerda Beirão

Silvana Cóser

MÁRIO DE MARIA
ARY CORRÊA JUNIOR
JOÃO AGUIAR NOGUEIRA BATISTA
UBIRAJARA DE OLIVEIRA

INTRODUÇÃO À SISTEMÁTICA ANIMAL, VEGETAL E MICROORGANISMOS

Belo Horizonte
Editora UFMG
2006

© 2006, OS AUTORES

© 2006, Editora UFMG

Este livro ou parte dele não pode ser reproduzido por qualquer meio sem autorização escrita do Editor.

D278i	De Maria, M. Introdução à sistemática animal, vegetal e microorganismo / Mário De Maria, Aguiar Nogueira Batista, Ary Corrêa Júnior. – Belo Horizonte : Editora UFMG, 2006. 88 p. : il. – (Educação a Distância)
	Inclui referências ISBN: 85-77041-546-X ISBN: 85-7041-542-7 (da série)
	1. Zoologia - Classificação. 2. Botânica - Classificação. I. Batista, Aguiar Nogueira. II. Corrêa Júnior, Ary. III. Título. IV. Série.
	CDD: 592-599 CDU: 592/599

Ficha catalográfica elaborada pela CCQC - Central de Controle de Qualidade da Catalogação da Biblioteca Universitária da UFMG

Este livro recebeu o apoio financeiro da Secretaria de Educação a Distância do MEC.

COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO DE TEXTOS DE BIOLOGIA: Gleydes Gambogi Parreira

EDITORAÇÃO DE TEXTOS: Ana Maria de Moraes

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO: Maria do Carmo Leite Ribeiro

REVISÃO DE PROVAS: Sayonara A. M. Gontijo e Vanessa Batista de Oliveira

PRODUÇÃO GRÁFICA: Warren M. Santos

PROJETO GRÁFICO e CAPA: Eduardo Ferreira

FORMATAÇÃO: Edwaldo Ferreira

EDITORA UFMG

Av. Antônio Carlos, 6.627 - Ala direita da Biblioteca Central - Térreo

Campus Pampulha - 31270-901 - Belo Horizonte - MG

Tel.: (31) 3499-4650 - Fax: (31) 3499-4768

www.editora.ufmg.br - editora@ufmg.br

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

Av. Antônio Carlos, 6.627 - Reitoria - 6º andar

Campus Pampulha - 31270-901 - Belo Horizonte - MG

Tel.: (31) 3499-4654 - Fax: (31) 3499-4060

www.ufmg.br - info@prograd.ufmg.br - educacaoadistancia@ufmg.br

O Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFMG, modalidade a distância, foi concebido tendo em vista dois princípios fundamentais. O primeiro deles se refere à democratização do acesso à educação superior; o segundo consiste na formação de professores de alto nível, comprometidos com a qualidade da educação no país.

A coletânea da qual este volume faz parte visa dar suporte aos estudantes do Curso. Cada volume está relacionado com um tema, eleito como estruturante na matriz curricular. Ele apresenta os conhecimentos mínimos que são considerados essenciais no estudo do tema. Isto não significa que o estudante deva se limitar somente ao estudo do volume. Ao contrário, ele é o ponto de partida na busca de um conhecimento mais amplo e aprofundado sobre o assunto. Nessa direção, cada volume apresenta uma bibliografia, com indicação de obras impressas e obras virtuais, que deverá ser consultada à medida que se fizer necessário.

Cada volume da coletânea está dividido em aula, que consistem em unidades de estudo do tema tratado. Os objetivos, apresentados em cada início de aula, indicam as competências e habilidades que o estudante deve adquirir ao término de seu estudo. As aulas podem se constituir em apresentação, reflexões e indagações teóricas, em experimentos ou em orientações para atividades a serem realizadas pelos estudantes.

Para cada aula ou conjunto de aulas, foi elaborada uma auto-avaliação, com o objetivo de levar o estudante a avaliar o seu progresso e a desenvolver estratégias de metacognição ao se conscientizar dos diversos aspectos envolvidos em seus processos cognitivos. A auto-avaliação auxiliará o estudante a tornar-se mais autônomo, responsável, crítico, capaz de desenvolver sua independência intelectual. Caso ela mostre que as competências e habilidades indicadas nos objetivos não foram alcançadas, ele deverá estudar com mais afinco e atenção o tema proposto, reorientar seus estudos ou buscar ajuda dos tutores, professores especialistas e colegas.

Agradecemos a todas as instituições que colaboraram na produção desta coletânea. Em particular, agradecemos às pessoas (autores, coordenador da produção gráfica, coordenadores de redação, desenhistas, diagramadores, revisores) que dedicaram seu tempo e esforço na preparação desta obra que, temos certeza, em muito contribuirá para a educação brasileira.

Maria do Carmo Vila
Coordenadora do Centro de Apoio à Educação a Distância
UFMG

	PARTE 1 – SISTEMÁTICA ANIMAL.	09
Aula 1	Introdução à sistemática animal	11
	Classificações	11
	1. Histórico da sistemática	12
Aula 2	Escolas taxonômicas	15
	A Escola numérica.	16
	A Escola gradista.	18
	A Escola filogenética	18
	Método cladístico	20
Aula 3	Conceitos de sistemática filogenética	21
	Reconstruções filogenéticas.	21
	Homologia	23
Aula 4	Séries de transformação: Plesiomorfia e Apomorfia	25
	Caracteres compartilhados: simplesiomorfias e sinapormorfias	25
Aula 5	Nomenclatura	27
	Os nomes dos táxons	27
Aula 6	Homonímia, sinonímia, prioridade	31
	Publicação, autoria e data.	32
	Tipificação	32
	Nomes do grupo da espécie	33
Aula 7	Coleções.	35
	Identificação	35
	Curadoria de coleções.	36
	Fontes de material para coleções.	39
	Permuta.	39
	Retenção.	40
Aula 8	Coleções didáticas	41
Aula 9	Coleções de pesquisa	43
	Grandes coleções gerais	43
	Coleções particulares	43

	Coleções regionais	43
	Coleções especiais	44
	Levantamentos faunísticos.	44
	Coleções de identificação	44
	Coleções de tipos	45
	Referências bibliográficas	45
	 PARTE 2 – SISTEMÁTICA VEGETAL	 47
Aula 1	Introdução à sistemática vegetal	49
	História, evolução e características dos principais sistemas de classificação de plantas	49
	Primeiros sistemas de classificação	50
	Herbalistas	50
	Sistemas de classificação artificiais	50
	Sistemas de classificação naturais	52
	Sistemas de classificação filogenéticos (filéticos).	53
	Sistemas de classificação fenéticos (taxométricos).	54
	Sistemas de classificação filogenéticos (cladísticos).	55
Aula 2	Fundamentos da nomenclatura botânica.	59
	Princípios da nomenclatura botânica	62
	Requerimentos para nomear uma nova espécie.	65
	Nomes de plantas cultivadas	65
	Nomes de híbridos	66
Aula 3	Métodos de identificação de plantas	67
	Bibliografia	74
	 PARTE 3 – MICROBIOLOGIA SISTEMÁTICA.	 77
Aula 1	Sistemática de microorganismos	79
	1. Introdução	79
	2. Fungos	79
	3. Bactérias	85
	4. Vírus	86
	5. Perguntas.	86

PARTE 1
SISTEMÁTICA ANIMAL

Sistemática animal

Mário de Maria
Ubirajara de Oliveira

CLASSIFICAÇÕES

Existem várias espécies animais, cada uma com suas particularidades. O estudo de tamanha diversidade se tornaria difícil sem a criação de um método que a organizasse. Criou-se, então, a ciência da Sistemática ou Taxonomia. Podemos definir a sistemática como a área da biologia dedicada ao levantamento, interpretação e classificação da biodiversidade. Os pesquisadores que estudam a sistemática são chamados de sistematas ou taxônomos.

Os “objetos” estudados pelos sistematas são os organismos vivos. Os organismos que compartilham caracteres biológicos são agrupados em *táxons* (o plural de *táxon* pode ser escrito como *táxons* ou *taxa*). Um *táxon*, então, pode ser definido como qualquer agrupamento de organismos, determinado por uma definição. Esta definição pode ser a existência de semelhanças morfológicas, moleculares, comportamentais, por algum relacionamento evolutivo e/ou ecológico, etc.

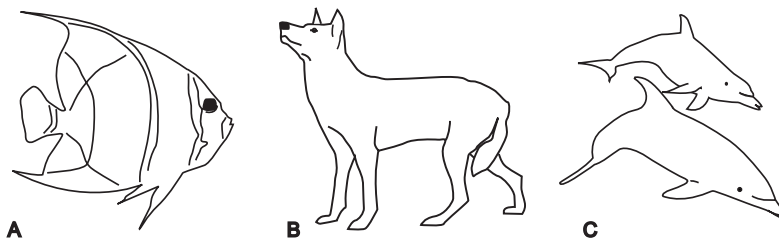


Figura 1: Considerando as espécies A, B e C, mostradas acima, podemos agrupá-las de diversas formas, utilizando diferentes critérios para isso. Se formarmos grupos levando em consideração o habitat e a morfologia externa, podemos formar um grupo com A e C, pois estes vivem em ambiente aquático e apresentam algumas semelhanças externas como nadadeiras, enquanto B é terrestre e não possui nadadeiras; se considerarmos um número maior de características, como endotermia, anatomia interna, presença de pêlos e glândulas mamárias, iremos agrupar B e C, ficando o organismo A excluído do grupo.

Não importando os organismos classificados, os táxons são considerados artificiais, pois as características escolhidas para se efetuar o agrupamento são escolhidas pelo pesquisador que o realiza. Portanto, várias classificações alternativas são encontradas para o mesmo grupo de organismos, cada uma levando em consideração características diferentes dos mesmos objetos.

Em contrapartida, existem organismos que descendem de outros que realmente existiram (ancestrais). Assim, os agrupamentos resultantes do estudo desses organismos não são abstrações dos taxônomos, mas sim entidades biológicas reais, históricas. Em outras palavras, estes agrupamentos não são definidos pelo pesquisador; são simplesmente descritos. Pensando assim, a classificação mais adequada para um grupo de organismos seria aquela que refletisse a sua história filogenética, ou seja, as relações evolutivas (parentescos) entre os organismos daquele grupo.

Conjuntos de táxons podem ser reunidos em unidades maiores, formando um sistema hierárquico. Cada táxon recebe um nome particular, que permite visualizar uma certa ordem na natureza biológica (lembre-se que um táxon corresponde a um conjunto de espécies que apresentam caracteres compartilhados).

As classificações biológicas são, assim, um depósito de informação, uma fonte sintética de informação sobre a ordem que nós somos capazes de perceber na diversidade biológica. Elas fornecem nomes e uma ordenação. Um leigo, um pesquisador não-sistemata ou um especialista em um grupo percebem nas classificações biológicas uma indicação da maior ou menor proximidade. Essa informação sobre a ordem, por sua vez, lança luz sobre o grupo em foco, permitindo compreender tanto o grupo como um todo quanto a evolução de uma característica ou conjunto de características compartilhadas por espécies desse grupo.

A classificação é o processo de ordenar objetos ou organizar objetos. Sempre classificamos as coisas, mas antes de classificá-las, é necessário nomeá-las; o que é função da taxonomia.

1 - HISTÓRICO DA SISTEMÁTICA

A classificação taxonômica dos organismos teve início formal no século XVIII, quando o naturalista sueco Carolus Linnaeus (ou simplesmente Lineu) criou um sistema de organização para os organismos, chamado de *Systema Naturae*. Em 1758, seu trabalho foi oficialmente adotado como o Código Internacional de Nomenclatura Zoológica.

A classificação lineana correspondia a um sistema de categorias hierárquicas onde cada uma seria entendida como um degrau, representando diferentes níveis de inclusão. Assim, um nível maior incluiria níveis menores. Originalmente, o sistema lineano continha apenas cinco

categorias hierárquicas: espécie, gênero, ordem, classe e reino. As espécies seriam a categoria mais basal (o primeiro degrau) e o reino seria a categoria máxima de agrupamento (o degrau mais alto). Assim, cada gênero agruparia várias espécies relacionadas; cada ordem agruparia vários gêneros relacionados, cada classe agruparia diversas ordens relacionadas e cada reino agruparia diversas classes relacionadas.

Com o aumento no conhecimento da biodiversidade, as cinco categorias taxonômicas propostas por Lineu tornaram-se insuficientes para classificação dos seres vivos. Surgiram então novas categorias, intermediárias às propostas por ele, como: família, filo, tribo e suas subdivisões, sub-, super-, infra, etc. (sub-famílias, super-classes, infra-ordens, por exemplo).

REINO

FILO

CLASSE

ORDEM

FAMÍLIA

GÊNERO

ESPÉCIE

Escolas taxonômicas

A questão das bases lógicas e filosóficas de cada escola de Sistemática é complexa, e, em muitos casos, não é bem compreendida por alguns adeptos da escola que dominam a técnica e não sua fundamentação.

Não é muito fácil sintetizar a diversidade de escolas de sistemática, mas pode-se considerar pelo menos cinco linhas principais: essencialista, catalogatória, numérica, gradista e filogenética. Nelas é possível encontrar visões diferentes para o significado dos táxons e dos métodos de construí-los. A seguir, uma discussão preliminar desses aspectos nessas escolas.

A ESCOLA LINEANA

A Escola Lineana original fundamenta-se na lógica aristotélica e na visão de mundo de Aristóteles: existem essências e essas essências podem ou não ser compartilhadas por duas ou mais espécies. Assim, reunir espécies em táxons, em uma abordagem lineana, significa indicar a existência de uma essência compartilhada entre elas. Contudo, mesmo rejeitando uma ontologia essencialista, pode-se manter esse método de reunir táxons com base em semelhanças compartilhadas, na verdade um método intuitivo de comparação de semelhanças. Hoje em dia, talvez a maioria dos sistematas ainda pratique sistemática utilizando essa lógica, sem qualquer noção clara dos aspectos ontológicos envolvidos.

A ESCOLA “CATALOGATÓRIA”

Esta não é propriamente uma escola, mas uma prática descompromissada de determinados sistematas. Muitos taxônomos não têm formação evolutiva ou interesse particular no conhecimento da evolução biológica e assumem que o trabalho do sistemata — supostamente o melhor conhecedor de um determinado grupo de organismos — é simplesmente o de propor sistemas de classificação que sejam úteis. O sistema de classificação, conseqüentemente, não passaria de um

catálogo de espécies, sem conexão obrigatória com os processos que geram a diversidade de organismos e de suas características. Não há discussão da questão ontológica subjacente, uma vez que a prática sistemática desse ponto de vista não é considerada atividade científica, mas uma mera ferramenta operacional. Criar táxon conhecendo um grupo é não mais que reunir espécies semelhantes e separar espécies distintas por decisões assumidamente arbitrárias. Há de se observar que seria uma postura honesta, ainda que o resultado seja, muitas vezes, deficiente. Se se pretende, diversamente, que a classificação tenha alguma relação com o processo evolutivo e com padrões, há de se rejeitar essa prática taxonômica.

A ESCOLA NUMÉRICA

A Taxonomia Numérica, muitas vezes, referida como “Escola Fenética”, surgiu como escola taxonômica junto com os primeiros computadores eletrônicos disponíveis nos Estados Unidos para pesquisa no final da década de 1950. O trabalho de Michener e Sokal (1957) efetivamente inaugura essa abordagem. No início da década de 1960, surge o livro de Sokal e Sneath (1963), com as bases conceituais da escola. Operações numéricas extensas, que não podiam ser executadas manualmente até o final da década de 1950 passaram a ser viáveis com as novas calculadoras e computadores de cartão perfurado. Análises numéricas das semelhanças médias para um conjunto grande de características de espécies passaram a ser possíveis. A proposição da abordagem para a Sistemática foi influenciada por fatos diferentes:

1. a dificuldade em lidar e explicar os padrões aparentemente incongruentes da evolução;
2. o subjetivismo das decisões dos sistemas tradicionais, que criavam ou desfaziam táxons com base em um ou poucos caracteres e sem critérios definidos;
3. pelo interesse em desenvolver um sistema operacional “ágil” para atividades de identificação taxonômica, aproveitando os recursos computacionais disponíveis.

Os métodos fenéticos dão tratamento numérico a matrizes de dados, produzindo diagramas ramificados — fenogramas — em que a reunião ou separação de táxons se faz com base na semelhança média dos caracteres apresentados na matriz de dados. Supostamente, quanto maior o número de caracteres de um grupo inseridos em uma matriz, maior a estabilidade do sistema, uma vez que se aproximaria cada vez mais do “número total de caracteres”.

Um dos argumentos utilizados pela Escola Fenética para tentar demonstrar a superioridade de seu sistema (também usado pela Escola Gradista) é que a quantidade de informação utilizada para

construir o sistema (em princípio, a informação introduzida no sistema) era maior que das outras escolas. A questão da quantidade de informação no sistema passou, assim, a fazer parte do debate entre as escolas de sistemática. A crítica feita pelos filogeneticistas a esse argumento é que não importa quanta informação se utiliza para construir um sistema (a classificação), senão quanta informação alguém pode tirar deste.

A fragilidade maior da sistemática fenética é ontológica, ao menos aos olhos de quem se interessa por evolução. Do mesmo modo que na sistemática tradicional, um táxon construído feneticamente expressa apenas que o conjunto de espécies reunidas tem uma semelhança média maior entre si que qualquer uma delas em relação a outras que não pertençam ao grupo, as semelhanças entre espécies podem ser devido a características plesiomórficas, apomórficas ou homoplásticas. Analisando uma classificação fenética, no entanto, não é possível determinar *a priori* que tipo de semelhança (evolutivamente falando) existe entre os grupos, ou seja, que tipo de agrupamentos são formados do ponto de vista do parentesco. O fenograma informa apenas que “há uma maior semelhança entre eles”. O resultado da análise fenética é a produção de classes essencialistas, abstratas, descompromissadas de significado biológico e histórico.

Aparentemente, as limitações do tipo de relações que os fenogramas expressam e os debates sobre o método hennigiano de análise filogenética nos 15 anos após a publicação do “Phylogenetic Systematics” influenciaram o desenvolvimento ulterior da Sistemática Fenética. Em 1984, Sokal publicou uma série de artigos em que tentava demonstrar que alguns dos métodos numéricos fenéticos seriam os mais confiáveis para a obtenção de filogenias. Isso decretou o falecimento da Escola Fenética em seu sentido puramente operacional. O foco de atenção da escola “fenética” passou a estar na tentativa de desenvolver métodos filogenéticos numéricos (estejamos ou não de acordo com eles) alternativos à parcimônia, e não mais em uma sistemática puramente numérica, divorciada de problemas evolutivos, como ocorreu no início da década de 1960.

Apesar da mudança de postura dos fundadores da sistemática fenética em relação a pontos fundamentais, muitos taxônomos continuaram a operar algoritmos numéricos com objetivos fenéticos. Isso talvez se deva, na maioria dos casos, à falta de compreensão por parte de muitos desses taxônomos das questões teóricas subjacentes; em outros, mesmo, por convicção sobre as supostas vantagens dos princípios operacionais dessa escola. Alguns autores mantiveram o método fenético “somente para o nível de espécie”, como se os problemas ontológicos nesse nível fossem diferentes dos demais. Finalmente, em alguns casos, passou-se a usar vários programas numéricos fenéticos e filogenéticos, para o mesmo conjunto de dados, comparando-se diretamente os resultados, sem se aperceber de que eles são intrinsecamente incomparáveis.

