

Módulo 1

Volume | 1
2ª edição revisada

Nelson Ferreira Junior
Paulo Cesar de Paiva

| Introdução à Zoologia





Fundação

CECIERJ

Consórcio **cederj**

Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro

Introdução à Zoologia

Volume 1 – Módulo 1
2ª edição revisada

Nelson Ferreira Junior
Paulo Cesar de Paiva



SECRETARIA DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA



Ministério
da Educação



Apoio:



Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Rua Visconde de Niterói, 1364 – Mangueira – Rio de Janeiro, RJ – CEP 20943-001

Tel.: (21) 2334-1569 Fax: (21) 2568-0725

Presidente

Masako Oya Masuda

Vice-presidente

Mirian Crapez

Coordenação do Curso de Biologia

UENF - Milton Kanashiro

UFRJ - Ricardo Iglesias Rios

UERJ - Cibele Schwanke

Material Didático

COORDENAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL

Cristine Costa Barreto

DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL E REVISÃO

Carmen Irene Correia de Oliveira

Marcia Pinheiro

Márcia Elisa Rendeiro

COORDENAÇÃO DE LINGUAGEM

Ana Tereza de Andrade

REVISÃO TÉCNICA

Marta Abdala

Departamento de Produção

EDITORA

Tereza Queiroz

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Jane Castellani

REVISÃO TIPOGRÁFICA

Equipe CEDERJ

COORDENAÇÃO GRÁFICA

Jorge Moura

PROGRAMAÇÃO VISUAL

Ana Paula Trece Pires

Cristiane Matos Guimarães

COORDENAÇÃO DE ILUSTRAÇÃO

Eduardo Bordoni

ILUSTRAÇÃO

Eduardo Bordoni

Salmo Dansa

CAPA

David Amiel

PRODUÇÃO GRÁFICA

Patricia Seabra

2010/1

ELABORAÇÃO DE CONTEÚDO

Nelson Ferreira Junior

Fez graduação em Zoologia no Instituto de Biologia / UFRJ, mestrado em Morfologia de Insetos no Museu Nacional / UFRJ e doutorado em Filogenia de Insetos no Instituto de Biociências / USP. Atualmente, Nelson é Professor-adjunto do Departamento de Zoologia do Instituto de Biologia da UFRJ, leciona as disciplinas “Zoologia III – Arthropoda” e “Entomologia I”, para a graduação em Ciências Biológicas, Instituto de Biologia / UFRJ e colabora na disciplina “Ecologia de Insetos Aquáticos”, para a pós-graduação em Ecologia; Instituto de Biologia / UFRJ e para a pós-graduação em Zoologia, Museu Nacional / UFRJ.

Paulo Cesar de Paiva

Fez graduação em Ciências Biológicas no Instituto de Biociências / USP, mestrado em Comunidades de Polychaeta no Instituto Oceanográfico / USP e doutorado em Bentos de Zonas Rasas no Instituto Oceanográfico / USP. Atualmente, Paulo é Professor-adjunto do Departamento de Zoologia do Instituto de Biologia da UFRJ e leciona as disciplinas “Zoologia II – Mollusca, Annelida e Echinodermata”, “Invertebrados Marinhos”, para a graduação em Ciências Biológicas, Instituto de Biologia / UFRJ; “Ecologia de Bentos de Fundos Inconsolidados, para a pós-graduação em Ecologia; Instituto de Biologia / UFRJ; e Polychaeta, para a pós-graduação em Zoologia, Museu Nacional / UFRJ.

Copyright © 2005, Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada, por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito, da Fundação.

F383i

Ferreira Junior, Nelson.

Introdução à zoologia. v.1 / Nelson Ferreira Junior. – 2.ed. rev. – Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2010.

190p.; 19 x 26,5 cm.

ISBN: 85-7648-059-X

1. Reino animal. 2. Classificação zoológica. 3. Classificação taxonômica. 4. Biogeografia. 5. Sistemática filogenética. I. Paiva, Paulo César de. II. Título.

CDD: 590

Referências Bibliográficas e catalogação na fonte, de acordo com as normas da ABNT.

Governo do Estado do Rio de Janeiro

Governador
Sérgio Cabral Filho

Secretário de Estado de Ciência e Tecnologia
Alexandre Cardoso

Universidades Consorciadas

**UENF - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO
NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO**
Reitor: Almy Junior Cordeiro de Carvalho

**UERJ - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO
RIO DE JANEIRO**
Reitor: Ricardo Vieiralves

UFF - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
Reitor: Roberto de Souza Salles

**UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO**
Reitor: Aloísio Teixeira

**UFRRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL
DO RIO DE JANEIRO**
Reitor: Ricardo Motta Miranda

**UNIRIO - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO
DO RIO DE JANEIRO**
Reitora: Malvina Tania Tuttman

SUMÁRIO

Aula 1 - Introdução ao Reino Animalia _____	7
<i>Nelson Ferreira Junior / Paulo Cesar de Paiva</i>	
Aula 2 - Biologia comparada e escolas sistemáticas _____	19
<i>Nelson Ferreira Junior / Paulo Cesar de Paiva</i>	
Aula 3 - Homologia e série de transformação de caracteres _____	31
<i>Nelson Ferreira Junior / Paulo Cesar de Paiva</i>	
Aula 4 - Caracteres compartilhados e homoplasias _____	41
<i>Nelson Ferreira Junior / Paulo Cesar de Paiva</i>	
Aula 5 - Agrupamentos taxonômicos _____	53
<i>Nelson Ferreira Junior / Paulo Cesar de Paiva</i>	
Aula 6 - Métodos de análise cladística - Parte I _____	65
<i>Nelson Ferreira Junior / Paulo Cesar de Paiva</i>	
Aula 7 - Métodos de análise cladística - Parte II _____	79
<i>Nelson Ferreira Junior / Paulo Cesar de Paiva</i>	
Aula 8 - Métodos de análise cladística - Parte III _____	89
<i>Nelson Ferreira Junior / Paulo Cesar de Paiva</i>	
Aula 9 - Classificação zoológica e taxonômica - Parte I _____	101
<i>Nelson Ferreira Junior / Paulo Cesar de Paiva</i>	
Aula 10 - Classificação zoológica e taxonômica - Parte II _____	113
<i>Nelson Ferreira Junior / Paulo Cesar de Paiva</i>	
Aula 11 - Classificação zoológica e taxonômica - Parte III _____	127
<i>Nelson Ferreira Junior / Paulo Cesar de Paiva</i>	
Aula 12 - Introdução à Biogeografia _____	143
<i>Nelson Ferreira Junior / Paulo Cesar de Paiva</i>	
Aula 13 - Períodos biogeográficos _____	159
<i>Nelson Ferreira Junior / Paulo Cesar de Paiva</i>	
Exercícios de fixação _____	169
Gabarito _____	175
Referências _____	187

Introdução ao Reino Animalia

AULA

1

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer o ramo da Biologia denominado Zoologia.
- Aprender quando e onde os animais surgiram.
- Definir os diferentes tipos de ambientes onde os animais habitam.



Pré-requisitos

Disciplinas:
Diversidade dos
Seres Vivos e
Dinâmica da Terra.

O REINO ANIMAL

Como visto na disciplina Diversidade dos Seres Vivos, atualmente, os organismos estão agrupados em três domínios: Bactéria, Archea e Eukarya. Os organismos eucariontes (com núcleo verdadeiro) estão divididos em quatro diferentes Reinos: Fungi, Protista, Plantae e Animalia.

Nesse curso, você será apresentado ao Reino Animalia ou Reino Animal. Estudá-lo é como fazer uma viagem exploratória pelos diversos caminhos de um mundo imenso e pouco conhecido.

O Reino Animal, o maior entre todos, foi definido, em 1735, pelo naturalista sueco **CAROLUS LINNAEUS** como o de “objetos naturais que crescem, vivem e sentem” em contraste com as plantas, que “crescem, vivem mas não sentem”, e com os minerais, que “crescem, mas não vivem e nem sentem”. Atualmente, considera-se como animal o organismo eucarioto:

- multicelular (constituídos por mais de uma célula, com diferentes funções e dependentes entre si);
- heterotrófico (não sintetizam seu próprio alimento, necessitando nutrir-se de outros organismos) e potencialmente móvel (apresentam células ou tecidos que permitem a movimentação, mesmo que estes organismos vivam fixos em um **SUBSTRATO**, como por exemplo, uma ostra);
- provido de células gaméticas (aquelas geneticamente diferenciadas que são responsáveis pela reprodução sexuada do organismo);
- provido de tecidos distintos (além das células gaméticas); e que apresenta reprodução sexual e meiose.

CAROLUS LINNAEUS

Ver verbete na aula Classificação Zoológica e Taxonômica.

SUBSTRATO

Estrutura de origem animal, vegetal ou mineral que serve de suporte ou anteparo para determinados organismos.

Ex.: a rocha para uma ostra, o tronco para uma formiga e a baleia para uma craca.

Até o momento, mais de 1 milhão de espécies animais viventes foram descritas, além de muitas espécies já extintas, conhecidas, principalmente, através de seu registro fóssil ou de exemplares de museus (Quadro 1.1).

Esta diversidade é tão grande que nenhum ser humano seria capaz de conhecê-la totalmente. Uma pessoa que se dedicasse a estudar todos os animais, examinando uma espécie por hora, em uma jornada de trabalho de oito horas diárias, não teria finalizado sua tarefa após 3 séculos.

Quadro 1.1: Diversidade Animal – número aproximado de espécies dos principais grupos.

Placozoa (1)	Nematomorpha (230)	Onychophora (80)
Mesozoa (100)	Priapulida (15)	Mollusca (50.000)
Porifera (9.000)	Acanthocephala (700)	Brachiopoda (335)
Cnidaria (9.000)	Entoprocta (150)	Ectoprocta (4.500)
Ctenophora (100)	Loricifera (15)	Phoronida (15)
Platyhelminthes (20.000)	Annelida (15.300)	Chaetognatha (100)
Nemertea (900)	Sipuncula (250)	Echinodermata (7.000)
Gnathostomulida (80)	Tardigrada (400)	Hemichordata (85)
Rotifera (1.800)	Arthropoda:	Chordata:
Gastrotricha (450)	Cheliceriformes (65.000)	Urochordata (3.000)
Kinorhyncha (150)	Crustacea (35.000)	Cephalochordata (23)
Nematoda (12.000)	Atelocerata (985.000)	Vertebrata (47.000)

Fonte: Modificado de Brusca & Brusca (1991).

A diversidade animal também é notável no que se refere às suas formas (água-viva, lombriga, estrela-do-mar, mosca, lula gigante, tubarão, ema, elefante, baleia, ser humano), ou à sua escala de tamanho, variando de menos de 1mm, para pequenos vermes, até 30 metros de comprimento, como é o caso da baleia-azul (Figura 1.1).

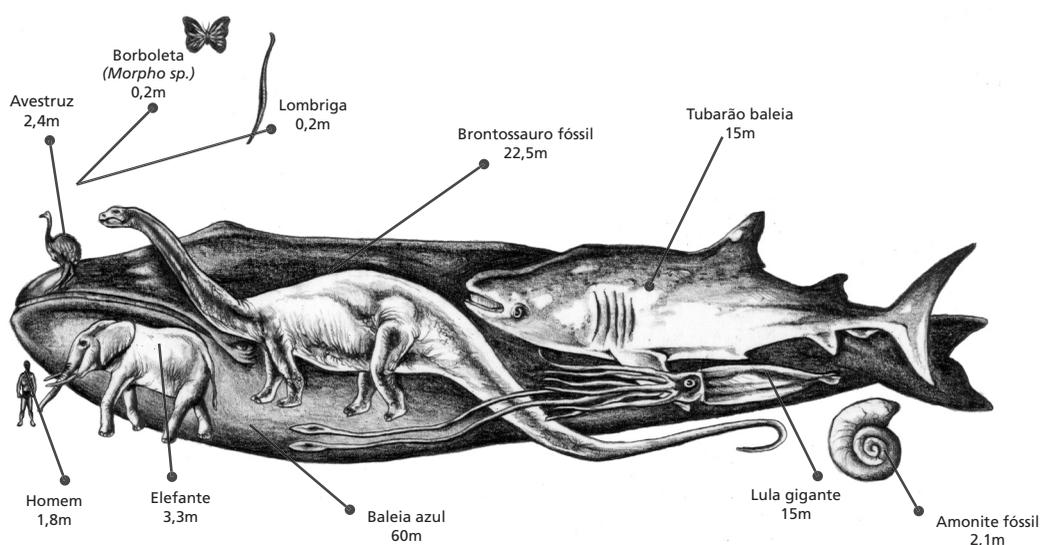


Figura 1.1: Escalas de tamanho do Reino Animal.

QUANDO E ONDE SURGIRAM OS ANIMAIS

O registro fóssil é o único meio direto de se observar a história evolutiva da vida na Terra. Esse registro, encontrado em rochas sedimentares formadas em épocas passadas, representa vestígios de ancestrais de organismos atuais e de organismos que alcançaram o seu apogeu e que desapareceram completamente (**Quadro 1.2**, mais adiante nesta aula). Contudo, o registro fóssil é por demais incompleto para documentar a origem da vida.

O Reino Animal é um dos poucos a apresentar um registro fóssil bastante promissor. **Mas quando você acha que surgiu a vida animal no nosso planeta?** Para responder a esta pergunta, vamos ver um pouco dos períodos geológicos da Terra.

As evidências sugerem que os animais se originaram nos oceanos, conquistando todos os ambientes marinhos disponíveis. Os registros mais antigos de animais são datados do período **PRÉ-CAMBRIANO**, com cerca de 640 **M.A.**, e são denominados de fauna de Ediacara. O registro fóssil dessa fauna é representado por animais de corpo mole, que provavelmente não pertencem a nenhum dos filos atuais. Ao final do Pré-Cambriano, a maior parte de sua fauna foi extinta, sendo substituída pela do período seguinte denominado Cambriano.

O **CAMBRIANO**, há cerca de 590 m.a., dá início à Era Paleozóica. Ele é marcado pelo abundante aparecimento de diversas formas de não-vertebrados, como artrópodes, equinodermos e moluscos. É bastante provável que todos os filos animais tenham se diferenciado antes ou durante esse período.

No Cambriano, eram encontrados artrópodes trilobitas; braquiópodes; moluscos gastrópodes, bivalves e cefalópodes; poríferos; equinodermos; cnidários; anelídeos; nemertinos etc. Tais animais, além dos representantes de cerca dos 10 filos completamente extintos, encontram-se bem preservados em diversos sítios paleontológicos. Destaca-se o de Burgess, localizado na Colúmbia Britânica (Canadá). É desse período o primeiro registro de vertebrados.

O **ORDOVICIANO**, cerca de 505 m.a., registra uma grande variedade de animais não-vertebrados. Nesse período, ocorreu um grande aumento na diversidade de grupos celomados que se alimentavam de material em suspensão na água e de peixes sem mandíbulas e sem nadadeiras.

PRÉ-CAMBRIANO

M.A.

milhões de anos atrás.

CAMBRIANO

ORDOVICIANO

Ao final do Ordoviciano, muitos grupos marinhos extinguiram-se. Tal extinção coincidiu com um acentuado rebaixamento do nível do mar, denominado regressão marinha.

No **SILURIANO**, cerca de 438 m.a., houve um novo aumento na diversidade animal. Os mares, nesse período, estavam repletos de artrópodes Eurypterida. Surgiram os placodermos, peixes que possuíam mandíbulas, e, em alguns casos, estruturas parecidas com nadadeiras. Nesse período, surgiram as primeiras evidências de que alguns grupos animais teriam invadido o ambiente continental.

O **DEVONIANO**, cerca de 408 m.a., apresentou uma grande diversificação de não-vertebrados, principalmente de animais que formam corais, de trilobitas e de **AMONITES**. Esse período também foi marcado pelo pico da diversificação dos agnatos e dos placodermos. Durante o Devoniano, denominado Era dos Peixes, originaram-se os peixes cartilaginosos ou condríctes e os peixes ósseos ou osteíctes. Os anfíbios e os insetos com asas também apareceram nesse período. Ao final do Devoniano, aparentemente coincidindo com uma nova regressão marinha, ocorreu uma extinção em massa de não-vertebrados marinhos.

No **CARBONÍFERO**, cerca de 360 m.a., ocorreu uma grande diversificação de insetos, tais como: gafanhotos, baratas, cigarras etc. Houve ainda uma grande diversificação dos anfíbios, muito dos quais eram enormes (mais de 4 metros), tendo a grande maioria se extinguido ao final do período. É desse período o registro dos primeiros répteis.

No **PERMIANO**, último período da era Paleozóica com cerca de 286 m.a., ocorreu uma grande diversificação na maioria das ordens de insetos. Há então um aumento na diversidade dos répteis, incluindo formas semelhantes aos mamíferos, e um declínio na dos anfíbios. Nesse período, houve a maior extinção em massa da história dos seres vivos, principalmente entre os não-vertebrados marinhos. No mar, os trilobitas, que já estavam sofrendo um declínio, desapareceram e os amonites, que continuavam a se proliferar, juntamente com os corais de antozoários e com os equinodermos crinóides etc. declinaram acentuadamente. Entre os peixes e os grupos terrestres ocorreram extinções menos importantes.

A partir dessa panorâmica, você já pode ter uma idéia do que ocorreu com os seres vivos durante o Paleozóico. Veja agora o que ocorreu nas eras seguintes.

SILURIANO**DEVONIANO**

AMONITES
Cefalópodes
revestidos por
conchas semelhantes
às lulas.

CARBONÍFERO**PERMIANO**

MESOZÓICA**PANGÉIA**

de Pan = tudo, total
+ ge(o) = terra + ia.
Ver mapa na Aula
1 de Introdução à
Biogeografia.

TRIÁSSICO

No início da era **MESOZÓICA**, os continentes encontravam-se reunidos em apenas uma massa de terra denominada **PANGÉIA**. Após o Permiano, a Pangéia começou a se separar, pelo processo chamado tectônica de placas, formando dois outros continentes, um ao norte, denominado Laurásia, e outro ao sul, denominado Gondwana.

No período **TRIÁSSICO**, houve uma nova diversificação da fauna de não-vertebrados marinhos, com a segunda grande proliferação dos amonites. No ambiente terrestre, os répteis experimentaram um grande aumento na sua diversidade, e este período passou a ser denominado, popularmente, Idade dos Répteis. Foi quando surgiram os primeiros dinossauros e os primeiros mamíferos. Ao final do Triássico, ocorreu também uma grande extinção da fauna.

JURÁSSICO

O período **JURÁSSICO**, cerca de 213 m. a., é marcado por uma nova diversificação dos amonites e de outros grupos de não-vertebrados. Os anfíbios primitivos extinguiram-se ao final do Triássico, mas os primeiros sapos apareceram no Jurássico Médio e as salamandras surgiram no final desse mesmo período. Os dinossauros diversificaram-se e surgiram as primeiras aves e os mamíferos arcaicos.

CRETÁCEO

O **CRETÁCEO**, cerca de 144 m.a., é caracterizado pelo grande aumento na diversidade de não-vertebrados marinhos, de amonites e de dinossauros. No Cretáceo Superior, os mamíferos marsupiais ou Metatheria e os placentários ou Eutheria tornaram-se distintos.

Ao final desse período, houve uma grande regressão marinha e a segunda grande extinção da fauna. Os amonites e os dinossauros, que já vinham declinando, e os pássaros arcaicos extinguiram-se. A extinção foi mais intensa entre o plâncton marinho e os não-vertebrados bentônicos, e menos intensa entre os peixes e os pequenos vertebrados terrestres, com menos de 25kg.

À era Mesozóica seguiu-se a Cenozóica. Veja o que ocorreu em seus períodos.

TERCIÁRIO

O período **TERCIÁRIO**, cerca de 65 m.a., é marcado pela grande diversificação dos insetos polinizadores, pássaros e mamíferos. O final do Terciário (Plioceno), assim como o início do Quaternário (Pleistoceno), chama atenção pelo grande número de formas que atingiu o gigantismo, tais como: gliptodontes (*Haplophorus euphractus*), mamutes e mastodontes (*Mammuthus trogontherii*, *Mammuthus americanus*), preguiças-gigantes (*Eremotherium laurillardii*, *Megatherium americanum*, *Mylodonopsis ibseni*), tatus-gigantes (*Holmesina paulacoutoi*) etc. Ao final desse período e começo do seguinte, ocorreu a extinção de grandes mamíferos.

O período **QUATERNÁRIO**, iniciado há aproximadamente 2 milhões de anos, é representado por animais parecidos com aqueles existentes atualmente ou pelos mesmos que hoje encontramos.

QUATERNÁRIO

O **Quadro 1.2** que você verá em seguida mostra, de forma esquemática, os principais eventos que caracterizaram cada período.

Quadro 1.2: Períodos geológicos e seus principais eventos.

Era	Período	Época	Idade (Ma)	Principais eventos na história da Terra
Pré-Cambriano Arqueozóico e Proterozóico	Fósseis mais antigos	Vendiano	4.500	Formação da Terra e desenvolvimento da litosfera, da hidrosfera e da atmosfera. Desenvolvimento da vida na hidrosfera.
			2.500	Mudanças na litosfera produzem as principais massas de terra e áreas de mares rasos. Surgem organismos multicelulares – algas, fungos, e muitos não-vertebrados. Os primeiros fósseis animais aparecem há 700 milhões de anos aproximadamente.
			670	Diversificação de não-vertebrados multicelulares, principalmente criaturas de corpo mole.
Paleozóico	Cambriano		590	Clima morno. Extensos mares rasos nas regiões equatoriais. Algas abundantes. Registro fóssil de trilóbitas e braquiópodes variados. Primeiro registro de vertebrados aparece ao término do período.
	Ordoviciano		505	Clima esquentando. Mares rasos atingem sua máxima extensão. Algas ficam mais complexas; plantas vasculares podem ter ocorrido. Grande variedade de não-vertebrados; peixes sem nadadeiras.
	Siluriano		438	Clima morno. Radiação de plantas terrestres. Abundância de Eurypterida em ambientes aquáticos; surgimento dos artrópodes terrestres e dos primeiros gnatostomados.
	Devoniano		408	Clima frio; bacias de água doce se desenvolvem. Surgimento das primeiras florestas. Primeiros insetos alados; origem e diversificação dos peixes cartilaginosos e ósseos, com desaparecimento das formas sem nadadeiras; aparecimento de tetrápodes. Extinção massiva.
	Carbonífero		360	Clima geralmente morno e úmido, mas com alguma glaciação meridional. Florestas alagadas de esfenopsídeos, licópsídeos e samambaias. Radiação das primeiras ordens de insetos; grande diversidade de anfíbios especializados; primeiros répteis.
	Permiano		286	Glaciações. Clima frio, esquentando progressivamente para o Triássico. Florestas de glossoptérida; radiação de répteis, incluindo formas semelhantes aos mamíferos; declínio dos anfíbios; diversificação das ordens de insetos. Extinção massiva no final do período.
Mesozóico	Triássico		248	Clima morno; desertos extensos. Domínio das gimnospermas; aparecimento das primeiras angiospermas, dinossauros e mamíferos; diversificação de não-vertebrados marinhos.
	Jurássico		213	Deriva continental; Pangéia, único continente existente, se divide em Laurásia (ao norte) e Gondwana (ao sul). Clima morno e estável. Domínio de gimnospermas. Grande diversidade de dinossauros; primeiros pássaros; mamíferos arcaicos; radiação dos amonites.
	Cretáceo	Inferior Superior	144	Maioria dos continentes separados. Diversificação de angiospermas e de mamíferos. Extinção de pássaros arcaicos e de muitos répteis ao final desse período.
100				
Cenozóico	Terciário	Paleoceno Eoceno Oligoceno Mioceno Plioceno	65	Culminação das montanhas, seguida por erosão; invasões marinhas; continentes ocupam posições próximas às atuais. Tendência à aridez no Terciário, com repetidas glaciações. Desenvolvimento de gradiente longitudinal de temperatura. Radiação dos mamíferos, pássaros, angiospermas e insetos polinizadores; extinção dos grandes mamíferos; evolução humana; surgimento das civilizações.
			54	
			38	
			24	
			5	
	Quaternário	Peistoceno Recente	2	
			0,01	

Fonte: Modificado de Brusca & Brusca (1991) e Carvalho (2000).

ONDE VIVEM OS ANIMAIS

Os animais habitam todos os ambientes conhecidos do Planeta Terra. Eles são encontrados desde as mais profundas fossas marinhas até os mais altos picos continentais, suportando temperaturas que variam de -80 °C, nos pólos, até cerca de 100 °C em fontes de águas quentes. Nesses ambientes, os animais sofrem diferentes pressões seletivas, o que acarreta uma grande diversificação das espécies.

Devido à sua grande variedade, os ambientes recebem denominações distintas que serão úteis no estudo dos grupos animais e de suas adaptações ao meio em que vivem. Por exemplo, a primeira divisão do Planeta Terra, quanto à ocupação pelos organismos, é em Meio Aquático e em Meio Aéreo.

Antes de falarmos deles, saiba que nesta divisão não há o “meio terrestre”. Não vamos, por enquanto explicar o motivo. Comece a pensar nesta questão e, no final da aula, responda ao exercício proposto.

Meio aquático

A maior parte do meio aquático é constituída pelos ambientes marinhos que são divididos, segundo o ambiente físico onde vivem os animais, em Fundo e em Coluna d’água.



O ambiente marinho divide-se em: Fundo d’água e Coluna d’água.

Fundo d’água

Os fundos são cobertos por sedimentos (substratos moles) ou por substratos duros, como rochas, corais ou outros organismos. Estes fundos são usualmente classificados quanto à topografia e quanto à profundidade, nas seguintes regiões:

- **Entre-marés** – regiões que ficam periodicamente expostas ao ambiente aéreo, durante os períodos de marés baixas. É o caso das praias, costas rochosas, manguezais etc.
- **Sublitoral** – região que se localiza na **PLATAFORMA CONTINENTAL**. É uma das regiões mais ricas em organismos do ambiente marinho.
- **Batial** – região que corresponde aos fundos marinhos que recobrem o **TALUDE CONTINENTAL**.

PLATAFORMA CONTINENTAL

Trecho dos continentes situado sob a água, caracterizado pela baixa profundidade, cerca de 200 metros, e pela topografia suave.

TALUDE CONTINENTAL

Borda dos continentes que se estende até o assoalho oceânico. É caracterizada por sua grande inclinação, ao contrário da plataforma continental, apresentando uma grande variação de profundidade, de 200 até cerca de 3.000 metros.

FOSSAS OCEÂNICAS

Verdadeiras fendas submarinas que podem atingir até 10.000 metros de profundidade.

- **Abissal** – região que cobre o assoalho oceânico, caracterizada pela sua grande profundidade de cerca de 3.000 a 6.000 metros, ocupando a maior parte do fundo do mar.
- **Hadal** – região correspondente às **FOSSAS OCEÂNICAS**.

Coluna d'água

A coluna de água, que recobre o fundo ou bacias oceânicas, também pode ser dividida da seguinte maneira:

- **Zona Nerítica**, constituída pela coluna de água que se localiza sobre a plataforma continental.
- **Zona Oceânica**, correspondendo à coluna de água que recobre todo o resto do oceano.

Os organismos também são classificados, conforme o ambiente físico que ocupam, em dois domínios: o Pelágico, ou Domínio Pelágico; e o Bentos, ou Domínio Bentônico.

PELÁGICO

O **DOMÍNIO PELÁGICO** abrange os organismos que vivem envolvidos pela água do mar e não no fundo oceânico. Estes organismos podem estar apenas suspensos, sendo levados pelas correntes marinhas por não conseguir vencê-las com a sua locomoção, como no caso do Plâncton, ou podem se movimentar na água, conseguindo, literalmente, “nadar contra a corrente” constituindo o que se denomina Nécton.

O Plâncton é constituído, geralmente, por pequenos organismos. Entre os animais planctônicos encontram-se, principalmente, pequenos crustáceos e larvas de outros animais típicos do Nécton ou do Bentos.

O Nécton é representado pelos peixes, lulas, golfinhos, baleias, focas, tartarugas etc.

BENTÔNICO

O **DOMÍNIO BENTÔNICO** é caracterizado pelos organismos que vivem associados ao fundo ou substrato. São denominados de bentônicos os animais pertencentes a uma grande variedade de grupos bem conhecidos, como: estrelas-do-mar, esponjas, corais, caramujos, mexilhões, mariscos, siris, caranguejos etc.

Com a invasão dos continentes pelos animais, novos ambientes foram conquistados. Alguns destes ambientes também são aquáticos e geralmente constituídos por uma água com poucos íons dissolvidos denominada água doce (embora tenha este nome apenas por não ser salgada).

Esta invasão, apesar das diferenças químicas entre a água do mar e a água doce, foi bem-sucedida para muitos grupos animais como: caramujos, insetos, vermes, caranguejos, sanguessugas, peixes etc (Figura 1.2). Tais ambientes apresentam diferenças: podem ser permanentes ou provisórios, ou suas águas podem estar em constante movimento ou paradas. Apresentam, portanto, faunas diferentes com adaptações próprias.

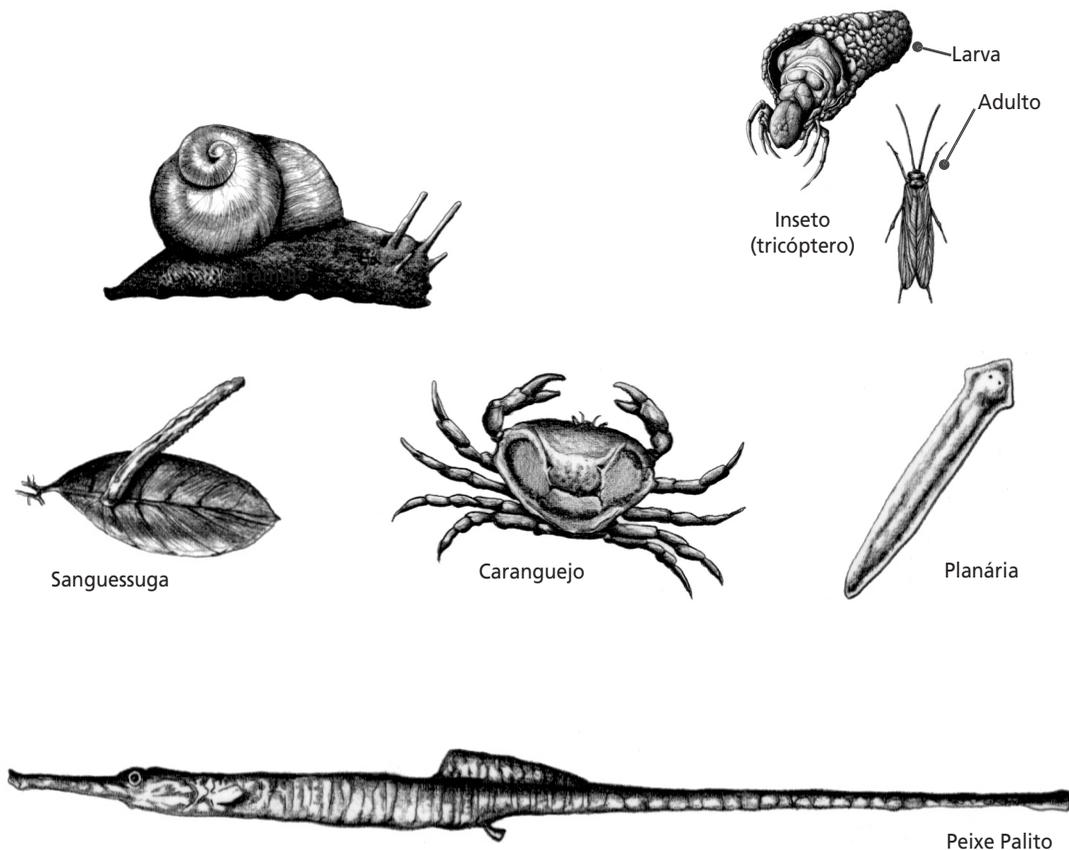


Figura 1.2: Animais de água doce.

Os rios, córregos e cachoeiras são denominados ambientes Lóticos e caracterizam-se pelo constante movimento da água. Os ambientes cuja movimentação de água é bem mais restrita são denominados Lênticos, sendo representados por lagos, lagoas, lagunas, represas, poças de chuva, pratinhos de vasos, pneus velhos etc. Os organismos que vivem nos ambientes de água doce, também denominados Dulciaquícolas, são classificados com relação à ocupação do ambiente físico da mesma forma que os organismos marinhos, isto é, em Plâncton, Nécton e Bentos.

Meio aéreo

No meio aéreo, a grande maioria dos animais está diretamente associada ao substrato. O ar, pela sua pequena densidade, dificulta a manutenção de animais em suspensão, sendo pouco ocupado. Repare que um pássaro, por exemplo, não se mantém no ar, voando, da mesma forma ou com a mesma facilidade com a qual um peixe se mantém nadando. Animais como insetos, aves, morcegos etc. ocupam, efetivamente, o ambiente aéreo; porém o fazem geralmente de forma temporária, passando nele pelo menos uma parte do seu ciclo de vida.

O substrato do meio aéreo, no entanto, apresenta uma grande diversidade de ambientes, que, geralmente está associado não apenas ao ambiente físico, mas principalmente ao tipo de vegetação. As grandes formações vegetais são utilizadas para denominar ambientes como: Floresta Tropical, Floresta Temperada, Cerrado, Savana, Restinga, Tundra, Deserto etc.

Como você pode observar, o ser humano, especialmente os cientistas, tem o hábito de classificar e ordenar tudo, ou pelo menos o conhecimento. É claro que a natureza é contínua, sendo as classificações apenas artifícios para uma melhor compreensão e descrição dos ambientes e organismos.

O QUE É ZOOLOGIA?

Depois de ver as espécies animais, quando elas surgiram no planeta e os meios nas quais vivem, você já deve ter uma idéia do que é Zoologia. A Zoologia é a ciência que estuda os animais sob os mais diversos aspectos, como as diferentes formas do corpo, seu funcionamento e suas relações com o meio ambiente.

Para estudar Zoologia, é necessário entender por meio de estudos comparativos como os diferentes grupos animais se relacionam. Quando esses aspectos da vida animal forem o resultado de processos evolutivos, os estudos comparativos nos permitirão compreender a história da vida na Terra. Pelo fato de uma pessoa não poder observar diretamente a história evolutiva dos organismos, é necessário recorrer a metodologias científicas que permitam reconstruí-la. Este tipo de abordagem é parte integrante do ramo da Biologia denominado Biologia Comparada.

Nas próximas aulas, apresentaremos mais detalhadamente esse ramo da Biologia.

RESUMO

Nesta aula, você viu que o reino animal é aquele que agrupa organismos multicelulares, que são heterotróficos, potencialmente móveis, providos de células gaméticas e tecidos distintos e apresentam reprodução sexual com meiose. É o maior reino, sendo conhecidas atualmente cerca de 2 milhões de espécies. Através do registro fóssil, acredita-se que tais espécies tenham se originado nos fundos oceânicos há mais de 600 m.a. e sofrido uma série de radiações (divisões em várias espécies) e extinções até os dias de hoje. Você aprendeu que, ao longo deste tempo, as espécies conquistaram todos os ambientes do planeta, invadindo o ambiente continental aquático e terrestre e que elas, atualmente, habitam desde as maiores profundezas oceânicas até os mais altos picos continentais. O estudo dos animais, sob os mais diferentes aspectos, é o campo da Zoologia, que utiliza-se de análises comparativas entre os diversos grupos animais para compreender a história evolutiva da Terra.

EXERCÍCIOS AVALIATIVOS

Considerando os temas abordados nesta aula, você poderia dizer:

Por que organismos como uma alga, uma bactéria e um fungo não são considerados animais, enquanto um mexilhão, uma esponja-do-mar e um carrapato o são?

Por que o meio ambiente habitado pelos animais é dividido em Meio Aquático e Meio Aéreo, não incluindo o Meio Terrestre? Uma dica. Pense no critério utilizado para dividir o planeta Terra em Meio Aquático e Meio Aéreo e na questão do substrato.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Considerando o enfoque evolutivo da disciplina Introdução à Zoologia, no decorrer desse primeiro Módulo, serão apresentadas as bases metodológicas do Cladismo.

Na próxima aula, veremos como a Zoologia pode contribuir para a reconstrução da história evolutiva dos grupos através da Biologia Comparada. Serão descritas de forma breve, as principais escolas de pensamento que concorreram para a ordenação do conhecimento biológico.

Biologia comparada e escolas sistemáticas

AULA 2

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer noções básicas acerca dos métodos de reconstrução da história evolutiva dos organismos.
- Compreender os fundamentos das diferentes escolas sistemáticas.

Pré-requisito

Disciplina:
Diversidade dos Seres Vivos.



INTRODUÇÃO

Como você viu na aula anterior, a Zoologia deixou de ser uma ciência puramente descritiva para se tornar uma ciência com objetivos mais amplos. Atualmente, além de descrever a diversidade animal, ela procura também estabelecer relações entre os animais e entre estes e o meio ambiente.

Desta forma, faz-se necessária uma introdução aos métodos de estudo comparativos utilizados nesta nova óptica da Zoologia. Dependendo do enfoque, a Biologia pode ser desmembrada em dois ramos principais: Biologia Geral e Biologia Comparada.

BIOLOGIA GERAL E BIOLOGIA COMPARADA

Na Biologia Geral, são estudados os processos biológicos dos organismos, caso a caso.

Um fisiologista, por exemplo, pode estudar como funciona um determinado órgão excretor, como ele filtra os líquidos corpóreos e/ou como reabsorve íons e moléculas.

Um bioquímico pode estar interessado em estudar o funcionamento de uma determinada proteína, verificando a que temperatura ela desnatura, ou seja, tem suas características alteradas, a qual sítio se liga, e assim por diante.

De forma similar, um zoólogo pode estar interessado no comportamento de uma espécie de macaco, passando a observar como ele corteja a fêmea, como se comporta perante o grupo e quais estratégias utiliza para obter alimento.

! Portanto, o objeto de estudo da Biologia Geral é um organismo, um órgão ou uma determinada molécula, não requerendo, na maioria dos casos, um estudo comparativo que permita estabelecer grau de parentesco ou ancestralidade.

A Biologia Comparada, por sua vez, representa o ramo que estuda diferentes grupos de organismos, comparando-os quanto às suas formas ou estruturas.

Um fisiologista, neste ramo da Biologia, pode comparar as diversas estruturas excretórias observadas em diferentes grupos de animais e, dessa forma, avaliar o que é comum aos vários grupos e o que lhes é diferente.

Já um bioquímico pode estudar a ocorrência de uma determinada proteína, em diferentes grupos animais. Esse mesmo pesquisador pode avaliar a similaridade entre elas e a possível relação entre a existência dessas proteínas em determinados organismos, associando-as ao tipo de vida dos organismos ou ao ambiente onde vivem.

Um zoólogo pode estudar a ocorrência de uma determinada estrutura ou de um comportamento em diferentes grupos animais: pode comparar o comportamento de cortejo do macho de um macaco ao de uma ave e ao de um inseto.

Estudos comparativos permitem avaliar se uma determinada estrutura, ou um determinado comportamento, surgiu de forma independente nos diversos grupos. O surgimento independente pode ter ocorrido como uma adaptação ao ambiente e ao modo de vida.

Tal estrutura ou comportamento, que ocorre em diversos grupos, pode ter sido herdado de um ancestral comum a estes, estabelecendo, portanto, um grau de parentesco.

A Biologia Comparada tem uma visão evolutiva sem a qual se torna difícil a compreensão dos aspectos naturais e da diversidade biológica. Logo, a Biologia Comparada, em um sentido amplo, é o estudo da diversidade biológica numa perspectiva histórica.

Como visto anteriormente, nesse novo enfoque, a Zoologia estuda os animais numa perspectiva comparativa e histórica.

DIVERSIDADE BIOLÓGICA

O estudo da Biologia Comparada requer um conhecimento da diversidade biológica, que pode expressar-se por, pelo menos, duas formas:

- diversidade de organismos;
- diversidade de caracteres dos organismos, ou seja, de estruturas, moléculas e comportamentos.



Um pouco da diversidade biológica já foi vista na disciplina Diversidade dos Seres Vivos, no período anterior.

Para um leigo, pode parecer que a diversidade biológica é pequena e bem conhecida. No entanto, trata-se de uma visão muito restrita, já tendo sido descritas cerca de 5 milhões de espécies de animais, como pode ser observado na **Figura 2.1**, plantas e demais grupos.

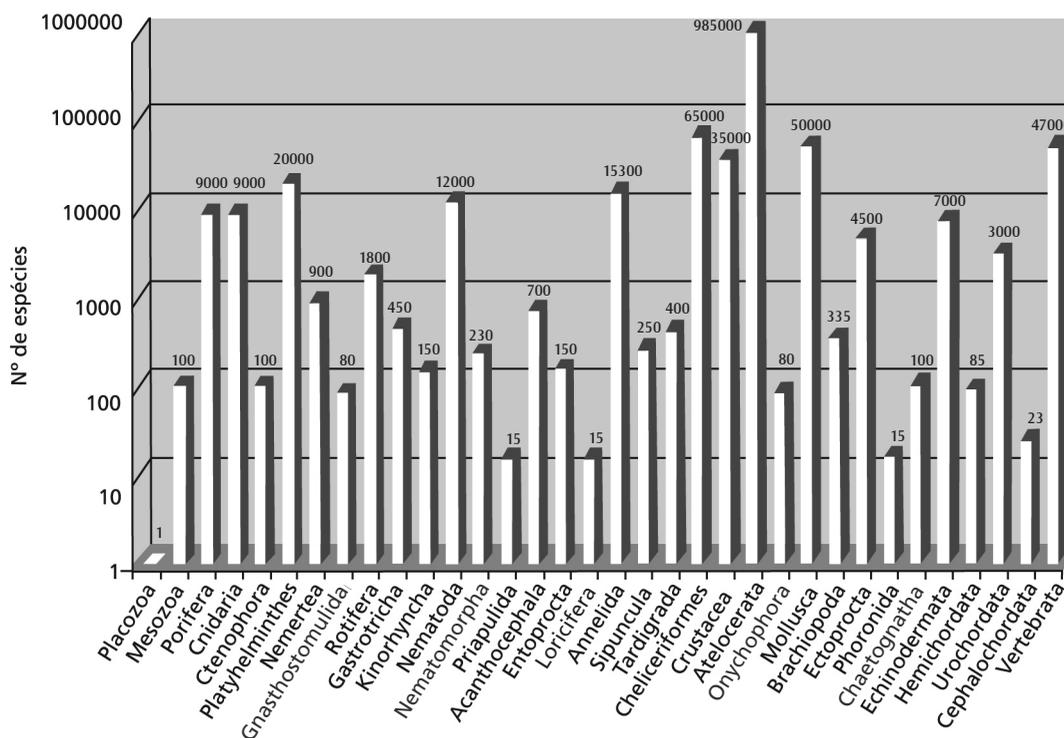


Figura 2.1: Número aproximado de espécies descritas para cada grupo animal.

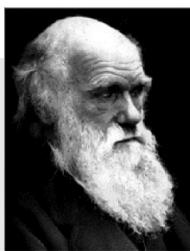
Estudos efetuados em florestas tropicais mostram que a diversidade nesses ambientes é muito maior do que se conhece atualmente. Estima-se que o número de artrópodes pode chegar a mais de 2 milhões de espécies. Além disso, muitas espécies marinhas de grandes profundidades são, praticamente, desconhecidas. Dessa forma, acredita-se que a diversidade biológica é muito maior do que se conhece atualmente.

A Biologia Comparada compõe-se de três elementos distintos:

- descrição dos organismos e das semelhanças e diferenças nas suas características;
- história dos organismos no tempo;
- história da distribuição destes organismos no espaço.

SISTEMÁTICA E TAXONOMIA

São termos geralmente considerados como sinônimos. Significam o estudo da diversidade orgânica e do tipo de relacionamento existente entre populações, espécies ou grupos de organismos, incluindo a teoria e prática de identificação, classificação e nomenclatura. Eventualmente alguns pesquisadores consideram que o termo Sistemática tem uma abrangência maior do que Taxonomia. Definições para cada termo serão dadas na aula de Classificação Zoológica.

**CHARLES ROBERT DARWIN (1809-1892)**

Naturalista britânico. Aristocrata, estudou medicina em Edinburgh, tornando-se clérigo em Cambridge. Embarcou, em 1831, no navio HMS *Beagle* como acompanhante de refeições do comandante do navio em uma viagem de 5 anos ao redor do mundo. Suas observações sobre a fauna, flora e geologia, juntamente com experimentos de cruzamentos em laboratório, o levaram a estabelecer a Teoria da Evolução por Seleção Natural, e foram publicadas no livro *Origem das espécies pela seleção natural*, em 1859.

SISTEMÁTICA E TAXONOMIA

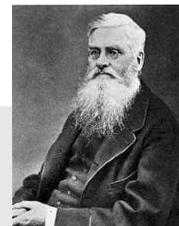
Até um passado recente, a descrição de organismos e de semelhanças e diferenças nas suas características era efetuada por naturalistas num ramo da Zoologia denominado **SISTEMÁTICA** OU **TAXONOMIA**. A Sistemática ou Taxonomia tinha ainda a função de classificar os organismos de uma forma ordenada, baseando-se apenas nas semelhanças entre os organismos.

A partir do século XIX, começam a surgir as primeiras idéias de que as espécies de organismos não eram fixas. Até então, acreditava-se que os organismos, frutos de uma criação divina, não se modificavam ao longo do tempo, ou seja, toda a diversidade atual teria sido criada por Deus, mantendo-se inalterada por toda a história geológica da Terra.

A idéia de que os organismos mudavam ao longo do tempo e de que tais mudanças poderiam ser transmitidas de uma geração para outra foi bem estabelecida com o surgimento da teoria da evolução biológica. Esta idéia foi desenvolvida, simultaneamente, por **CHARLES DARWIN** e **ALFRED WALLACE** em 1858 e ganhou repercussão com a publicação, em 1859, do livro de Darwin *A origem das espécies pela seleção natural*.

Os conceitos de parentesco (ou de **RELACIONAMENTO FILOGENÉTICO**) e ancestralidade comum, bases da teoria evolutiva, foram aceitos pela comunidade científica, mas demoraram a ser incorporados na prática de catalogação e **CLASSIFICAÇÃO** das espécies.

Durante muito tempo, a classificação das espécies ainda era baseada em critérios simples de graus de semelhança e de diferença entre elas.

**ALFRED RUSSEL WALLACE (1823-1913)**

Naturalista britânico, de poucas posses, que observou e colecionou a fauna e flora em expedições à Região Amazônica e à Oceania. A partir destas observações escreveu um trabalho acerca da origem das espécies, enviado a Darwin para uma apreciação. Este trabalho foi apresentado, com modificações, por Darwin como uma colaboração na Linnean Society de Londres em 1858, precedendo, portanto, a publicação do livro clássico de Darwin sobre a seleção natural.

Devido a este fato, existem polêmicas quanto à autoria da Teoria da Evolução das espécies atribuída a Charles Darwin. Recentemente, esta teoria tem sido denominada, por diversos autores, de Teoria da Evolução de Darwin-Wallace.

RELACIONAMENTO FILOGENÉTICO

História das relações de parentesco entre grupos de organismos.

CLASSIFICAÇÃO

Ato de agrupar os organismos em categorias ou classes, propondo uma ordem hierárquica entre tais categorias.

ENTOMÓLOGO

Zoólogo especializado no estudo de insetos.



WILLI HENNIG (1913 -1976)

Entomólogo alemão, publicou em 1950 o livro *Grundzüge einer Theorie der Phylogenetischen Systematik*. Durante 16 anos, suas idéias ficaram praticamente desconhecidas para a comunidade científica. Somente em 1966, elas foram difundidas, com a publicação em inglês da síntese de seu método de reconstrução filogenética, inicialmente denominada Sistemática Filogenética. Atualmente, o termo mais utilizado para esta escola de pensamento é Cladismo.

Nas décadas de 1950/60, o ENTOMÓLOGO alemão **WILLI HENNIG**, ao lançar os fundamentos de sua teoria denominada Sistemática Filogenética, provocou uma revolução no conceito de sistemática, por incorporar a evolução biológica em seu método.

Conceitos já estabelecidos por Darwin, como os de organismos ancestrais e descendentes com modificações, foram incluídos nesta teoria. As contribuições mais importantes de Hennig foram as de fornecer uma definição precisa de relacionamento biológico e de desenvolver uma metodologia capaz de reconstruir as relações de parentesco entre as espécies.

De forma geral, no método proposto por Hennig, o conceito de relacionamento entre grupos animais é relativo e está ilustrado na figura abaixo.

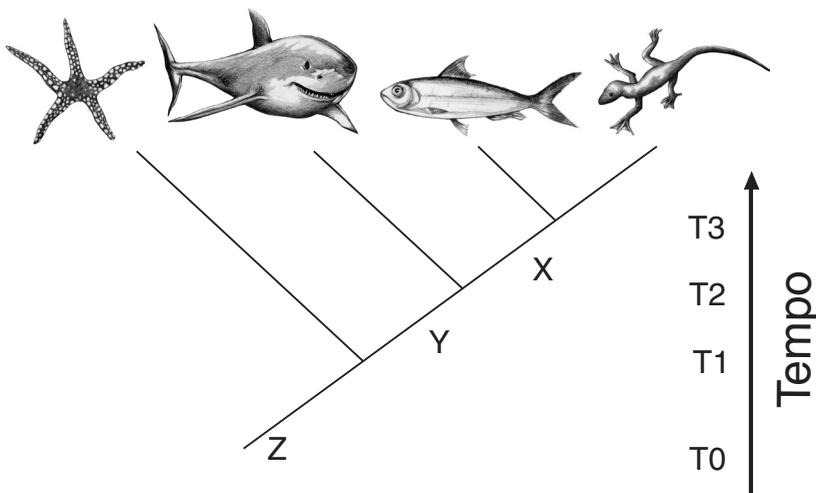


Figura 2.2: Hipótese de relacionamento filogenético entre uma estrela-do-mar, um tubarão, uma sardinha e uma lagartixa.

Considerando este método, acompanhe com atenção o seguinte desenvolvimento.

A sardinha e a lagartixa são mais relacionadas entre si do que são com o tubarão ou com a estrela-do-mar. Isto acontece porque a sardinha e a lagartixa se originaram do ancestral comum denominado X. Neste caso, X é um ancestral exclusivo da sardinha e da lagartixa e somente deles, não sendo ancestral do tubarão e de nenhum outro grupo animal conhecido.

Por sua vez, o tubarão tem em comum com a sardinha e a lagartixa o ancestral Y, o qual não é o mesmo ancestral da estrela-do-mar.

Levando-se em conta a história evolutiva, pode-se considerar que um animal ancestral Z, que viveu no tempo 0 (T0), originou, no tempo 1 (T1), dois animais diferentes: a estrela-do-mar e o animal ancestral Y.

Em T2, o ancestral Y originou o tubarão e o animal ancestral X que, por sua vez, em T3, originou a sardinha e a lagartixa.

Apesar das semelhanças de forma entre o tubarão e a sardinha, ambos denominados peixes, a afinidade maior da sardinha é com a lagartixa, devido ao fato de ambas compartilharem um ancestral comum X. Portanto, considera-se a sardinha como pertencente ao grupo-irmão do grupo da lagartixa e, por sua vez, o tubarão como pertencente ao grupo-irmão do grupo que inclui a sardinha e a lagartixa.

Hennig mostrou, com o seu método, como a Sistemática deve refletir a história evolutiva dos grupos em uma relação de descendência com ancestralidade comum.

O conceito de Sistemática foi então ampliado, tendo por principais objetivos:

- descrever a diversidade biológica;
- estudar e ordenar as relações filogenéticas entre grupos;
- compreender como se originou a diversidade;
- criar um sistema de classificação para ordenar a diversidade biológica.

Atualmente, a Sistemática é uma ciência complexa, interpretativa e experimental e inclui uma gama enorme de diferentes áreas da investigação biológica, como a Ecologia de Populações, a **BIOGEOGRAFIA** e a Genética.

A Sistemática é a ciência da diversidade, sendo a área da Biologia que agrupa todo o conhecimento sobre os organismos vivos, sua diversidade e as relações entre eles. Ela é importante não apenas para conhecer a diversidade de formas, mas também para que se possa avaliar a história da vida no planeta, como surgiram estas formas e quais as condições ambientais que permitiram o seu aparecimento.

É essencial que o estudante de Biologia tenha uma noção básica acerca das principais escolas sistemáticas, ou taxonômicas, e as teorias atuais de classificação e reconstrução filogenética.

Vamos, então, tratar delas agora.

! **Biogeografia**

A ser apresentada na Aula 13.