A ESCOLA GRADISTA

As críticas à Escola Gradista, às vezes chamada, talvez indevidamente, de Escola Evolucionista são de outra espécie. Os gradistas têm a intenção declarada de trabalhar com o conhecimento sobre a história filogenética e, exceto por alguns aspectos, o método filogenético é aceito como tecnicamente correto (veja Mayr, 1974). Contudo, os gradistas, de modo geral, não crêem que a classificação deva ser um reflexo inequívoco das relações filogenéticas entre os táxons (Darlington, 1970; Mayr, 1974; Ashlock, 1974). A classificação deveria, no entender dos defensores dessa escola, incluir informações que não exclusivamente as relações de parentesco, contendo, portanto, uma visão mais genérica da história evolutiva de um grupo.

O conceito subjacente mais importante nessa escola é o de grau evolutivo ou GRADO (em inglês, grade). Dado um grupo qualquer, sua evolução sempre começa com um conjunto de características “adaptativas” (ou características ligadas à interação com o ambiente). Tais como: nicho, comportamento, alimentação, reprodução. Ao longo da evolução do grupo, no entanto, ocorre, muitas vezes, a mudança dessas características autoecológicas. Com isso, entre os descendentes de uma espécie ancestral, um ou mais subgrupos diferenciam-se em características ligadas ao ambiente em que vivem, alcançando um novo grau evolutivo.

A ESCOLA FILOGENÉTICA

Willi Hennig em seu livro *Sistemática filogenética* revolucionou o significado da sistemática, o centro da proposta de Hennig é que as classificações biológicas devem ser um reflexo inequívoco do conhecimento atual sobre as relações de parentesco entre os táxons. Isto é, todos os táxons da classificação devem ser monofiléticos e todas as informações entre grupos-irmãos devem estar expressas. Como só existe uma filogenia verdadeira para a diversidade biológica, só haveria uma classificação possível (ainda que possa haver discordância entre várias hipóteses). Desse modo, o leitor que tiver uma classificação filogenética em mãos tem também a filogenia proposta para o grupo.

A discussão de Hennig (1966) para justificar seu sistema de classificação é longa e detalhada. A criação de classificações corresponde à criação de sistemas de classes e à atribuição de nomes às classes. As classificações fazem parte do universo cognitivo. Hennig deixa claro que todas as maneiras possíveis de construir classificações biológicas são igualmente válidas e legítimas. Por outro lado, a existência de propostas antagônicas de classificação é extremamente improdutiva, de maneira que se deve adotar uma única classificação que possa servir como sistema geral de referência. Essa deve ser a classificação

mais útil para os propósitos inicialmente delineados. As classificações filogenéticas têm esse perfil. Quando se toma uma única característica ou um conjunto particular de características como base para erigir uma classificação, constroem-se táxons que podem não refletir (e normalmente não refletem) a evolução dos demais caracteres. Ou seja, não é possível compreender a evolução de todos os caracteres através da evolução de um caráter em particular. Por outro lado, uma vez que os caracteres se originam dentro da filogênese (ou seja, em espécies ancestrais), todos os caracteres podem, em princípio, ser compreendidos com o conhecimento da filogenia dos grupos.

São inúmeros os exemplos que podem ser fornecidos para ilustrar esse poder das classificações filogenéticas. Todas as características evoluem através da filogenia, e qualquer caráter pode ter sua evolução compreendida à luz da filogenia do grupo. Assim, um pouco de treino de “leitura” de classificações filogenéticas torna essas classificações uma fonte fantástica de informação e uma ferramenta de uso comum por fisiólogos, ecólogos, taxônomos, bioquímicos, etc.

É evidente que a dificuldade de se obterem filogenias precisas para alguns grupos poderia ser vista como uma limitação da proposta hennigiana de construir classificações filogenéticas, uma vez que a alteração da filogenia aceita para um grupo sempre resulta em algum grau de modificação na classificação filogenética desse mesmo grupo. Essa crítica, contudo, tem várias fraquezas. A primeira delas é que a diretriz da Sistemática Filogenética é representar nas classificações o conhecimento atual das relações filogenéticas em um grupo. Se nada é conhecido das relações de parentesco em um grupo, é construída uma classificação para o grupo, que indica a ausência de conhecimento; se pouco é conhecido das relações filogenéticas no grupo, esse pouco conhecimento pode ser representado inequivocamente na classificação; se as relações de parentesco estão completamente esclarecidas, faz-se com que a classificação reflita a filogenia completa conhecida para o grupo. Às vezes, há propostas efetivamente diferentes para a filogenia de um grupo, ao menos em certos níveis. Nessa situação, pode-se ao adotar uma das filogenias aceitas, indicando a autoria da proposta, ou pode-se gerar uma filogenia (e, conseqüentemente, uma classificação) de consenso, em que apenas os pontos de concordância entre as propostas são expressos.

A idéia de evolução, como a entendemos hoje, tem certas conseqüências importantes. Uma delas é que quaisquer duas espécies devem ter pelo menos uma espécie ancestral comum. De quaisquer três espécies atuais, duas têm uma ancestral comum que não é comum à terceira — exceto se as três foram originadas simultaneamente. Se aplicarmos esse raciocínio a todas as espécies, obteremos a imagem de uma enorme sequência de divisões que se fragmentaram desde a primeira espécie ancestral de todos os seres vivos até as espécies existentes hoje em dia (supondo-se que a vida na Terra tenha surgido

uma única vez). Ao conjunto dessa história de ancestralidade entre todas as espécies denominamos, genericamente, Filogenia. Secundariamente, chamamos de filogenia o diagrama que representa essa história. Talvez valha a pena realçar que existe uma e apenas uma história das relações entre as espécies.

MÉTODO CLADÍSTICO

Antes de discutir o método de análise filogenética, é necessário considerar uma questão singular da Biologia Comparada: é impossível recuperar a história completa das relações de parentesco entre os grupos. Isso ocorre porque a maioria absoluta das espécies extintas não está preservada através de fósseis e porque ainda se conhece apenas uma parte pequena das espécies recentes. Assim, qualquer reconstrução filogenética contará apenas com uma parte das espécies que existem e existiram. Por outro lado, só conhecemos uma parte ínfima das características biológicas de todos os grupos considerando a biologia, bioquímica, citologia, comportamento, fisiologia, histologia, morfologia dos organismos, etc. Assim, é forçoso ter em mente que a veracidade das afirmações sobre nosso conhecimento da evolução dos organismos limita-se aos táxons e aos caracteres amostrados.

Conceitos de sistemática filogenética

Apomorfia: Estado derivado de um caráter em uma série de transformação. O conceito envolve tanto a questão de tempo quanto a de forma. Uma apomorfia é uma condição mais recente que outra homóloga, preexistente, a partir da qual ela se originou. Ela é a condição de uma estrutura que resultou da ocorrência de uma ou mais mutações, alterando a forma plesiomórfica correspondente.

Plesiomorfia: A condição mais antiga de uma série de transformações.

Sinapomorfia: Compartilhamento da condição apomórfica de um caráter por um grupo, supostamente exclusiva dele.

Simplesiomorfia: Compartilhamento da condição plesiomórfica de um caráter por um conjunto de populações ou de espécies, considerando uma forma apomórfica derivada dela.

Monofiléticos: É um grupo formado por uma espécie ancestral e todos os seus descendentes.

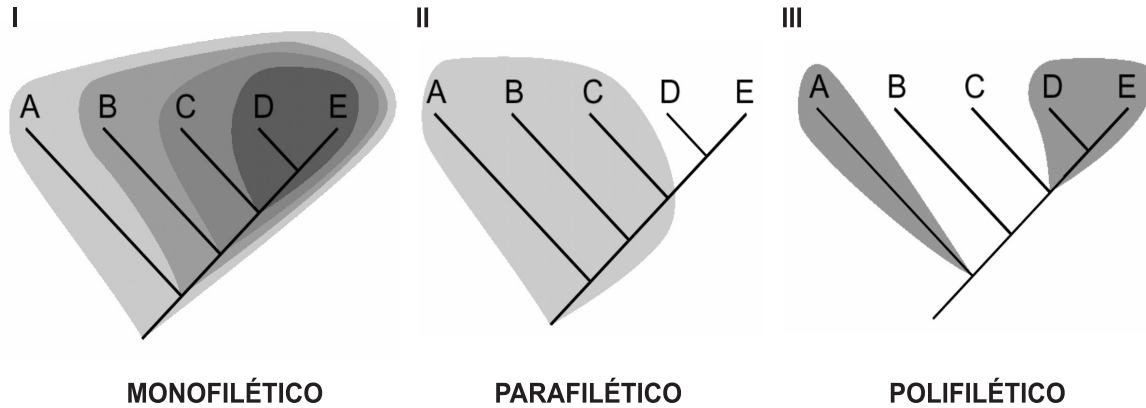
Polifiléticos: É um grupo definido por caracteres não homólogos, ou homoplásticos, que agrupa táxons que não apresentam um ancestral direto.

Parafiléticos: É um grupo formado por uma espécie ancestral, mas que não inclui todos os seus descendentes.

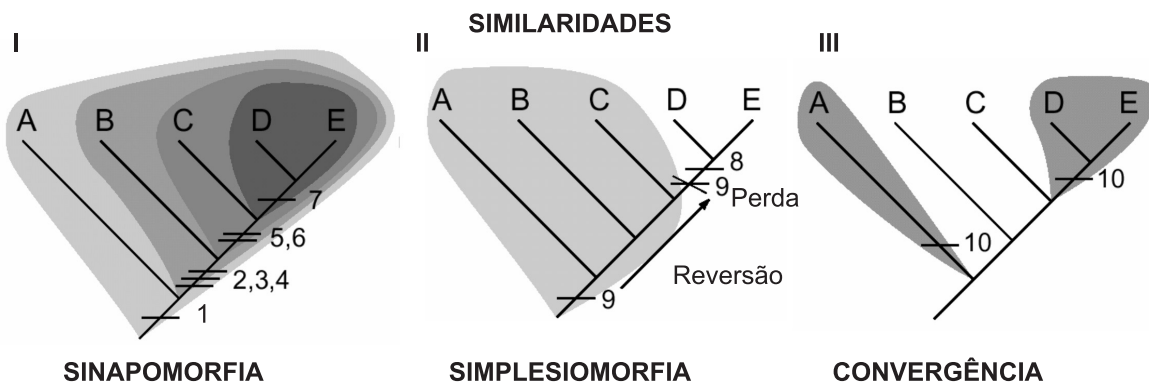
RECONSTRUÇÕES FILOGENÉTICAS

Reconstruindo ou estimando a árvore evolutiva, nós podemos formar grupos com os táxons, ou descrever o estado de um caráter em particular. O estado derivado de um caráter é chamado de Apomorfia; o estado primitivo de um caráter, Plesiomorfia. A Sinapomorfia é um caráter derivado comum a vários táxons, sugerindo uma relação próxima entre eles. A Simplesiomorfia é um estado primitivo presente em vários táxons; os táxons que apresentam uma simplesiomorfia não estão, necessariamente, proximamente relacionados evolutivamente.

- Os membros de um grupo Monofilético são unidos por similaridades homólogas chamadas Sinapomorfias.
- Os membros de um grupo Parafilético são normalmente unidos por similaridades homólogas chamadas Simplesiomorfias.
- Os membros de um grupo Polifilético são normalmente agrupados por similaridades não homólogas, chamadas de Convergências.



Exemplo: Considerando-se cinco espécies, A, B, C, D e E, e suas relações filogenéticas, podemos agrupá-las de diversas formas, em I as espécies foram reunidas por Sinapomorfias, formando um grupo Monofilético; em II as espécies foram agrupadas por Simplesiomorfias, formando um grupo Parafilético, que excluía as espécies D e E; em III o grupo formado por A, D e E foi baseado em Homoplasias, como este grupo não possui um ancestral comum direto, ele é Polifilético.



Exemplo: Em I, o caráter 1 é uma apomorfia (caráter exclusivo) comum a todas as espécies do cladograma, sendo, portanto, uma Sinapomorfia deste grupo; em II, o caráter 9 é uma plesiomorfia comum às espécies A, B e C, (Simplesiomorfia), sendo que esta característica foi perdida no ancestral de D e E, portanto, estes apresentam a característica presente antes do surgimento do caráter 9 (ausência do caráter 9), ocorreu uma Reversão; em III, o caráter 10 surge independentemente duas vezes na árvore por Convergência.

HOMOLOGIA

Estruturas em duas espécies diferentes são homólogas se esta estrutura existia no ancestral comum mais recente entre as duas espécies. Estas devem ser entendidas como o resultado de cópias da estrutura que existiu em sua espécie ancestral comum mais recente entre os grupos envolvidos.

Estruturas homólogas podem ser iguais ou não. Os braços direitos de dois homens são homólogos; do mesmo modo, o braço do homem é homólogo a asa de um beija-flor. Assim, estruturas homólogas podem ser virtualmente idênticas ou bastante diferentes.

Como não temos acesso direto à história dos grupos, a proposição de que duas estruturas são homólogas baseia-se em evidências indiretas.

- Consideram-se homólogas estruturas de indivíduos diferentes que, em suas partes componentes e em seu conjunto, são notoriamente semelhantes, ou seja, que têm formas parecidas.
- Estruturas com mesma origem ontogenética, estruturas homólogas em diferentes indivíduos, formam-se a partir de células ou conjuntos celulares que ocupam posição similar em estágios embrionários iniciais de uma mesma sequência de modificações.

De um ponto de vista evolutivo, o bico de um papagaio e de um beija-flor pode ser considerado homólogos (ou homogenéticos), mesmo sendo diferentes entre si, porque a espécie ancestral comum às duas espécies, supostamente, também apresentava bico. Nesse caso, o que houve foram modificações diferenciais na forma do bico, ao longo da história, a partir da espécie ancestral comum mais recente entre elas, as quais acabaram por originar o papagaio e o beija-flor. A semelhança entre o braço direito de dois indivíduos humanos deve-se à sua ancestralidade comum, sem que surgissem características diferenciais evidentes.

As asas de um morcego e as asas da ema, por outro lado, não podem ser consideradas homólogas. Uma comparação cuidadosa entre a forma e a posição das asas de um morcego e da ema mostra que elas diferem de diversas maneiras: na ave, as membranas alares ligam a parte distal do membro anterior ao tórax; em um morcego, as membranas estendem-se entre dedos extremamente alongados do membro anterior. A semelhança é superficial. Como há um grande número de outros caracteres os quais mostram que os morcegos formam um subgrupo de mamíferos, pode-se inferir que as modificações genéticas que produziram aquilo que se chama de "asa" em um e em outros desses grupos surgiram duas vezes, em ancestrais independentes. Além disso, há muitas evidências de que a espécie ancestral mais recente comum a aves e morcegos, o ancestral de todos os Amniota, não apresentava asa.

Essa conceituação genérica de homologia não é particularmente complexa e é de assimilação relativamente direta. Apenas é necessário ter claro que, dentro de um paradigma evolutivo, ao se fazer uma afirmação de homologia de uma estrutura em grupos distintos, está sempre implícita uma afirmação de que essa estrutura, supostamente, esteve presente na espécie ancestral comum mais recente entre os grupos envolvidos.

Duas estruturas que são similares, mas não são homólogas, são chamadas de Homoplásticas. Homoplasias incluem convergências (ou paralelismo) e reversões. Estruturas em duas espécies são convergentes se o ancestral comum das duas espécies não possuía esta estrutura. A REVERSÃO existe quando o caráter existente em determinada espécie não existia em seu ancestral imediato, mas existia em um ancestral distante.

Exemplo: a ausência de membros nas cobras é uma reversão para a condição observada nos cefalocordados, porque o ancestral imediato das cobras possuía membros. Pela ausência de membros, as cobras e os cefalocordados são similares, isso é homoplasia, especificamente um caso de reversão.

Estrutura pode ser considerada qualquer parte do corpo, no sentido de qualquer expressão fenotípica (morfológica, comportamental, fisiológica etc.) ou qualquer porção do DNA, por exemplo, um cromossomo, um gene, um conjunto de bases ou uma única base.

Fala-se em Caráter quando são consideradas as diferenças entre estruturas homólogas de organismos diferentes. Ou seja, fala-se em caráter quando há modificações envolvidas. Assim, não faria sentido falar em “caracteres homólogos”, mas sim em estruturas homólogas ou em condições homólogas de caracteres.

Caráter corresponde àquilo que foi modificado em uma estrutura; é a diferença entre uma condição apomórfica e uma condição plesiomórfica. Muitas vezes, na literatura, utiliza-se caráter como sinônimo de novidade evolutiva ou mutação, o que seria correto. O que importa, no entanto, é diferenciar entre a mutação em si (o caráter) e a forma particular de uma estrutura, gerada pela mutação.

Séries de transformação: Plesiomorfia e Apomorfia

Anagênese é um processo que ocorre apenas no nível da espécie. Se, em uma espécie, surgiu e se fixou uma novidade evolutiva (uma mutação), então, todas as suas espécies descendentes serão herdeiras dessa modificação. Logo, o conjunto de espécies que compartilha a condição modificada de um caráter descende da espécie ancestral na qual essa condição modificada surgiu.

Na anagênese ocorre modificação na forma (em um sentido amplo) de qualquer ramo filético. Nesse processo geral, estão envolvidos mutação, recombinação, seleção, deriva genética e fixação de alelos.

Cladogênese: é a fragmentação de um ramo filético (conjuntos de populações que apresentam efetivamente fluxo genético) em dois ou mais ramos isolados, que passam a evoluir independentemente. Nesse processo, são fatores causais a vicariância e a dispersão.

A conjunção dos processos de cladogênese e anagênese gera a evolução biológica, tal qual a conhecemos. Anagênese sem cladogênese geraria diferenciação em um único ramo, sem sua fragmentação. Cladogênese sem anagênese provocaria um aumento no número de ramos espacialmente separados, mas iguais entre si. Anagênese e cladogênese geram a diversidade. A extinção é um terceiro processo que altera o padrão final gerado pela evolução de um grupo.

CARACTERES COMPARTILHADOS: SIMPLESIOMORFIAS E SINAPOMORFIAS

Cada caráter tem sua própria história de origem e diferenciação. Adotar a teoria da evolução como explicação para a diversidade biológica implica necessariamente em aceitar não somente que os táxons, mas também que suas estruturas se interconectam no passado. Todas as características biológicas de moléculas orgânicas fundamentais à própria linguagem podem ser representadas por pares de condições homólogas, em que a mais antiga foi a base a partir da qual a mais recente surgiu.

Apomorfias e plesiomorfias, obviamente, não existem como entidades isoladas, independentemente das espécies. Na verdade, as diferentes condições de uma estrutura são compartilhadas pelos indivíduos de uma ou mais espécies. Assim, os estados de uma série de transformação são chamados plesiomórficos e apomórficos, sendo que o compartilhamento desses estados dos caracteres por grupos é denominado Simplesiomorfia e Sinapomorfia. Ou seja, diz-se que um determinado caráter é simplesiomórfico para um determinado grupo, ou sinapomórfico para um determinado grupo. De outra maneira, diz-se que um caráter é uma sinapomorfia de um grupo ou uma simplesiomorfia de um grupo.

A aplicação desses termos é direta. Um caráter é sinapomórfico para o conjunto de todas as espécies que compartilham sua condição apomórfica. Do mesmo modo, um caráter é simplesiomórfico para o conjunto de todas as espécies que compartilham a condição plesiomórfica de um caráter.

Exemplo: A presença de pêlos é sinapomórfica para os mamíferos; a presença de celoma é sinapomórfica para os celomados; a presença de tecidos organizados é uma sinapomorfia dos Eumetazoa; a presença de mandíbulas (nos vertebrados; não confundir com a estrutura homônima dos artrópodes) é uma sinapomorfia dos Gnathostomata. Por outro lado, a ectotermia, a ausência de mecanismos fisiológicos para manter a temperatura do corpo constante, é uma condição plesiomórfica compartilhada pelos “répteis”.

Sempre que um nome de táxon é apresentado, aqui, entre aspas significa que não há certeza sobre sua condição monofilética ou que há certeza sobre sua condição não-monofilética.

O reconhecimento de uma sinapomorfia em um grupo corresponde, assim, à união do conhecimento de uma condição apomórfica ao conhecimento da distributividade dessa condição, isto é, de qual é o conjunto de espécies que compartilha essa condição. O mesmo raciocínio aplica-se às simplesiomorfias. As implicações do conhecimento sobre sinapomorfias e simplesiomorfias, contudo, são distintas.

Nomenclatura

A nomenclatura zoológica — sistema de nomes aplicados aos táxons animais — é regida pelo Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICZN, 1985), um sistema de regras e recomendações acerca da maneira correta de compor e aplicar os nomes zoológicos. Na Taxonomia Biológica, há outros códigos de nomenclatura, aplicáveis à botânica e à microbiologia. O código zoológico, doravante referido simplesmente como Código, é independente dos demais, isto é, só conhece suas próprias regras e recomendações. Nenhum preceito de qualquer dos outros códigos afeta a nomenclatura zoológica.

OS NOMES DOS TÁXONS

Os nomes zoológicos são palavras latinas ou latinizadas. Em grande parte, as palavras latinizadas provêm da língua Grega Clássica, mas há também um bom número de vocábulos de várias línguas modernas ou mesmo, no caso dos nomes de gêneros e espécies, palavras arbitrariamente formadas.

Os nomes podem ser uninominais, binominais e trinominais, isto é, são nomes compostos de uma, duas ou três palavras. Os nomes das espécies são binominais; das subespécies, são trinominais; os demais são uninominais. Os nomes específicos e subespecíficos escrevem-se sempre com inicial minúscula; os demais com inicial maiúscula. Os nomes genéricos, subgenéricos, específicos e subespecíficos costumam ser escritos de forma que fiquem destacados do restante do texto em que aparecem. Para tanto, são escritos em grifo (ou itálico) e, quando usados em manuscritos, costumam ser sublinhados. Esse preceito, porém, é apenas uma recomendação, não uma regra, ou seja, não é obrigatório.

Todos esses preceitos podem ser assim exemplificados:

- *nomes de filós*: Labyrinthomorpha, Gnathostomulida, Loricifera, Echinodermata, Pogonophora, Chordata;

- *nomes de classes*: Xiphosura, Arachnida, Aves, Mammalia, Gastropoda, Monoplacophora;
- *nomes de coortes*: Mutica, Glires, Ferungulata, Unguiculata;
- *nomes de ordens*: Odonata, Coleoptera, Passeriformes, Chelonia, Chiroptern, Primates;
- *nomes de superfamílias*: Ichneumonoidea, Formicoidea, Caraboidea;
- *nomes de famílias*: Ichneumonidae, Formicidae, Carabidae, Scarabaeidac;
- *nomes de subfamílias*: Ichneumoninae, Formicinae, Carabinae;
- *nomes de tribos*: Ichneumonini, Formicini, Carabini, Scarabaeini;
- *nomes de gêneros*: *Hammerschmidtella*, *Dero*, *Acanthomacrostomum*, *Perisymmorphocephalus*, *Caranx*, *Bovicola*, *Alloglossidium*, *Cercopithecus*, *Oedcniii* gena;
- *nomes de subgêneros*: *Drosophila*, *Siphlodora*, *Dero*, *Allodero*, *Aulophorus*;
- *nomes de espécies*: *Alloglossidium hirundicola*, *Archinemestrius knratn victi*, *Branchiostoma lanceolatum*, *Jamoytius kenuoodi*, *Phyllophaga peccatus*, *Rhynophylla fischeriae*, *Stegastes sanctipaiili*;
- *nomes de subespécies*: *Hacmatopus ostralegus occidentalis*, *Phalacrocorax carbo carbo*, *Phalacrocorax carbo sinensis*.

Há ainda características a observar acerca desses nomes. Todos os nomes supragenéricos são substantivos no nominativo plural, isto é, teriam tradução deste tipo: os animais, os aracnídeos (ou os arácnidos), os coleópteros, as aves, os carabídeos (ou os carábidos). Os nomes de gêneros e subgêneros são substantivos no nominativo singular.

Se compararmos os nomes do grupo da família com os nomes de táxons mais elevados, veremos diferenças estruturais interessantes. Os primeiros possuem sufixos peculiares que os identificam como pertencentes a determinada categoria, os outros não. Pachylinae só pode ser uma subfamília; pois o sufixo “inae” é restrito a subfamília, assim como o sufixo “idae” é restrito a família, mas, só pela observação do nome, não há como saber, por exemplo, o que é *Cyphophthalmi*. Os nomes de gêneros, espécies e subespécies são prontamente identificáveis como tais.

Nos nomes binominais e trinominais, a primeira palavra é sempre o nome do gênero a que pertence a espécie ou a subespécie. A segunda palavra do binômio, a segunda e a terceira do trinômio se escreve sempre com minúscula. A primeira, nos dois casos, se escreve sempre com maiúscula.

Se quisermos citar o subgênero a que pertence uma espécie, citamos o nome entre parênteses: *Dero (Aulophorus) carteri*, *Dero (Aulophorus) borellii*. No caso de subespécies, teríamos, por exemplo, *Dero (Aulophorus) borellii borellii* e *Dero (Aulophorus) borellii marcusae*. Nesses casos, o Código determina explicitamente que o nome do subgênero não faz parte do nome da espécie. Assim, o nome de uma espécie é sempre binominal e o de uma subespécie é sempre trinominal. Não há nomes tetranominais.

Homonímia, sinonímia, prioridade

Chama-se homonímia o fato de um mesmo nome ser aplicado a dois ou mais táxons do mesmo grupo. O Código proíbe, terminantemente, homônimos dentro do grupo da família em todo o Reino Animal. O mesmo vale para o grupo do gênero. No grupo da espécie, é proibida a homonímia dentro de cada gênero. Assim, *Platyprosopus bruchi*, *Bledius bruchi* e *Steinis bruchi* não são homônimos, embora a segunda palavra seja a mesma nos três casos, os binômios são diferentes. Também não são homônimos o nome genérico *Ensifera* (aves), o nome específico *Ensifera ensifera* e o nome da subordem ou ordem Ensifera (insetos ortopteróides).

Nos grupos do gênero e da espécie, basta a diferença de uma letra para que não ocorra homonímia. Não são homônimos nomes muito parecidos, como *Cosmisoma* e *Cosmosoma*, *Rhagio* e *Rhagium*. Também não são afetados pela proibição de homonímia os nomes genéricos zoológicos que forem idênticos a nomes de vegetais ou microorganismos, como *Dracaena* (um lagarto) e *Dracaena* (uma planta, família *Agavaceae*). Isso se deve ao princípio da independência do Código Zoológico.

No grupo da família, entretanto, a homonímia apresenta aspectos curiosos, à primeira vista estranhos. Os nomes *Chrysopidae* (uma família de *Neuroptera*) e *Chrysopinae* (uma subfamília de *Diptera*) são homônimos. Os nomes do grupo da família são caracterizados por sufixos, e o Código, no tratamento da homonímia, desconsidera os sufixos. Assim, são homônimos nomes do grupo da família cuja única diferença seja o sufixo.

Chama-se sinonímia a circunstância de um táxon ter dois ou mais nomes distintos. Também proibida pelo Código, a sinonímia é de ocorrência muito comum e, quando descoberta, deve ser corrigida. Por diversos tipos de erros de interpretação ou por ignorância da atividade de outros zoólogos, alguém pode propor um nome para o que pensa ser uma nova espécie, sem se dar conta da existência de um nome prévio. A sinonímia pode ocorrer em todos os níveis taxonômicos.

Para resolver os casos de homonímia e sinonímia, o Código lança mão do princípio da prioridade. Este é o princípio mais importante do Código e resolve a maioria das pendências nomenclatórias. De dois ou mais sinônimos ou homônimos, vale o mais antigo. Em caso de sinonímia, o *sinônimo sênior* é nome válido e todo *sinônimo júnior* deve ser descartado. Em caso de homonímia o táxon que tem o *homônimo sênior* é privilegiado e fica de posse do nome, o táxon que possui um homônimo júnior deve receber um nome novo.

PUBLICAÇÃO, AUTORIA E DATA

Ligadas ao importante problema da prioridade, temos as questões da publicação, da autoria e da data de um nome. Todo nome zoológico, para ser válido, deve ser devidamente publicado. Para ser considerado “devidamente publicado”, no sentido do Código, um trabalho que contenha dados de interesse da nomenclatura deve ser impresso com o propósito de fornecer um registro científico permanente, deve estar disponível para compra ou permuta na ocasião da publicação e deve ser parte de uma edição que contenha cópias simultâneas feitas por um método que garanta numerosas cópias idênticas. Hoje em dia isso significa, com relativamente poucas exceções, que o trabalho deve ser publicado em algum periódico especializado. O Código ressalta que teses (dissertações de mestrado e teses de doutorado, pelo menos como feitas na atualidade), não constituem publicação nesse sentido.

Todo nome publicado tem autor e data de publicação. O autor de um nome é a pessoa que o publicou pela primeira vez como nome de um táxon. Podem existir dois ou mais autores para um mesmo nome.

Segundo o Código, autoria e data não fazem parte do nome de um táxon, mas podem ser citados em conjunto. Pode-se também citar apenas o autor, sem a data. Assim, podemos escrever *Nemestrinus Latreille, 1802*, ou, simplesmente, *Nemestrinus Latreille*. O nome do autor segue imediatamente o nome do táxon e a data, separada por vírgula, segue o nome do autor. Uma espécie ou uma subespécie podem ser inferidas de um gênero para outro, em obediência a novos conceitos e arranjos taxonômicos. Nesse caso, cita-se o nome do autor e a data entre parênteses. A espécie originalmente descrita como *Rhynchocephalus tauscheri* Fisher, 1812, é hoje citada como *Neorhynchocephalus tauscheri* (Fischer, 1812). É bom lembrar que essas mudanças de gêneros são potencialmente reversíveis.

TIPIFICAÇÃO

Além do princípio da prioridade, já explicado, o Código usa um outro, também muito importante, para atingir seu quádruplo objetivo. Nós o chamaremos de princípio da tipificação. O Código não oferece uma definição geral de tipo, mas podemos tentar uma:

O tipo de um nome N de um táxon T é um objeto x, pertencente a T e designado como fixador de N (Bernardi, 1980).

Basicamente, um tipo é um objeto que fixa um nome aplicado a um táxon que contém esse objeto. O tipo de um nome do grupo da família é um gênero-tipo. O tipo de um nome genérico ou subgenérico é uma espécie-tipo. O tipo de um nome específico ou subespecífico pode ser um espécime ou um conjunto de dois ou mais espécimes. O espécime pode ser um animal ou qualquer parte de um animal; pode também ser uma colônia ou parte de uma colônia, de um coral, por exemplo; em se tratando de fósseis, o tipo pode ser o trabalho do animal ou, desde que sejam naturais, uma substituição, uma impressão, unimolde ou um contramolde; no caso de formas atuais de protozoários, o tipo pode ser um conjunto de indivíduos relacionados, montados em uma ou mais preparações. Esse conjunto se chama hapantótipo. Há também o caso muito especial em que o tipo pode ser um espécime referido numa ilustração ou descrição.

NOMES DO GRUPO DA ESPÉCIE

Em geral, os nomes de espécies e subespécies estão sujeitos às mesmas regras e recomendações. Respectivamente, são binominais e trinominais, como já vimos. Excluindo o nome do gênero, que sempre faz parte do binômio e do trinômio, ocupemo-nos da parte restante. Deve ser sempre uma palavra de mais de uma letra (exemplos: *Automerisio*, *Epiphloeus quattuordecimmaculatus*).

Quando um autor propõe uma nova espécie ou subespécie, normalmente ele se baseia numa amostra que contém pelo menos um exemplar (ou parte de um exemplar). Os tipos, salvo uma exceção, são espécimes contidos nessa amostra. O Código prevê várias categorias de tipos.

Se o autor se basear só num exemplar para descrever uma nova espécie, ele será o Holótipo. Se estudar mais um exemplar, designará um deles como holótipo, sendo os restantes chamados Parátipos.

É possível que, ao estudar uma amostra de dois ou mais exemplares, o autor não designe um como holótipo. O conjunto, então, funcionará como fixador do nome, e cada exemplar será um Síntipo.

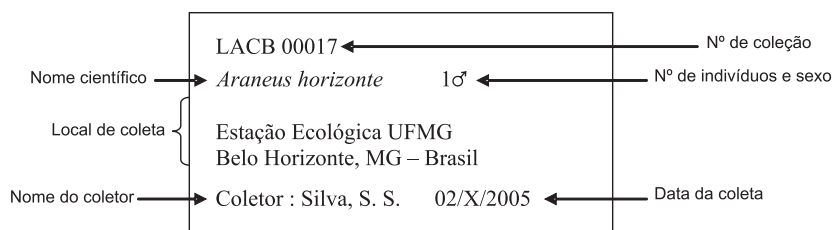
Qualquer autor subsequente pode escolher um exemplar de uma série de síntipos para ser o único fixador do nome, fazendo, por conseguinte, o papel do holótipo. Esse espécime será chamado de Lectótipo, os demais, de Paralectótipos. A única diferença, portanto, entre holótipo e lectótipo, e entre parátipo e o paralectótipo, está na data escolha do exemplar único, respectivamente, na publicação original ou em publicação subsequente.

Coleções

Quando conveniente, o material recebe um número individual (ou de lote) e é tombado, sob este número de coleção, num livro de registro ou livro de tomo. Conserva, entretanto, sempre, os dados de procedência no rótulo que lhe é afixado.

Basicamente, os livros de tomo contêm: número de coleção; data de acesso; dados de procedência; número de campo; nome científico; sexo e anotações. O espaço para o nome científico, exceto nos casos óbvios, é preenchido após a identificação do exemplar.

Algumas instituições adotam fichários de registro. Cada ficha numerada (número de coleção) contém informações idênticas às do livro de registro. O tombamento das coleções com auxílio de computadores já está sendo levado a efeito nos grandes museus.



IDENTIFICAÇÃO

Para que os espécimes possam ser introduzidos ordenadamente nas coleções, devem estar identificados ou determinados, isto é, deve-se conhecer o nome científico dos táxons onde está classificado. Identificar ou determinar, portanto, consiste em descobrir a denominação dos táxons aos quais o organismo pertence.

O ideal, nem sempre possível, é identificar o material especificamente, ou seja, conhecer seu nome específico. Frequentemente, devido a uma diversidade de fatores limitantes, as identificações só são possíveis até o nível de gênero, de tribo ou mesmo de família. Alguns desses fatores são: grupos complexos ou muito numerosos, bibliografia

confusa ou insuficiente, necessidade de exame de tipos, inexistência de material para comparações.

Existem centenas de grupos ainda pouco trabalhados e carentes de revisão taxonômica; nestes casos a identificação é quase impossível, mormente quando os tipos são inacessíveis. Podem-se conseguir identificações: por remessa do material a especialista; por comparação direta; por bibliografia.

CURADORIA DAS COLEÇÕES

Para alguns autores (por exemplo, Blackwelder, 1967), curadoria abarca as atividades de coleta, preservação, armazenamento e catalogação do material científico. Acreditam outros que, além dessas tarefas, também conhecidas como zeladoria da coleção, o curador deve cuidar também das decisões para o bom manejo das coleções: avaliação das necessidades e condições de empréstimo do material, procedimentos e adoção de métodos de catalogação, levantamentos ou tombamento, doações e permutas, e, em resumo, toda a política prática e científica de lidar com coleções.

Seja como for, o importante é manter indefinidamente as coleções em boas condições de preservação, os exames periódicos da coleção evidenciam o material inconvenientemente preparado e sujeito a decomposição; exemplares atacados por insetos (psocídeos e dermestídeos) ou por fungos; frascos com líquido preservador a completar. Caso o ataque por insetos seja muito intenso, expurga-se a coleção, nos próprios armários (quando vedação hermética pode ser garantida) ou em câmaras de expurgo.

Evitar incidência de luz, umidade e pó. Material bem conservado e de longa preservação é aquele mantido em salas apropriadas, com escassa penetração ou ausência total de luz solar, controle de temperatura e de umidade em níveis baixos e boa vedação contra entrada de poeira.

Acrescentar ou substituir periodicamente produtos defensivos, repelentes ou preservativos (naftalina, creosoto, paraformaldeído, fungicidas, etc.), nas coleções a seco.

Compensar periodicamente a evaporação do líquido preservador, normalmente o álcool etílico a 70%, bastante volátil. Passados períodos maiores, é conveniente substituir totalmente o álcool.

A vastidão do mundo animal, com mais de 1 milhão e 500 mil espécies conhecidas, restringe os zoólogos a um ou alguns campos de interesse e de pesquisa; obviamente, é impossível colecionar, preservar e estudar tudo. Por isso, cada grupo animal ou cada tipo de pesquisa exige particularidades específicas para captura ou coleta do material, para preservação ou para acesso às coleções. Compreende-se claramente que a captura de um mamífero há que ser totalmente diferente da de

um anelídeo; que a preservação de exemplares para estudo Anatômico será completamente diversa daquela dos indivíduos para estudos de distribuição geográfica.

A coleção taxonômica é a reunião ordenada de espécimes mortos ou partes corporais desses espécimes, devidamente preservados para estudos. Frequentemente, incorporam-se às coleções objetos e produtos resultantes de atividades dos animais (“trabalho de um animal”), tais como ninhos e abrigos, excrementos, rastros e pegadas, galerias, galhas, minas e outros.

A parte da Biologia que visa a classificação dos animais, Taxonomia, fundamenta-se principalmente na análise comparativa de seus atributos (caracteres taxonômicos). Uma vez que as coleções encerram exemplares mortos, parcela ponderável de atributos não pode ser observada. Referimo-nos aos caracteres que somente são observáveis em animais vivos, como caracteres etológicos (emissão de som e de luz, padrões de corte, construção de ninhos, de teias ou de abrigos), de cunho ecológico (preferência de hospedeiro, de habitat, etc.), e assim por diante.

Entretanto, caracteres morfológicos frequentemente podem ser analisados em espécimes preservados e, com raríssimas exceções, toda classificação animal se fundamenta no estudo comparativo desses caracteres. Fica claro então que a coleção é imprescindível para estudos taxonômicos.

Não quer isto dizer, obviamente, que o taxonomista deva satisfazer-se com o exame exclusivo de caracteres morfológicos. Há problemas taxonômicos cuja resolução envolve a observação dos animais vivos e para cuja solução são requeridas observações, quer no campo, quer de animais em cativeiro.

Fica também patente que quanto mais representativa for a coleção de determinado grupo, maiores possibilidades terá o taxonomista para efetuar sua análise. A grande representatividade refere-se ao maior número possível de espécies e à maior quantidade possível de populações geograficamente diversas. Esse agrupamento numeroso de indivíduos de uma espécie numa coleção denomina-se série. É então desejável que uma coleção, para fundamentar pesquisas taxonômicas, encerre séries geograficamente representativas, isto é, coligidas ao longo da distribuição global da espécie.