ESCOLAS SISTEMÁTICAS

Na Sistemática, as linhas ou escolas de pensamento têm por objetivo principal explicar e ordenar a natureza da diversidade dos organismos.

Os animais são reunidos em função de critérios de semelhanças, formando grupos e subgrupos, conforme a maior ou menor afinidade. Normalmente, os resultados dessa ordenação são apresentados na forma de classificações, árvores genealógicas ou sob a forma de um texto, narrando, discutindo e estabelecendo a história evolutiva dos grupos, também denominada Cenário Evolutivo. As diferenças quanto aos critérios utilizados para reunir os grupos de organismos, a utilização ou não do conceito de evolução e as teorias nas quais se baseiam para classificar os animais fizeram com que os próprios pesquisadores fossem agrupados em diferentes escolas sistemáticas.

A seguir, iremos apresentar uma síntese sobre cada uma destas escolas, que foram, em sua maioria, nomeadas pelo zoólogo e evolucionista **ERNST MAYR**.

Escola Tradicional

Esta escola sistemática entende que as atividades de classificação não necessitam de um embasamento filosófico, ou seja, ela não apresenta nem teoria nem método para ordenar o conhecimento. As classificações são baseadas no conhecimento de taxonomistas profissionais e se realizam como uma atividade catalogatória semelhante à de um colecionador de selos ou de moedas, que separa ou agrupa coisas considerando suas semelhanças ou diferenças.

Os animais como a minhoca, a aranha, a estrela-do-mar e a lombriga, ao contrário do cachorro, do jacaré e do peixe, não apresentam uma coluna vertebral. Desta forma, um pesquisador poderá classificá-los em dois grupos:

Grupo I: cachorro, jacaré e peixe;

Grupo II: minhoca, aranha, estrela-do-mar e lombriga.

Assim, o pesquisador definiria o Grupo I de Vertebrados, por apresentarem como característica Coluna Vertebral; e o Grupo II de Invertebrados, por não apresentarem tal característica. Os grupos estudados foram reunidos considerando as maiores ou menores semelhanças observadas pelo pesquisador, a fim de organizar, em categorias, a diversidade biológica.



ERNEST MAYR

Zoólogo e evolucionista americano, um dos principais nomes do denominado Neodarwinismo. Elucidou a natureza da variação geográfica e da especiação, incorporando princípios genéticos estabelecidos apenas no século XX. Como sistemata, foi um dos maiores expoentes da Escola Evolutiva ou Gradista.

Nessa escola, o pesquisador, mais do que qualquer um, seria o responsável por propor a classificação, através de sua sensibilidade e por conhecer as semelhanças e diferenças dos grupos.

Embora a idéia de evolução seja amplamente difundida, e provavelmente aceita pelo pesquisador, não existe o compromisso de que tal conceito esteja presente no seu critério de classificação.

Escola Fenética

Na Escola **FENÉTICA**, também denominada Taxonomia Numérica, a organização do conhecimento sobre a diversidade dos organismos se baseia em um conjunto de métodos matemáticos bem claros, porém não está fundamentada em uma teoria biológica.

Este conjunto visa a reunir grupos animais com o maior número possível de semelhanças observáveis. As características de cada organismo são quantificadas através de critérios matemáticos, e a similaridade entre eles é expressa por porcentagens de semelhanças e distâncias geométricas entre os organismos. Em função das distâncias calculadas, os organismos são reunidos em grupos e subgrupos.



Os **critérios matemáticos** utilizados pelos feneticistas serão apresentados nas Aulas 6 e 7.

FENÉTICA

Termo criado por Mayr para designar a Taxonomia Numérica. A palavra tem origem grega: *phaínein* = mostrar, expressar + *ethos* = comum a um grupo de indivíduos, significando semelhança aparente comum a um grupo.

A Escola Fenética surgiu na década de 1950, nos Estados Unidos, coincidindo com o aparecimento dos primeiros computadores de grande capacidade e das primeiras calculadoras científicas. Os feneticistas, ao trabalharem com o maior número possível de semelhanças, desvincularam-se de um enfoque evolutivo e das relações filogenéticas dos grupos estudados.

Como observou o zoólogo e evolucionista George Gaylord Simpson, o grande problema da escola fenética é o seguinte: “os membros de um grupo são similares porque eles têm um mesmo ancestral comum. Não é porque eles são similares que pertencem ao mesmo grupo”, assim como “dois irmãos não são gêmeos idênticos porque se parecem, mas porque são derivados do mesmo zigoto”.

Os zoólogos Gary Brusca e Richard Brusca também usam uma analogia para explicar o problema de se considerar apenas a maior similaridade entre grupos: “dois primos podem se parecer mais um com o outro do que com os seus respectivos irmãos, mas conhecendo a genealogia da família sabemos que os irmãos são mais relacionados uns aos outros do que cada um com seu primo”.

A Escola Fenética apresenta alguns pontos em comum com a escola tradicional, como a utilização de critérios de similaridade e, principalmente, a não fundamentação na teoria evolutiva. Essencialmente, a Escola Fenética se diferencia da taxonomia tradicional pelo emprego de métodos quantitativos e pela utilização de um número maior de características semelhantes entre os organismos.

Escola Evolutiva

A Escola Evolutiva, também denominada Escola Gradista, ao contrário da tradicional e da fenética, está embasada na teoria sintética da evolução, ou **NEODARWINISMO**. Contudo, os gradistas ou taxonomistas evolutivos não desenvolveram nenhum método para organizar o conhecimento sobre a diversidade biológica. Os critérios para reunir grupos de organismos têm como suporte o conceito de **GRADOS**. Os grados são definidos como a expressão dos graus da história evolutiva dos grupos. Conforme este conceito, um determinado grupo, que tenha atingido a habilidade de explorar um ambiente muito diferente, receberia um *status* separado do que têm seus ancestrais, ou seja, passaria de um grado para outro que lhe é superior.

Um bom exemplo é encontrado entre os vertebrados. Os peixes, habitantes de ambientes aquáticos, representariam a forma mais parecida com o ancestral dos demais vertebrados. A invasão do ambiente terrestre seria um grado na história evolutiva dos vertebrados. Desta forma, os demais vertebrados que se adaptaram às novas condições do ambiente seriam reunidos em um novo grupo ou grado, o dos Tetrapoda que, como os peixes, apresentam **SANGUE FRIO**. Por sua vez, entre os Tetrapoda surgiram formas capazes de controlar a temperatura corpórea, denominadas animais de sangue quente ou homeotérmicos. Tais formas teriam surgido como dois grados independentes: as aves com capacidade de vôo e com penas, e os mamíferos com pêlos e glândulas mamárias.

NEODARWINISMO

Ver na disciplina
Diversidade dos Seres
Vivos.

GRADOS

Do latim *gradus* =
passo, evolução,
degrau, ordem.

Os animais de
SANGUE FRIO
são denominados
peilotérmicos.

Tanto a taxonomia tradicional como a evolutiva utilizam-se da intuição como ferramenta para estabelecer o relacionamento entre grupos de organismos, ou seja, não demonstram claramente como e o que fazem, estabelecendo grupos com base em critérios muito subjetivos.

Escola Cladista

Esta escola sistemática trabalha com o método originalmente proposto por Willi Hennig. O Cladismo, algumas vezes chamado de **SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA**, é fundamentado na teoria da evolução orgânica e apresenta uma metodologia compatível com ela. Isto significa que os grupos são formados por relações de parentesco estabelecidas através de um ancestral comum.

A meta principal dessa escola é propor hipóteses testáveis de relacionamento genealógico entre grupos naturais. Estes são definidos como grupos formados por organismos que possuem um mesmo ancestral comum.

Como uma metodologia sistemática, o Cladismo tem por base a passagem, do ancestral para seu descendente, das características que se modificam ao longo da genealogia do grupo. O estabelecimento de agrupamentos naturais é determinado a partir de características modificadas que são novidades evolutivas, herdadas de um ancestral comum que já as possuía.

SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA

Embora para alguns pesquisadores existam diferenças entre Sistemática Filogenética e Cladismo, a abordagem adotada nesta disciplina considerará os dois termos como sinônimos.

RESUMO

Você viu que, atualmente, a Zoologia tem objetivos bem mais amplos do que a descrição de animais. Isto é feito através de estudos de Biologia Comparada, onde características de diferentes animais são comparadas a fim de se reconstruir a história evolutiva dos grupos. A Sistemática, como ramo da Zoologia, procura ordenar o conhecimento biológico estabelecendo classificações. Você aprendeu que existem diversas escolas de pensamento na Sistemática, entre elas se destacam: Escola Evolutiva, Escola Tradicional, Escola Cladista e Escola Fenética. As principais diferenças entre elas são a utilização ou não do conceito de evolução nos seus critérios de classificação e a subjetividade dos métodos que utilizam.

EXERCÍCIOS AVALIATIVOS

Procure construir um quadro comparativo distribuindo as escolas evolutivas, tendo em vista os critérios de classificação e a utilização do conceito de evolução em suas metodologias.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, serão apresentados alguns conceitos básicos, utilizados na Escola Cladista, para reconstruir a história evolutiva dos grupos animais através de estudos comparativos. Para isso serão introduzidos os conceitos de Homologia e Série de Transformação.

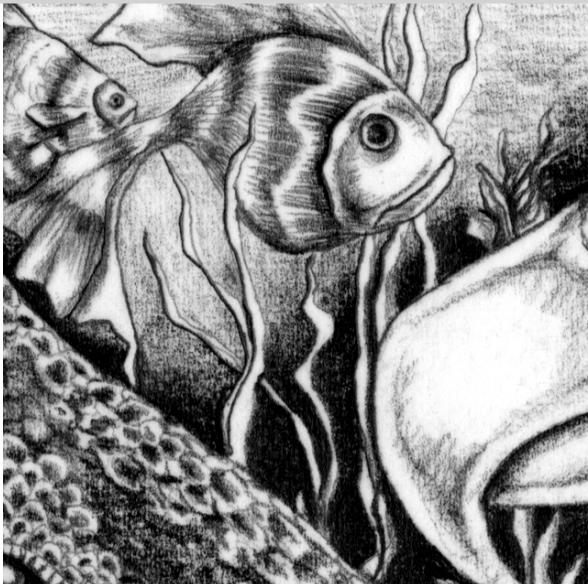
Homologia e série de transformação de caracteres

AULA 3

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer os conceitos de Homologia e de Analogia.
- Definir os conceitos de Estrutura e de Caráter.
- Definir o conceito de Série de Transformação de Caracteres.



Pré-requisitos

Aula 2:
Biologia Comparada
e Escolas Sistemáticas.

INTRODUÇÃO

Como você já deve ter percebido, pelas aulas anteriores, os estudos comparativos com grupos de animais são fundamentais para a Zoologia. As características não devem ser consideradas como entidades isoladas, independentes do animal. Muitas são compartilhadas por indivíduos de uma mesma espécie ou, também, por indivíduos de espécies diferentes. Esse compartilhamento deve-se, por vezes, ao fato de as espécies terem herdado tais características de um ancestral comum. Por exemplo, tanto você quanto uma barata apresentam um tubo digestivo com duas aberturas: boca e ânus. É provável que você e ela tenham herdado esse tipo de tubo digestivo de um mesmo ancestral. Por outro lado, diferentes animais podem apresentar estruturas similares devido ao surgimento independente delas. Para se compreender melhor como determinadas estruturas são utilizadas na reconstrução da história evolutiva dos grupos de organismos, é necessário compreender os conceitos de Homologia e de Série de Transformação de Caracteres.

HOMOLOGIA

HOMOLOGIA

Do grego homos = igualmente, da mesma maneira + logos = ciência, explicação.

HOMOLOGIA é, provavelmente, um dos conceitos mais fundamentais não só para a Biologia Comparada como também para a maioria das generalizações sobre os fenômenos biológicos.

A compreensão adequada desse conceito é um passo importante em nossa área, uma vez que através dele é possível comparar partes distintas de organismos diferentes. Portanto, homologia é um conceito essencialmente comparativo.

O estabelecimento de homologia é apenas uma suposição baseada na similaridade entre estruturas, e se refere à existência de uma relação entre características observadas em indivíduos diferentes.



Ao afirmarmos que determinadas estruturas encontradas em diferentes espécies são homólogas, queremos dizer que essas espécies são descendentes de um ancestral comum, o qual também apresentava essa estrutura.

Uma vez que o acesso direto à história evolutiva dos organismos é limitado ao registro fóssil, que é incompleto, a Biologia Comparada utiliza algumas evidências indiretas para que se possa reconhecer estruturas homólogas em organismos diferentes. O estabelecimento de homologia entre estruturas pode ser proposto com base em três critérios distintos:

■ estruturas que apresentam formas parecidas, como as asas de um pombo e as asas de um gavião;

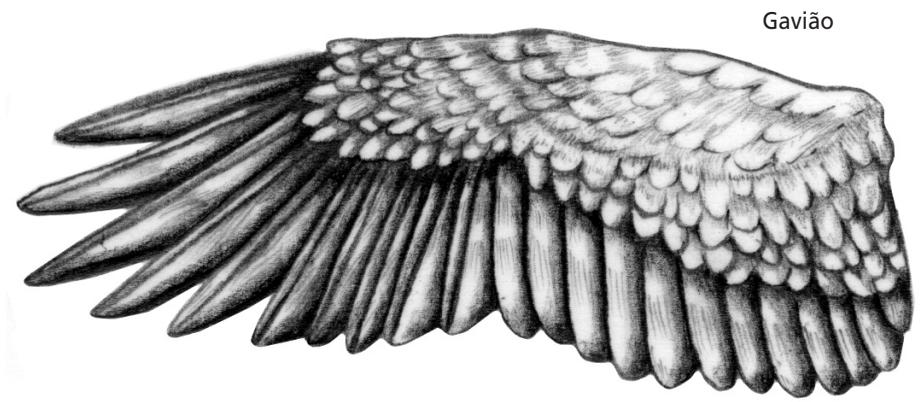


Figura 3.1: Asa direita de gavião e de pombo.



■ estruturas que apresentam aproximadamente a mesma posição anatômica relativa, como a nadadeira da cauda de um tubarão e de uma sardinha.

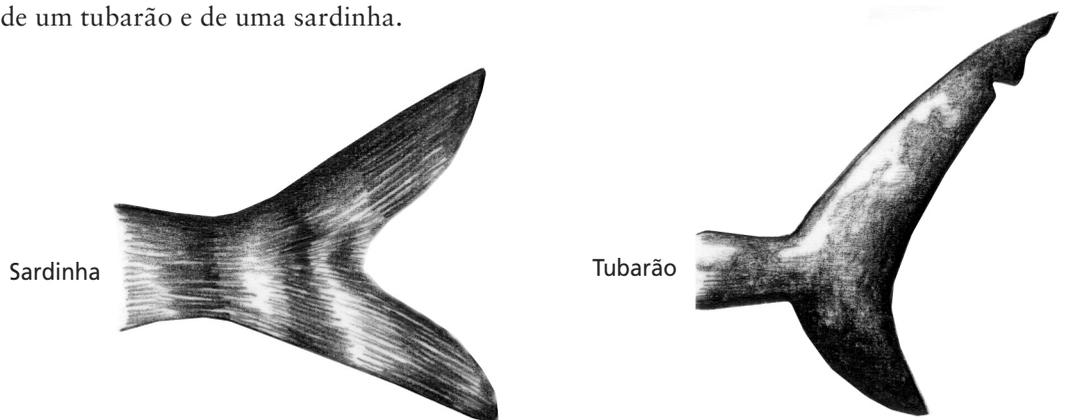


Figura 3.2: Nadadeira caudal de sardinha e de tubarão.

■ estruturas que têm a mesma origem embrionária, ou seja, aquelas originadas de células ou de um conjunto de células que ocupam a mesma posição no embrião, como por exemplo: o cérebro de um gato e o de um macaco.

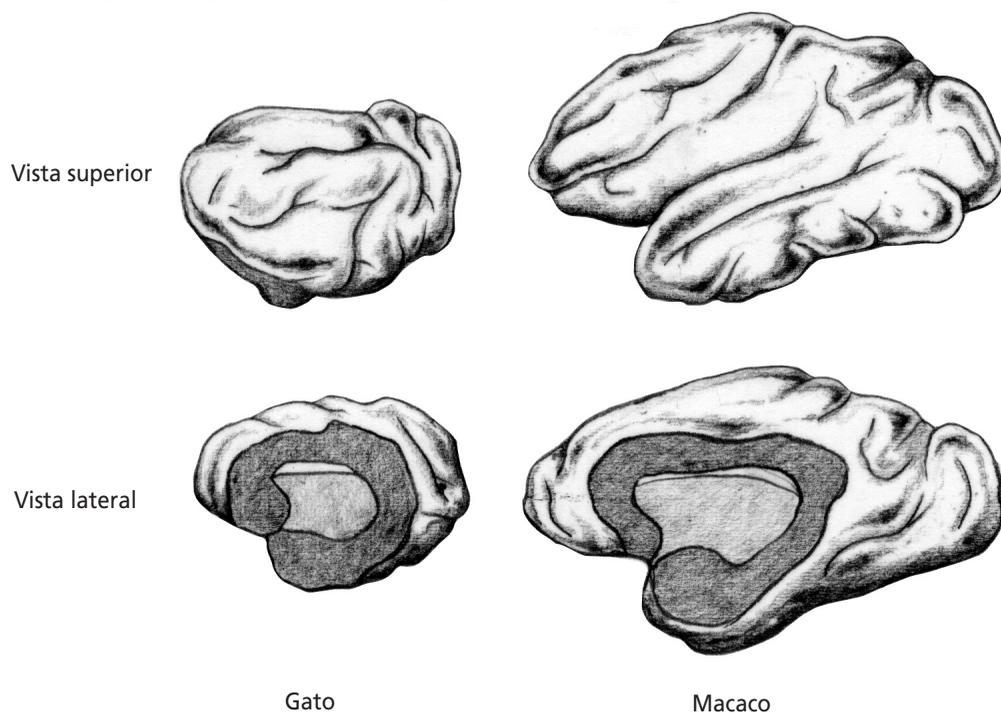
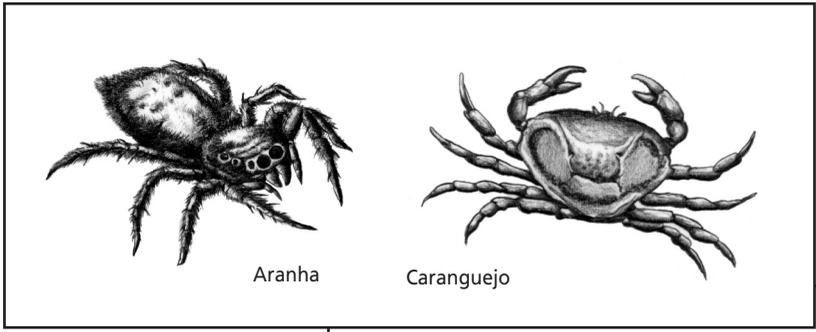


Figura 3.3: Cérebro de gato e de um macaco.

O fato de duas estruturas serem homólogas não significa que elas tenham que ser idênticas ou parecidas. Isso porque estruturas homólogas podem ser iguais ou diferentes entre si.

Por exemplo, postula-se que a perna direita de um filho é homóloga à perna direita do pai. Por outro lado, postula-se também que a perna direita humana é homóloga à perna traseira direita de um cavalo. Este exemplo mostra que existem estruturas homólogas idênticas entre si, como no primeiro caso, e estruturas homólogas diferentes entre si, como no segundo caso.

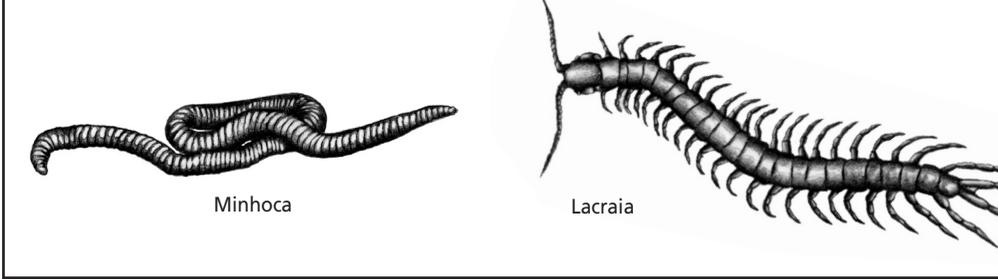
Da mesma forma, a minhoca apresenta o corpo dividido em anéis ou segmentos que são homólogos aos segmentos do corpo de uma lacraia. O corpo da aranha e do caranguejo também são segmentados, embora a segmentação não seja visível.



Aranha

Caranguejo

Figura 3.4: Minhoca, lacraia, aranha e caranguejo.



Minhoca

Lacraia

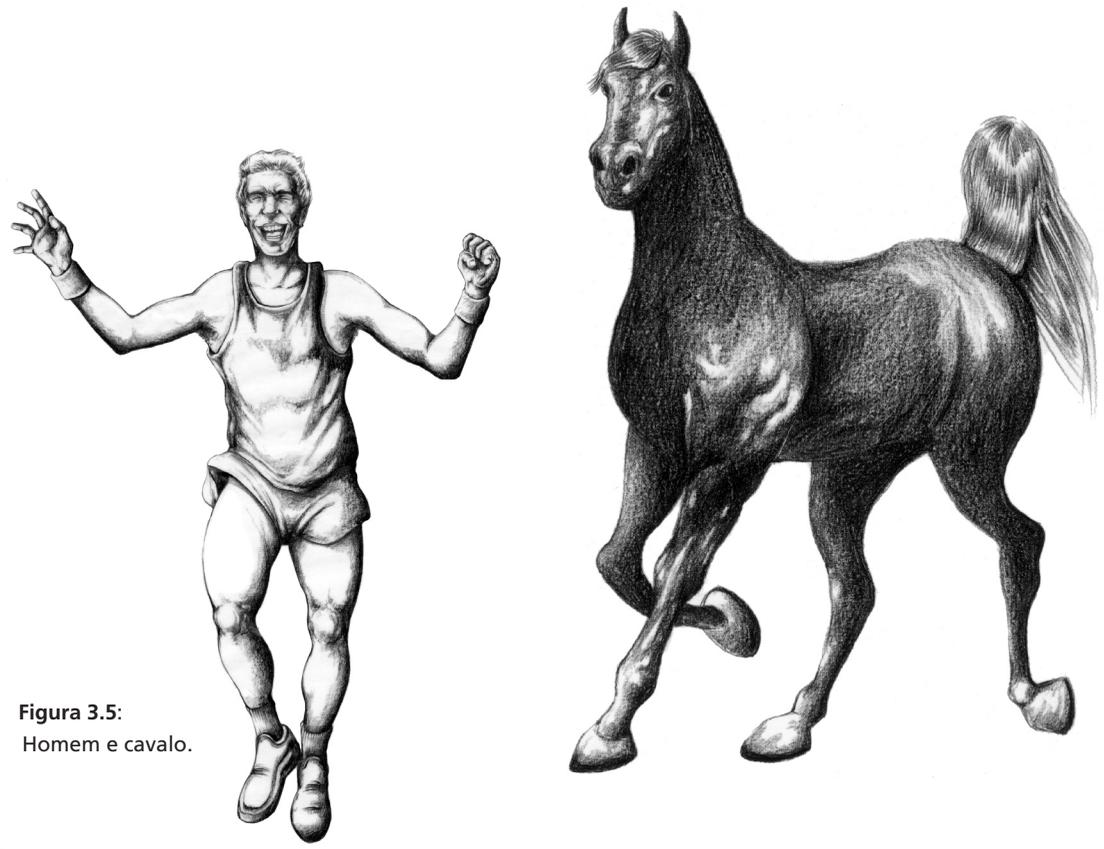
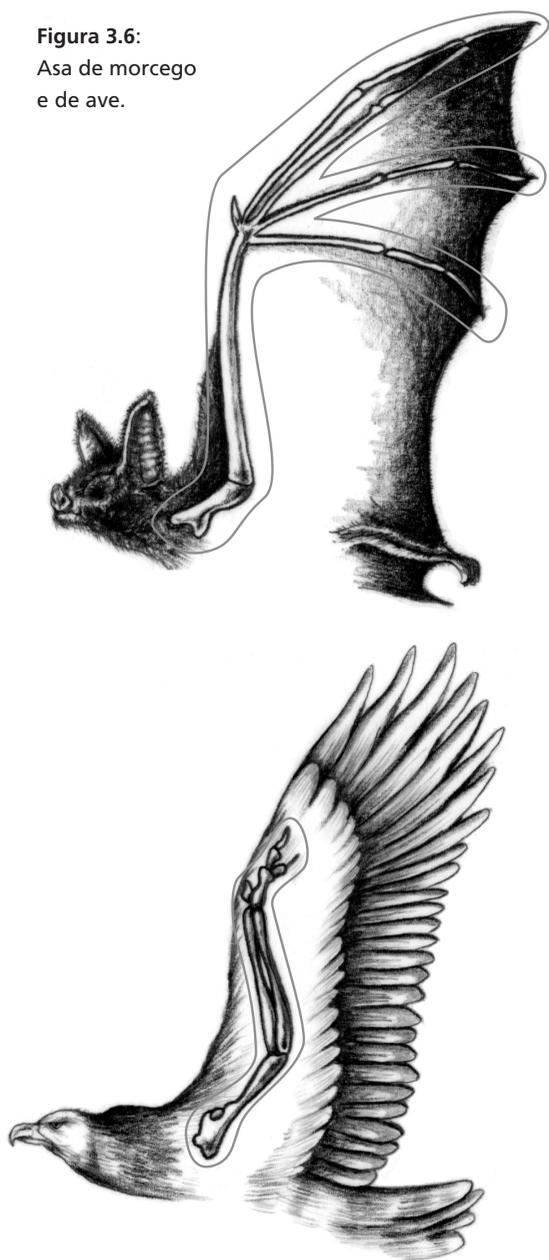


Figura 3.5: Homem e cavalo.

Figura 3.6:
Asa de morcego
e de ave.



O conceito de homologia foi estabelecido no século XIX, antes do surgimento da teoria da evolução. Naquela época, as estruturas de indivíduos diferentes que se assemelhavam em relação à forma e à posição anatômica, desempenhando ou não a mesma função, eram consideradas estruturas homólogas. Em indivíduos diferentes, as estruturas que desempenhavam a mesma função, assemelhando-se ou não em forma, mas que ocupavam posição anatômica diferente, eram denominadas de estruturas **análogas**.