Outra importância maior das coleções é oferecer os elementos para comprovação de toda pesquisa pregressa. Todo material utilizado por pesquisadores anteriores para publicação dos resultados de seus estudos há que estar devidamente preservado e será utilizado, posteriormente, em confrontações. Este procedimento é habitual e freqüente. Quase sempre, em Taxonomia, necessitamos examinar espécimes anteriormente mencionados na literatura para a resolução de problemas atuais.

Lamentavelmente, em nosso país, o hábito de preservar os “elementos de prova”, isto é, o material utilizado na elaboração de um trabalho, não é freqüente nas áreas mais vinculadas à Zoologia Aplicada. Parece, por exemplo, de somenos importância guardar numa coleção os instares larvais de uma lagarta nociva, mencionada numa publicação que vise o seu controle químico ou biológico.

Suspeita-se e comprova-se, mais tarde, que na realidade são duas as espécies, muito próximas, que danificam uma certa cultura. Como saber qual delas foi mencionada se o material de prova não foi preservado?

Em certos países mais desenvolvidos, a importância dada às coleções é incontestável; além de seu valor cultural e científico, interessa-lhes também seu valor material propriamente dito. Tal procedimento permite que se façam lá pesquisas mais completas, inclusive com a nossa fauna, desde muito e ainda ativamente colecionada por europeus e norte-americanos. Não espanta, portanto, serem do hemisfério norte as pesquisas mais relevantes no campo da Taxonomia, em particular, e da Biologia, em geral.

À guisa de comparação permitimo-nos resumir tópicos constantes do “Annual report of the Smithsonian Institution for the year ended September 30, 1979”.

O National Museum of Natural History, de Washington, procede ao inventário de 60 milhões de espécimes (arqueológicos, paleontológicos, zoológicos e botânicos), com a adoção de processamento automático de dados, objetivando um registro total da coleção em computador. É preciso que se repita: 60 milhões de espécimes, só nessa Instituição! Pouco menos de 380 cientistas e pesquisadores associados militam ali.

Esse mesmo Museu abriga a maior coleção do mundo de foraminíferos fósseis: 500 mil exemplares montados em lâminas de microscopia. Essa coleção é fundamental para os geólogos de petróleo datarem sedimentos e localizarem eventuais depósitos petrolíferos.

Os cientistas do National Museum são colaboradores do projeto internacional de proteção às ilhas Galápagos, para impedir a degradação do ecossistema particularíssimo representado por essas ilhas. Assim, para avaliar o efeito do turismo na qualidade da água do mar, procedeu-se à coleta e análise da vegetação marinha; em 24 ilhas e em duas estações sazonais coletaram-se 20 mil espécimes botânicos. Os levantamentos faunísticos e florísticos das ilhas, por seu turno, já produziram 13 estudos taxonômicos nos mais diversos grupos.

Vale ainda mencionar que esse Museu possui uma coleção de aproximadamente 500 mil exemplares de mosquitos; a maior parte dela coligida pelo então “Southeast Ásia Mosquito Project”, fundado em 1964, hoje “Medical Entomology Project”, que envolve também

a África e a América do Sul, onde os mosquitos são especialmente importantes como vetores da febre amarela, malária, filariose, encefalite, etc. O conhecimento profundo da sistemática dos mosquitos, certamente facilitado pelo exame de uma coleção desse porte, permite esclarecer, por exemplo, hábitos e criadouros e, assim, fundamentar diretrizes corretas para combate e controle.

FONTES DE MATERIAL PARA COLEÇÕES

A obtenção de material para coleções depende muito freqüentemente da busca e captura dos animais nos seus habitats. Essa tarefa envolve o conhecimento das técnicas de coleta e das técnicas de preservação.

É muito habitual que essas expedições ou viagens visem a captura de apenas um ou alguns poucos grupos zoológicos, escolhidos de acordo com os interesses dos pesquisadores participantes. Por essa razão, o crescimento das coleções zoológicas de uma instituição é desuniforme. As coleções de grupos nas quais há pesquisadores em atividade tendem a se desenvolver, enquanto as dos outros grupos permanecem estacionárias, às vezes por longos períodos.

Por outro lado, as expedições e viagens podem visar levantamentos faunísticos de um determinado habitat, área ou região. Neste caso, busca-se em viagens sucessivas e em épocas diversas, o máximo de representação (ou a totalidade) de um grupo, de alguns grupos zoológicos, ou de toda a fauna.

De maneira geral, os coletores concentram-se mais na captura dos grupos que lhes interessam, mas incorporam sempre às coleções outros animais que eventualmente possam aparecer. Estas “coletas ao acaso” contribuem significativamente para o aumento das coleções gerais. Por exemplo, o pesquisador interessado em obter cupins xilófagos há que se envolver com a demanda de troncos e ramos, caídos ou não, habitat também de um sem-número de outros animais pequenos: Collembola e Acari, larvas e imagos de insetos, moluscos, sapos, lagartos e até pequenos mamíferos que serão, eventualmente, também coligidos. O malacólogo especialmente preocupado com a captura de espécies dulcícolas encontrará em sua peneira outros animais aquáticos: pequenos peixes, girinos, ninfas e larvas de insetos, vermes, e assim por diante.

PERMUTA

É impossível para qualquer instituição, por poderosa que seja, obter material representativo do mundo todo. Material exótico, raro ou crítico para uma determinada pesquisa pode ser conseguido por permuta, institucional ou com pesquisadores.

RETENÇÃO

É corriqueiro o procedimento de enviar ou receber material científico para identificação. O pesquisador que desempenha a tarefa de identificação dedica grande parcela de seu tempo em bem executá-la. Como compensação pelo seu trabalho, certamente árduo, retém para a sua instituição parte do material identificado, mormente quando abundante. Essa providência, universalmente aceita mediante aquiescência prévia, contribui para o acesso às coleções de material das mais diversas procedências.

Coleções didáticas

Encerram material destinado a ensino, demonstrações e treinamento. Encontram-se nas instituições vinculadas ao ensino da Zoologia. O aprendizado é mais efetivo e imediato quando os interessados encontram-se diante do material objeto de estudo.

Habitualmente, o material didático tem curta duração, pois é destruído ou danificado pelo manuseio constante. Portanto, as coleções didáticas são objeto de renovação permanente.

As coleções didáticas são e devem ser completamente independentes das coleções de pesquisa. O acesso de pessoal despreparado a estas últimas é sempre desastroso; para muitos, é difícil avaliar a importância de determinados exemplares numa coleção de pesquisa.

As coleções didáticas podem, contudo, receber material impróprio para as coleções de pesquisa. Exemplares com dados incompletos de procedência ou espécimes parcialmente danificados podem servir para inúmeras finalidades didáticas.

Coleções de pesquisa

GRANDES COLEÇÕES GERAIS

Conservam material zoológico de todos os grupos, proveniente, se possível, do mundo todo e representado por séries. Encontram-se em instituições públicas, geralmente museus, e em algumas universidades, e contam geralmente com pelo menos cerca de um século de existência.

Desde que as coleções científicas são patrimônio nacional e internacional, é preciso que se sensibilizem as entidades mantenedoras no sentido de que sejam providenciados recursos suficientes a fim de que se possa legá-las aos pósteros em perfeitas condições.

Vastas coleções de pesquisas permitem amplo desenvolvimento dos estudos taxonômicos e biológicos. As coleções de pesquisa, pelo vultoso material que encerram, requerem grandes espaços.

COLEÇÕES PARTICULARES

Há colecionadores e aficionados que reúnem, com recursos particulares, vultoso material de grupo ou de grupos zoológicos, para sua própria pesquisa ou de outrem. São as coleções privadas ou particulares, habitualmente incorporadas, após a morte ou o desinteresse do colecionador, às coleções públicas, por doação ou venda. Por ficarem restritas a um determinado tipo de interesse ou a um único grupo zoológico, em geral, estas coleções são muito boas e valiosas.

COLEÇÕES REGIONAIS

Reúnem espécimes de determinada localidade, área ou região geográfica. São extremamente importantes, pois encerram, com o passar do tempo, graças a coletas constantes, representação quase integral da fauna.

A organização de coleções regionais é, lamentavelmente, procedimento pouco habitual entre nós. Cremos, deveria ser preocupação primordial nos centros de ensino zoológico, notadamente nos do interior (escolas superiores e técnicas, institutos e entidades de pesquisa, etc.). Nesses centros, contudo, freqüentemente faltam recursos, interesse, tempo, apoio ou orientação para que se organizem boas coleções.

COLEÇÕES ESPECIAIS

Este tópico envolve enorme diversidade de tipos de coleções, variáveis segundo a área de interesse da pesquisa a desenvolver. Em resumo, essas coleções reúnem material destinado a fundamentar estudos específicos.

Exemplo: Coleções de Interesse Econômico

Abarcam vários aspectos: médico-sanitários, agropecuários, alimentares, florestais, de vigilância aduaneira, etc. Assim, coleções em instituições dedicadas à pesquisa e resolução de problemas médico-sanitários colecionarão apenas grupos de importância para sua área (vetores de doenças, hospedeiros intermediários, etc.).

LEVANTAMENTOS FAUNÍSTICOS

São coleções que reúnem material para servir de base a levantamentos faunísticos, v. g., espécies do cerrado ou da caatinga, aves da Ilha do Bananal, moluscos do Parque Nacional Sooretama, peixes da bacia do Rio Paranaíba, ou insetos da Serra do Cipó.

Podem ser enquadradas como coleções especiais um sem-número de outras: pelos hábitos (animais produtores de galhas, parasitas e predadores de determinadas plantas ou animais), pelo tipo de alimentação (xilófagos, insetívoros, micetófagos, necrófagos, etc.), pelo tipo de habitat (cavernícolas, dulcícolas, edáficos), e assim por diante.

COLEÇÕES DE IDENTIFICAÇÃO

Servem de apoio à rotina de identificação de material zoológico para as mais diversas finalidades. Pertencem a instituições primordialmente preocupadas com essa prestação de serviços.

Instituições desse tipo devem, preferencialmente, funcionar junto aos grandes centros de bibliografia especializada, tais como museus e universidades.

Nas coleções para identificação, as séries são dispensáveis; basta que contenham pequena representação de cada espécie. Essa representação pode se restringir a um casal (formas com dimorfismo sexual) ou a um pequeno número de exemplares, representantes dos diversos graus

de variabilidade intra-específica. Há casos em que a representação de formas jovens ou imaturas é desejável. Em aves, por exemplo, a plumagem dos jovens pode ser bastante diferente da dos adultos.

O material contido nas coleções de identificação serve para comparações com o material que se deseja identificar, em geral após aproximação efetuada pelo uso de chaves ou de diagnoses.

COLEÇÕES DE TIPOS

Tipos são exemplares nos quais se fundamentaram descrições de espécies. São sempre muito importantes e valiosos, pois geralmente seu exame permite elucidar uma série de problemas taxonômicos.

Algumas instituições preferem manter, por segurança, todos os tipos primários (holótipos, lectótipos e neótipos) em coleções independentes, mais seguras que as coleções gerais. Nos casos de catástrofe (incêndio, terremoto, inundação ou bombardeio), quando as coleções devem ser rapidamente evacuadas, as possibilidades de salvar os tipos concentrados em um único local será eventualmente maior. O inverso também é verdadeiro. É possível que exatamente esse local onde estejam encerrados os tipos seja o mais duramente atingido e em primeiro lugar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, D. S., 2002. *Fundamentos de sistemática filogenética*. Holo.

PAPAVERO, N. 1994. *Fundamentos práticos de taxonomia zoológica*. Editora da UNESP.

PARTE 2
SISTEMÁTICA VEGETAL

Introdução à sistemática vegetal

João Aguiar Nogueira Batista

HISTÓRIA, EVOLUÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DAS PLANTAS

Classificar nada mais é do que ordenar algum conjunto, sejam plantas, animais, rochas, etc., seguindo um critério. Nesse sentido a classificação é uma atividade inerente ao ser humano, e a história da classificação dos seres vivos está intimamente ligada à história da evolução das sociedades humanas, pois a nossa sobrevivência está diretamente ligada ao nosso conhecimento do mundo natural. Assim, saber quais plantas eram comestíveis, quais eram venenosas, quais curavam doenças, quais podiam ser usadas para produzir vestimentas, armas, utensílios, etc., foi essencial para a sobrevivência dos primeiros agrupamentos humanos, o surgimento e crescimento das grandes civilizações.

Nesse contexto, a sistemática botânica é o ramo da biologia voltado para a descrição de todas as espécies vegetais e o ordenamento dessas espécies através de sistemas de classificação. Os critérios utilizados para a elaboração dos sistemas de classificação das plantas têm variado com o tempo e, de uma maneira geral, a história da sistemática botânica é dividida em períodos, marcados por princípios e objetivos comuns e separados um dos outros por marcos históricos, trabalhos pioneiros ou autores específicos. Todavia, o desenvolvimento da taxonomia foi e tem sido relativamente gradual e, em qualquer época dominado por uma linha de pensamento, outras alternativas foram desenvolvidas paralelamente. Adicionalmente, a taxonomia moderna é fundamentada em diversas origens que não são facilmente tratadas como uma seqüência linear. Desse modo essas divisões formais são mais uma conveniência do que divisões bem delimitadas.

PRIMEIROS SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO

O primeiro a escrever um sistema de classificação das plantas de uma forma permanente e lógica foi o grego *Teofrastus*, que viveu entre 370 e 285 antes de Cristo (Figura 1), e é considerado o pai da botânica. Teofrastus classificou cerca de 480 plantas, baseando-se, principalmente, em características morfológicas de fácil observação, começando com aparência e tamanho (se eram ervas, arbustos ou árvores) e a partir daí entrando em detalhes menores. Vários dos nomes usados por Teofrastus foram adotados mais tarde por Lineu e são usados ainda hoje. Outro grego, *Dioscorides*, que era médico no exército romano, descreveu cerca de 600 espécies e detalhou suas aplicações medicinais. Embora as espécies fossem dispostas em um sistema menos lógico do que o de Teofrastus, seu trabalho foi a principal referência em botânica por quase mil anos.

HERBALISTAS

Ao longo de toda a Idade Média foram produzidos poucos livros de botânica e estes eram baseados, em grande parte, nos trabalhos anteriores de autores gregos. Essa situação só mudou com o Renascimento na Europa no século XVI e a invenção da tipografia, que permitiu que livros fossem produzidos em grande quantidade (até então eram copiados manualmente um a um). Nessa época a botânica era praticamente um ramo da medicina, e os trabalhos de botânica tiveram como foco principal a utilização medicinal das plantas. Na maior parte foram escritos por médicos, preocupados com o tratamento de doenças, e apresentavam textos e ilustrações originais, para permitir a sua identificação, bem como dados sobre usos terapêuticos. Como a elaboração de um sistema de classificação não era um objetivo, as espécies estavam dispostas de uma maneira totalmente artificial, normalmente em ordem alfabética. Adicionalmente, esses trabalhos incorporaram uma boa dose de superstição e misticismo associados ao uso que se fazia dessas plantas, pois naquela época acreditava-se que todos os seres vivos, incluindo as plantas, eram de origem divina. Todavia, mesmo considerando os aspectos anteriores, esses trabalhos representaram um estágio importante no desenvolvimento não apenas da botânica como também da medicina e farmacologia.

SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO ARTIFICIAIS

O conhecimento acumulado com os herbalistas permitiu que a partir do século XVII as plantas passassem a ser estudadas não apenas por suas propriedades medicinais ou alimentares, mas também por suas características intrínsecas. *Andrea Caesalpino* (1519-1603, italiano) no livro *De Plantis*, de 1583, classificou cerca de 1.500 espécies, com base, principalmente, no hábito de crescimento, forma das sementes

e frutos, mas também, em menor proporção, em outras características florais e vegetativas. Desse modo, o seu sistema de classificação aproxima-se mais do sistema de Teofrastus do que dos herbalistas. Ao utilizar características funcionais, especialmente aquelas ligadas à reprodução, Caesalpino estabeleceu as bases para a organização de um sistema de classificação, e é por isso considerado o primeiro taxonomista.

No século seguinte, *Gaspar Bauhin* (1566-1624, suíço) no trabalho intitulado *Pinax*, de 1623, registrou os nomes e sinônimos de cerca de 6 mil espécies conhecidas, até então, de modo que o estado caótico em que se encontrava a nomenclatura foi razoavelmente organizado. Todavia, o maior mérito do trabalho de Bauhin foi reconhecer gêneros e espécies como categorias taxonômicas e usar pela primeira vez a nomenclatura binomial para designar algumas das espécies. *Joseph Tournefort* (1656-1708, francês) desenvolveu melhor o conceito de gênero apresentando critérios claros para o seu reconhecimento. Segundo Tournefort os caracteres genéricos deveriam ser observados em todos os membros do gênero, sem o uso de um microscópio e, sempre que possível, serem caracteres das flores e frutos. O seu sistema classificou cerca de 9 mil espécies, 698 gêneros e 22 classes e, embora fosse claramente artificial, era extremamente prático, e foi bastante utilizado até ser substituído pelo de Lineu.

Karl Linné (1707-1778, sueco), Lineu em português, ou de forma latinizada, Carolus Linnaeus, foi o mais importante taxonomista do século XVIII. Lineu publicou em 1735 *Systema Naturae*, onde classificava todos os animais, plantas e minerais conhecidos até então, sendo esse trabalho o ponto de partida da taxonomia moderna. Para a classificação dos vegetais, os trabalhos mais importantes de Lineu foram *Genera plantarum* e *Species Plantarum*. Até aquela época, as espécies eram identificadas por nomes polinomiais, que consistiam de frases de até 12 palavras começando com o nome genérico. Em *Species Plantarum*, de 1753, Lineu listou e descreveu resumidamente todas as espécies de plantas conhecidas, apresentando, além do nome polinomial, um nome binomial único para cada espécie, constituído do nome do gênero e um epíteto específico. Em função da praticidade e conveniência, o modelo de nome binomial terminou sendo adotado de forma universal, e atualmente é obrigatório. Por ser a primeira publicação onde todas as espécies foram identificadas por um binômio em latim, *Species Plantarum* é considerado como o ponto de partida para a nomenclatura de todas as plantas verdes, excetuando-se os musgos e alguns grupos de algas.

Em termos de classificação das plantas, Lineu propôs o sistema sexual, onde as espécies eram agrupadas segundo características reprodutivas, principalmente o número, posição e grau de fusão dos estames. Embora fosse concebido como um sistema natural, o sistema sexual era totalmente artificial, pois agrupava plantas muito diferentes em um mesmo grupo. No conjunto de sua obra, o grande

mérito de Lineu foi o de trazer ordem à vasta literatura os diferentes sistemas de classificação e o grande número de espécies que confrontavam os taxonomistas do século XVIII.