As asas de um inseto, de um morcego e de uma ave podem ser consideradas estruturas análogas, pois todas elas apresentam a mesma função.

No entanto, as asas do morcego e da ave representam os membros anteriores, o mesmo não acontecendo com as dos insetos. Neste caso, os membros anteriores do morcego e da ave são homólogos; contudo, quando examinamos mais detalhadamente as asas de ambos os animais, verificamos que elas são de estruturas diferentes. A modificação dos membros anteriores em asas surgiu independentemente em ambos os animais, pois estes não as herdaram de um ancestral comum. Portanto, as asas do morcego e da ave são estruturas análogas.

Inicialmente, torna-se necessária a definição e a distinção dos conceitos de **estrutura** e de **caráter** (no plural, caracteres). Estrutura se refere a qualquer parte do corpo, podendo ser: morfológica, molecular ou comportamental, desde que tenha base genética. Caráter é a modificação ocorrida em uma estrutura homóloga em diferentes organismos, ou seja, é uma novidade evolutiva ocasionada por uma mutação. Por exemplo, a antena de um crustáceo pode ou não apresentar cerdas. Neste caso, a modificação na antena seria o surgimento de cerdas em uma ou em várias espécies. Veja então que, desta forma, a estrutura antena apresenta o caráter cerdas.

O que é considerado caráter, em um nível mais abrangente, pode ser considerado estrutura, em níveis mais restritos. Por exemplo, as cerdas da antena do crustáceo podem apresentar formatos diferentes. Neste caso, as cerdas passam a ser consideradas estruturas e o caráter passa a ser forma das cerdas.

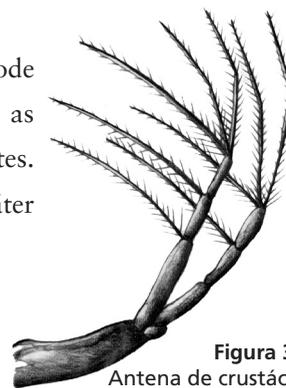


Figura 3.7:
Antena de crustáceo.

Homologia primária e homologia secundária

O estabelecimento de homologias entre estruturas baseia-se inicialmente em uma suposição, portanto a existência de homologia é apenas uma hipótese. Devido a isto, a ESCOLA CLADISTA definiu dois conceitos:

- Homologia primária – suposição inicial baseada na forma e na posição da estrutura em diferentes organismos. Para comprovar esta hipótese de homologia, é necessário testá-la através de uma ANÁLISE CLADÍSTICA, na qual os caracteres são utilizados para a obtenção de uma FILOGENIA. Por intermédio desta análise, é possível verificar que alguns caracteres são realmente homólogos, enquanto outros inicialmente sugeridos como homólogos são frutos de uma evolução independente.
- Homologia secundária – homologias que foram comprovadas pela análise.

Homologia serial

Para começarmos, saiba que da mesma forma que a perna direita de um filho é homóloga à do pai ou à de um cavalo, a mesma perna direita do filho também é homóloga à sua perna esquerda. Além disso, as quatro pernas de um cavalo são homólogas entre si. Este tipo de homologia, em que as estruturas semelhantes aparecem em um mesmo organismo como repetições de partes do corpo, é usualmente denominada de **homologia serial**. Uma centopéia e um piolho-de-cobra ou gongolo apresentam dezenas de pernas e anéis no corpo. Tais pernas e anéis são produzidos como uma repetição de partes, apresentando a mesma forma, função e origem embrionária.

ESCOLA CLADISTA

Já foi apresentada na Aula 2. Recorde qual é a sua meta principal.

ANÁLISE CLADÍSTICA

Análise que utiliza a metodologia cladística para o estabelecimento de hipóteses acerca do relacionamento filogenético entre determinados organismos.

FILOGENIA

Do grego *phylon* = tribo + *geneia* = evolução, origem. História das relações de parentesco de um grupo de organismos.

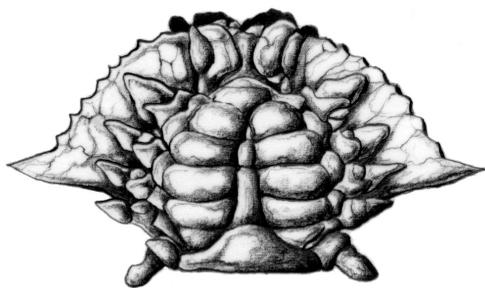
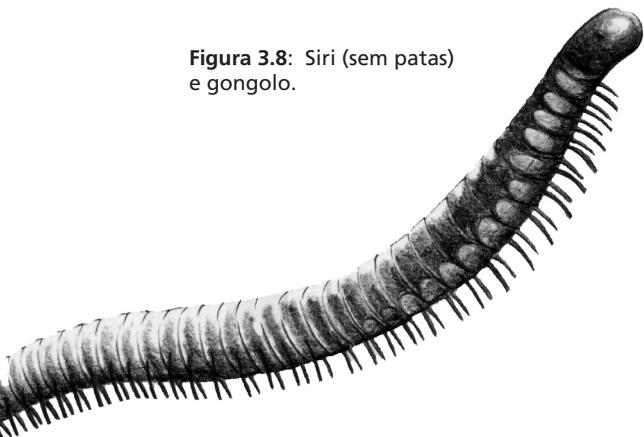


Figura 3.8: Siri (sem patas) e gongolo.



Em alguns casos, as estruturas homólogas de um mesmo animal podem se diferenciar quanto à função. O siri apresenta grupos de pernas diferenciadas; algumas servem para a locomoção, outras para a alimentação e outras para segurar ovos. As pernas de um mesmo grupo são semelhantes entre si, porém são diferentes das dos outros grupos. Entretanto, todas as suas pernas têm a mesma origem embrionária (homologia serial).

! Como vimos, estruturas homólogas podem ou não ser semelhantes entre si e podem ou não desempenhar a mesma função.

A homologia serial, para evitar confusão, será a partir de agora denominada metameria ou segmentação, voltando a ser abordada quando discutirmos a arquitetura animal.

Os animais metaméricos são muito comuns, embora em diversos casos a metameria não seja aparente. Em um gongolo e em uma minhoca, a metameria é notada. Por outro lado, em um camarão-de-estalo, em um inseto, em uma aranha e em um cão ela não é tão aparente, embora exista e possa ser comprovada por uma análise mais detalhada da morfologia, externa ou interna, ou do seu desenvolvimento.

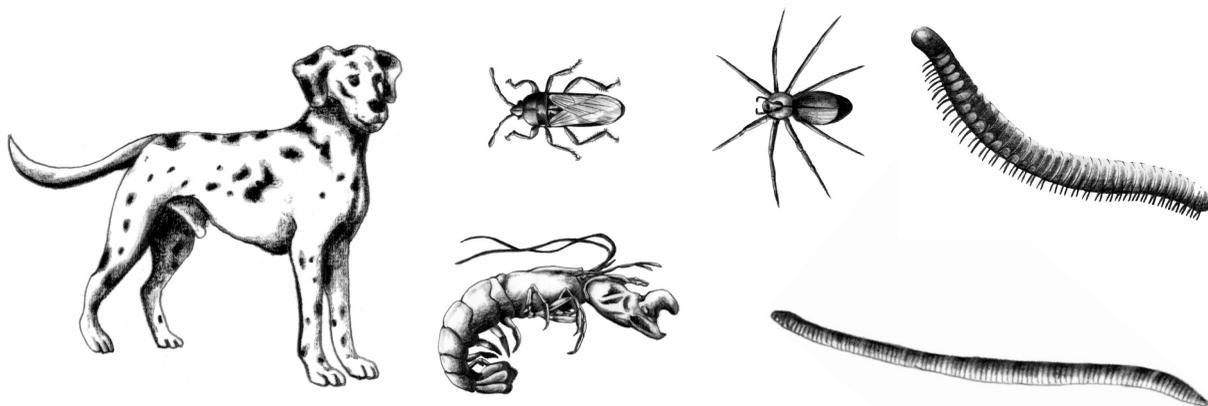


Figura 3.9: Cão, inseto, aranha, gongolo, camarão-fantasma e minhoca.



Você deve se lembrar, por exemplo, de como uma lagarta ou taturana, claramente metamérica, se transforma em uma borboleta, cuja metameria à primeira vista só é notável na semelhança entre as pernas.

Entretanto, na reconstrução filogenética dos animais, a metameria ou homologia serial não será utilizada, pois o método cladístico se baseia apenas nas homologias entre indivíduos diferentes.



Figura 3.10: Taturana e borboleta.

SÉRIE DE TRANSFORMAÇÃO

Recordando, os caracteres são modificações nas estruturas que ocorrem quando um caráter passa de uma forma, normalmente denominada de **estado**, para um outro estado. Essas modificações são denominadas **Série de Transformação de Caracteres**. A evolução dos caracteres, no sentido de mudança e não no de melhoria, pode ocorrer ao longo do tempo em toda uma população. Assim, gerações diferentes de uma mesma população apresentariam estados diferentes em alguns caracteres. Esta evolução, que é linear, denomina-se **ANAGÊNESE**.

A evolução pode ocorrer também pela divisão de um grupo em dois ou mais grupos descendentes através de **ESPECIAÇÃO**. Este processo evolutivo é denominado **CLADOGÊNESE**. Os novos grupos formados podem, por sua vez, sofrer o processo de anagênese, tornando-se diferentes ao longo do tempo.

Com as mudanças de estado dos caracteres torna-se importante diferenciar o estado original ou primitivo do estado modificado ou derivado. O estado primitivo, preexistente no ancestral, é denominado **plesiomorfia** ou **estado plesiomórfico**; o estado derivado, **apomorfia** ou **estado apomórfico**. Por exemplo, a multicelularidade dos animais representa o estado apomórfico em relação à unicelularidade de seus ancestrais.

A vida de animais que se fixam em algum substrato como, por exemplo, a ostra, é uma condição apomórfica em relação à condição plesiomórfica de vida livre. A coluna vertebral nos vertebrados é uma apomorfia em relação à sua ausência nos demais animais. A ausência de pernas nas cobras é uma condição apomórfica em relação à presença de patas nos tetrápodes. Em relação às asas das aves, os membros anteriores em forma de pernas são uma plesiomorfia nos demais tetrápodes.

ANAGÊNESE

Processos pelos quais os caracteres mudam de forma dentro de uma mesma espécie, durante o curso da evolução.

ESPECIAÇÃO

Processos pelos quais são formadas novas espécies.

CLADOGÊNESE

Conjunto de processos de especiação por ramificação em que um ancestral origina duas ou mais espécies descendentes.

A ocupação do ambiente terrestre por alguns grupos animais é uma apomorfia em relação à vida em ambientes aquáticos. A reocupação do ambiente aquático, como no caso das baleias e golfinhos, é uma apomorfia em relação ao hábito terrestre dos mamíferos.

Tomando-se o exemplo anterior, uma apomorfia, em um determinado nível, pode ser considerada uma plesiomorfia em outro nível. Assim, o hábito marinho pode ser uma plesiomorfia no caso da invasão do ambiente continental pelos ancestrais dos tetrápodes ou uma apomorfia no caso da baleia, que tem como ancestral um animal terrestre.

RESUMO

Nesta aula, você viu que os estudos sobre como se originam os diferentes grupos animais são baseados na observação de homologia entre estruturas. A homologia é um conceito fundamental para que se inicie uma análise filogenética. A homologia primária é a suposição inicial de que estruturas em organismos diferentes têm a mesma origem, enquanto a homologia secundária é a comprovação desta suposição após a análise filogenética.

As modificações que ocorrem nas estruturas são denominadas de caracteres. Eles mudam ao longo do tempo através de uma série de transformações na qual o estado primitivo original é denominado plesiomórfico e o estado novo derivado, apomórfico.

EXERCÍCIOS AVALIATIVOS

Procure alguns exemplos de estruturas possivelmente homólogas, fundamentando-se nas suas formas ou posições, mesmo que sejam diferentes entre si.

Descreva pelo menos dois exemplos não citados na aula de condições plesiomórfica e apomórfica de um mesmo caráter.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, serão apresentadas as principais formas de polarizar caracteres, ou seja, como, no método filogenético, são estabelecidas e quais são as condições plesiomórficas e apomórficas de um mesmo caráter.

Caracteres compartilhados e homoplasias

AULA 4

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Definir caracteres iguais ou diferentes que se originam a partir de um ancestral comum.
- Definir caracteres semelhantes que se originam a partir de ancestrais diferentes.



Pré-requisitos

Aula 2:

Biologia comparada e escolas sistemáticas.

Aula 3:

Homologia e série de transformação de caracteres.

INTRODUÇÃO

Na aula anterior, você compreendeu a importância do conceito de homologia para a biologia comparada e como o surgimento de novidades evolutivas deve ser utilizado na determinação do parentesco entre grupos em uma série de transformação. Você viu, também, que os estados preexistentes (primitivos) de caracteres, que apenas foram herdados de um ancestral comum, as plesiomorfias, não apresentam informação filogenética, ao contrário das apomorfias, que são os estados que representam as novidades evolutivas fundamentais para a reconstrução filogenética.

Nas próximas aulas, você verá as relações entre os caracteres que são compartilhados por diferentes organismos; como se realiza uma análise cladística, seus princípios básicos e as conseqüências advindas do fato de uma hipótese inicial de homologia não ser comprovada em uma análise cladística.

CARACTERES COMPARTILHADOS

Você já deve ter observado que cada organismo é um conjunto de características biológicas. Ainda hoje, é possível encontrar uma abordagem não evolutiva, isto é, **criacionista**, acerca da diversidade biológica, em alguns livros de zoologia e, principalmente, em livros do ensino fundamental e médio. Nessa abordagem é mostrado apenas como esses organismos são.

Os estados apomórficos e plesiomórficos dos caracteres não devem ser considerados entidades isoladas, independentes dos organismos. Tais estados são compartilhados por indivíduos de uma mesma espécie ou, também, por indivíduos de espécies diferentes. Quando os estados apomórficos ou plesiomórficos são compartilhados por grupos de organismos, passam a ser denominados **simplesiomorfias** e **sinapomorfias** (com o prefixo “sin”, ação conjunta, juntamente). Esses conceitos são relativos e dependentes do nível de universalidade a que se referem.

Se consideramos a população de uma determinada espécie de organismo que, ao longo do tempo, irá sofrer **VICARIÂNCIA** (processo de especiação), teremos a seguinte situação.

Num determinado momento t_0 , os indivíduos da espécie alfa (α) apresentam a forma do corpo quadrada, diferente de todos os outros organismos conhecidos. Nesse momento (t_0), a forma “quadrada” do corpo é uma autapomorfia para a espécie α .



Para os evolucionistas, cada um dos caracteres de um determinado organismo tem sua própria origem e história de diferenciação. Desta forma, aceitar a teoria da evolução biológica é aceitar que tantos os organismos quanto os seus caracteres tiveram algum relacionamento no passado.

VICARIÂNCIA

Ver Aula 13
– Períodos
biogeográficos.

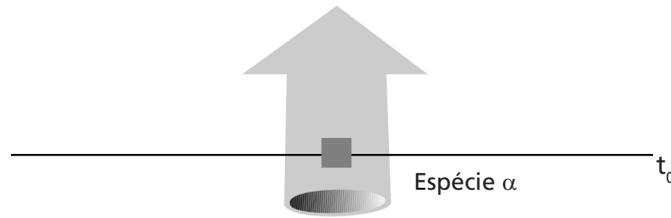


Figura 4.1: Evolução da espécie alfa (α) em t_0 .

Em um momento seguinte (t_1), a população da espécie α é dividida em duas pelo surgimento de uma barreira, formando as espécies beta (β) e gama (γ). Essa barreira mantém as duas populações isoladas, não permitindo o cruzamento entre elas. No momento da formação dessas duas novas espécies, elas ainda apresentam a forma quadrada da espécie ancestral (α). Nesse momento (t_1), a forma quadrada é uma **sinapomorfia** para as espécies β e γ .

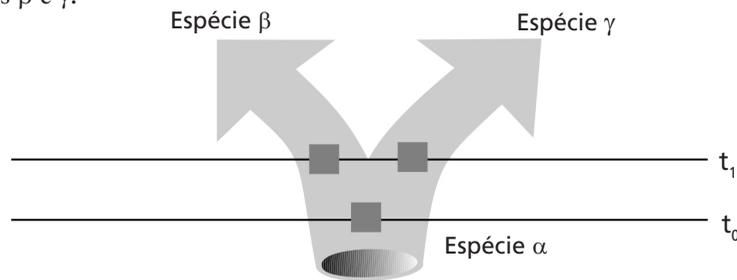


Figura 4.2: Evolução da espécie α a partir de t_0 . Em t_1 , a espécie α se divide nas espécies beta (β) e gama (γ), (cladogênese).

Com o passar do tempo, as espécies β e γ vão sofrendo diferentes pressões seletivas fazendo com que cada uma delas passe a apresentar modificações em relação à outra e ambas em relação à espécie ancestral α . Em t_2 , elas continuam apresentando o estado **sinapomórfico** “corpo quadrado”. Contudo, na espécie β , surgiu rabo e na espécie γ , surgiram pés. Nesse momento, os rabos e os pés são estados **autapomórficos** para as espécies β e γ , respectivamente.

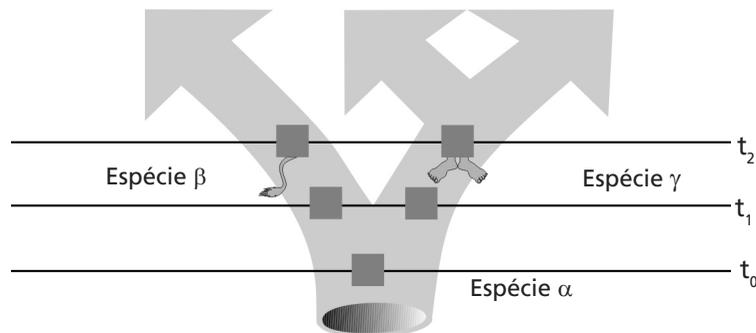


Figura 4.3: Evolução da espécie α a partir de t_0 . Em t_1 , a espécie α se divide nas espécies beta (β) e gama (γ). Em t_2 , as espécies β e γ se diferenciam uma da outra e as duas da espécie α .

Dando continuidade ao exemplo, você verá que a espécie β se mantém ao longo do tempo, desde o seu surgimento. O mesmo não acontece com a espécie γ .

Em t_3 , surge uma outra barreira que fragmenta a população da espécie γ em duas, formando as espécies delta (δ) e épsilon (ϵ). No momento em que surge essa barreira, as espécies δ e ϵ ainda apresentam a forma quadrada e pés, assim como a espécie ancestral (γ). Nesse momento (t_3), para as espécies δ e ϵ , a forma quadrada do corpo representa uma **simplesiomorfia** e a presença dos pés, uma **sinapomorfia**.

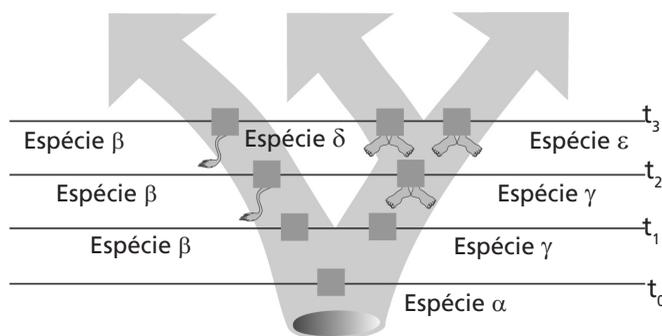


Figura. 4.4: Evolução da espécie α a partir de t_0 . Em t_1 , a espécie α se dividindo nas espécies beta (β) e gama (γ). Em t_2 , as espécies β e γ se diferenciam uma de outra e as duas da espécie α . Em t_3 , a espécie γ se divide nas espécie delta (δ) e épsilon (ϵ).

Agora, se você observar o exemplo no momento t_4 , é possível perceber que a espécie β vem se mantendo ao longo do tempo sem modificar-se. O mesmo não acontece com as espécies δ e ϵ que, com o passar do tempo, sofrem pressões seletivas diferentes. Assim, cada uma destas espécies apresenta modificações em relação à outra e ambas em relação à espécie ancestral γ . Em t_4 , para as espécies δ e ϵ , o corpo quadrado representa uma **simplesiomorfia** e os pés representam **sinapomorfias**. Nesse momento, surgiu bico na espécie δ e orelhas na espécie ϵ , representando os estados **autapomórficos** para elas.

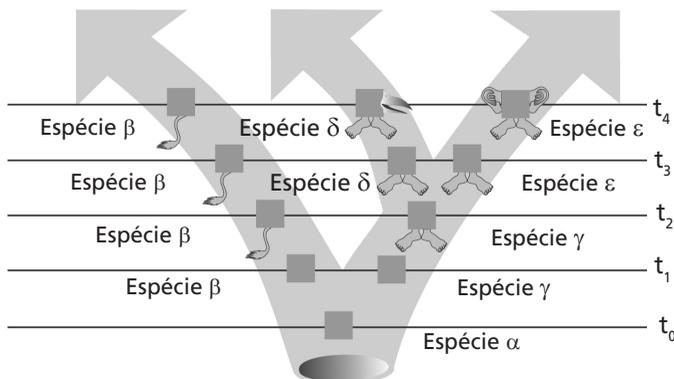


Figura. 4.5: Evolução da espécie α a partir de t_0 . Em t_1 , a espécie α se dividindo nas espécies beta (β) e gama (γ). Em t_2 , as espécies β e γ se diferenciam uma de outra e as duas da espécie α . Em t_3 , a espécie γ se divide nas espécie delta (δ) e épsilon (ϵ). Em t_4 , as espécies δ e ϵ se diferenciam uma da outra e as duas da espécie γ .

Em t_5 , você vai observar que tanto a espécie δ quanto a espécie ϵ não sofreram modificações em relação ao momento t_4 . Contudo, observando a espécie β , que do momento t_2 ao t_4 não havia sofrido qualquer modificação, você pode observar que nela surgiram asas. Agora, em t_5 , as asas representam mais uma **autapomorfia** para esta espécie.

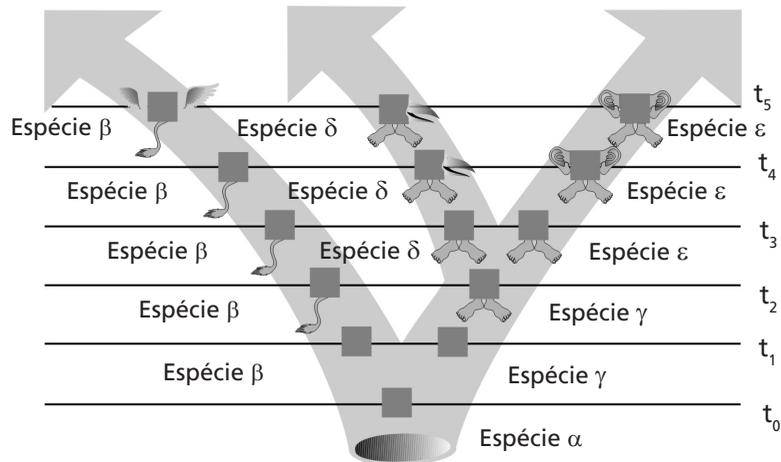


Figura. 4.6: Evolução da espécie α a partir de t_0 . Em t_1 , a espécie α se dividindo nas espécies beta (β) e gama (γ). Em t_2 , as espécies β e γ se diferenciam uma de outra e as duas da espécie α . Em t_3 , a espécie γ se divide nas espécie delta (δ) e épsilon (ϵ). Em t_4 , as espécies δ e ϵ se diferenciam uma da outra e as duas da espécie γ . Em t_5 , a espécie β , sofre modificação em sua forma (anagênese).

Como você pode perceber, a aplicação desses conceitos é direta. Vejamos, a seguir, alguns exemplos:

- O estado apomórfico “presença de coluna vertebral” é sinapomórfico para o conjunto de todas as espécies que o compartilham, isto é, os vertebrados. O estado plesiomórfico “ausência de coluna vertebral” é simplesiomórfico para o conjunto de todas as espécies de não-vertebrados.
- A ausência de pernas é uma sinapomorfia para as cobras e a presença de patas é uma simplesiomorfia para os demais répteis.
- Apresentar pêlos é uma sinapomorfia de mamíferos. Os membros anteriores em forma de pernas são uma plesiomorfia em relação às asas das aves.
- A ocupação do ambiente terrestre por alguns grupos animais é uma apomorfia em relação à vida em ambientes aquáticos. A reocupação do ambiente aquático, como no caso das baleias e golfinhos, é uma apomorfia em relação ao hábito terrestre dos mamíferos.

Agora, ficou mais fácil perceber que esses conceitos são relativos e dependentes do universo a que se referem, ou seja, uma apomorfia, em um determinado nível, pode ser considerada uma plesiomorfia em outro nível.

Tomemos como exemplo a ocupação do ambiente terrestre. Assim, considerando o tipo de ambiente em que os animais vivem, a vida marinha representa uma plesiomorfia quando comparada à invasão do ambiente continental pelo ancestral dos tetrápodes. Contudo, se considerarmos os mamíferos marinhos, a vida nesse ambiente é uma sinapomorfia, uma vez que seus ancestrais foram animais terrestres.

A fixação de uma dada modificação na população, a partir da condição preexistente, implica a sua transmissão a todos os indivíduos das gerações seguintes. No caso de a população de uma espécie se fragmentar, as subpopulações resultantes também herdarão tal modificação. Dessa forma, todos os descendentes dessa espécie portarão a condição apomórfica que nela se originou.

Retornando à seqüência das figuras anteriores, você perceberá que os processos evolutivos denominados **ANAGÊNESE** e **CLADOGÊNESE** estão ali representados. A compreensão desses conceitos é muito importante para evitar futuras confusões. Com o surgimento da barreira que dividiu a espécie α nas espécies β e γ , e da barreira que dividiu a espécie γ nas espécies δ e ϵ , ocorre o processo denominado cladogênese. No momento da divisão da espécie ancestral, as espécies filhas ainda não sofreram qualquer modificação, sendo idênticas uma à outra e, também, à espécie ancestral. Esse fato pode impedir a distinção entre elas, contudo, à luz da teoria, são espécies distintas.

Acompanhando a evolução da espécie β , percebe-se que a forma do seu corpo modificou-se, entre t_1 e t_3 . Embora a espécie β tenha sofrido modificações, ao longo do tempo, ela ainda continua a mesma, tanto em t_1 quanto em t_2 ou t_3 . Esse processo é denominado **anagênese**. Tal fato pode levar um pesquisador a deduzir que indivíduos pertencentes à mesma espécie, contudo originários de épocas distintas, pertençam a espécies diferentes.