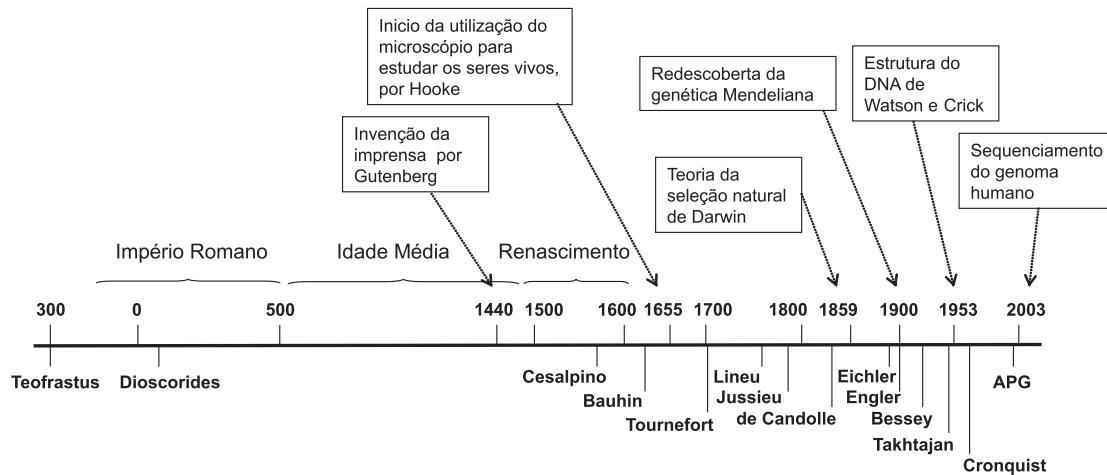


Figura 1 – Representação esquemática posicionando os principais botânicos citados no texto em um contexto histórico. A figura não está em escala.

SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO NATURAIS

Enquanto o sistema de classificação de Lineu usava um ou poucos caracteres para reconhecer os diversos grupos, o que é conhecido como método analítico, a partir do século XIX, ganhou força a idéia de que as classificações deveriam ser baseadas em um grande número de caracteres englobando todos os aspectos das plantas, sem priorizar um ou outro. Adicionalmente, no sistema de classificação de Lineu (sistema sexual), as únicas categorias taxonômicas descritas e delimitadas eram a espécie e o gênero. Embora Lineu tenha sugerido algumas “famílias” naturais, nunca as descreveu, e as suas ordens naturais (que seriam equivalentes as famílias) têm pouca ou nenhuma relação com as famílias botânicas atuais. A grande maioria das famílias botânicas, como são conhecidas hoje, só foram delimitadas e descritas a partir do século XIX. Os principais expoentes desse novo período foram Antonine L. de Jussieu e Augustin P. de Candolle, que nunca seguiram o sistema sexual de Lineu.

Antonine L. de Jussieu (1748-1836, francês) publicou em 1789 *Genera Plantarum*, dividindo as plantas em 15 classes e 100 ordens naturais (famílias). Embora muitas das famílias de Jussieu fossem artificiais, muitas outras ainda são delimitadas de modo semelhante, e algumas das características usadas (como ovário ínfero ou súpero, estames livres ou fundidos as pétalas, pétalas livres ou fundidas), são usadas ainda hoje para caracterizar as famílias botânicas modernas. No sistema de Jussieu o número de cotilédones foi um dos principais caracteres usados para dividir as plantas, e os grupos estavam dispostos do mais simples ao mais complexo, em uma ordem crescente

de complexidade. Desse modo, as monocotiledôneas, com apenas um cotilédone, foram consideradas mais simples e antecederiam as dicotiledôneas, enquanto as coníferas (gimnospermas) foram colocadas no final da série, após as dicotiledôneas, pois alguns gêneros apresentam muitos cotilédones. Jussieu acreditava que as mono e dicotiledôneas deveriam ser colocadas em paralelo e, não, em série, assim, no seu sistema as dicotiledôneas começavam com aquelas mais simples e não com aquelas mais parecidas com as monocotiledôneas.

O sistema de *Augustin P. de Candolle* (1778-1841, suíço) representa basicamente um aperfeiçoamento do sistema de Jussieu. De Candolle dividiu as plantas em vasculares e avasculares, e a sua delimitação e ordenação das famílias assemelha-se em aspectos gerais a algumas classificações do século XX. O principal trabalho de A. P. de Candolle, junto com outros autores, foi uma monografia, em 17 volumes, de todas as dicotiledôneas do mundo, incluindo 58 mil espécies e 161 famílias. Esse trabalho, publicado de 1823 a 1873, representa a última e mais moderna monografia das dicotiledôneas e para muitas famílias não apareceu nenhuma outra monografia desde então. Diferentemente do sistema de Jussieu, o sistema de Candolle começava com as dicotiledôneas, com as Ranunculaceae em primeiro lugar, seguido das monocotiledôneas, com as gimnospermas posicionados entre o final das dicotiledôneas e o começo das monocotiledôneas.

SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO FILOGENÉTICOS (SISTEMAS FILÉTICOS)

Após a publicação da teoria da evolução de Charles Darwin, em 1859, gradualmente foi sendo sedimentada a idéia de que se os seres vivos se desenvolveram a partir de mecanismos de descendência, então, os sistemas de classificação deveriam refletir a história evolutiva das espécies (filogenia). Ou seja, deveriam representar uma seqüência lógica começando com o mais ancestral, ou menos especializado, e terminando com o mais derivado, ou mais especializado. A redescoberta da genética mendeliana em 1900 e o desenvolvimento da teoria moderna sobre os cromossomos, aproximadamente na mesma época, também contribuíram para essa concepção.

O primeiro sistema de classificação filogenético reconhecido como tal é o de *August Eichler* (alemão, 1839-1887). No sistema de Eichler as plantas estavam divididas em Criptógamas e Fanerógamas, com a primeira sendo dividida em talófitas, briófitas e pteridófitas, e a segunda, em gimnospermas e angiospermas. Esse sistema diferia dos anteriores nas gimnospermas, antecedendo as angiospermas, e as monocotiledôneas antecedendo as dicotiledôneas, implicando que em cada par o primeiro era mais primitivo. O sistema de Eichler formou a base do sistema de *Adolf Engler* (1844-1930, alemão), incorporado em três obras magnas: a revisão de todas as plantas em nível

de gênero, família e espécie, publicadas a partir de 1887 em conjunto com vários outros autores. Mesmo após a morte de Engler as edições continuaram a ser publicadas até 1964, e o sistema incorporou algumas modificações nas edições subsequentes, de modo a atender novas interpretações e conhecimentos derivados da anatomia, química, embriologia e outras áreas de investigação.

No sistema de Engler as plantas foram inicialmente dispostas em 13 divisões, a maior parte constituída de algas, que foram separadas pela primeira vez em grupos distintos. Nas primeiras versões as plantas superiores foram divididas em duas divisões, uma constituída por briófitas e pteridófitas, outra, por gimnospermas e angiospermas, sendo as gimnospermas excluídas das angiospermas. Como no sistema de Eichler, as monocotiledôneas antecedem as dicotiledôneas. O sistema de Engler, basicamente uma modificação do sistema de Jussieu, foi amplamente adotado e, ainda hoje, vários grandes herbários e algumas floras recentes o seguem.

O sistema de *Charles Bessey* (1845-1915, americano) era semelhante ao de Engler quanto aos grupos basais, mas diferia pelas pteridófitas e gimnospermas, que foram divididas em várias divisões, e pelas dicotiledôneas, que foram divididas de modo completamente diferente, começando com as Magnoliaceae-Ranunculaceae. Nesse aspecto o sistema de Bessey é parecido com o de Candolle, mas como sistema filogenético foi o primeiro a começar as dicotiledôneas com as Magnoliaceae-Ranunculaceae, considerando-as, portanto, as dicotiledôneas mais primitivas. Como nos sistemas de Eichler e Engler, as monocotiledôneas antecedem as dicotiledôneas.

Ao longo do século XX vários outros sistemas de classificação filogenéticos foram propostos. De uma maneira geral esses sistemas diferem apenas em detalhes e são fundamentalmente baseados nos sistemas de Eichler-Engler ou Bessey. Entre os mais recentes cabe citar os sistemas de *A. Cronquist* (última versão de 1981), *A. L. Takhtajan* (última versão de 1987), *R. F. Thorne* (última versão de 1983) e *R. Dahlgren* (última versão completa de 1983). Em todos esses sistemas as dicotiledôneas antecedem as monocotiledôneas, e a família Magnoliaceae, ou algum grupo próximo, está posicionada na base das dicotiledôneas.

SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO FENÉTICOS (TAXOMÉTRICOS)

Em contraste aos sistemas de classificação anteriores, que eram baseados em características selecionadas, a fenética procura agrupar os organismos baseados na sua similaridade geral. Ou seja, parte do princípio que grupos naturais em sistemas de classificação são simplesmente aqueles que têm muitas características em comum.

Enquanto os sistemas de classificação tradicionais são baseados em um ou poucos caracteres, as classificações fenéticas são baseadas no uso de um grande número de caracteres e de diferentes tipos. A ascensão desta escola de pensamento coincidiu com a introdução da taxonomia numérica, ou taxometria, cujos métodos e conceitos foram sistematizados por *Sneath e Sokal*, em 1963. Em muitos aspectos a fenética assemelha-se aos princípios de classificação do botânico francês *Michel Adanson* (1727-1806), do final do século XVIII, que defendia a idéia de que uma classificação pode ser produzida somente pela comparação exaustiva de todas as partes e propriedades de uma planta.

SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO FILOGENÉTICOS (CLADÍSTICOS)

A partir dos anos 80 os sistemas de classificação filéticos mais utilizados, como os de Cronquist e Takhtajan, estavam sendo modificados por iniciativas baseadas no princípio de classificação cladística, proposta por *Henning* na década de 50. A cladística ou sistemática filogenética é um ramo da biologia que busca determinar as relações evolutivas entre os seres vivos baseando-se em similaridades derivadas (denominadas sinapomorfias), ou seja, um conjunto de características presentes nos membros de um grupo e ausentes no grupo do qual divergiram. Todavia, as primeiras análises cladísticas, baseadas principalmente em dados morfológicos, enfrentaram muitos dos problemas e críticas das classificações filogenéticas tradicionais e fenéticas. Apenas com o desenvolvimento de técnicas que permitiram a análise do conteúdo molecular do material genético em larga escala, durante a década de 90, foi possível aproximar-se do objetivo cladístico de produzir classificações verdadeiramente filogenéticas.

Diferentemente dos sistemas de classificação anteriores, que eram resultado do trabalho isolado de um ou poucos indivíduos, os sistemas de classificação mais recentes envolvem a produção e análise de um grande volume de dados e têm sido produzidos através de colaborações envolvendo grande número de sistematas, bem como especialistas de outras áreas. O melhor exemplo é o APG, Grupo de Filogenia das Angiospermas, do inglês *Angiosperm Phylogeny Group*, um grupo internacional de sistematas que se uniram com o objetivo de estabelecer uma classificação consensual para as angiospermas à luz do crescente volume de dados da sistemática molecular (uso de seqüências de DNA em sistemática). A primeira classificação do APG foi publicada em 1998 (Figura 1) e uma versão revisada em 2003, denominada APG II. O sistema de classificação do APG aborda apenas as angiospermas e é baseado em relações filogenéticas e no reconhecimento de grupos monofiléticos, isto é, grupos que são descendentes de um mesmo ancestral e inclui todos os descendentes desse ancestral. No sistema

do APG a tradicional dicotomia monocotiledôneas/dicotiledôneas deixa de existir, e as angiospermas são divididas em quatro grandes grupos: os grupos basais, as magnolióides, as monocotiledôneas e as eudicotiledôneas. Amborellaceae (um pequeno arbusto da Nova Caledônia, Oceania) e Nymphaeaceae (lírios d'água) aparecem como os ramos mais basais das angiospermas enquanto as eudicotiledôneas (dicotiledôneas verdadeiras) aparecem como o ramo mais derivado (Figura 2).

Embora muitos aspectos da filogenia das angiospermas ainda permaneçam incertos, as análises cladísticas indicam que as linhas gerais de um novo arranjo são evidentes, e a divisão simplista das angiospermas em dicotiledôneas e monocotiledôneas não reflete a história filogenética do grupo. Essas mudanças são resultado do grande volume de novos dados, principalmente de seqüências de DNA e de novos métodos de análise, centrados no uso de métodos estatísticos e modelos evolucionários. Sob essa nova perspectiva a sistemática deixa de ser apenas a descrição de relações e passa a consistir na proposição de hipóteses de filogenia. Considerando o exposto, como conclusão final, observa-se que nenhum sistema de classificação é definitivo, pois reflete o estado do conhecimento em um determinado momento do tempo e novos dados e metodologias para a interpretação dos resultados estão sempre sendo gerados.

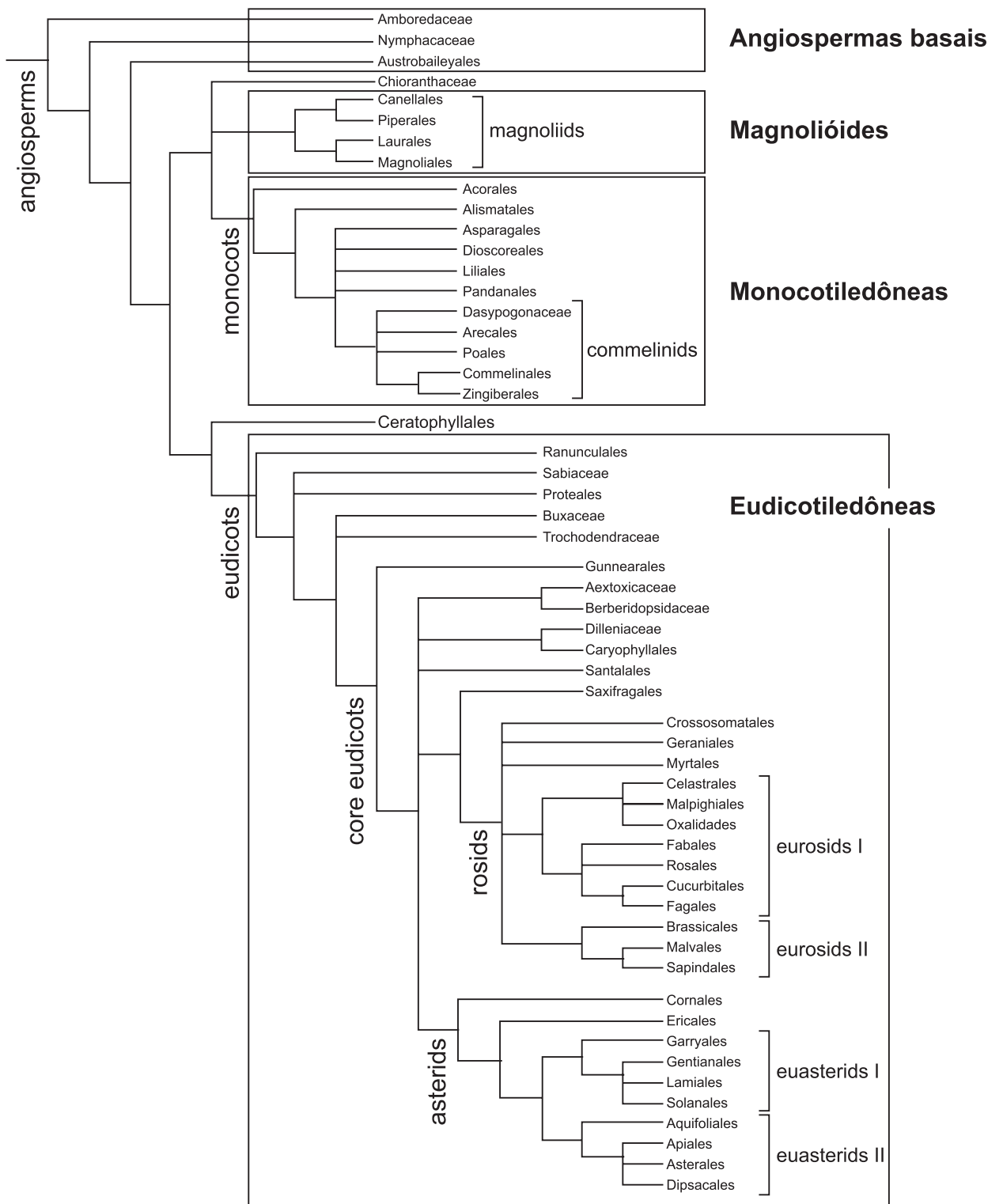


Figura 2 – Principais grupos de angiospermas segundo a classificação do Grupo de Filogenia das Angiospermas – APG II

Fundamentos da nomenclatura botânica

A nomenclatura botânica é a parte da sistemática vegetal que trata do processo de nomear (dar nomes) as plantas. Os princípios e regras da nomenclatura botânica foram e continuam sendo desenvolvidos e adaptados por inúmeros congressos internacionais de botânica, e estão descritos no Código Internacional de Nomenclatura Botânica (Greuter *et al.*, 2000). O principal objetivo do código é prover um método de denominação dos grupos taxonômicos baseado em um sistema nomenclatural estável. O código é constituído de 62 artigos e um número maior de recomendações. O código não aborda questões taxonômicas, uma vez que nomenclatura e taxonomia são procedimentos distintos, mas apenas estabelece os critérios para nomear um táxon cuja posição e categoria tenha sido definida taxonomicamente.

A nomenclatura botânica utiliza nomes científicos latinizados padronizados, que são os mesmos em qualquer país, independentemente da língua ou do povo. Nomes populares, por outro lado, são extremamente variáveis. Por exemplo, no Brasil, o nome erva cidreira é usado para designar ao menos cinco espécies distintas (*Cymbopogon citratus*, da família Poaceae; *Melissa officinalis* e *Hyptis suaveolens*, da família Lamiaceae; *Aloysia triphylla* e *Lippia alba*, da família Verbenaceae). Por sua vez, estas mesmas plantas, em outros países, têm nomes populares completamente diferentes. Adicionalmente, um número grande de plantas, especialmente as menores e sem importância econômica, não tem nenhum nome popular. Por essas razões nomes científicos são essenciais para a comunicação e troca de informações sobre as plantas numa escala mundial.

Nomes científicos são binômios, isto é, formados por duas palavras. O primeiro nome de uma espécie, o epíteto genérico, é um substantivo e designa o gênero ao qual a espécie pertence. O segundo nome, o epíteto específico, designa a espécie e pode ser: 1) um adjetivo que qualifica o nome genérico; 2) um substantivo em aposto ou 3) no genitivo. A letra inicial do epíteto genérico é sempre escrita em maiúsculo, enquanto o epíteto específico é sempre escrito com letras minúsculas.

Tanto o epíteto genérico como o específico devem ser escritos em itálico (*Musa paradisiaca*) ou sublinhados (Musa paradisiaca). Adicionalmente, o epíteto específico nunca deve repetir exatamente o epíteto genérico, como em *Musa musa*, e quando isso ocorre o nome é considerado inválido.

Geralmente os epítetos tanto específicos como genéricos referem-se a alguma característica distintiva da planta, seja de natureza morfológica, química ou ecológica.

Exemplos:

Dieffenbachia picta (comigo-ninguém-pode), o epíteto específico é um adjetivo latino que significa pintado e faz referência às folhas pintalgadas de branco da espécie.

Solanum lycocarpum (lobeira ou fruta-de-lobo), do grego 'lycos' = lobo, e 'karpos' = fruto. O epíteto específico faz referência ao fato de o fruto da espécie ser apreciado e comido pelo lobo-guará.

Urtica baccifera (urtiga), o epíteto genérico vem do latim *urere* = queimar, e faz referência à propriedade urticante das folhas, que quando tocadas causam dor e inflamação.

Eugenia dysenterica (cagaita ou cagaiteira), o epíteto específico faz referência à propriedade laxante dos frutos dessa espécie.

Capsicum annuum (pimentão), o epíteto específico faz referência ao ciclo de vida anual dessa espécie.

Outros epítetos referem-se à distribuição geográfica da planta, e outros ainda homenageiam alguma pessoa, normalmente o coletor da espécie ou um botânico.

Exemplos:

Persea americana (abacate), o epíteto específico faz referência à origem americana da espécie.

Mangifera indica (manga), o epíteto específico faz referência à origem indiana da espécie.

Cattleya walkeriana (espécie de orquídea), o epíteto genérico é uma homenagem a William Cattley, cultivador de orquídeas inglês, e o epíteto específico homenageia Edward Walker, que coletou a espécie em Minas Gerais no século XIX.

O epíteto específico é normalmente seguido pelo nome do autor da espécie (também chamado autoridade), ou seja, a pessoa ou pessoas que descreveram a espécie. Para evitar o uso de nomes muito longos, o nome dos autores é normalmente abreviado, usando-se uma lista de abreviações de autores conhecidos (Brummitt; Powell, 1992).

Exemplos:

Phaseolus vulgaris L. (feijão), descrito por Lineu, considerado o fundador da taxonomia moderna.

Mauritia vinifera Mart. (buriti), descrito por Martius, botânico alemão que esteve no Brasil no século XIX e planejou e editou a Flora Brasiliensis.

Cyrtopodium triste Rchb.f. & Warm. (espécie de orquídea conhecida como sumaré do campo), descrita em conjunto pelo botânico alemão Gustav Reichenbach filius e o botânico dinamarquês Eugen Warming.

Muitas vezes é comum que uma determinada espécie seja transferida para outro gênero diferente daquele onde foi originalmente descrita. Nesses casos, o nome do autor do epíteto específico é colocado entre parênteses, seguido do nome do autor que propôs a modificação.

Exemplo:

Sophronitis purpurata (Lindl. D & Paxton) van den Berg & Chase (espécie de orquídea, considerada a flor símbolo do Brasil), esta espécie foi originalmente descrita como *Laelia purpurata* por John Lindley e Paxton, posteriormente, os pesquisadores Cássio van den Berg e Mark Chase verificaram que a espécie pertence ao gênero *Sophronitis*, e publicaram a transferência para este gênero.

Algumas vezes os nomes dos autores são precedidos pelos prefixos *ex* ou *in*. O prefixo *ex* indica que o segundo autor publicou um nome que foi proposto, mas nunca publicado, pelo primeiro autor. O prefixo *in* indica que o autor publicou o nome em um trabalho editado pelo segundo. Todavia, o uso desses prefixos é optativo, e os nomes podem ser escritos excluindo-se os autores correspondentes.

Exemplos:

Cyrtopodium polyphyllum (Vell.) Pabst ex F. Barros (espécie de orquídea conhecida como sumaré), essa espécie foi originalmente descrita como *Epidendrum polyphyllum* por Frei Manoel da Conceição Velloso, posteriormente, o taxonomista brasileiro Guido Pabst verificou que ela pertence ao gênero *Cyrtopodium*, mas este acabou não publicando a transferência, que só foi publicada anos mais tarde pelo botânico Fábio de Barros.

Ramatuela virens Spruce ex Eichler in Mart., o nome foi proposto por Spruce, mas efetivamente publicado por August Eichler na Flora Brasiliensis, que por sua vez foi editada por Martius.

Como alternativa, os nomes nos exemplos anteriores poderiam ser escritos apenas como *Cyrtopodium polyphyllum* (Vell.) F. Barros e *Ramatuela virens* Eichler.

Para espécies muito variáveis são reconhecidas algumas categorias infra-específicas (abaixo da espécie). Atualmente, o código de nomenclatura botânica reconhece três categorias infra-específicas, que são: subespécies, variedade e forma, abreviadas como subsp. ou ssp., var. e f., respectivamente.

Exemplo:

Lycopersicon esculentum var. *cerasiforme* (tomatinho ou tomate-cereja)

Grupos ou categorias taxonômicas acima de gênero são designados por uma palavra. O Código Internacional de Nomenclatura Botânica reconhece sete categorias principais (Tabela 1), mas permite que outras mais sejam intercaladas. Cada categoria é caracterizada por uma terminação (sufixo) específica.

Tabela 1

Principais categorias taxonômicas reconhecidas pelo Código Internacional de Nomenclatura Botânica

Categoria	Terminação específica	Exemplo (banana)
Reino	–	Viridiplantae (plantas verdes)
Filo (ou divisão)	phyta	Embryophyta (embriófitas)
Classe	opsida	Angiospermopsida (angiospermas)
Ordem	ales	Zingiberales
Família	aceae	Musaceae
Gênero	nenhuma	Musa
Espécie	nenhuma	paradisiaca

PRINCÍPIOS DA NOMENCLATURA BOTÂNICA

1) A nomenclatura botânica é independente da zoológica e da bacteriológica.

Embora os códigos sejam similares nos princípios gerais, há diferenças em uma série de detalhes. Uma consequência da independência dos códigos é que uma planta e um animal podem ter o mesmo nome, como *Cecropia*, aplicado a uma mariposa, e a planta conhecida popularmente como embaúba. Além das plantas verdes, por questões tradicionais, o código de botânica também é aplicado a vários outros grupos de organismos, como as algas marrons, dinoflagelados, algas vermelhas, fungos e euglenas, que não são mais considerados plantas. De modo análogo, alguns protozoários, como os dinoflagelados e euglenas, são às vezes considerados “animais” e tratados sob o código de nomenclatura zoológica. Conseqüentemente, estes organismos têm dois nomes, um sob o código de botânica e outro sob o código de zoologia.

2) A aplicação de nomes de grupos taxonômicos é determinada por meio de tipos nomenclaturais.

Quando uma espécie ou táxon infraespecífico é descrito, o autor deve indicar um exemplar (espécime) específico como *tipo nomenclatural*. Esse exemplar, que deve obrigatoriamente estar depositado em um herbário e disponível para estudos, é o *holótipo* (Holotypus). O nome da nova espécie está, portanto, atrelado a esse exemplar e representa o que o autor tinha em mente quando descreveu a espécie. Duplicatas do holótipo, isto é, outras partes da mesma planta ou outros indivíduos da mesma população, coletados no mesmo local e data, são denominados *isótipos* (Isotypus). Em alguns casos particulares, quando não existe um exemplar tipo, o tipo nomenclatural de uma espécie pode ser uma ilustração.

O material tipo não precisa necessariamente ser um exemplar típico, ou seja, possuir todos os caracteres comuns e ser o que melhor representa a espécie à qual pertence. Nesse sentido, quando se trata de documentar a variabilidade de uma espécie o tipo não é mais importante do que qualquer outro material da espécie. Uma vez que um sistemata determinou através de estudos taxonômicos que a existência de uma ou mais espécies é justificável, os tipos nomenclaturais são então usados para dar nome a essas espécies.

O tipo nomenclatural de um gênero é o tipo do nome de uma espécie pertencente àquele gênero. De modo similar, o tipo de uma família é o tipo do nome de um gênero pertencente àquela família (gênero tipo). Desse modo, o nome de uma família é obrigatoriamente baseado no nome de um gênero dessa família; por exemplo, *Orchis* (uma gênero de orquídea) é o gênero tipo da família Orchidaceae (família das orquídeas) e *Areca* (um gênero de palmeira) é o gênero tipo da família Arecaceae (família das palmeiras).

3) A nomenclatura de um grupo taxonômico está baseada na prioridade de publicação.

O nome correto para uma espécie é o nome publicado mais antigo e que esteja de acordo com as regras de nomenclatura. O ponto de partida para efeito de aplicação do princípio de prioridade é o *Species Plantarum* de Lineu, publicado em 1º de maio de 1753. Ou seja, nomes publicados anteriormente a essa data não contam para efeito de prioridade. Nomes publicados em uma data posterior e que sejam referentes a uma espécie já descrita são considerados *sinônimos*. Nomes que repetem um nome existente, mesmo que referentes à outra espécie, são considerados *homônimos* e também não devem ser usados. Como exemplo, Barbosa Rodrigues usou o nome *Habenaria aphylla* para uma nova espécie de orquídea coletada por ele no Brasil (*H. aphylla* Barb. Rodr.). Todavia, o nome *Habenaria aphylla* já havia sido usado

67 anos antes por Robert Brown para designar uma outra espécie da Península Arábica (*H. aphylla* R. Br.). Conseqüentemente, o nome de Barbosa Rodrigues é um homônimo e não pode ser usado.

4) Cada espécie, ou categoria taxonômica, pode ter apenas um nome correto, qual seja, o mais antigo que esteja de acordo com as regras, exceto em casos especificados.

Em alguns casos a aplicação do critério de prioridade pode ser desvantajosa, principalmente para espécies que já são amplamente conhecidas por outro nome ou cuja mudança ocasionaria grande número de modificações nomenclaturais, como no caso da mudança de nome de um gênero. Para evitar estes problemas, esses casos são avaliados individualmente e, quando julgado adequado, o nome tradicional é conservado e o nome correto que deveria ser aplicado é rejeitado. Adicionalmente, por uma questão de tradição, oito famílias botânicas têm mais de um nome sob o código de nomenclatura botânica (Tabela 2).

Tabela 2

Famílias botânicas com mais de um nome válido.

Nome segundo o código	Nome tradicional	Família/exemplo
Apiaceae	Umbelliferae	família das umbelíferas (erva doce)
Arecaceae	Palmae	família das palmeiras (coco)
Asteraceae	Compositae	família das compostas (margarida)
Brassicaceae	Cruciferae	família das crucíferas (couve)
Clusiaceae	Guttiferae	família das gutíferas (bacuri)
Fabaceae	Leguminosae	família das leguminosas (feijão)
Lamiaceae	Labiatae	família das labiatas (alecrim)
Poaceae	Gramineae	família das gramíneas (arroz)

5) Nomes científicos de grupos taxonômicos são tratados em latim, independentemente de sua origem.

Embora não tenha sido inicialmente empregado explicitamente com esse objetivo, o uso de nomes latinos facilita a comunicação entre os sistematas de todo o mundo, que pertencem a diversos grupos culturais e lingüísticos distintos.

6) As regras de nomenclatura têm efeito retroativo, salvo indicação contrária.

REQUERIMENTOS PARA NOMEAR UMA NOVA ESPÉCIE

Para descrever e publicar uma nova espécie, devem ser obedecidas as seguintes condições:

- 1) A espécie deve ser nomeada, o nome deve se um binômio em latim e diferente de qualquer outro binômio existente.
- 2) A categoria taxonômica do nome deve ser claramente indicada. Uma espécie nova é indicada por *sp. nov.* (species nova) e um gênero novo por *gen. nov.* (genus novum).
- 3) Deve ser designado um tipo.
- 4) Deve ser apresentada uma descrição em latim ou em outra língua qualquer acompanhada de uma diagnose em latim. Uma diagnose é uma descrição resumida onde são apresentados os principais caracteres (diagnósticos) que distinguem a espécie de outras espécies próximas.
- 5) A espécie deve ser efetivamente publicada. Ou seja, toda essa informação deve ser apresentada em uma publicação (livro ou revista) que deve estar disponível a outros botânicos. Publicações de espécies novas em catálogos, jornais ou mensagens de emails ou outros meios de comunicação efêmeros não caracterizam publicação efetiva.

Quando todos esses critérios são seguidos, a espécie é considerada validamente publicada. Todavia, mesmo tendo sido validamente publicado não significa que é o nome correto para uma determinada espécie, pois o nome pode, por exemplo, ser um sinônimo de outro mais antigo validamente publicado.

NOMES DE PLANTAS CULTIVADAS

Plantas produzidas por ação humana através de hibridação, seleção artificial ou qualquer outro procedimento são denominadas de cultivares (uma combinação de cultivada com variedade). A denominação é aplicada a plantas cultivadas que se distinguem de outras por um ou mais atributos (características) específicos (morfológicos, fisiológicos, citológicos, etc.) que estejam geneticamente fixados, ou seja, que sejam mantidos após vários ciclos de reprodução sexuada ou assexuada. O nome de cultivares pode ser escrito em qualquer língua, menos latim, com a primeira letra do nome em maiúsculo. Os nomes são precedidos do prefixo *cv* ou escritos entre aspas.

Exemplos:

Glycine max cv. MG/BR-46 Conquista; ou *Glycine max* 'MG/BR-46 Conquista' (cultivar de soja desenvolvida pela Embrapa).

Gossypium hirsutum cv. IAC 21; ou *Gossypium hirsutum* 'IAC 21' (cultivar de algodão desenvolvida pelo Instituto Agrônomo de Campinas).

NOMES DE HÍBRIDOS

Híbridos entre duas espécies do mesmo gênero podem ser designados de duas formas: 1) listando as duas espécies separadas pelo símbolo de multiplicação 'x'; ou 2) através de um epíteto específico precedido do sinal de multiplicação para indicar a origem híbrida.

Exemplos:

1) *Bulbophyllum involutum* x *Bulbophyllum weddellii*; ou (2) *Bulbophyllum x cipoense* (híbrido natural de orquídea formado pelo cruzamento do *B. involutum* com *B. weddellii*; o nome específico do híbrido refere-se à Serra do Cipó, local onde foi encontrado pela primeira vez).

1) *Fragaria virginiana* x *Fragaria chiloensis*; ou 2) *Fragaria x ananassa* (morango cultivado, formado pelo cruzamento de *F. virginiana* com *F. chiloensis*).

Híbridos intergenéricos seguem as mesmas regras anteriores. Tanto em nível de gênero como de espécie podem ser designados de dois modos: 1) pelo nome dos dois gêneros separados por 'x'; ou 2) por um nome híbrido precedido de 'x'.

Exemplo:

1) *Sophranitis* x *Cattleya*; ou (2) x *Soprocattleya* (híbrido intergenérico de orquídea, formado pelo cruzamento de uma espécie do gênero *Sophranitis* com uma espécie do gênero *Cattleya*)

Métodos de identificação de plantas

Plantas podem ser identificadas depois de coletadas, prensadas e secas, como apresentado no fascículo de metodologia de campo, mas o melhor é utilizar material fresco ou fixado em álcool, pois várias características podem ser perdidas ou ser difíceis de ser reconstituídas ou observadas no material prensado. O material prensado pode ser reconstituído retirando-se uma parte da planta que se quer examinar, normalmente uma flor, e fervendo em água com algumas gotas de detergente líquido de cozinha. Geralmente, um ou poucos minutos são suficientes para hidratar e amolecer o material. A fervura não deve ser muito prolongada para não fragilizar o material. Uma alternativa consiste em deixar o material em amônia (solução de amoníaco a 10%) por algumas horas. Uma vez que muitos dos caracteres observados são de pequena dimensão é necessário dissecar o material. Para isso são necessários estiletos (espinhos de macaúba funcionam igualmente bem), bisturi e lâmina (pode ser substituído por uma lâmina de barbear), uma lupa ou lente de aumento e uma régua milimetrada. As principais características que devem ser observadas são: 1) hábito da planta (herbáceo, arbustivo ou arbóreo); 2) filotaxia (disposição das folhas no caule); 3) forma geral, ápice, base, margem e venação (padrão das nervuras) das folhas; 4) tipos de pelos; 5) características florais; 6) tipo de placentação e número de óvulos; 7) tipo de fruto.

Uma planta qualquer pode ser identificada fundamentalmente através de duas maneiras: por *comparação* com outras plantas já identificadas ou pelo uso de *chaves taxonômicas*. No primeiro, compara-se a planta não identificada com exemplares vivos, secos (herborizados) ou ilustrações de outras plantas previamente identificadas. Considerando que existem aproximadamente 320 mil espécies de plantas, esse método tem uma série de problemas práticos. O primeiro consiste na dificuldade ou impossibilidade de reunir em um único local todas as plantas conhecidas, seja na forma de plantas vivas ou herborizadas. E mesmo que isso fosse possível o trabalho de comparar a planta não identificada com cada uma das amostras identificadas seria descomunal. Mesmo em se tratando de ilustrações, considerando o grande número de espécies existentes, a probabilidade

de se encontrar uma espécie qualquer ilustrada é baixa. Por exemplo, estima-se que existam no Brasil cerca de 50 mil espécies de plantas nativas. Mesmo que fossem disponíveis fotos de todas as espécies e fossem colocadas dez fotos em uma página, seria necessária uma publicação de 5 mil páginas para incluir todas as espécies, o que é impraticável.

Uma segunda alternativa para a identificação de plantas é o uso de *chaves de identificação*. Chaves de identificação consistem em um arranjo seqüencial de caracteres associados a um grupo de plantas, que permitem, por comparação, a identificação de uma planta não identificada que esteja incluída dentro daquele grupo. As chaves de identificação não apresentam descrições das plantas, mas apenas os caracteres diagnósticos através dos quais a planta pode ser identificada. O objetivo básico de uma chave de identificação é fornecer um método prático para a fácil identificação de uma planta. Por esse motivo os caracteres usados em uma chave não precisam ser, e geralmente não são, os mesmos usados em um sistema de classificação. Normalmente, em uma chave de identificação usam-se caracteres mais marcantes, de fácil observação e que não dêem margem a dúvidas.

As chaves de identificação são de dois tipos básicos: *seqüenciais* ou de *multiacesso*. As chaves seqüências são geralmente *dicotômicas*, ou seja, cada passo da chave consiste de duas alternativas. Cada alternativa consiste de uma proposição, e as proposições na mesma dupla são antagônicas (mutuamente excludentes = uma exclui a outra). Cada proposição conduz a um número que leva a uma nova dupla de proposições. Como as proposições são antagônicas, em cada passo terá que se tomar ou um, ou outro caminho (nunca os dois). Em algum momento, se forem escolhidas as proposições corretas, ou seja, que se aplicam à espécie não identificada, uma das proposições conduzirá ao nome da planta.

As chaves seqüências dicotômicas podem ser de dois tipos, *emparelhadas* ou *indentadas*. Nas chaves emparelhadas as duas proposições de cada dupla aparecem lado a lado, enquanto na chave indentada todas as possibilidades que resultam da primeira proposição são dispostas abaixo desta, antes da apresentação da segunda proposição da mesma dupla. De uma maneira geral, chaves indentadas funcionam melhor em chaves curtas, mas o uso de um ou outro tipo é basicamente uma questão de opção pessoal.

Um problema das chaves seqüências é que se um caracter usado na chave estiver faltando na planta que se quer identificar, não é possível passar para o passo seguinte e o processo de identificação termina naquele ponto. Outra limitação é que as chaves seqüências podem falhar, ou seja, um único erro de escolha em um dos passos da chave pode levar a uma identificação completamente errada e o erro só é percebido no final do processo.

Chaves de identificação de multiacesso também consistem em um processo de eliminação passo a passo, como em uma chave dicotômica. Todavia, os caracteres podem ser escolhidos e combinados pelo usuário, sem a necessidade de seguir uma ordem seqüencial única. Ou seja, pode ser usada qualquer seleção de caracteres e em qualquer ordem, daí o nome multiacesso. Chaves de multiacesso são particularmente vantajosas em casos onde falta algum caracter na planta que está sendo examinada. Nesses casos basta combinar os caracteres disponíveis e verificar qual planta identificada na chave mais se aproxima da combinação feita.

Independentemente do método utilizado ou do tipo de chave, em termos práticos, o primeiro passo na identificação de uma planta consiste em identificar a família à qual ela pertence. Uma vez identificado a família, passa-se para a identificação do gênero e, por fim, para a identificação da espécie. Uma vez identificada a espécie, ou qualquer outra categoria taxonômica, é importante confirmar a identificação. Isto é feito comparando-se a planta identificada com as características conhecidas para aquela planta. Para isso comparam-se as características da planta identificada com as características descritas para aquela planta encontrada na literatura especializada, normalmente trabalhos ou livros de botânica. Se a identificação estiver correta, as características devem coincidir, caso contrário, deve-se retornar à chave, repetir cada passo, localizar onde ocorreu o erro e seguir um outro caminho.