Agora, imagine que a espécie β viva ainda hoje e que durante toda a sua história de vida alguns indivíduos foram fossilizados em t_1 e outros em t_2 .

O que você faria se descobrisse os fósseis de cada uma dessas épocas? Você os descreveria como espécies diferentes?

!
ANAGÊNESE E CLADOGÊNESE
Ver Aula 3, Homologia e série de transformação de caracteres.

Se esses fósseis fossem descobertos, possivelmente seriam descritos como espécies diferentes.

Como você pode perceber, esse é mais um caso que impõe dificuldades ao trabalho de um pesquisador. Mesmo com as modificações apresentadas pelos indivíduos em cada época, todos eles pertencem a uma única espécie.

HOMOPLASIAS

Não haveria qualquer dificuldade para a reconstrução das relações filogenéticas entre os organismos, se os estados apomórficos dos caracteres tivessem surgido uma única vez. Contudo, a evolução biológica não foi muito generosa com os sistematas (= pesquisadores que atuam na área da Sistemática), impondo-lhes algumas dificuldades. Você verá que apomorfias semelhantes podem surgir independentemente, mais de uma vez, causando interferência nas análises do relacionamento filogenético. De forma geral, o surgimento dessas apomorfias semelhantes é conhecida como **paralelismo** ou **convergência**.

Como você já deve ter percebido, a simples semelhança entre dois ou mais organismos não representa maior proximidade filogenética entre eles. Por exemplo, tanto a espécie δ quanto a ϵ apresentam corpo quadrado. No entanto, tal forma quadrada do corpo representa uma simplesiomorfia para ambas, não indicando ancestralidade comum exclusiva. O fato de as apomorfias surgirem independentemente faz com que o seu compartilhamento também não seja evidência definitiva de ancestralidade comum e exclusiva. Esse fato é mais uma das dificuldades impostas pela própria natureza da evolução.

As semelhanças adquiridas independentemente são, conjuntamente, denominadas **homoplasia** e podem surgir de três diferentes maneiras:

A partir de estados plesiomórficos distintos, surgem estados apomórficos semelhantes em organismos diferentes. Nesse caso, denominado **convergência**, raramente são produzidas características muito semelhantes. Por exemplo, as barbatanas dorsais em tubarão e em golfinho, representadas por expansões cutâneas que constituem órgãos para a natação, surgiram independentemente nesses dois animais.

A princípio, as nadadeiras parecem muito semelhantes, entretanto, um exame mais minucioso de sua morfologia evidencia que tal semelhança é apenas superficial e que essas características não devem ser consideradas homólogas (Figura 4.7). Casos de convergência como as asas das aves e dos morcegos, as pernas saltatorias dos cangurus e dos gafanhotos, a postura ereta dos seres humanos e dos pingüins (Figura 4.8), os apêndices em forma de pinça dos caranguejos e dos escorpiões etc. refletem apenas a semelhança geral entre as estruturas. Em geral, esse tipo de evolução homoplástica pode ser mais facilmente detectado, antes mesmo da realização de uma análise cladística.

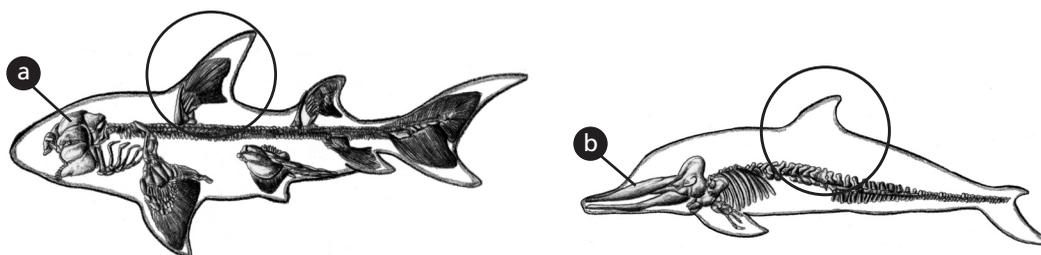


Figura 4.7: Nadadeiras dorsais de um tubarão (a) e de um golfinho (b).

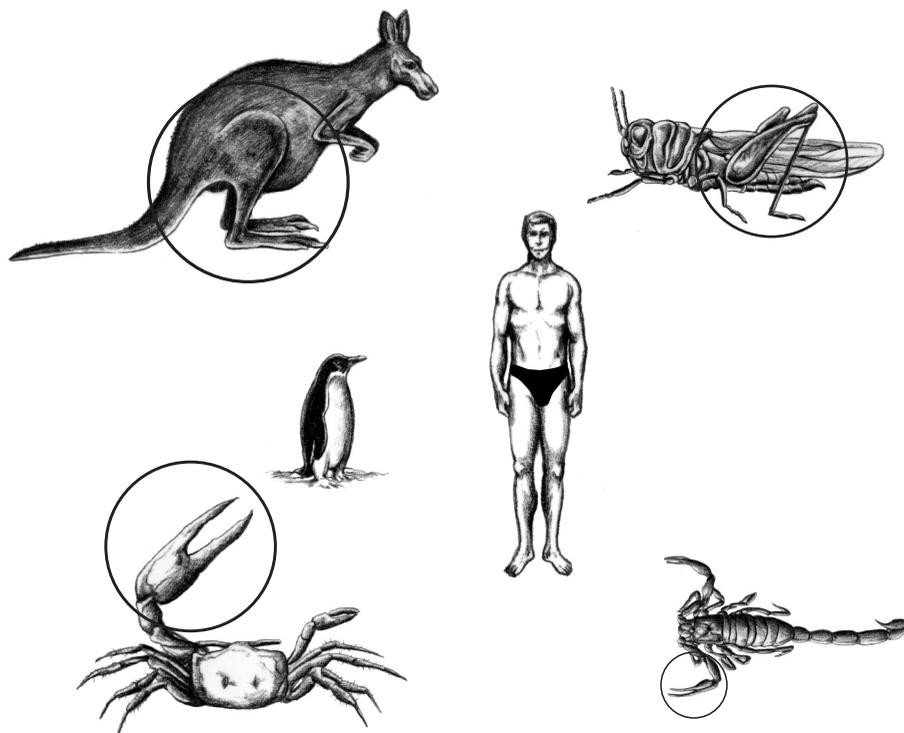


Figura 4.8: Pernas saltatorias de canguru e de gafanhoto; postura ereta de ser humano e de pingüim; apêndice em forma de pinça dos caranguejos e de escorpiões.

A partir de um mesmo estado plesiomórfico, surgem, independentemente, estados apomórficos idênticos em dois organismos diferentes. Este tipo de homoplasia costuma ocorrer em organismos muito próximos filogeneticamente e é, comumente, denominado paralelismo. Por exemplo, as membranas interdigitais dos dedos anteriores dos pés dos patos e dos albatrozes (Figura 4.9) ou a redução no comprimento dos élitros (= asas anteriores dos besouros) em diferentes grupos de besouros serra-paus (Cerambycidae) (Figura 4.10).

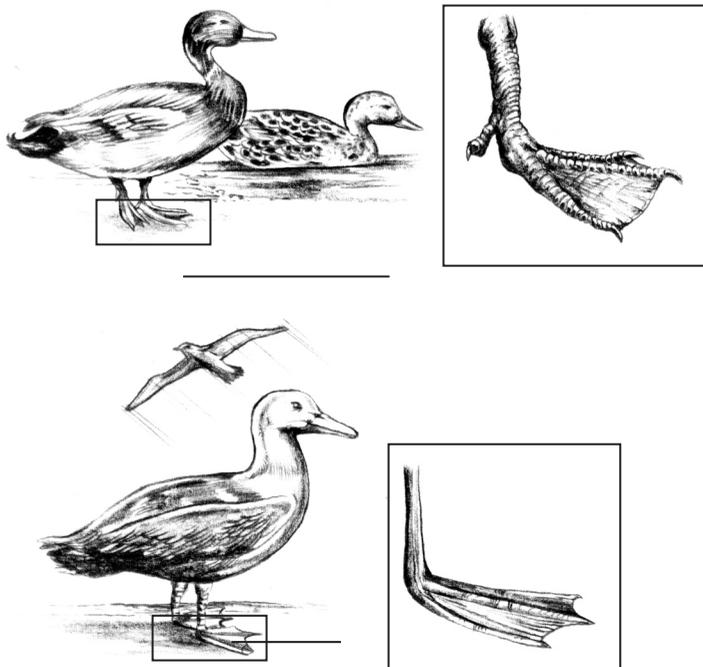


Figura 4.9: Aves com membranas interdigitais nos pés: (a) albatroz, (b) pato.

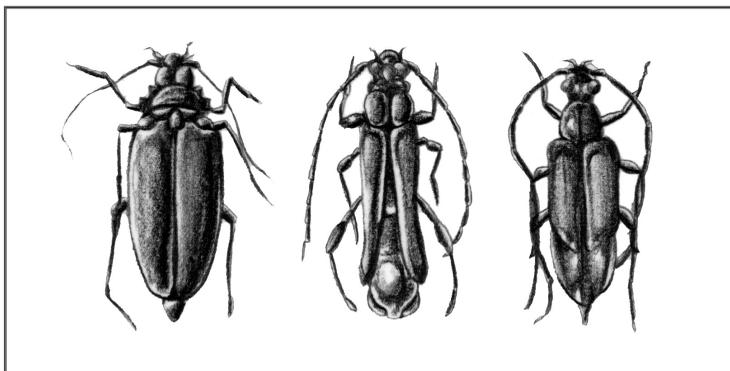


Figura 4.10: Besouros serra-paus (Cerambycidae) com asas curtas.

Uma determinada característica de um organismo sofre uma alteração e seu estado apomórfico torna-se semelhante ao estado plesiomórfico anterior. Esse terceiro tipo de homoplasia é normalmente denominado reversão. Por exemplo, o retorno à condição ápoda em cobras é um caso de reversão, uma vez que o ancestral de todos os tetrápodes desenvolveu dois pares de membros locomotores (Figura 4.11). A condição áptera em pulgas (descendentes de insetos alados), a ausência de concha em lesmas (descendentes de caramujos com concha), a perda dos olhos em peixes cavernícolas (descendentes de peixes com olhos) etc. são casos de reversão (Figura 4.12).



Figura 4.11: Cobra sucuri (*Eunectes murinos*).



Figura 4.12: Lesma, pulga e peixe cavernícola.

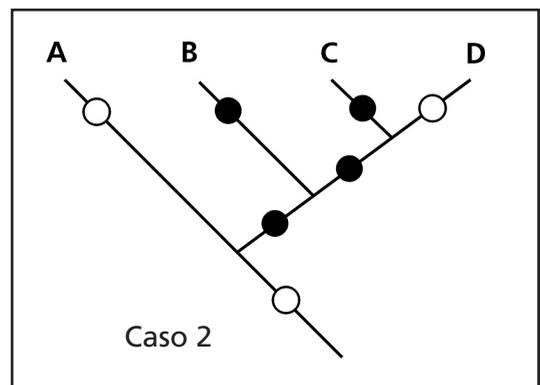
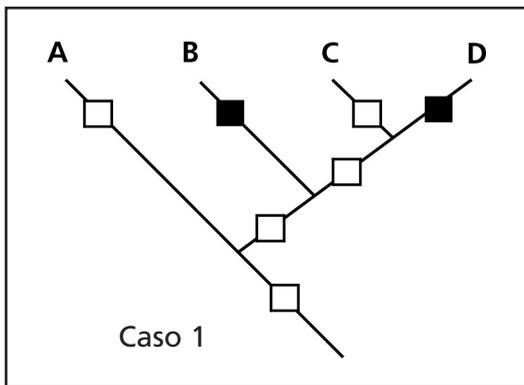
Embora na maioria dos casos seja possível diferenciar convergência de paralelismo, algumas vezes não é tão fácil determinar se uma homoplasia surgiu por um ou outro processo. Para resolver esse impasse, em ambos os casos utiliza-se o termo homoplasia ou surgimento homoplástico.

RESUMO

Os caracteres de um determinado organismo apresentam uma origem e diferenciação próprias. O compartilhamento de um estado destes caracteres apomórficos ou plesiomórficos por grupos de organismos é denominado, respectivamente, **sinapomorfia** e **simplesiomorfia**. As apomorfias de um determinado grupo podem, eventualmente, surgir durante a evolução, de forma independente em dois ou mais grupos. O surgimento independente é conhecido como **homoplasia**. Esta pode ocorrer quando estados plesiomórficos distintos originam estados apomórficos semelhantes como no caso das nadadeiras de peixes e golfinhos, sendo especificamente denominada **convergência**. Pode ocorrer ainda quando o mesmo estado plesiomórfico origina estados apomórficos idênticos, mas de forma independente, sendo denominado **paralelismo**. Ocorre ainda quando a mudança para um estado apomórfico faz com que este seja similar ao plesiomórfico anterior, sendo denominado **reversão**. O termo homoplasia normalmente é utilizado para os casos de convergência e paralelismo devido à dificuldade de distinguir os dois processos, ao contrário das reversões.

EXERCÍCIO AVALIATIVO

No cladograma abaixo, são mostradas as transformações, ao longo da filogenia, de dois caracteres (círculo e quadrado). Observe, no caso 1, que a espécie B apresenta o mesmo estado apomórfico do carácter “quadrado” que a espécie D (quadrados escuros), sendo que ambos têm seu ancestral comum com o estado de quadrado claro. No caso 2, a espécie A compartilha o mesmo estado do carácter círculo (círculo claro) com a espécie D, embora o ancestral de B com C e D apresente o estado círculo escuro. Explique que tipo de compartilhamento de caracteres foi descrito acima.



INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, serão apresentadas as diferentes relações de parentesco entre os organismos.

Agrupamentos taxonômicos

AULA 5

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Definir táxon ou agrupamentos taxonômicos.
- Conhecer os diferentes tipos de agrupamentos taxonômicos.



Pré-requisitos

Aula 3:
Homologia e série de transformação de caracteres.

Aula 4:
Caracteres compartilhados e homoplasias.

INTRODUÇÃO

Na aula anterior, mostramos que as modificações ocorridas em uma espécie ancestral podem ser compartilhadas pelos seus descendentes. Organismos diferentes podem compartilhar tanto o estado plesiomórfico de um carácter, simplesiomorfia, quanto o estado apomórfico, sinapomorfia. Você viu, ainda, que estados apomórficos semelhantes podem surgir independentemente em animais distintos sendo denominados homoplasias (convergência, paralelismo e reversão).

Foi visto, também, que as espécies podem modificar-se ao longo do tempo sem que para tal tenham de sofrer especiação. Desta forma, indivíduos da mesma espécie que viveram em épocas distintas podem ser diferentes. Por outro lado, espécies diferentes podem ser muito semelhantes entre si, dificultando a compreensão acerca da diversidade. Essas espécies são denominadas espécies crípticas.

Nesta aula, você verá quais e como podem ser as diferentes relações de agrupamento entre diferentes organismos.

AGRUPAMENTOS TAXONÔMICOS

Como visto na segunda aula, até 1960 os métodos de ordenação dos organismos eram baseados em critérios simples de graus de semelhança e de diferença entre eles, isto é, os organismos eram reunidos em função desses critérios, gerando agrupamentos (grupos e subgrupos) com maior ou menor grau de semelhança geral. A ordenação da diversidade dos organismos através da utilização desses critérios gerou, muitas vezes, agrupamentos (classificações) taxonômicos inconsistentes (artificiais).

Fazendo uma breve recapitulação, lembre que para a escola sistemática tradicional a ordenação dos organismos é uma atividade apenas catalogatória que separa ou agrupa coisas considerando suas semelhanças ou diferenças. A Escola Fenética também utiliza critérios de similaridade, embora utilize o maior número possível de semelhanças observáveis para agrupar os organismos. A Escola Evolutiva organiza o conhecimento sobre a diversidade biológica através da história evolutiva dos grupos de organismos.

Como demonstrado na segunda aula, as taxonomias tradicional e evolutiva estabelecem intuitivamente o relacionamento entre grupos de organismos, fundamentando-se em critérios muito subjetivos.

A escola cladista ordena a diversidade biológica a partir do relacionamento genealógico entre grupos naturais, isto é, com base nas relações de parentesco (filogenéticas) entre grupos formados por organismos que possuem um mesmo ancestral comum exclusivo.

Como você já percebeu, nesta aula, estamos tratando de grupos de organismos e não mais de seus caracteres isoladamente. Qualquer agrupamento de organismos biológicos cuja definição seja algum tipo de semelhança compartilhada é denominado **TÁXON**. As semelhanças que unem os elementos de um táxon podem corresponder a sinapomorfias, simplesiomorfias ou homoplasias.

Como resultado da definição de relacionamento biológico, Willi Hennig identificou três tipos de agrupamentos taxonômicos (**Figura 5.1**): **monofilético**, **parafilético** e **polifilético**. A compreensão de cada um desses tipos é fundamental para a classificação taxonômica.

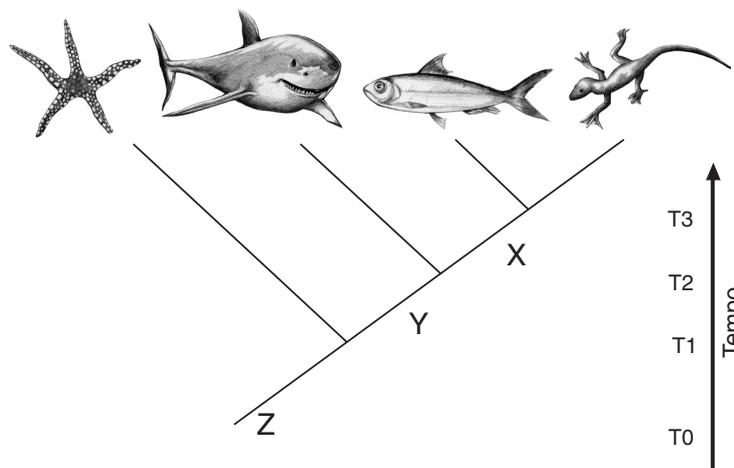


Figura 5.1: Cladograma demonstrando o relacionamento filogenético entre uma estrela-do-mar, um tubarão, uma sardinha e uma lagartixa.

Grupo Monofilético

Como você viu na aula anterior e, também, na disciplina Diversidade dos Seres Vivos, quando se diz que duas espécies têm uma espécie ancestral comum e exclusiva, está afirmando-se que existiu uma espécie ancestral que se dividiu e gerou essas duas espécies filhas e somente elas.



Para que sejam erigidos agrupamentos taxonômicos naturais (monofiléticos), o princípio da ancestralidade comum e exclusiva deve ser aplicado a qualquer táxon ou categoria taxonômica.

TÁXON

Os táxons podem ser naturais (no sentido de que existe relação natural entre seus elementos como as relações filogenéticas) ou artificiais (apresentam relação abstrata). Os táxons podem ser nomeados ou não, como será visto nas Aulas 10, 11 e 12 – Classificação zoológica e taxonômica.

Um táxon monofilético consiste de um agrupamento que inclui uma espécie ancestral e todas as suas espécies descendentes. Na **Figura 5.1**, você encontra os seguintes táxons monofiléticos:

- cada um dos táxons terminais, ou seja, o grupo da estrela-do-mar, o do tubarão, o da sardinha e o da lagartixa;
- o grupo formado pelo ancestral 'X' e pela sardinha + lagartixa (suas espécies descendentes);
- o grupo formado pelo ancestral 'Y' e pelo tubarão + ancestral 'X' + sardinha + lagartixa;
- o grupo formado pelo ancestral 'Z' e pela estrela-do-mar + o ancestral 'Y' + tubarão + ancestral 'X' + sardinha + lagartixa.

Neste exemplo em particular, as categorias taxonômicas formadas pelos dois últimos grupos monofiléticos citados receberam nomes linneanos formais. São eles, Vertebrata e Deuterostomata, respectivamente.



A hipótese de que determinados táxons formam um agrupamento monofilético é sustentada por sinapomorfias, isto é, o compartilhamento de apomorfias corresponde a um indício de ancestralidade comum entre táxons.

Os estudos acerca do relacionamento filogenético entre os animais têm demonstrado que as classificações tradicionais apresentam vários táxons monofiléticos. Vejamos os exemplos citados anteriormente:

- os Vertebrata são considerados um grupo monofilético. A presença de vértebras é tida como uma sinapomorfia e, juntamente com outras sinapomorfias, sustenta o
- monofiletismo destes animais;
- os Deuterostomata formam outro grupo considerado monofilético. Na fase de **GASTRULAÇÃO**, durante o desenvolvimento embrionário desses animais, o ânus surge a partir do **BLASTÓPORO**. Esta característica, considerada apomórfica, representa uma das sinapomorfias que sustentam o monofiletismo dos animais deuterostomados.

Vejamos, agora, alguns outros exemplos de táxons monofiléticos presentes na taxonomia tradicional do Reino Animalia (**Figura 5.2**).



Você verá os termos **gastrolução** e **blastóporo**, além de outros, na aula sobre desenvolvimento embrionário (Aula 17 – Origem do mesoderma).

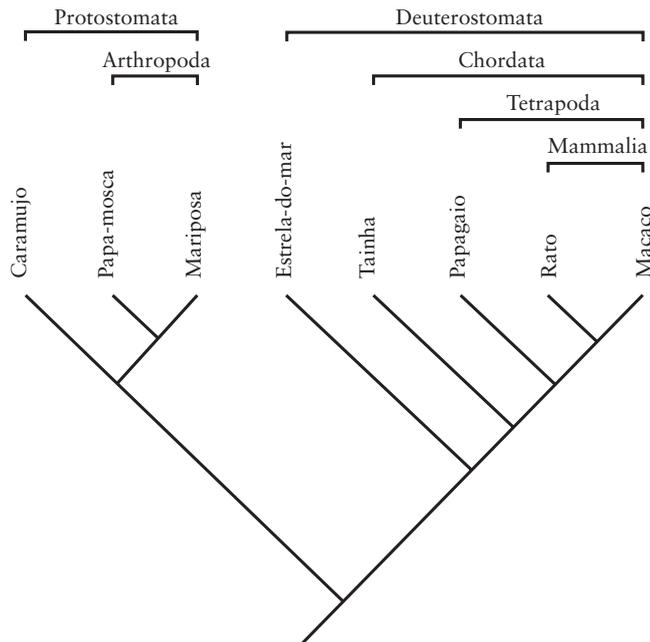


Figura 5.2: Cladograma demonstrando o relacionamento filogenético entre caramujo, papa-mosca, mariposa, estrela-do-mar, tainha, papagaio, rato e macaco.

- Primatas – mamíferos que apresentam unhas chatas, ao menos no polegar. Considera-se que a unha seja apomórfica em relação às garras dos outros mamíferos.
- Mammalia – as glândulas mamárias são consideradas uma condição apomórfica. Esta condição representa uma das sinapomorfias que sustentam o monofiletismo dos mamíferos.
- Aves – grupo de animais que apresentam penas. As penas são ditas apomórficas com relação a escamas dérmicas.
- Tetrapoda – grupo sustentado pela presença de quatro patas caracterizadas por apenas um osso em sua região proximal e por dois em sua região média.
- Chordata – animais que apresentam **NOTOCORDA**, pelo menos em sua fase embrionária.
- Echinodermata – o sistema hidrovascular ou ambulacrário é considerado uma das sinapomorfias que sustentam a condição monofilética deste táxon.
- Insecta – grupo de todas as espécies de artrópodes que apresentam redução do número de apêndices do corpo, tórax com três pares de patas articuladas e abdome com estilos ou sem apêndices locomotores.

NOTOCORDA

Do grego *nôtos*, dorso + *chorda*, cordão. Suporte axial formado por células em uma matriz gelatinosa envolvida por tecido conjuntivo fibroso. Durante o desenvolvimento embrionário dos cordados, origina-se ventralmente ao tubo nervoso.

- Arthropoda – o corpo coberto por cutícula calcificada é considerado uma condição apomórfica, sustentando o monofiletismo desses animais.
- Mollusca – animais que apresentam a parede dorsal do corpo especializada, denominada manto (responsável pela formação de concha ou de espículas calcáreas).
- Prototomata – animais que apresentam tanto boca quanto ânus originados a partir do blastóporo, durante a fase de gastrulação. Esta característica é tida como apomórfica e representa uma das sinapomorfias que sustentam o monofiletismo dos animais protostomados.

Note que vários táxons foram formalmente propostos, nomeados e associados a categorias taxonômicas. Contudo, existem ainda inúmeros outros táxons monofiléticos que não foram propostos formalmente (com nome latino e categoria associada) e, embora alguns pesquisadores tenham sugerido nomear cada táxon, isto seria humanamente impossível. Existem ainda outros tantos táxons monofiléticos que não sofreram qualquer tipo de investigação, os quais só serão descobertos com a realização de estudos acerca do relacionamento filogenético dos grupos.

Observe atentamente a **Figura 5.3** e responda – Quantos táxons monofiléticos podem ser formados?

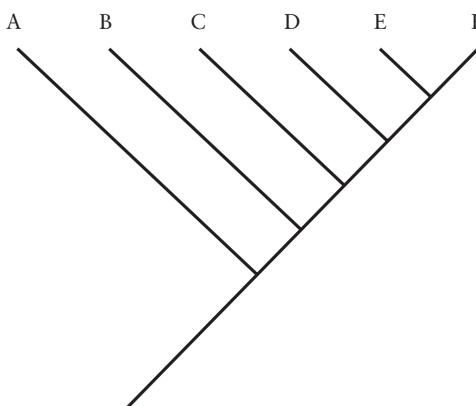


Figura 5.3: Cladograma de um relacionamento hipotético entre os táxons A, B, C, D, E e F.

Como você pode perceber, para uma determinada hipótese de relacionamento filogenético, existe apenas uma maneira de formar táxons monofiléticos. Com os táxons terminais A, B, C, D, E e F apresentados na hipótese acima, só podemos formar cinco grupos monofiléticos.

São eles:

- V = (A, B, C, D, E, F);
- W = (B, C, D, E, F);
- X = (C, D, E, F);
- Y = (D, E, F) e
- Z = (E, F).

Contudo, para essa mesma hipótese, podem ser formados 49 grupos não monofiléticos diferentes (**Quadro 5.1**). Note que alguns desses grupos não apresentam uma espécie ancestral comum e exclusiva somente deles como, por exemplo, os grupos K24, K32 e K41, entre outros. Note também que outros grupos não incluem todas as espécies descendentes de um mesmo ancestral como, por exemplo, os grupos K1, K6, K36, entre outros.