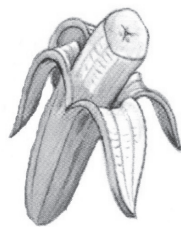
Chaves de identificação podem ser elaboradas para qualquer categoria taxonômica, mas normalmente são feitas para identificar famílias, gêneros ou espécies. Quando o grupo taxonômico que se quer identificar, seja um conjunto de espécies, gêneros ou famílias é muito numeroso, costuma-se dividir esse grupo maior em grupos menores (subgrupos). Nesse caso, usa-se uma primeira chave para identificar a qual subgrupo a planta não identificada pertence e, a partir desta, uma segunda chave específica para cada subgrupo. Esse procedimento tem como objetivo facilitar o processo de identificação, pois chaves muito longas são mais difíceis de ser usadas e mais sujeitas a erros.

Apesar da praticidade, o uso de chaves na identificação de plantas pode apresentar algumas dificuldades. Além dos problemas citados acima, particularmente em relação às chaves seqüências, a principal dificuldade reside na dificuldade do usuário com o uso dos termos botânicos empregados na chave e na associação dos caracteres descritos por estes termos com os caracteres da planta examinada. A única solução para esse problema é a maior familiarização do usuário com os termos e caracteres botânicos e, para isso, recomenda-se o uso de manuais de organografia vegetal, como os de Ferri (1973) ou Vidal & Vidal (2000). Um outro problema, de solução mais difícil, é que para um grande número de plantas, principalmente em nível de gêneros

e espécies, não há chaves disponíveis, ou quando disponíveis, encontram-se muito defasadas ou não incluem a planta que se quer identificar.

Em resumo, a despeito das limitações relacionadas ao método comparativo e da maior praticidade das chaves, um método não exclui o outro e no processo de identificação de uma planta os dois métodos não apenas podem como devem ser usados em conjunto. Ou seja, quanto maior o número de recursos utilizados, maior a chance de sucesso na identificação.

Exemplos de chaves de identificação, considerando-se os seguintes frutos:



Banana prata



Manga-aden



Mamão papaya



Laranja bahia



Limão-taiti



Maracujá azedo

Exemplo de *chave emparelhada*:

1. Frutas com a casca amarela, dividida em três ou mais partes	banana prata
1. Frutas com casca amarela, verde ou vermelha, inteira	2
2. Frutas com sabor doce quando maduras	3
2. Frutas com sabor ácido mesmo quando maduras	4
3. Frutas com uma única e grande semente no meio	manga aden
3. Frutas com muitas sementes	mamão papaya
4. Frutas com casca dura, muitas sementes com a polpa em volta destas	maracujá azedo
4. Frutas com casca macia, poucas sementes com a polpa formada por pequenos gomos	5
5. Frutas com a casca amarela ou laranja quando maduras	laranja bahia
5. Frutas com a casca verde mesmo quando maduras	limão taiti

Exemplo de *chave indentada*:

1.Frutas com a casca amarela, dividida em três ou mais partes	banana prata
1.Frutas com casca amarela, verde ou vermelha, inteira	2
2.Frutas com sabor doce quando maduras	3
3.Frutas com um única e grande semente no meio	manga aden
3.Frutas com muitas sementes	mamão papaya
2.Frutas com sabor ácido mesmo quando maduras	4
4.Frutas com casca dura, muitas sementes com a polpa em volta destas	maracujá azedo
4.Frutas com casca macia, poucas sementes e polpa formada por pequenos gomos	5
5.Frutas com a casca amarela ou laranja quando maduras	laranja bahia
5.Frutas com a casca verde mesmo quando maduras	limão taiti

Exemplo de *chave de multiacesso*:

Caracteres:

Divisão da casca:

A. casca dividida em três ou mais partes

B. casca inteira

Sabor do fruto quando maduro

C. doce

D. ácido

Número de sementes

E. nenhuma, uma ou poucas

F. muitas

Consistência da casca

G. macia

H. dura

Cor da casca quando madura

I. amarela ou laranja

J. avermelhada

K. verde

Fórmulas	frutas
ACEGI	banana prata
BCEGJ	manga aden
BCFGI	mamão papaya
BDFHI	maracujá azedo
BDEGI	laranja bahia
BDEGK	limão taiti

Chaves de identificação são normalmente encontradas em *monografias* ou *floras*. Monografias são tratamentos taxonômicos sobre um grupo específico, normalmente uma família ou gênero, onde são reunidas e apresentadas todas as informações disponíveis sobre todos os membros do grupo em estudo. Uma monografia inclui, normalmente, descrições detalhadas e completas, uma lista de todos os sinônimos conhecidos, ilustrações e todo tipo de dados disponíveis sobre as plantas em estudo, incluindo dados ecológicos, anatômicos, bioquímicos, citológicos, biogeográficos, etc. Um estudo semelhante, sobre um grupo específico, mas menos abrangente é chamado de *revisão*. Em uma revisão, normalmente, as descrições e listas de sinônimos são mais sucintas e os dados, apenas, morfológicos ou anatômicos. Ainda dentro da mesma linha, trabalhos mais resumidos, onde são apresentadas apenas uma lista de espécies, ou outra categoria taxonômica, e comentários diagnósticos, são chamados de *sinopses*.

Floras são tratamentos taxonômicos sobre as plantas de uma área geográfica definida, normalmente uma localidade, região, estado, país ou região fitogeográfica. Na prática, porém, as floras normalmente são restritas a determinados grupos de plantas, por exemplo, incluindo plantas vasculares ou as avasculares. De modo contrário a uma monografia, um dos principais objetivos de uma flora é permitir a fácil identificação das plantas de uma região e não um tratado completo sobre todas as informações taxonômicas disponíveis sobre as plantas incluídas no estudo. Para o Brasil, entre alguns exemplos de flora pode-se citar a Flora Brasiliensis, Flora Ilustrada Catarinense, Flora Neotropical, Flora da Serra do Cipó, Flora do Pico das Almas e Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo.

Floras e monografias apresentam vantagens e limitações intrínsecas às suas características. Enquanto uma flora representa um importante sumário sobre as plantas de uma região, a sua principal limitação reside exatamente na abrangência geográfica restrita. Já uma monografia pode, normalmente, ser usada em qualquer lugar do mundo, mas é restrita a um determinado grupo de plantas. Adicionalmente, cerca de 95% dos gêneros de plantas não têm nenhum tratamento monográfico mais recente. De uma maneira geral, o foco em botânica sistemática tem sido maior sobre floras, e existem mais floras recentes do que monografias. Todavia, muitas regiões, principalmente tropicais, nunca foram estudadas ou são pouco conhecidas quanto à sua flora. Apesar dos mais de 250 anos de estudos sistemáticos desde *Species Plantarum*, de 1753, a cada ano, dezenas de novas espécies ainda são descobertas e descritas. Em resumo, o nosso conhecimento sobre a flora do mundo ainda está muito longe do que seria considerado ideal ou mesmo satisfatório.

BIBLIOGRAFIA

Morfologia

FERRI, M.G. 1973. *Botânica: Morfologia externa das plantas [organografia]*. São Paulo: Melhoramentos.

LAWRENCE, G.H.M. 1973. *Taxonomia das Plantas Vasculares*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 298 p. v. 1.

VIDAL, M.R.R.; VIDAL, W. N. 2000. *Botânica – Organografia*. 4 ed. Viçosa: UFV. 124 p.

Taxonomia Geral

JOLY, A. B. 1977. *Botânica: introdução à taxonomia vegetal*. São Paulo: Companhia Editora Nacional.

LAWRENCE, G.H.M. 1973. *Taxonomia das plantas vasculares*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 298 p. v. 1.

LAWRENCE, G.H.M. 1977. *Taxonomia das plantas vasculares*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 855 p. v. 2.

STACE, C. A. 1989. *Plant taxonomy and biosystematics*. 2 ed. London: Edward Arnold. 264 p.

Sistemas de Classificação

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. 1998. An ordinal classification for the families of flowering plants. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 85: 531-553.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141: 399-436.

CRONQUIST, A. 1988. *The evolution and classification of flowering plants*. New York: New York Botanical Garden. 555 p.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P.F. 2002. *Plant systematics: a phyllogenetic approach*. 2 ed. Sunderland: Sinauer Associates.

TAKHTAJAN, A. 1997. *Diversity and classification of flowering plants*. Columbia: Columbia University Press.

Nomenclatura Botânica

BRUMMITT, R. K.; POWELL, C.E. 1992. *Authors of plant names*. Kew: Royal Botanic Gardens.

GREUTER, W. *et al.* 2000. *International Code of Botanical Nomenclature (Saint Louis Code)*. Koeltz Scientific Books, Königstein. 474 p. (traduzido e publicado em português, em 2003, pelo IBt, IAPT e SBSP).

Métodos de Coleta e Preparação de Amostras

FIDALGO, O.; BONONI, V.L.R. 1984. Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico. Manual N° 4. São Paulo: Instituto de Botânica. 62 p.

Dicionários/Glossários

FERRI, M.G.; MENEZES, N.L.; MONTEIRO, W.R. 1981. *Glossário Ilustrado de Botânica*. São Paulo: Nobel.

FONT QUER, P. 1985. *Diccionario de Botânica*. Barcelona; Labor. 1244 p.

Chaves para família e gêneros

BARROSO, G.M. 1978-1984. *Sistemática de Angiospermas do Brasil*, I-III. Viçosa: Imprensa Universitária/Universidade Federal de Viçosa.

JOLY, A.B. 1977. *Botânica: chaves de identificação das famílias de plantas vasculares que ocorrem no Brasil, baseadas em chaves de Franz Thonner*. 3 ed. São Paulo: Editora Nacional. 160 p.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. 2005. *Botânica sistemática*. Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Instituto Plantarum.

Periódicos que publicam trabalhos de sistemática botânica

ACTA AMAZONICA (Brasil)

ACTA BOTANICA BRASILICA (Brasil)

AMERICAN JOURNAL OF BOTANY (E.U.A.)

ANNALS OF BOTANY (Reino Unido)

ANNALS OF THE MISSOURI BOTANICAL GARDEN (E.U.A.)

BOLETIM DE BOTÂNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (Brasil)

BRADIA (Brasil)

BRITTONIA (E.U.A.)

DARWINIANA (Argentina)

HARVARD PAPERS IN BOTANY (E.U.A.)

HOEHNEA (Brasil)

JOURNAL OF THE LINNEAN SOCIETY – Botany (Reino Unido)

KEW BULLETIN (Reino Unido)

LUNDIANA (Brasil)

NOVON (E.U.A.)

PLANT SYSTEMATICS AND EVOLUTION (Áustria)

REVISTA BRASILEIRA DE BOTÂNICA (Brasil)

RODRIGUESIA (Brasil)

SITIENTIBUS, SÉRIE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (Brasil)

SYSTEMATIC BOTANY (E.U.A.)

TÁXON (Áustria)

Páginas de Internet com tópicos de interesse para a área de sistemática botânica

ANGIOSPERM PHYLOGENY Web site (www.mobot.org/MOBOT/Research/APweb/welcome.html). Informações sobre as ordem e famílias de plantas baseadas no sistema de classificação do APG.

BASES DE DADOS DO MISSOURI BOTANICAL GARDEN (www.mobot.org/MOBOT/Research/alldb.shtml).

GENEBANK (www.ncbi.nlm.nih.gov). Banco de dados de seqüências de DNA.

IBAMA (www.ibama.gov.br).

INDEX HERBARIORUM (www.nybg.org/bsci/ih/). Relação e informações sobre herbários de todo o mundo.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS – IEF, Minas Gerais (www.ief.mg.gov.br).

INSTITUTO DE BOTÂNICA DE SÃO PAULO (www.ibot.sp.gov.br).

INTERNATIONAL PLANT NAME INDEX (www.ipni.org). Base de dados dos nomes e bibliografia associada de todas as espécies de fanerógamas.

INTERNET DIRECTORY FOR BOTANY (www.botany.net/IDB). Diretório com diversos temas de botânica organizados por tópicos.

JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO (www.jbrj.gov.br).

SOCIEDADE BOTÂNICA DO BRASIL (<http://www.botanica.org.br>).

TREE OF LIFE WEB PROJECT (<http://tolweb.org/tree/phylogeny.html>). Diretório com cerca de 2000 páginas de Internet com informações sobre a diversidade biológica.

W3 TRÓPICOS (MOBOT) (<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>). Base de dados de nomenclatura botânica do Missouri Botanical Garden.

PARTE 3
MICROBIOLOGIA SISTEMÁTICA

Sistemática de microorganismos

Ary Corrêa Júnior

1. INTRODUÇÃO

Os microrganismos são extremamente diversos e compreendem organismos de reinos distintos. A organização sistemática de seus indivíduos não se baseia em critérios únicos. Assim, a organização de fungos macroscópicos utiliza características morfológicas para a sua separação e catalogação; fungos unicelulares e microscópicos, por outro lado, além das características morfológicas, também são separados pelas suas características bioquímicas, fisiológicas e moleculares. Bactérias são separadas por suas características tintoriais, além de suas características fisiológicas e moleculares, na reação de Gram. Os vírus são basicamente separados por suas características bioquímicas e moleculares. Neste capítulo descreveremos as estratégias utilizadas para a caracterização de microrganismos e sua classificação sistemática.

2. FUNGOS

O reino Fungi compreende organismos eucariotos, aclorofilados, com parede celular quitinosa, uni e multicelulares. A maior parte dos fungos apresenta uma alternância de ciclos de vida sexuada e assexuada. Sempre que possível a descrição da espécie deve ser feita pela descrição das estruturas da fase sexual ou teliomórfica. Assim, os fungos podem ser divididos em basidiomicotina, ascomicotina, chitridiomycetos, zigomicotina, glomeromicetos e fungos mitospóricos. Os basidiomicetos são os fungos que apresentam em sua fase sexuada esporos do tipo basidiósporos. Esses esporos são formados por meiose exogenamente (Figura 1). Entre os basidiomicetos estão presentes os cogumelos, algumas leveduras e fungos patogênicos como as ferrugens e carvões. Os ascomicetos são fungos que apresentam em sua fase sexual esporos gerados por meiose endogenamente em estruturas chamadas ascas (Figura 1). Entre os ascomicetos mais

conhecidos está a levedura do padeiro *Saccharomyces cerevisiae*. Os chitridiomicetos são fungos que produzem esporos flagelados e móveis. Zigomicetos são fungos que formam esporos não móveis. Os glomeromicetos são fungos que formam associações micorrízicas com plantas superiores. Fungos mitospóricos são aqueles em que não se observa, ou não se conhece uma fase sexuada. Descreveremos com um pouco mais de detalhe cada um dos grupos.

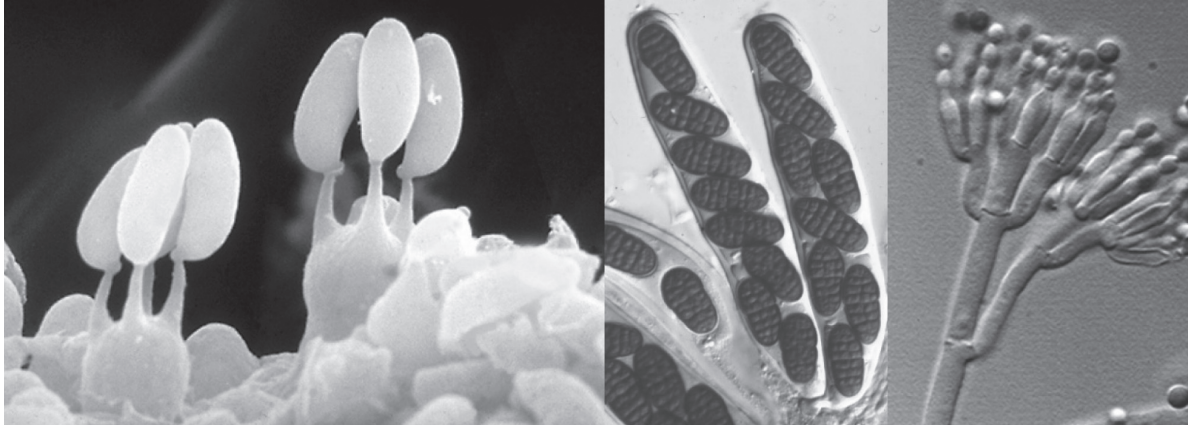


FIGURA 1 (da esquerda para direita) - a) Basidiósporos aderidos sobre o esterigma sobre a basídia; b) Ascósporos no interior de ascas; c) Conídios emergindo de um conidióforo.

2.1. Basidiomicetos

Os basidiomicetos são fungos que formam seus esporos a partir de uma estrutura globosa chamada basídia. Muitos deles possuem durante a sua fase vegetativa hifas septadas e dicarióticas. Os dois núcleos presentes nestas células são o resultado de um processo de fusão de hifas, sendo cada um dos núcleos originário de um indivíduo monocariótico. O heterocário (célula com dois núcleos distintos) é mantido em cada divisão celular pela formação de um grampo. Durante a divisão celular da hifa os dois núcleos se dividem e um deles migra para um prolongamento celular em forma de ramo. Após a introdução deste núcleo no prolongamento lateral ocorre a formação de um septo que divide o ramo e a nova célula. O ramo lateral se funde à célula anterior e o núcleo que estava no prolongamento lateral agora se move para o citoplasma da célula anterior, mantendo o heterocário. Durante a fase vegetativa do basidiomiceto, a fase dicariótica se mantém. Quando em condições propícias, o grampo se entumece, cresce e os dois núcleos migram para o seu interior. Esta estrutura é denominada basídia jovem ou probasídia. Nela ocorre a fusão dos dois núcleos haplóides, formando uma célula dicariótica, que passará por um ciclo de divisão meiótica gerando quatro núcleos haplóides. No topo do basídio se formarão quatro prolongamentos, denominados esterigmas, para onde cada um dos núcleos meióticos migrará e formará externamente um esporo exógeno, monocariótico e haplóide, o basidiósporo (Figura 2). Esta forma de reprodução sexuada caracteriza o grupo dos basidiomicotina. Os cogumelos são o local onde a reprodução sexual dos basidiomicetos ocorre e a sua

forma, coloração e estruturas associadas geralmente são utilizadas para a separação das diferentes espécies. Não são todos os basidiomicetos que formam cogumelos, mas geralmente as estruturas onde ocorre a plasmogamia e formação dos basidiósporos são as estruturas responsáveis pela caracterização das espécies dos fungos deste grupo.

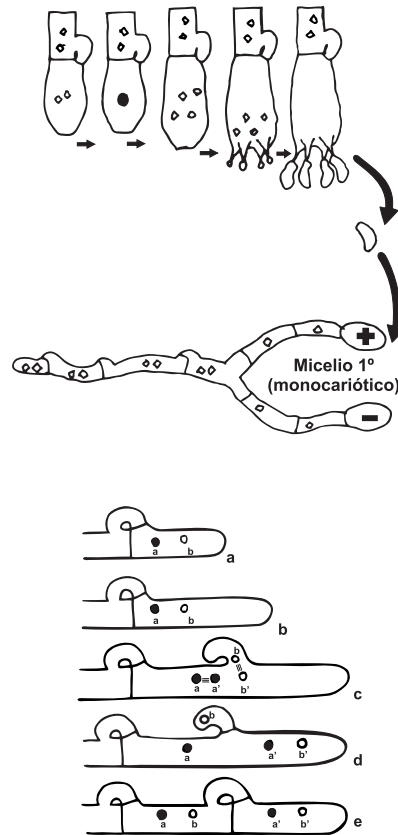


FIGURA 2 - Ciclo de vida esquemático de um basidiomiceto. O ciclo inicia-se com a fusão de duas hifas monocarióticas haploides, gerando um micélio heterocariótico. Este micélio mantém-se heterocariótico através da formação do grampo em cada divisão celular. Durante a divisão nuclear (c) um ramo lateral se forma na hifa em crescimento para onde um dos núcleos migra. Este ramo lateral se septa (d) e se funde à célula anterior da hifa (e). O núcleo do ramo migra para a célula anterior e o heterocáριο se mantém. Em condições adequadas esta célula heterocariótica pode passar por um processo de fusão nuclear, meiose, e formação de quatro células exógenas, os basidiósporos.