Quadro 5.1: Grupos não monofiléticos formados a partir da **Figura 5.3**.

K1 = (A, B, C, D, E)	K18 = (A, B, C)	K35 = (C, D, F)
K2 = (A, B, C, D, F)	K19 = (A, B, D)	K36 = (C, E, F)
K3 = (A, B, D, E, F)	K20 = (A, B, E)	K37 = (A, B)
K4 = (A, C, D, E, F)	K21 = (A, B, F)	K38 = (A, C)
K5 = (B, C, D, E, F)	K22 = (A, C, D)	K39 = (A, D)
K6 = (A, B, C, D)	K23 = (A, C, E)	K40 = (A, E)
K7 = (A, B, C, E)	K24 = (A, C, F)	K41 = (A, F)
K8 = (A, B, C, F)	K25 = (A, D, E)	K42 = (B, C)
K9 = (A, B, D, E)	K26 = (A, D, F)	K43 = (B, D)
K10 = (A, B, D, F)	K27 = (A, E, F)	K44 = (B, E)
K11 = (A, B, E, F)	K28 = (B, C, D)	K45 = (B, F)
K12 = (A, C, D, E)	K29 = (B, C, E)	K46 = (C, E)
K13 = (A, C, D, F)	K30 = (B, C, F)	K47 = (C, F)
K14 = (A, D, E, F)	K31 = (B, D, E)	K48 = (D, E)
K15 = (B, C, D, E)	K32 = (B, D, F)	K49 = (D, F)
K16 = (B, C, D, F)	K33 = (B, E, F)	
K17 = (B, D, E, F)	K34 = (C, D, E)	

Os mesmos estudos filogenéticos que corroboram a condição monofilética de muitos grupos de animais têm verificado, também, que vários táxons encontrados nas classificações tradicionais não são monofiléticos. Ou seja, alguns táxons podem ser formados por espécies ou táxons que não apresentam uma espécie ancestral comum exclusiva delas, como aquelas relacionadas no **Quadro 5.1**. Nas classificações zoológicas propostas encontram-se, ainda, alguns táxons formais não monofiléticos.

PISCES

Táxon parafilético aceito em classificações tradicionais. Ele é composto por Myxinoidea (feiticeiras, peixes sem mandíbulas), Petromyzontoidea (lampréias, peixes sem mandíbulas), Chondrichthyes (tubarões e arraia, peixes cartilaginosos), Actinopterygii (peixes ósseos com nadadeiras raiadas), Actinistia (celacantos, peixes ósseos com nadadeiras lobadas) e Dipnoi (peixes ósseos, com nadadeiras lobadas e pulmonados).

Grupo Parafilético

Um grupo taxonômico parafilético é formado pelo agrupamento de apenas alguns táxons descendentes de um mesmo ancestral. Dessa forma, um grupo parafilético corresponde a um grupo monofilético do qual se retirou uma ou mais espécies descendentes. Na **Figura 5.1**, o táxon formado por tubarão + sardinha tem sido tradicionalmente denominado **PISCES**.



Entre os sistematas, é comum ouvir que peixe não existe. Portanto, se você comeu peixe hoje, continuará com fome, isto é, como peixe não existe, você não comeu nada. Nesse caso, seus sentidos estão lhe enganando. Ih! Será que você está ficando maluco? Se você tem certeza que se alimentou de alguma coisa hoje, como esta coisa pode não existir?

Não se preocupe, você não está ficando maluco. Note que você se alimentou de um espécime (indivíduo) animal que existia, era sólido; você o mastigou e o engoliu. Contudo, é a categoria taxonômica na qual ele foi incluído que não existe. Observando atentamente a **Figura 5.1**, você pode perceber que o táxon “Pisces” não é formado por todos os descendentes de um mesmo ancestral comum, isto é, o ancestral do tubarão e da sardinha também é ancestral da lagartixa. Como visto “Pisces” representa um táxon parafilético, uma vez que inclui apenas parte dos descendentes de um mesmo ancestral. Esse táxon foi criado com base na semelhança geral de vertebrados aquáticos e, segundo alguns pesquisadores, deve ser mantido na classificação zoológica. A condição parafilética de “Pisces” (**Figura 5.4**) foi definida quando se verificou que uma parte dos peixes apresenta maior parentesco com o grupo dos Tetrapoda do que com outros peixes.

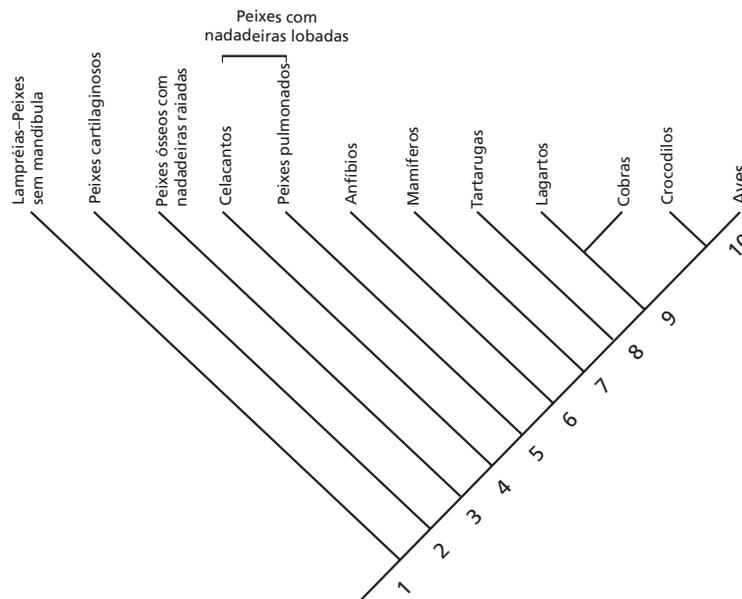


Figura 5.4: Cladograma demonstrando o relacionamento filogenético entre os grupos de vertebrados.

Ao examinar a **Figura 5.4**, é possível perceber que os “peixes pulmonados” (Dipnoi) são mais próximos filogeneticamente dos Tetrapoda (anfíbios, mamíferos, tartarugas, lagartos, cobras, crocodilos e aves), do que dos demais “peixes”; isto é, tanto Dipnoi quanto Tetrapoda apresentam um mesmo ancestral comum e exclusivo deles. Os “peixes” ósseos com nadadeiras raiadas (Actinopterygii) são mais próximos de celacantos (Actinistia) + Dipnoi + Tetrapoda do que dos “peixes” cartilaginosos (Chondrichthyes) e dos “peixes” sem mandíbulas. Os “peixes” cartilaginosos compartilham o mesmo ancestral com os “peixes” ósseos com nadadeiras raiadas, os celacantos, os “peixes” pulmonados e os tetrápodes; e esse ancestral não é o mesmo ancestral dos “peixes” ágnatos.

Os animais tradicionalmente classificados como répteis (Reptilia) também constituem um grupo parafilético (**Figura 5.4**). Este táxon também foi erigido com base na similaridade geral do corpo de seus integrantes. Atualmente, considera-se que os jacarés e crocodilos (Crocodilia) são mais próximos filogeneticamente das aves (Aves) do que dos demais Reptilia. O táxon Reptilia não inclui todos os descendentes de um mesmo ancestral, correspondendo, na verdade, ao grupo dos animais vertebrados que produzem ovos amnióticos (Amniota) com exceção das Aves e Mammalia.

Outros táxons erigidos com base na similaridade geral do corpo e que também constituem grupos parafiléticos são:

- “Apterygota” – inclui os insetos sem asas.
- “Invertebrata” – inclui os animais sem vértebras.

Grupo Polifilético

Um grupo polifilético consiste de um grupo monofilético do qual se retirou um grupo parafilético. Em outras palavras, o polifiletismo ocorre quando são reunidas partes de dois ou mais grupos monofiléticos. Na **Figura 5.4**, se nós formássemos o grupo fictício “Homoterma” (vertebrados homeotérmicos) incluindo apenas Mammalia e Aves, ele representaria um grupo **polifilético**.

As classificações tradicionais também permitiam a formação de táxons polifiléticos. Contudo, à medida que o conhecimento acerca da diversidade foi crescendo e se acumulando, vários desses táxons foram sendo excluídos das classificações. As diferenças e a distância filogenética entre os componentes desses táxons eram tão evidentes que demonstravam a sua heterogeneidade. Um dos casos mais característicos era o do táxon “Vermes”. Reconhecido na primeira classificação binominal formal, formulada por Linnaeus, “Vermes” era constituído por animais dos gêneros *Ascaris* (Lombriga - Nematoda); *Asterias* (estrela-do-mar – Echinodermata); *Fasciola* (fascíola - Platyhelminthes); *Gorgonia* (Gorgônia - Cnidaria); *Helix* (caracol – Mollusca); *Hirudo* (sanguessuga - Annelida); *Holothuria* (pepino-do-mar – Echinodermata); *Lumbricus* (minhoca - Annelida); *Medusa* (água-viva - Cnidaria); *Nereis* (minhoca-do-mar - Annelida); *Ostrea* (ostra – Mollusca); *Taenia* (solitária - Platyhelminthes) e *Teredo* (teredo, ubiraçoca - Mollusca), entre outros.

Os três tipos de agrupamentos taxonômicos são representados na **Figura 5.5**.

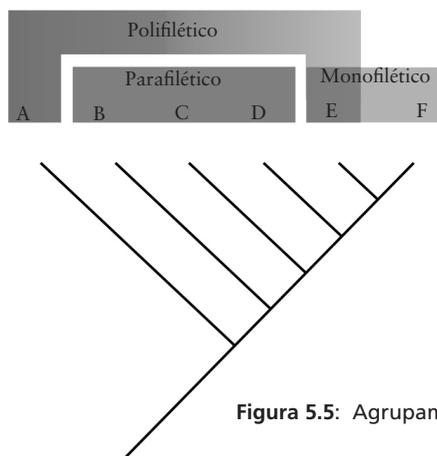


Figura 5.5: Agrupamentos taxonômicos.

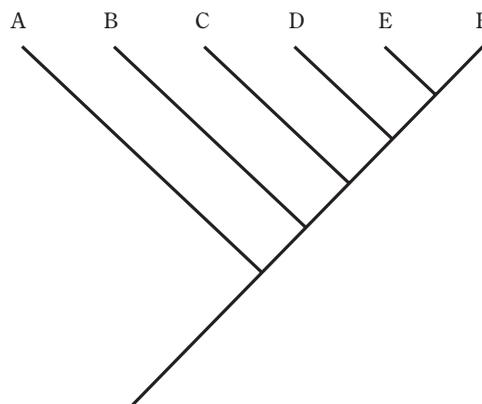
Como você pode perceber, agrupamentos monofiléticos são sustentados por sinapomorfias; agrupamentos parafiléticos, por simplesiomorfias; agrupamentos polifiléticos, por homoplasias.

RESUMO

O agrupamento de organismos baseados em algum critério de semelhança é denominado táxon. As semelhanças que unem os organismos em um grupo podem corresponder a sinapomorfias, simplisimorfias ou homoplasias (convergências, paralelismo ou reversões). Com o critério estabelecido por Hennig de relacionamento filogenético, os agrupamentos formados, dependendo do tipo de semelhança, podem ser denominados grupos Monofiléticos, Parafiléticos e Polifiléticos. Os grupos monofiléticos englobam um ancestral e todos os seus descendentes, como por exemplo o táxon Vertebrata (vertebrados). Os parafiléticos envolvem o ancestral comum, mas nem todos os seus descendentes, como os Reptilia (répteis). Nos grupos polifiléticos são reunidas partes de dois ou mais grupos monofiléticos.

EXERCÍCIOS AVALIATIVOS

No cladograma, identifique entre os agrupamentos mostrados (AD, BC e EF) quem é monofilético, parafilético e polifilético. Discuta, também, por que você os classificou desta forma.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Nas próximas aulas, veremos alguns princípios da metodologia cladística e como são estabelecidas as hipóteses acerca do relacionamento filogenético entre táxons, isto é, a história evolutiva dos grupos de organismos; como são determinados os estados plesiomórficos e apomórficos de um caráter e quais as informações contidas nos diagramas de relacionamento filogenético.

Métodos de análise cladística – Parte I

AULA 6

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer a metodologia cladística.
- Aprender como se determina o estado (apomórfico ou plesiomórfico) de um caráter.
- Conhecer como se estabelece a hipótese acerca do relacionamento filogenético entre grupos.



Pré-requisitos

Aula 3:

Homologia e série de transformação de caracteres.

Aula 4:

Caracteres compartilhados e homoplasias.

Aula 5:

Agrupamentos taxonômicos.

INTRODUÇÃO

Como visto nas aulas anteriores, os animais podem ser estudados isoladamente em alguns dos seus aspectos, isto é, podemos estudar quais as estruturas excretórias de um peixe de água doce, como um pássaro voa, como se dá o canto de uma cigarra, como uma baleia respira, quais os mecanismos de isolamento térmico de uma lhama, como um pingüim nada, qual o tipo de veneno produzido por um escorpião, quais os mecanismos de defesa de uma tartaruga, além de tantas outras questões. Contudo, somente a partir de estudos comparativos são estabelecidas hipóteses de relacionamento filogenético. As várias características compartilhadas, por indivíduos de uma mesma espécie ou por indivíduos de espécies diferentes, podem ter sido herdadas de um ancestral comum ou podem ter surgido independentemente (homoplasias). Como nós não podemos observar os ancestrais diretamente, buscamos mecanismos para recuperar as informações acerca das relações de parentesco entre grupos, analisando os táxons atuais ou os registros fósseis. A seguir, vamos abordar os métodos utilizados pela taxonomia tradicional, propondo algumas atividades para você desenvolver ao longo da aula.

RELACIONAMENTO ENTRE TÁXONS

A partir do momento em que os cientistas aceitaram o princípio da evolução, as afinidades naturais entre os organismos passaram a ser vistas como resultado da evolução. Estas afinidades, muitas vezes, foram interpretadas como semelhanças apresentadas pelos organismos, as quais eram utilizadas para reuni-los em agrupamentos taxonômicos. Por exemplo, observe atentamente a **Figura 6.1** e tente formar diferentes grupos com esses animais.

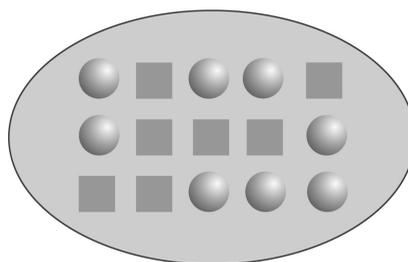


Figura 6.1: Conjunto de animais hipotéticos quadrados e redondos.

Certamente, você formou um grupo com os animais redondos e um outro com os animais quadrados. Assim como você, a taxonomia utilizava-se desse mesmo princípio, isto é, baseava-se na similaridade geral entre os organismos para erigir agrupamentos taxonômicos e para propor afinidades entre grupos de organismos.

Agora, vamos pegar o exemplo anterior e acrescentar mais alguns animais (Figura 6.2).

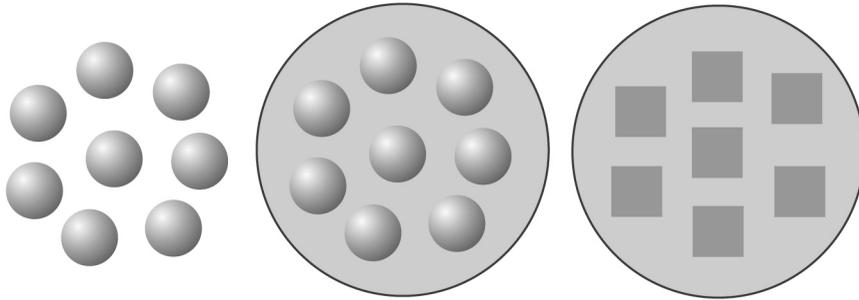


Figura 6.2: Grupos de animais hipotéticos quadrados e redondos, com animais redondos fora desses grupos.

Observando os animais que estão de fora dos grupos sugeridos, você pode verificar que eles também são redondos. Seguindo esse exemplo hipotético, imaginemos que, ao examinarmos todos os outros animais existentes, foi observado que eles também são redondos.



Com tal constatação, como devem ficar os grupos propostos inicialmente?

Após examinar todos os animais, você percebe que o grupo formado por animais quadrados pode ser facilmente diferenciado, contudo, nesse momento, não é possível diferenciar os animais que inicialmente formaram o grupo de animais redondos dos animais redondos incluídos posteriormente. Como citado acima, os táxons eram agrupados a partir de semelhanças compartilhadas. À medida que novos táxons eram descobertos ou que novos caracteres eram estudados, outros grupos ou subgrupos poderiam ser sugeridos ou criados. Vamos exercitar um pouco mais a prática de agrupar organismos; por exemplo, passemos a considerar os seguintes animais hipotéticos:

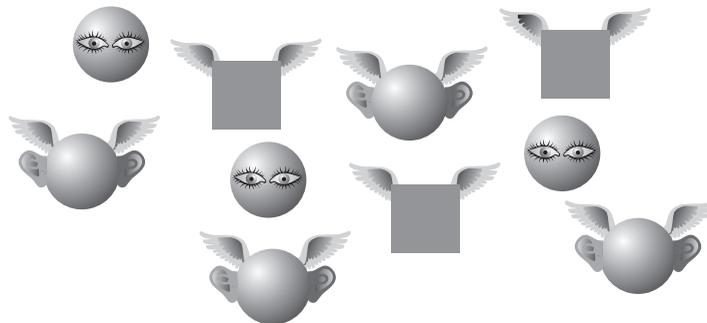


Figura 6.3: Animais hipotéticos.

!
Tente formar agrupamentos com os táxons apresentados.

Com os caracteres apresentados, é possível criar os seguintes agrupamentos:

- grupo A – animais que possuem olhos,
- grupo B – animais com asas e orelhas,
- grupo C – animais quadrados com asas.

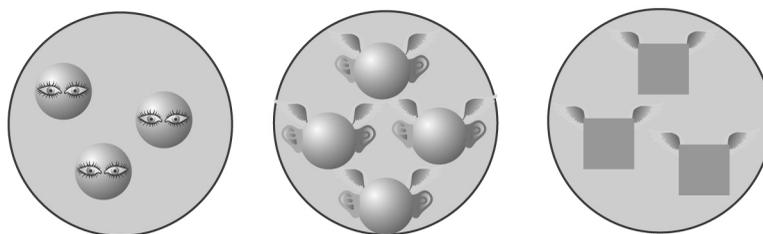


Figura 6.4: Grupo de animais hipotéticos. Grupo A (redondos com olhos), grupo B (redondos, com asas e orelhas) e grupo C (quadrados, com asas).

Nesse caso, estamos agrupando os animais pelo menor grau de semelhanças. Assim formam-se grupos pequenos capazes de serem diferenciados entre si. Entretanto, podemos verificar também que alguns dos grupos formados compartilham algumas características e que nós podemos formar ainda agrupamentos mais abrangentes, como:

- o grupo D – dos animais redondos, incluindo o grupo formado por animais com olhos e o formado por animais com orelhas, totalizando 7 animais;
- o grupo E – dos animais com asas, incluindo o grupo formado por animais quadrados e o formado por animais com orelhas, totalizando 7 animais.

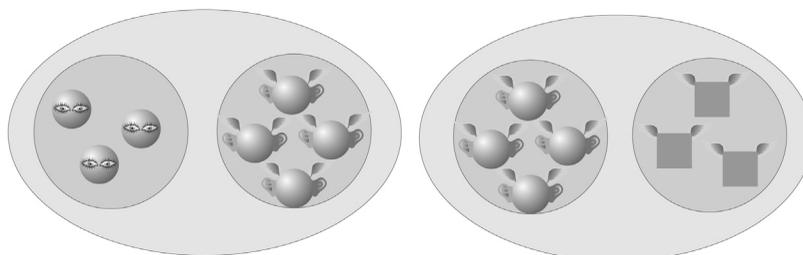


Figura 6.5: Grupo D, incluindo os grupos A e B (animais redondos com olhos e animais redondos, com asas e orelhas); grupo E, incluindo os grupos B e C (animais redondos com asas e orelhas e animais quadrados, com asas).

Ao formar os agrupamentos mais abrangentes, você pode incluir o grupo dos animais redondos, com asas e orelhas, em dois grupos distintos: no grupo D, que inclui os animais com olhos, com base na forma redonda do corpo, ou no grupo E, que inclui os animais quadrados, com base na presença de asas. Nesses casos, a decisão de qual agrupamento deveria ser formado, D ou E, era do próprio taxonomista. Inúmeras vezes, diferentes taxonomistas tinham opiniões contrárias, gerando alguns conflitos.

Continuemos exercitando um pouco mais esse método de agrupamento utilizado na taxonomia tradicional e também na fenética, e para isso vamos aumentar o número de táxons e de características analisadas. Seguindo o princípio da similaridade, faça uma análise e proponha agrupamentos entre estrelas-do-mar, tubarões, jibóias e macacos, utilizando os seguintes caracteres:

- 1 – membros locomotores articulados – ausentes ou presentes;
- 2 – temperatura do corpo – variável ou constante;
- 3 – local onde o embrião se desenvolve – fora do corpo materno ou dentro do corpo materno;
- 4 – tipo de ambiente em que se vive – marinho ou aéreo;
- 5 – número de células do corpo – uma ou muitas.

Para facilitar a visualização dos dados, vamos construir uma tabela, denominada **matriz de dados**. Na primeira coluna serão posicionados os animais a serem analisados, e na primeira linha, os caracteres utilizados.

Quadro 6.1: Modelo de matriz de dados.

Animais/Caracteres	1	2	3	4	5
A – Estrelas-do-mar					
B – Tubarões					
C – Jibóias					
D – Macacos					

Uma vez que nosso exemplo apresenta caracteres binários, ou seja, com apenas dois estados, utilizaremos os dígitos 0 (zero) para representar o primeiro estado citado em cada caráter e 1 (um) para o segundo estado. Em uma folha de papel, você pode preencher a tabela.

! Faça-o agora, antes de prosseguir, e logo abaixo confira o resultado do seu trabalho.

Após o preenchimento, nossa tabela ficará da seguinte forma:

Quadro 6.2: Matriz de dados com os caracteres preenchidos.

Animais/Caracteres	1	2	3	4	5
A- Estrelas-do-mar	0	0	0	0	1
B – Tubarões	0	0	0	0	1
C – Jibóias	0	0	0	1	1
D – Macacos	1	1	1	1	1

Agora, observando a tabela, tente formar agrupamentos para esses animais.

Utilizando o caráter 5 (número de células do corpo) podemos propor um grupo que inclua todos os animais de nossa análise.

Quadro 6.3: Matriz de dados com realce no caráter 5.

Animais/Caracteres	1	2	3	4	5
A – Estrelas-do-mar	0	0	0	0	1
B – Tubarões	0	0	0	0	1
C – Jibóias	0	0	0	1	1
D – Macacos	1	1	1	1	1

Esse grupo pode ser representado graficamente das seguintes formas:

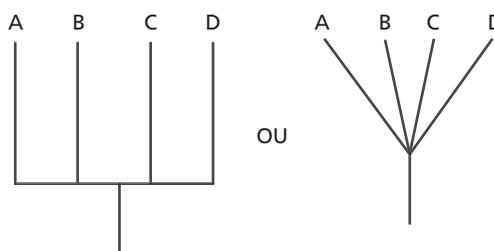


Figura 6.6: Representação gráfica do grupo formado com base no caráter 5. A linha ou braço grifado representa o agrupamento que inclui todos os táxons.

Continuando nossa análise, observe que podemos utilizar também os caracteres 1 (membros locomotores articulados), 2 (temperatura do corpo) e 3 (local onde o embrião se desenvolve) para propormos um grupo que inclua estrela-do-mar, tubarão e jibóia.

Quadro 6.4: Matriz de dados com realce para o grupo formado por A, B e C, e os caracteres 1, 2 e 3.

Animais/Caracteres	1	2	3	4	5
A – Estrelas-do-mar	0	0	0	0	1
B – Tubarões	0	0	0	0	1
C – Jibóias	0	0	0	1	1
D – Macacos	1	1	1	1	1

Nesse caso, as estrelas-do-mar, os tubarões e as jibóias formam um grupo por compartilharem: ausência de membros locomotores articulados, temperatura do corpo variável e embriões que se desenvolvem fora do corpo materno. Incluindo esse novo agrupamento no anterior (Figura 6.7), nossa representação gráfica ficará da seguinte forma:

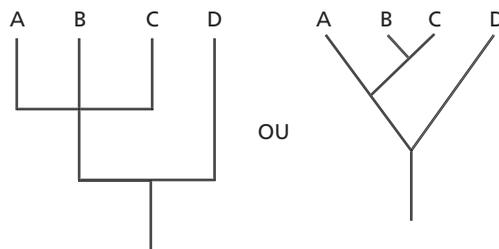


Figura 6.7: Representação gráfica do novo agrupamento: A, B, C.

As pessoas que obtiveram outro tipo de agrupamento não precisam ficar preocupadas.

Uma outra possibilidade é a de utilizar o caráter 4 (tipo de ambiente em que se vive) em detrimento aos caracteres 1, 2 e 3.

Quadro 6.5: Matriz de dados com realce para o caracter 4.

Animais/Caracteres	1	2	3	4	5
A – Estrelas-do-mar	0	0	0	0	1
B – Tubarões	0	0	0	0	1
C – Jibóias	0	0	0	1	1
D – Macacos	1	1	1	1	1

Dessa forma, seriam formados dois grupos: um com estrela-do-mar e tubarão, por serem marinhos; outro com jibóia e macaco, por serem aéreos. Esse agrupamento seria representado graficamente da seguinte forma:

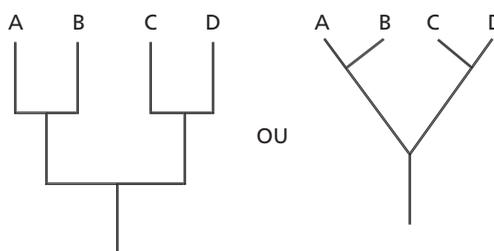


Figura 6.8: Representação gráfica dos dois grupos formados com base no caráter 4.

Como você pode perceber, na taxonomia tradicional, a utilização dos caracteres era arbitrária e pessoal. As pessoas que preferirem a utilização dos caracteres 1, 2 e 3 para formar o grupo **A + B + C** podem argumentar que três caracteres dão mais consistência à análise. Por outro lado, as pessoas que preferirem formar o grupo **A + B** e o grupo **C + D** podem considerar o modo de vida (ambiente em que os animais vivem) como a característica mais importante para sustentar esses agrupamentos. A prática de dar peso (importância) aos caracteres é bastante difundida entre os taxonomistas e, dessa forma, era possível escolher qual hipótese aceitar.

O método de agrupamento com base em similaridade total e a organização hierárquica resultante dele, algumas vezes representavam hipóteses de relacionamento filogenético entre os táxons. Tais hipóteses eram representadas graficamente por diagramas denominados árvores genealógicas ou árvores filogenéticas (**Figura 6.9 e 6.10**).

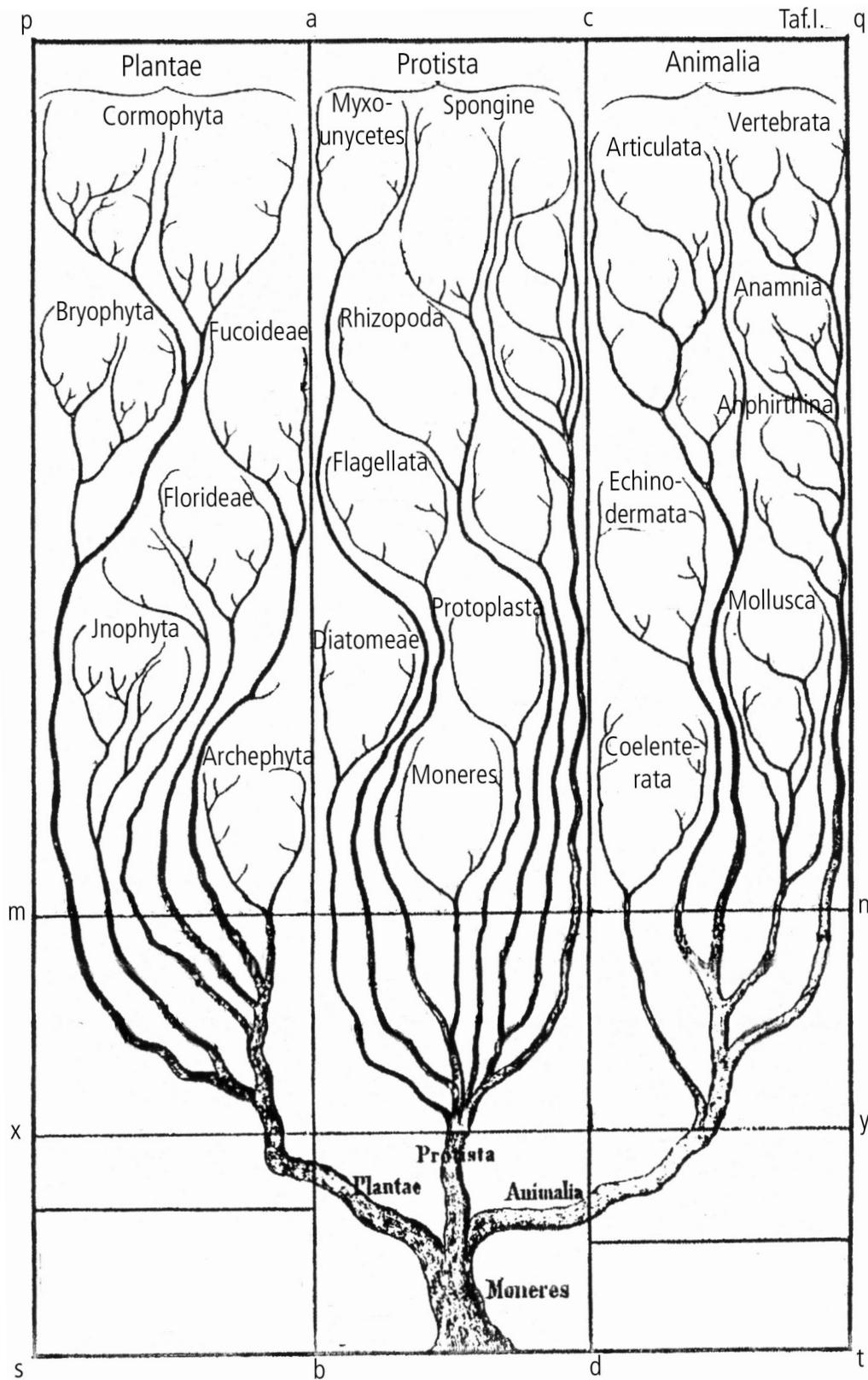


Figura 6.9: Árvore genealógica dos organismos de Haeckel (modificada).

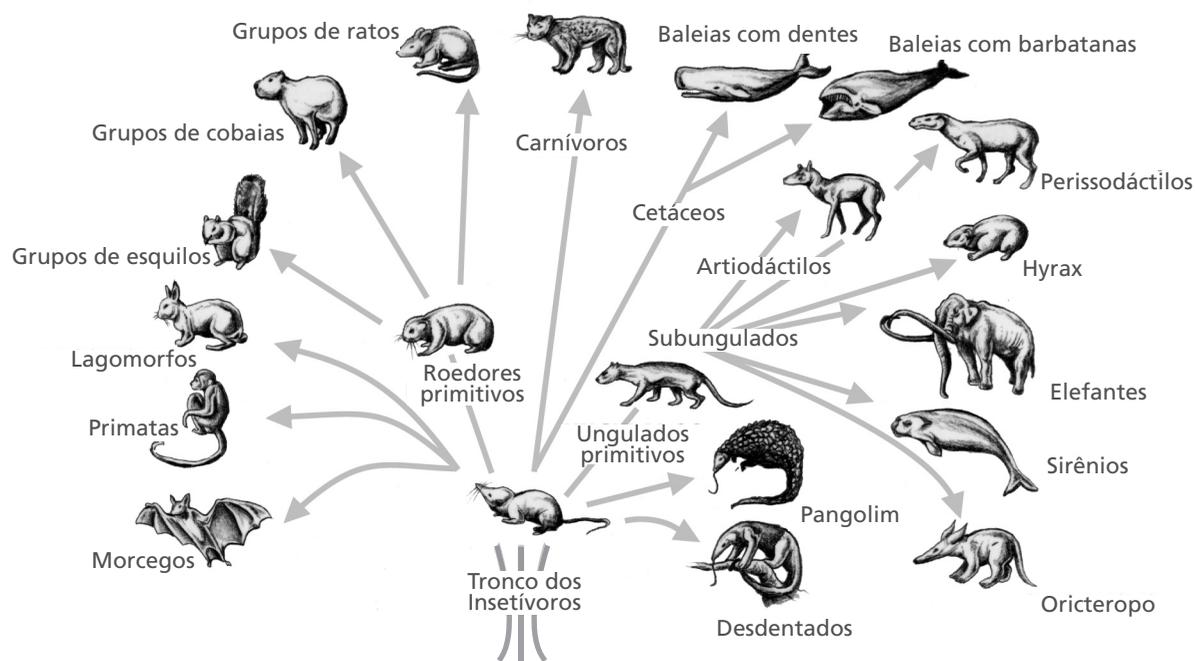


Figura 6.10: Árvore genealógica das principais ordens de mamíferos eutérios (placentários) (modificado de Romer & Parsons, 1977).

Como visto na Aula 2 (Biologia Comparada e Escolas Sistemáticas), o lançamento dos fundamentos da Sistemática Filogenética provocou uma revolução no conceito de sistemática, por incorporar a evolução biológica em seu método. Assim, vamos mostrar como a metodologia cladística trabalha, e você poderá compreender a diferença entre ela e a taxonomia tradicional. Ou seja, vejamos como as hipóteses acerca do relacionamento entre os organismos são inferidas atualmente.

SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA OU CLADISMO

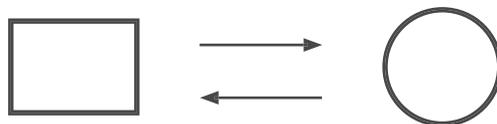
Willi Hennig, através de sua Sistemática Filogenética, criou um método para implementar o conceito ancestral-descendente, ou seja, uma forma coerente de recuperar as informações acerca das relações de parentesco entre os organismos. Ele também redefiniu grupo monofilético e apresentou dois novos conceitos: apomorfia e plesiomorfia. De acordo com a Sistemática Filogenética, os grupos são sempre monofiléticos e fundamentados em sinapomorfias, não se admitindo grupos parafiléticos e polifiléticos. A metodologia utilizada na Sistemática Filogenética (denominada também metodologia cladística) vem sofrendo algumas modificações, contudo, o escopo central da teoria de Hennig tem-se mantido mais ou menos inalterado.

Para se compreender melhor como é realizada a reconstrução da história evolutiva dos grupos de organismos, você verá alguns dos princípios básicos da Sistemática Filogenética, isto é, como se determina o estado de um caráter, como se estabelecem hipóteses de relacionamento filogenético, quais as informações contidas nos diagramas de relacionamento filogenético e as conseqüências de uma hipótese inicial de homologia não ser comprovada em uma análise cladística.

POLARIZAÇÃO DE SÉRIES DE TRANSFORMAÇÃO DE CARACTERES

Na Aula 3 (Homologia e série de transformação de caracteres), você viu que um mesmo caráter pode apresentar diferentes condições homólogas. Para a reconstrução do relacionamento filogenético entre organismos, torna-se fundamental diferenciar o estado plesiomórfico (original ou primitivo, isto é, preexistente no ancestral) do estado apomórfico (derivado) de um caráter. Por exemplo, a multicelularidade dos animais em relação à unicelularidade de outros organismos, a fixação ao substrato em relação à vida livre, a coluna vertebral nos vertebrados em relação à sua ausência nos demais animais, a ausência de pernas nas cobras em relação à presença de patas nos tetrápodes.

Voltando ao exemplo dos animais redondos e quadrados já apresentado, considere o caráter – forma do corpo.



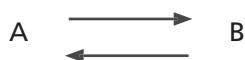
Você é capaz de afirmar qual o estado que surgiu primeiro, isto é, qual o estado plesiomórfico, o quadrado ou o redondo?

Examinemos agora aos seguintes exemplos: dados diferentes estados de um caráter (A, B ou A, B, C), qual o estado que surgiu primeiro e qual estado deu origem a qual?

Para caráter com dois estados A, B:



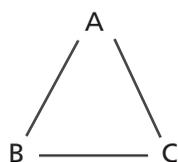
Temos as seguintes possibilidades:



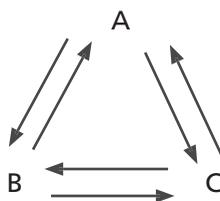
Assim,



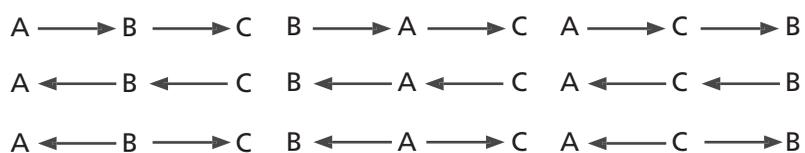
Para caráter com três estados:



Temos as seguintes possibilidades:



ou,



! Como determinar qual a condição apomórfica e qual a condição plesiomórfica de um caráter?

A determinação da direção na transformação de um caráter denomina-se **polarização**. Um caráter é dito polarizado quando o estado apomórfico é distinguido do plesiomórfico. Antes do surgimento da Sistemática Filogenética, essa questão havia sido tratada erroneamente. Diversos pesquisadores consideravam que, dos estados encontrados em um determinado grupo, o mais freqüentemente distribuído ou o mais comum era o plesiomórfico ou o mais antigo. Em contrapartida, outros consideravam justamente o oposto, ou seja, o estado mais freqüente ou comum era o apomórfico. Se o estado de um caráter representa uma apomorfia para um determinado grupo de organismos, então este mesmo estado surgiu no ancestral deste grupo. Logo, antes do surgimento deste ancestral o estado existente era o plesiomórfico. Os organismos derivados de ancestrais anteriores ao ancestral do nosso grupo deveriam apresentar o estado plesiomórfico. Por exemplo, se considerarmos o surgimento da coluna vertebral, verificamos que em animais que não pertencem ao grupo dos vertebrados tal condição nunca aparece (**Figura 6.11**).

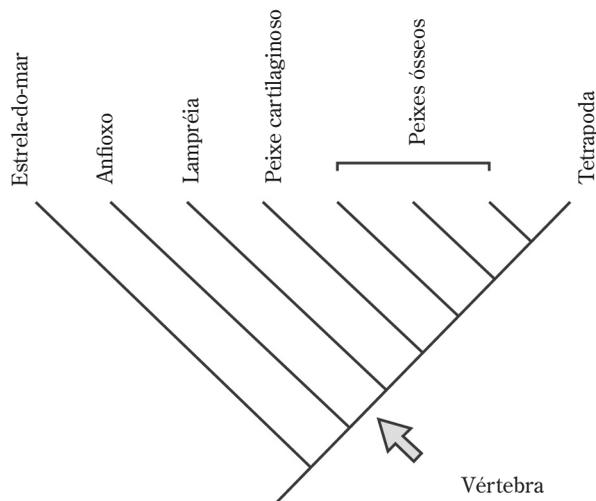


Figura 6.11: Cladograma demonstrando o relacionamento entre Chordata. O ramo grifado indica o surgimento da coluna vertebral.

Como você pôde perceber, o surgimento da Sistemática Filogenética esclareceu definitivamente a questão da polarização dos estados dos caracteres, isto é, como determinar qual o estado plesiomórfico e qual o apomórfico de um caráter.

RESUMO

As semelhanças apresentadas entre organismos, a partir de uma visão comparativa, podem ser interpretadas como resultado da evolução, com os organismos herdando suas características semelhantes de um ancestral comum. Na sistemática tradicional, este agrupamento dos organismos poderia variar de pesquisador para pesquisador em função da escolha de qual carácter similar era mais importante para justificar um determinado agrupamento de organismos, pois diferentes caracteres similares poderiam servir de base para formar grupos diferentes de organismos. Com a proposição da sistemática filogenética por Willi Hennig, o conceito de ancestral-descendente passa a ser incorporado na determinação dos agrupamentos. Passam a ser aceitos somente grupos monofiléticos, os quais só podem ser definidos a partir de sinapomorfias. Portanto, para a reconstrução de uma filogenia é necessário determinar qual é a condição apomórfica e qual é a plesiomórfica. Esta determinação é denominada polarização dos caracteres, sendo um passo fundamental para se reconstruir a história filogenética de um grupo de organismos incorporando a idéia de evolução orgânica.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Nas próximas aulas, continuaremos a ver os métodos de análise de caracteres e como são determinados os estados plesiomórficos e apomórficos de um carácter, isto é, como os estados dos caracteres são polarizados.

Métodos de análise cladística - Parte II

AULA 7

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer a metodologia cladística.
- Aprender como se determina o estado (apomórfico ou plesiomórfico) de um caráter.
- Conhecer como se estabelece a hipótese acerca do relacionamento filogenético entre grupos.



Pré-requisitos

- Aula 3:
Homologia e série de transformação de caracteres.
- Aula 4:
Caracteres compartilhados e homoplasias.
- Aula 5:
Agrupamentos taxonômicos.
- Aula 6:
Métodos de análise cladística - Parte I.

INTRODUÇÃO

Na aula anterior, você viu como os diferentes estados dos caracteres podem ser utilizados para formar grupos de organismos. Foi visto também que a taxonomia tradicional utilizava critérios arbitrários para formação dos agrupamentos e que, algumas vezes, um determinado caráter era preterido em detrimento de outro. Nesses casos, era dado um peso maior para o caráter que se queria utilizar. Como visto na Aula 2 (Biologia Comparada e Escolas Sistemáticas), o lançamento dos fundamentos da Sistemática Filogenética provocou uma revolução no conceito de sistemática, por incorporar a evolução biológica em seu método.

ONTOGENIA

Desenvolvimento de um indivíduo desde a fecundação até o final de seu ciclo de vida.



**ERNST HEINRICH
HAECKEL**

Ver Aula 15 - Origem dos Metazoários.

POLARIZAÇÃO DE SÉRIES DE TRANSFORMAÇÃO DE CARACTERES

Na aula anterior, você viu que até o surgimento da Sistemática Filogenética a questão da polarização dos estados dos caracteres, ou seja, o estabelecimento dos estados apomórfico e plesiomórfico, não havia sido elucidada. Na metodologia cladística, os estados dos caracteres podem ser polarizados através de dois critérios: **ONTOGENIA** e **grupo externo**.

Ontogenia

Muitos pesquisadores acreditam que a embriogenia fornecia evidências acerca da polaridade das modificações evolutivas. **HAECKEL**, em sua famosa Lei Biogenética “**a ontogenia recapitula a filogenia**”, foi o primeiro a supor que as características apresentadas pelos embriões nos estágios iniciais de desenvolvimento representam estados mais primitivos, e que as apresentadas nos estágios finais de desenvolvimento representam estados mais derivados. Em outras palavras, ele acreditava que um animal passava através dos estágios de sua história evolutiva durante seu desenvolvimento ontogenético, e que cada estágio embrionário de um organismo representava o estágio adulto (terminal) de seus ancestrais. Assim sendo, as fendas branquiais observadas nos fetos dos seres humanos seriam de fato as fendas branquiais presentes em nossos ancestrais, os peixes. Isto é, ao longo do tempo, teriam surgido novas características durante a evolução dos peixes, como por exemplo as patas, que com isso formaram novos grupos animais. Se você acompanhar o desenvolvimento embrionário do ser humano, de fato, as patas aparecem após as fendas branquiais (**Figura 7.1**).

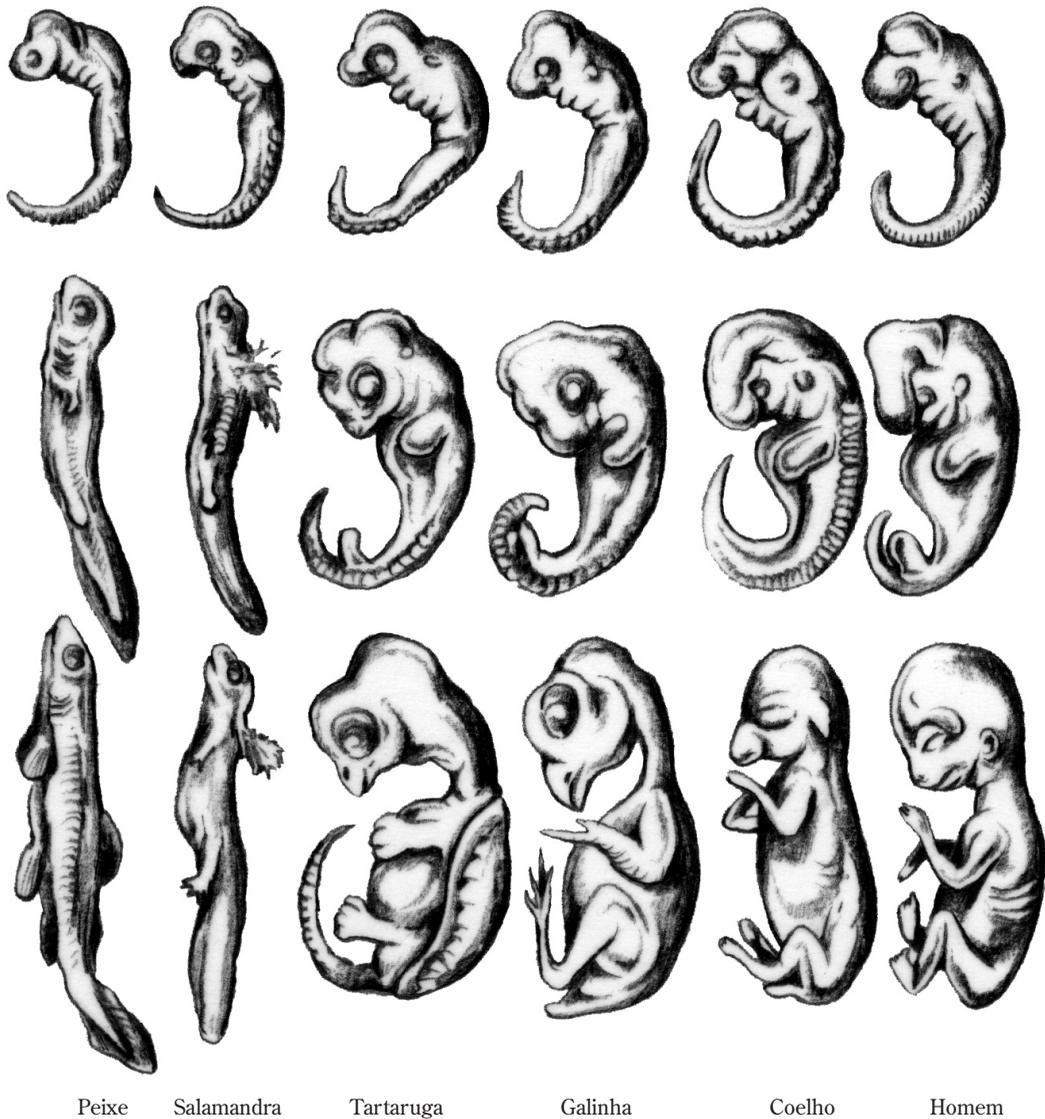


Figura 7.1: Desenvolvimento embrionário de vertebrados segundo Haeckel. A primeira fileira corresponde aos estágios iniciais de desenvolvimento; a segunda corresponde aos estágios intermediários e a terceira, aos estágios finais. (Modificado de Gilbert, 1997.)

Mais tarde, ficou claro que a idéia de que a ontogenia recapitula a filogenia está completamente errada, não sendo ela capaz de explicar a diversidade dos fenômenos observados. Estudos demonstram que estágios específicos do desenvolvimento embriológico podem ser comprimidos ou estendidos, fazendo com que a idéia de recapitulação de formas adultas seja insustentável.



KARL ERNST VON BAER (1792-1876)

Embriologista alemão que desenvolveu a Embriologia Comparada. Ele estudou ovos e tecido em formação e observou a semelhança entre embriões de animais mais complexos e menos complexos e também os ovos sem casca de mamíferos.

Nessa mesma época, **VON BAER** postulava outra hipótese bem mais próxima daquela que se acredita atualmente – conhecida como **Lei de von Baer**. Segundo von Baer, a ontogenia guarda traços da filogenia, uma vez que o desenvolvimento embrionário das espécies derivadas de um mesmo ancestral possuem características comuns. Para ele, durante o desenvolvimento embrionário, estágios anteriores tendem a ser mais similares entre organismos aparentados do que os posteriores. Dessa forma, o que se repete são traços do desenvolvimento embrionário e não as formas adultas dos ancestrais.

O desenvolvimento ontogenético pode ser utilizado para polarizar os estados de um caráter, contudo, existe uma série de situações que dificulta a utilização desse critério. Durante a ontogenia, alguns estágios podem ser acelerados ou retardados em relação a outros estágios. Estas mudanças de ritmo são denominadas **heterocronia**. O retardamento ou a aceleração do aparecimento de um estágio específico pode levar a diferentes conseqüências.

O retardamento pode levar à **neotenia**, em que o descendente se parece com a forma juvenil do ancestral. A aceleração pode levar à **progênese**, em que o desenvolvimento é interrompido mais cedo, fazendo com que a maturação sexual ocorra precocemente.

Grupo-Externo

Como você viu na aula anterior, o estado plesiomórfico de um caráter, em princípio, deveria ser encontrado nos grupos fora do grupo monofilético que apresenta o estado apomórfico. Desse modo, toda vez que quisermos determinar qual dos diferentes estados homólogos encontrados em um grupo supostamente monofilético é o apomórfico, deveremos amostrar outros grupos fora (que não façam parte) do nosso grupo de análise. Esse critério, largamente utilizado para se estabelecer qual o estado primitivo e qual o derivado de um caráter é denominado **grupos-externos**. Observe a **Figura 7.2**.

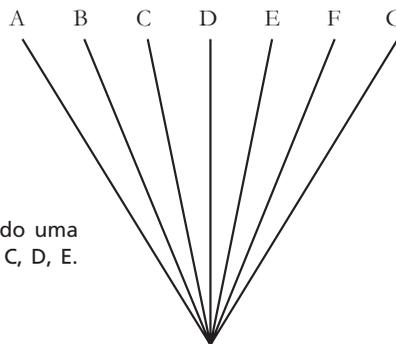


Figura 7.2: Cladograma indicando uma politomia entre os táxons A, B, C, D, E, F e G.

Se nós considerarmos apenas os táxons A, B, C e D como o nosso grupo de análise – **grupo-interno** –, os táxons E, F e G serão considerados **grupos-externos**.

Vários artigos foram dedicados à polarização de séries de transformação pelo critério do grupo externo. Para obter maiores informações, consulte **Amorim (2002)**.

A metodologia de polarização só deve ser empregada antes da análise cladística, tanto para corroborar a hipótese inicial acerca da condição monofilética do grupo-interno quanto para escolher os grupos-externos. A polarização individual de cada caráter antes da realização na análise de parcimônia é desnecessária. Vejamos o que é isso.

Atualmente, o método mais utilizado para gerar hipóteses de relacionamento filogenético é o método numérico denominado **análise de parcimônia**. Inicialmente, a parcimônia foi empregada na Sistemática Filogenética como a forma mais simples ou econômica de escolha entre caracteres incongruentes (conflitantes). A idéia da parcimônia é a de minimizar a ocorrência de homoplasias e maximizar a ocorrência de sinapomorfias. Dessa forma, as hipóteses que apresentam o menor número de passos (eventos de surgimento de apomorfias) seriam mais aceitas do que as hipóteses que apresentam maior número de passos.

Análise de Parcimônia

A partir de meados da década de 1980, o surgimento de programas computacionais de parcimônia facilitou extremamente a tarefa, algumas vezes árdua ou até mesmo impossível de ser realizada manualmente, de busca de árvores (representação gráfica de uma hipótese) mais parcimoniosas. Os programas mais populares são **Hennig86** (para uso exclusivo em IBM PC) e o **PAUP** (desenvolvido para Apple Macintosh e IBM PC). Eles são apenas uma ferramenta para executar parte da análise. As demais etapas devem ser realizadas por quem está realizando a análise.

A análise das relações filogenéticas de um grupo de organismos pode ser dividida em duas etapas:

- a elaboração de uma lista de caracteres (**matriz de dados**, semelhante àquela que você construiu na aula anterior) para análise, incluindo o estabelecimento de homologia;
- a escolha da árvore ótima para esse conjunto de dados.