2.2. Ascomicetos

Os ascomicetos são fungos que durante a sua fase vegetativa apresentam células haploides monocarióticas e formarão esporos endógenos do tipo ascósporos. Nestes fungos a formação do dicário é efêmera, ao contrário dos basidiomicetos, onde o dicário se mantém durante o crescimento vegetativo. Nos ascomicetos a fusão de hifas para a formação do dicário se dá em células diferenciadas, o ascogônio e anterídio. Nestes fungos, hifas monocarióticas de corpos fúngicos distintos crescem pareadas e diferenciam células globosas terminais nas quais várias rodadas de mitose nuclear geram células polinucleadas

que são denominadas anterídio e ascogônio. A partir do anterídio uma ramificação celular, a tricogine, se forma e une o citoplasma do anterídio com o ascogônio. Através da tricogine, núcleos haplóides do anterídio migram para o ascogônio, que agora possui vários núcleos de ambos talos fúngicos formando um heterocáριο. A partir do ascogônio ocorre a formação de hifas ascogênicas e hifas estéreis. Para o interior da hifa ascogênica migram pares de núcleos. Na ponta da hifa ascogênica ocorre a formação de uma estrutura denominada crozier ou grampo (Figura 3). Este grampo é similar ao grampo dos basidiomicetos. Em seu interior um par de núcleos migra e se divide. Um septo se forma separando o grampo da hifa ascogênica. Nesta célula ocorre a fusão dos dois núcleos haplóides e a formação de uma célula diplóide que passará por uma divisão meiótica resultando em quatro núcleos haplóides, os quais se dividiram por mitose resultando em oito núcleos haplóides. Ao redor de cada núcleo se formará um esporo, que ficará contido no interior de um sacúolo denominado ascos.

A forma da estrutura que dá origem aos ascos e ascósporos é utilizada para a separação dos diferentes grupos de ascomicetos. Estas estruturas podem ser totalmente fechadas e denominadas cleistotécios, podem possuir um orifício e ser denominadas peritécio, podem ser totalmente abertas e denominadas apotécio (Figura 3).

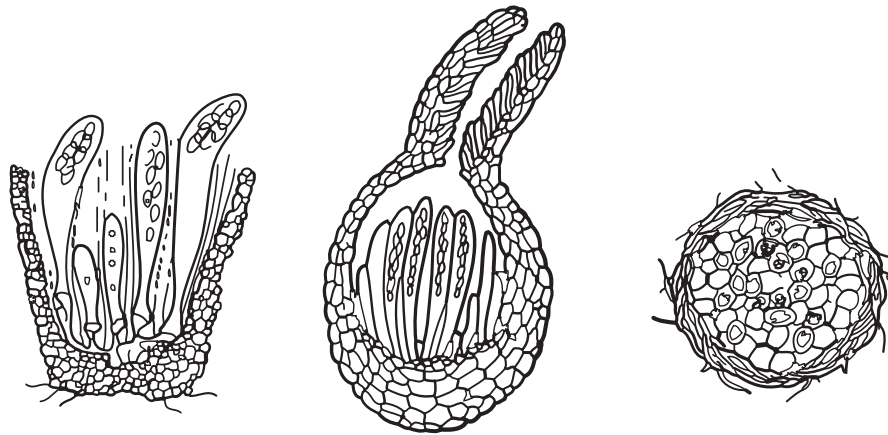
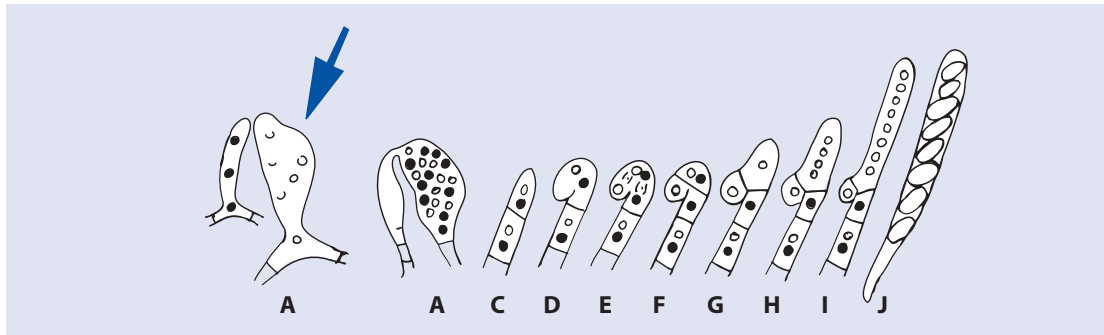


FIGURA 3 - Ciclo de vida esquemático de um Ascomiceto. A partir de dois talos fúngicos haplóides e monocarióticos ocorre a diferenciação de um ascogônio (seta) e um anterídio. B) estas células se fundem através do tricogine e núcleos do anterídio migram para o ascogônio. C) o ascogônio forma hifas ascogênicas para onde pares de núcleos migram e na ponta formam um crozier (E) aonde os núcleos heterólogos se fundem e passam por meiose (h) e mitose formando 8 ascósporos no interior de ascas (J). Estas estruturas podem se desenvolver em estruturas abertas – apotécios; operculadas – peritécios ou fechadas – cleistotécios.

2.3. Chitridiomycetos

Os chitridiomycetos são um grupo de fungos polifilético e compreendem os fungos que apresentam esporos flagelados formados no interior de um esporângio (Figura 4). Nestes fungos os zoósporos assexuados podem germinar, formando um talo, ou se fundir diretamente gerando um esporângio onde a cariogamia ocorre. Neste esporângio sexual diplóide ocorre a meiose e germinação formando hifas e esporângios haplóides que produziram zoósporos haplóides, os quais perpetuam o ciclo (Figura 4). A forma dos diferentes esporos e esporângios são as características utilizadas para a separação e caracterização dos chitridiomycetos.

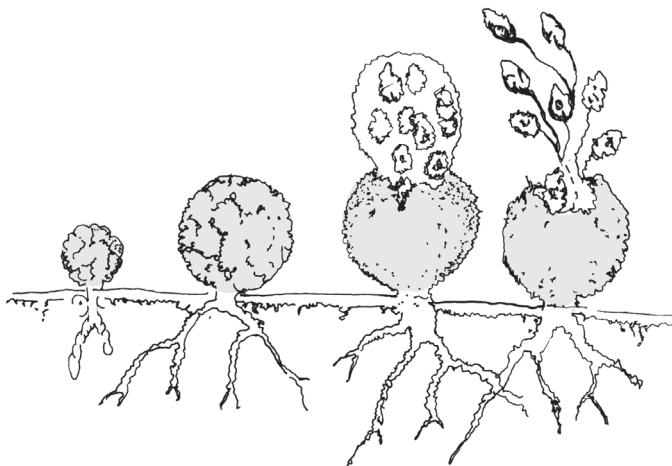


FIGURA 4 - Ciclo de vida esquemático de um chytridiomiceto. Os zoósporos são produzidos no interior de um esporângio, liberados, se fundem, aderem ao substrato, passam por uma rodada de meiose e novos esporângios com zoósporos se formam.

2.4. Zigomicotina

Os fungos deste grupo apresentam a formação de zigósporos a partir de zigosporângios formados pela fusão dos gametângios (Figura 5). Gametângios são ramificações de hifas de talos diversos, que se fundem formando os zigosporângios. Nestes zigosporângios ocorre a fusão de núcleos haplóides formando uma célula com núcleos diplóides. A partir de divisões meióticas, esporos não flagelados são formados, germinarão e formarão novos talos fúngicos. Um exemplo de um organismo deste grupo é o bolor preto do pão.

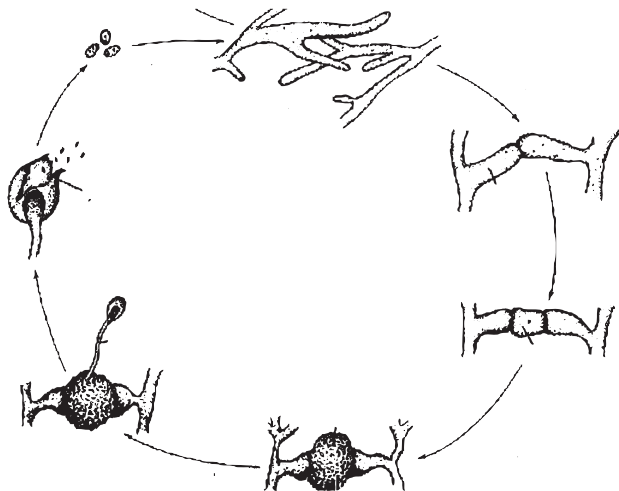


FIGURA 5 - Ciclo esquemático de um Zygomyceto. Hifas haplóides ao crescerem pareadas formam ramos laterais que se fundem e núcleos dos dois talos migram para o interior de uma célula diferenciada, o zigoto, aonde ocorre a fusão de núcleos e em condições adequadas a germinação pós-meiose, originando um esporângio com zigósporos haplóides. Estes zigósporos germinaram e formaram um novo micélio haplóide.

2.5. Glomeromicotina

Este grupo corresponde aos fungos que formam obrigatoriamente associações micorrízicas com plantas superiores. Estes fungos formam arbúsculos ou vesículas no interior de células vegetais e não podem ser cultivados sem a presença do vegetal (Figura 6). Formam esporos grandes, multinucleados e com parede espessa. As hifas são não septadas. Estes fungos, apesar de serem pouco vistos, são de extrema importância para o desenvolvimento da comunidade vegetal nativa e em ambientes agrícolas. A forma das vesículas e arbúsculos e a morfologia dos esporos são as características utilizadas para a separação das diferentes espécies de fungos deste grupo.

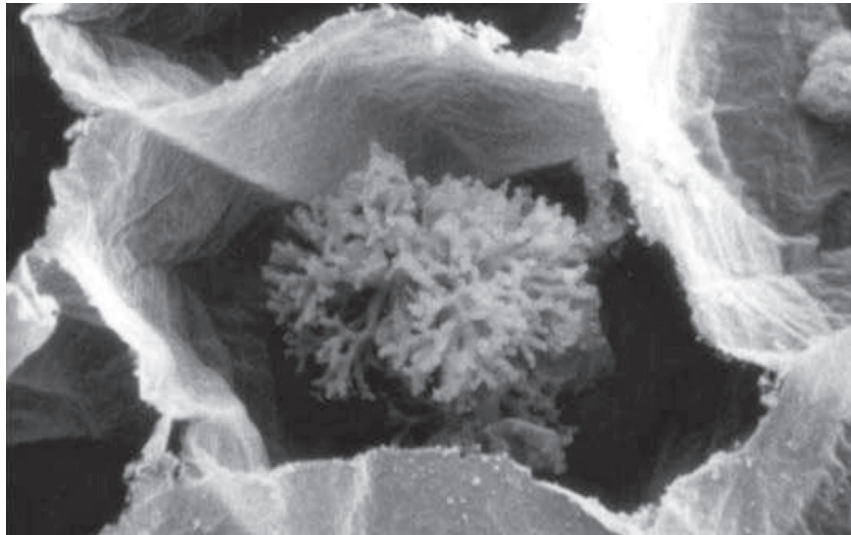


FIGURA 6 - Célula vegetal apresentando um arbúsculo. O arbúsculo é uma estrutura fúngica ramificada, típica de fungos Glomeromicotina.

2.6. Fungos mitospóricos

Este grupo de fungos não apresenta reprodução sexuada conhecida e é descrito por sua forma imperfeita (assexuada). Estes fungos normalmente apresentam apenas esporos formados a partir de divisão mitótica. Estes esporos são denominados conídios e podem ser mono ou multicelulados. As estruturas que dão origem aos conídios são denominadas conidióforos e a sua morfologia normalmente permite a separação entre os diferentes fungos mitospóricos. Este grupo geralmente é considerado uma divisão artificial, sem correlação filogenética entre os diferentes indivíduos do grupo. Muitos fungos, antes classificados como mitospóricos, foram reclassificados, após a observação de suas estruturas de reprodução sexual.

Obviamente as características descritas aqui são generalizações a partir de inúmeros organismos. Muitos dos fungos descritos nestes grupos não apresentam todas as características citadas, mas são assemelhados o suficiente entre si para serem descritos nestes grupos. Dentre os fungos, alguns se reproduzem por divisão binária ou brotamento, as leveduras. Apesar de leveduras estarem presentes

entre os ascomicetos e basidiomicetos, a caracterização de seu ciclo sexual nem sempre é possível. Para a caracterização destes organismos outros critérios são utilizados, como a caracterização do perfil fisiológico do organismo, ou seja, os substratos que o fungo é capaz de utilizar para o crescimento, características bioquímicas e, mais modernamente, o perfil molecular que apresentam.

3. BACTÉRIAS

As bactérias são organismos unicelulares, procariotos. Infelizmente, a variabilidade morfológica das bactérias não é suficiente para separar a diversidade de espécies conhecidas. Por este motivo, outras características são utilizadas para a sua separação e caracterização. Assim as bactérias são caracterizadas inicialmente pela sua forma (coccus, bacillus, espirilus, pleiomórficas), pela resposta à coloração de Gram (Figura 7), pelo requerimento de oxigênio (anaeróbica ou aeróbica) e pela formação ou não de esporos. Além destes fatores, as condições necessárias para o crescimento e morfologia da colônia, as propriedades antigênicas, reações bioquímicas e características genotípicas também podem ser utilizadas para a separação dos diferentes grupos de bactérias. Segundo a classificação de Berger (1984) os procariotos podem ser divididos da seguinte forma:

- Gracilicutes: Bactérias Gram⁻. Estas bactérias se coram pelo contracorante da reação de Gram e portanto possuem parede celular delgada com membrana externa.
- Firmicutes: Bactérias Gram⁺. Bactérias que se coram pelo cristal violeta indicando parede espessa de peptidoglicano.
- Tenericutes: Procariotos sem parede celular rígida.
- Mendosicutes: Procariotos com parede sem peptidoglicano - Archeobactérias.

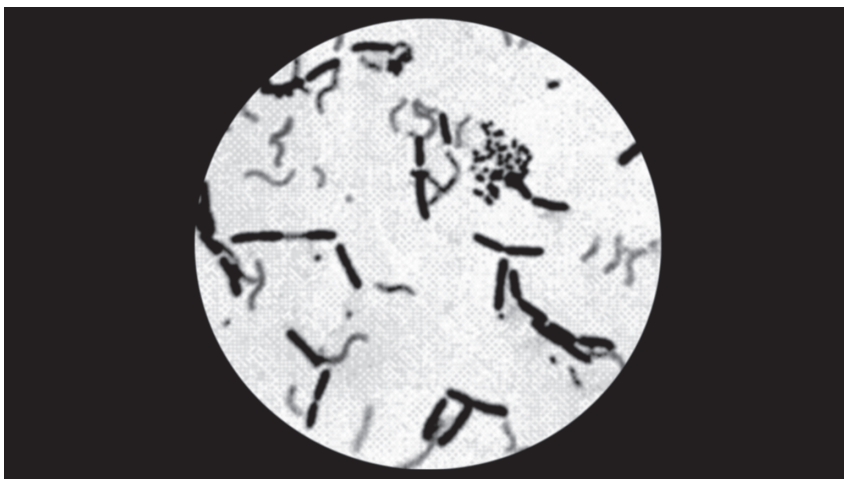


FIGURA 7: - Bactérias coradas pelo método de Gram. As bactérias Gram⁺ aparecem em azul enquanto as Gram⁻, em rosa. Note as formas bacterianas em cocos (esféricas), bacilus (alongadas) e espirilo (espiraladas).

A partir desta classificação básica, outras características são acrescentadas permitindo a divisão das bactérias em: Espiroquetas: Bactérias espiraladas, Gram⁻ aeróbica, microaerófila, móvel; Bactérias imóveis curvadas Gram⁻; Bastonetes e Coccus Gram⁻ aeróbios; Bastonetes anaeróbicos facultativos Gram⁻; Anaeróbios Gram⁻; Rickettsias e Clamídeas; Mycoplasmas; Endossimbióticos; Coccus Gram⁺; Gram⁺ esporulados; Bastonetes Gram⁺ não esporulados; Micobactérias; Anaeróbios fototróficos; Aeróbios fototróficos; Aeróbios quimiolitotróficos; Bactérias filamentosas; Metanogênicas; Redutoras de sulfato; Halofitas; Termofílicas; Actinomicetos.

A partir desta classificação funcional, testes bioquímicos suplementares são realizados, como a capacidade de utilizar determinada fonte de carbono, nitrogênio ou outro nutriente. Também a capacidade de produzir enzimas e metabólitos específicos é utilizada. Em alguns, características genéticas e moleculares também são utilizadas para separar as diferentes espécies bacterianas. Uma discussão mais aprofundada sobre a caracterização e diagnóstico de bactérias será abordada no fascículo Microbiologia.

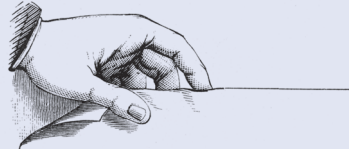
4. VÍRUS

Vírus são organismos intracelulares obrigatórios compostos basicamente por uma capa protéica e material genético de DNA ou RNA. A sua classificação é feita basicamente por suas características moleculares e segue os critérios de tipo e organização do material genético; a estratégia de replicação viral e a estrutura do vírion. Infelizmente a sistemática viral ainda é um assunto em discussão e, apesar das características acima permitirem a separação das diversas entidades virais, o código taxonômico para vírus ainda não possui um consenso. Historicamente os vírus eram classificados a partir das doenças que causavam. Após o desenvolvimento da microscopia eletrônica, a forma da partícula passou a ser também utilizada, além das características serológicas de cada virose. Com o desenvolvimento dos métodos moleculares de caracterização de macromoléculas, o seqüenciamento do código genético viral passou também a ser levado em consideração.

5. PERGUNTAS

A morfologia é uma importante característica para a separação de espécies de microrganismos. Qual a relevância da morfologia para a separação de fungos? E bactérias? E vírus?

Fungos possuem alternância de ciclo de vida sexual e assexual. Não raro estes ciclos apresentam uma grande variação morfológica. Como saber que dois fungos morfológicamente distintos não são da mesma espécie em fases diferentes do ciclo de vida?



Para obter mais
informações sobre
outros títulos da
EDITORA UFMG,
visite o site

www.editora.ufmg.br

A presente edição foi composta pela Editora UFMG, em caracteres Chaparral Pro e Optma Std, e impressa pela Editora O Lutador, em sistema offset, papel offset 90g (miolo) e cartão supremo 250g (capa), em agosto de 2006.



CENTRO DE APOIO
À EDUCAÇÃO A
DISTÂNCIA UFMG

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Secretaria de Ensino a Distância
Ministério da Educação