Então, como inferir uma hipótese de relacionamento filogenético?

ANÁLISE CLADÍSTICA

Após a escolha dos táxons a serem estudados (grupo-interno e grupos-externos), realiza-se um levantamento de caracteres para análise. Nesse levantamento, são selecionados os caracteres que apresentam variações entre os táxons estudados. A análise dos caracteres constitui a etapa mais importante da análise cladística, uma vez que dela depende o seu resultado. Nela é que se estabelece a primeira hipótese de homologia (homologia primária – ver Aula 3) entre os estados dos caracteres compartilhados dos táxons estudados. Nessa etapa, não há nenhuma inferência acerca da polaridade dos estados dos caracteres e nem das relações filogenéticas entre os táxons estudados. Após o levantamento e a análise dos caracteres, eles são codificados, isto é, são atribuídos códigos numéricos (0, 1, 2, 3 ...) para os diferentes estados de uma série de transformação.

Com a finalização de análise e da codificação dos estados dos caracteres, inicia-se a etapa de construção da matriz de dados. Como visto na aula anterior, as matrizes são tabelas compostas por táxons *versus* caracteres.

Tabela 7.1: Táxons versus caracteres.

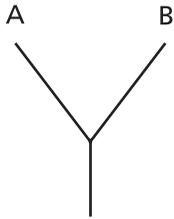
Táxon/Caracteres	1	2	3	4
A				
B				
C				
D				

As células internas de uma matriz são preenchidas com os códigos dados aos diferentes estados de cada caráter, como por exemplo:

Tabela 7.2: Táxons versus caracteres com os estados preenchidos.

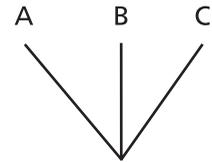
Táxon/Caracteres	1	2	3	4
A	0	0	0	0
B	1	0	0	0
C	1	0	0	0
D	1	1	0	1

As matrizes representam uma forma econômica de organizar e armazenar os dados comparativos, permitindo um rápido acesso para revisões, inclusões ou correções; e podem ser processadas através de programas computacionais.

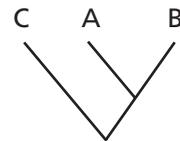
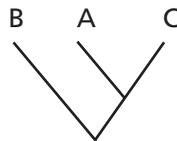
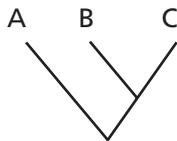


Se considerarmos um grupo monofilético com apenas dois táxons terminais, veremos que só existe uma história evolutiva (filogenia) possível.

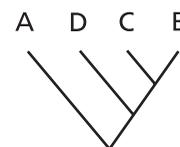
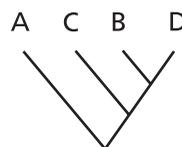
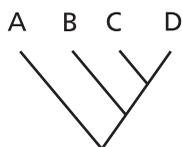
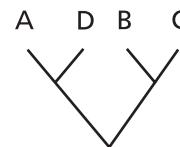
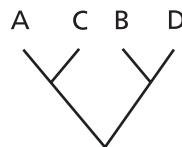
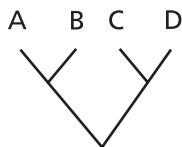
Se o grupo a ser analisado apresentar três táxons terminais, veremos que existem possibilidades de relacionamento entre eles. Nesse caso, eliminando-se a possibilidade do grupo monofilético formado pelos táxons **A + B + C** formar uma politomia, ou seja, que os três táxons tenham derivado simultaneamente de um único ancestral, existem três filogenias possíveis para eles:

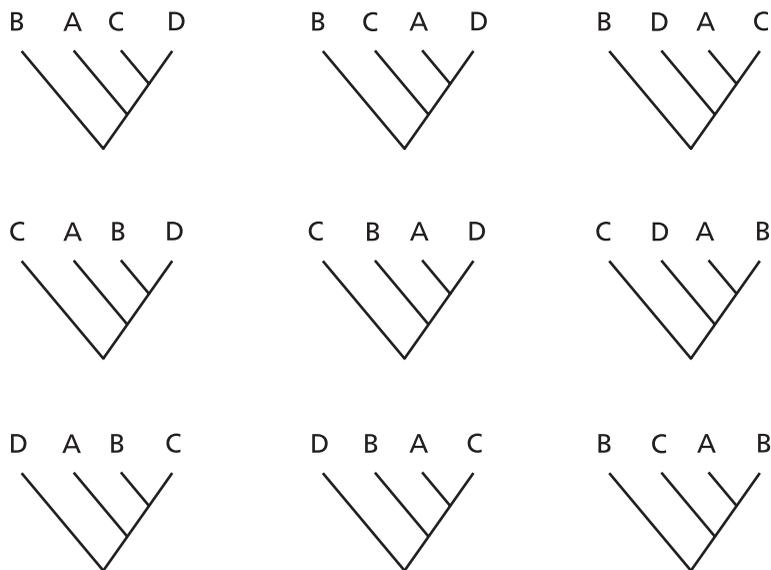


- os táxons **A + B** são grupos-irmãos dentro do grupo monofilético **A + B + C**, isto é, **A + B** descendem de um mesmo ancestral comum que, por sua vez, não é compartilhado com **C**, ou
- **B + C** formam um grupo monofilético, ou
- **A + C** formam um grupo monofilético.



Se aumentarmos para quatro o número de táxons terminais **A + B + C + D**, haverá quinze cladogramas completamente resolvidos.





À medida que se aumenta o número de táxons terminais o número de cladogramas possíveis aumenta rapidamente. Com cinco táxons terminais, o número de cladogramas possíveis passa para 105; com dez táxons terminais, passa para 34.459.425 cladogramas; com vinte táxons terminais teremos 8.200.794.532.637.891.559.375 cladogramas possíveis. Vale a pena lembrar que, de todas as filogenias possíveis, apenas uma filogenia é real, ou seja, existe apenas uma história evolutiva.

O próximo passo da análise é a busca da árvore mais parcimoniosa, isto é, a que apresenta o menor número de passos e que será considerada como a melhor hipótese de relacionamento filogenético (= árvore ótima).

Para uma dada matriz de caracteres, os programas computacionais calculam todas as topologias possíveis, plotam em cada uma delas os estados dos caracteres, calculam o número de passos de cada uma e escolhem a(s) mais parcimoniosa(s). Todo esse processo é realizado sem que os estados dos caracteres tenham sido polarizados. Em seguida, é realizada a polarização dos caracteres. Nessa etapa, os grupos-externos são utilizados para dar sentido à série de transformação, ou seja, para polarização dos estados de cada caráter.

RESUMO

A determinação de qual estado de um caráter é o apomórfico e qual é o plesiomórfico, denominada polarização da série de transformação de caracteres, pode ser efetuada através dos critérios de ontogenia e de grupo-externo. Na polarização por ontogenia, considera-se que as características apresentadas nos estágios iniciais do desenvolvimento são mais primitivas e aquelas nos estágios finais, as mais derivadas. Isto porque a ontogenia guarda traços da filogenia no desenvolvimento embrionário de espécies derivadas de um mesmo ancestral apresentando características comuns. Na polarização por grupo-externo, considera-se que o estado plesiomórfico de um caráter deve ser encontrado nos grupos fora do grupo monofilético que apresenta o estado apomórfico. A análise cladística é iniciada com um levantamento de caracteres e com a construção de uma matriz de dados onde cada estado de um determinado caráter é codificado. A partir desta matriz são construídas árvores ou cladogramas, ou seja, hipóteses de relacionamento filogenético. A escolha entre as diversas hipóteses de relacionamento é efetuada através da análise de parcimônia. Nesta análise, é aceita a hipótese que apresenta o menor número de passos ou surgimento de apomorfias, minimizando a ocorrência de homoplasias.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Nas próximas aulas, continuaremos a ver os métodos de análise de caracteres, como os cladogramas são construídos e quais as informações que eles contêm.

Métodos de análise cladística – Parte III

AULA 8

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer a metodologia cladística.
- Aprender como se determina o estado (apomórfico ou plesiomórfico) de um caráter.
- Conhecer como se estabelece a hipótese acerca do relacionamento filogenético entre grupos.



Pré-requisitos

- Aula 3:
Homologia e série de transformação de caracteres.
- Aula 4:
Caracteres compartilhados e homoplasias.
- Aula 5:
Agrupamentos taxonômicos.
- Aula 6:
Métodos de análise cladística – Parte I.
- Aula 7:
Métodos de análise cladística – Parte II.

INTRODUÇÃO

Nas duas aulas anteriores, você viu como erigir agrupamentos taxonômicos a partir de diferentes estados dos caracteres, tanto através de critérios arbitrários quanto através de uma metodologia consistente de polarização de caracteres. Foram vistos também quais os procedimentos para se buscar as árvores mais parcimoniosas. Vejamos agora alguns exercícios para a construção de cladogramas, quais as informações contidas neles e quais as conseqüências de uma hipótese primária de homologia não ser comprovada pela análise.

CONSTRUÇÃO DE CLADOGRAMA

A construção de um cladograma a partir de uma matriz de caracteres com poucos táxons e poucos caracteres não é tão difícil. Vejamos a seguinte matriz:

Quadro 8.1: Matriz de caracteres.

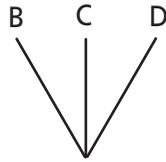
Táxon / Caracteres	1	2	3	4
A	0	0	0	0
B	1	0	0	0
C	1	1	1	0
D	1	1	0	1

Consideremos como o nosso grupo-interno de análise os táxons **B + C + D** e o táxon **A** como grupo-externo. Como você viu na aula anterior, para três táxons terminais existem 3 árvores possíveis. Observando os caracteres dos táxons **B + C + D**, veremos que:

- o caráter 1 apresenta o mesmo estado para todos os três táxons;
- o caráter 2 apresenta o mesmo estado codificado como 0 para o táxon **B** e o estado codificado como 1 para os táxons **C + D**;
- no caráter 3, o estado 0 ocorre em **B e D** e o estado 1, em **C**;
- no caráter 4, o estado 0 é encontrado em **B e C** e o estado 1, em **D**.

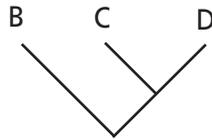
Analisando os dados da matriz e, em uma folha de papel, tente formar grupos, utilizando a similaridade apresentada pelos táxons do nosso grupo-interno.

Observando a matriz, é possível constatar que o caráter 1 ocorre nos táxons **B + C + D** e que apenas ele não apresenta variação entre os táxons do nosso grupo-interno. Logo, ele não é elucidativo para as relações entre os táxons.

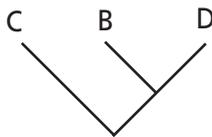


Os demais caracteres apresentam variações entre os táxons e cada um deles pode ser utilizado para propor agrupamentos diferentes, tais como:

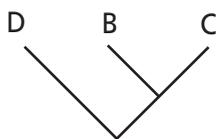
- o caráter 2 agrupa os táxons **C + D**, com base no estado codificado como 1;



- o estado codificado como 0, do caráter 3, agrupa os táxons **B + D**;

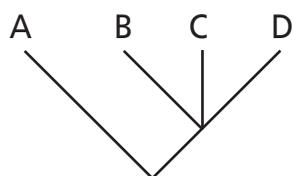


- o estado codificado como 0, do caráter 4, agrupa os táxons **B + C**.

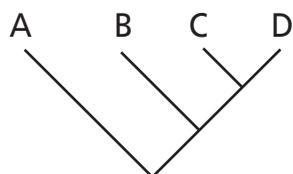


Note que as três hipóteses apresentam apenas um caráter que as sustentam. Isso significa que elas têm o mesmo número de passos. Pelos métodos não cladísticos de agrupamento de táxons, qualquer uma destas possibilidades poderia ser aceita, dependendo única e exclusivamente do pesquisador que as gerou. Pelo método cladístico, é necessário incluir grupos-externos na análise para que os caracteres possam ser polarizados.

Observando a matriz, verificamos que nosso grupo-externo (táxon A, como inferido anteriormente) apresenta o estado 0 para todos os caracteres. Como visto na aula anterior, o critério de comparação com grupo-externo preconiza que o estado dos caracteres encontrado nos grupos-externos deve ser plesiomórfico em relação aos estados encontrados nos táxons de nosso grupo-interno. Dessa forma, percebemos que o caráter 1 corrobora a hipótese de monofilismo do nosso grupo-interno, uma vez que somente os táxons B + C + D os possuem.



Para a Sistemática Filogenética, os estados plesiomórficos não podem ser utilizados para reunir táxons monofiléticos e, em sendo assim, os caracteres 3 e 4 não têm utilidade para propor agrupamentos. Os estados apomórficos de cada um desses caracteres ocorre isoladamente em apenas um táxon; caráter 3 no táxon C e caráter 4 no táxon D, e eles somente podem ser utilizados para sustentar sua condição monofilética. Então, agora, resta-nos unicamente o estado apomórfico do caráter 2, o qual reunirá os táxons C + D em um agrupamento monofilético dentro do agrupamento mais abrangente que inclui B + C + D.

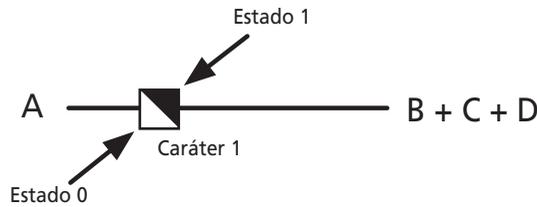


Como citado anteriormente, os programas computacionais calculam as árvores mais parcimoniosas antes da polarização dos caracteres. A partir de nossa matriz também é possível gerar um diagrama não enraizado (diagrama gerado sem qualquer inferência acerca da polaridade dos caracteres). Por exemplo, vejamos a distribuição do **caráter 1**:

Quadro 8.2: Matriz de caracteres com destaque para o caráter 1.

Táxon / Caracteres	1	2	3	4
A	0	0	0	0
B	1	0	0	0
C	1	1	1	0
D	1	1	0	1

Ele apresenta variação entre os táxons A e o grupo formado pelos táxons B + C + D. Essa variação pode ser representada da seguinte forma:



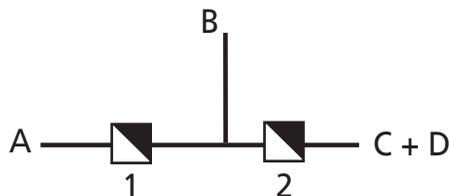
O quadrado representa o caráter, sua área vazada indica em que sentido se encontra o estado 0 e a área preenchida, o sentido do estado 1. Observando a representação, você percebe que a parte vazada (estado 0) está voltada para o táxon A e a parte preenchida está voltada para os táxons B + C + D, indicando que eles apresentam o estado 1.

Vejamos agora o **caráter 2**.

Quadro 8.3: Matriz de caracteres com destaque para o caráter 2.

Táxon / Caracteres	1	2	3	4
A	0	0	0	0
B	1	0	0	0
C	1	1	1	0
D	1	1	0	1

Como podemos perceber, ele divide os táxons em dois grupos: um formado por A + B e outro formado por C + D. Incluindo essa informação na nossa representação gráfica, temos:



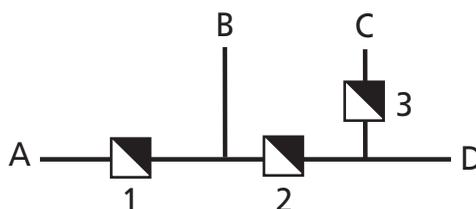
Seguindo o mesmo raciocínio, o estado 0 está voltado para a esquerda, indicando que os táxons A + B o apresentam, e o estado 1 ocorre em C + D.

Vejamos agora o caráter 3:

Quadro 8.4: Matriz de caracteres com destaque para o caráter 3.

Táxon / Caracteres	1	2	3	4
A	0	0	0	0
B	1	0	0	0
C	1	1	1	0
D	1	1	0	1

Esse caráter apresenta seu estado 0 em A + B + D e o estado 1 em C. Incluindo essa informação na nossa representação gráfica, temos:



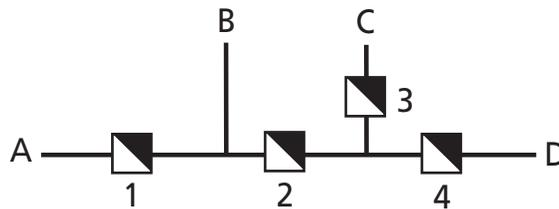
Agora, note que o estado 0 está voltado para baixo, para os ramos A + B + D, e o estado 1 ocorre somente em C.

Vejamos por fim o caráter 4:

Quadro 8.5 Matriz de caracteres com destaque para o caráter 4:

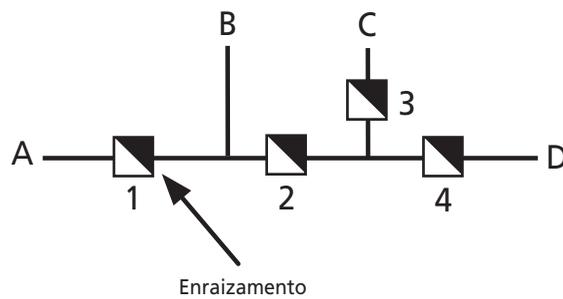
Táxon / Caracteres	1	2	3	4
A	0	0	0	0
B	1	0	0	0
C	1	1	1	0
D	1	1	0	1

O estado 0 desse caráter ocorre em A + B + C e o estado 1 em D. Então, nossa representação gráfica ficará da seguinte forma:

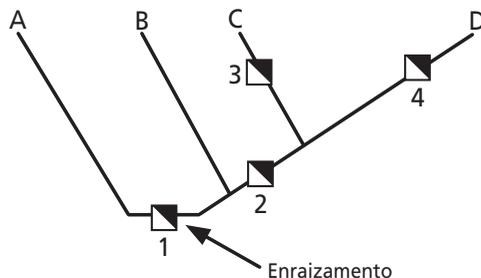


Como você pode ver, os ramos que se ligam à parte vazada (A + B + C) apresentam o estado 0, e o que se liga à parte cheia (D) apresenta o estado 1.

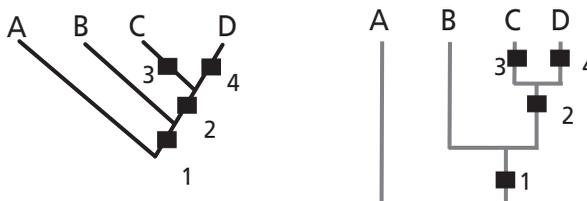
Com a árvore não enraizada mais parcimoniosa construída, efetua-se o seu enraizamento. Será selecionado o ramo em que o grupo-externo se liga aos demais.



Ao se fixar o ponto de enraizamento na árvore, podemos então polarizar os caracteres pelo critério do **grupo-externo**. Agora podemos representar nossa hipótese em forma de cladograma e, para tal, é só girar os ramos para cima a partir do ponto de enraizamento.

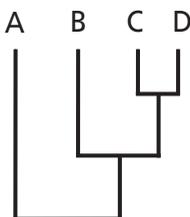


Em um cladograma estão representados apenas os estados apomórficos dos caracteres (quadriláteros preenchidos) e em que ponto eles surgirão. Então, teremos:



INFORMAÇÕES CONTIDAS NOS CLADOGRAMAS

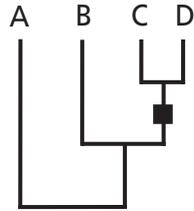
Os cladogramas são representações gráficas correspondentes a uma hipótese de relacionamento genealógico entre táxons terminais (A, B, C, D) e suas conexões históricas.



A conexão entre dois ou mais táxons representa a idéia de que esses táxons têm uma história evolutiva comum e exclusiva, isto é, que compartilham um ancestral comum a eles e exclusivo deles. Diferentemente do que ocorre em outras árvores filogenéticas, nos cladogramas, esses ramos correspondem a ancestrais hipotéticos e, assim, nunca indicam que um táxon terminal é ancestral de outro. O cladograma sempre conecta espécies ou táxons supra-específicos (ver aulas de classificação zoológica e taxonômica) denominados **táxons terminais**.

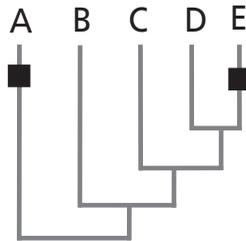
Em um cladograma também encontramos informações sobre os caracteres e sua história evolutiva.

O ramo em que for plotado um determinado caráter representa o ponto de surgimento do seu estado apomórfico. Representa também que todos os táxons unidos por esse ramo devem apresentar esse estado apomórfico, salvo possíveis reversões (retorno ao estado plesiomórfico) durante sua história evolutiva.

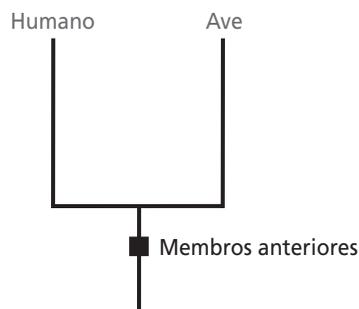


TESTANDO HOMOLOGIAS PRIMÁRIAS

Na etapa de levantamento e codificação de caracteres, são postuladas hipóteses de homologia primária. Se elas forem corroboradas pela análise de parcimônia, serão denominadas **homologias secundárias**. Contudo, se as homologias primárias postuladas se tornarem incongruentes, elas se tornarão **homoplasias**.



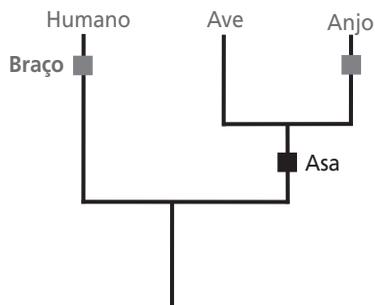
Para ilustrar melhor, vejamos o seguinte exemplo: postula-se que os membros superiores sejam uma sinapomorfia de todos os tetrápodes e que tanto os braços dos seres humanos quanto as asas das aves seriam modificações desses membros. Nesse caso, teríamos a seguinte representação:



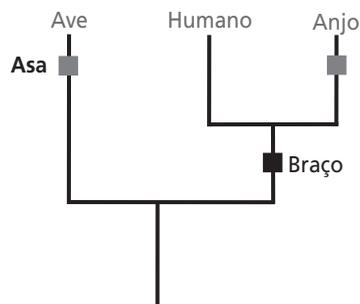
Agora, imagine se nós conseguíssemos capturar um anjo.

Ih! Certamente, Deus não gostaria de nada disso. Contudo, como sempre praticamos heresias e crueldades, deixemos a ira divina de lado e voltemos ao nosso exemplo.

De posse do anjo, rapidamente perceberíamos que ele possui tanto braços quanto asas e que as duas estruturas são distintas. Se nós incluirmos o anjo na análise, teremos como resultados:



ou



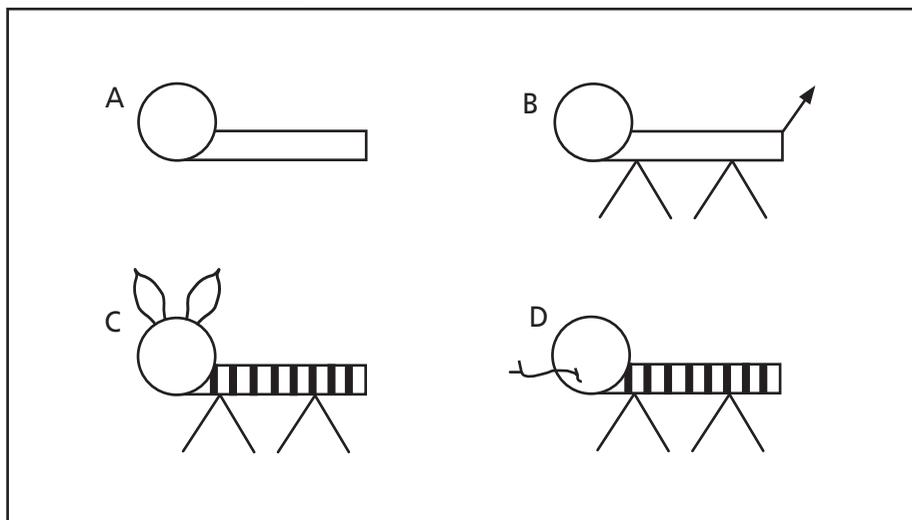
Como você pode perceber, na primeira hipótese, a asa representa uma sinapomorfia que sustenta a condição monofilética do agrupamento formado por **ave + anjo**, e o braço passa a ser uma homoplasia; na segunda hipótese ocorre o contrário, o braço representa uma sinapomorfia que sustenta o grupo **humano + anjo** e a asa torna-se homoplástica. Através dessa análise, testamos a congruência de nossa hipótese de homologia entre a asa das aves e o braço dos seres humanos.

RESUMO

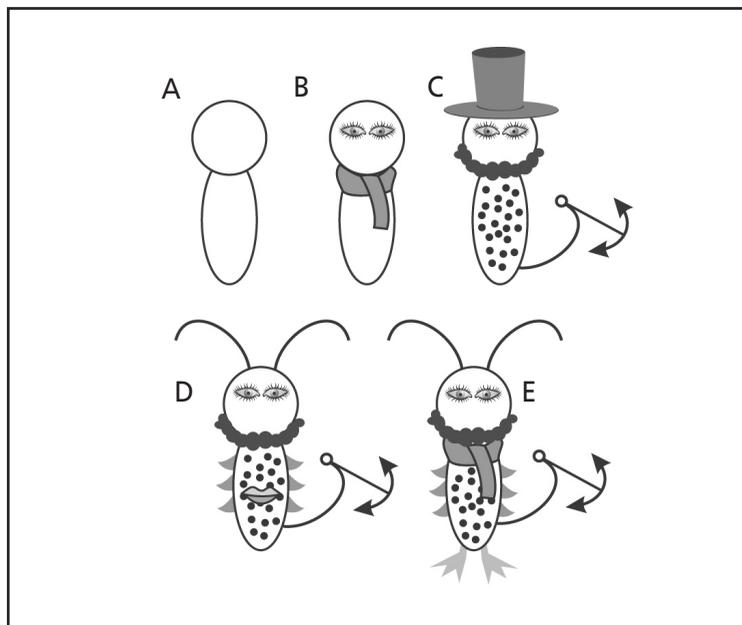
Na construção de cladogramas em uma análise filogenética, a partir de uma matriz de caracteres, só são considerados os estados apomórficos. Os estados apomórficos e plesiomórficos são definidos pela condição encontrada no grupo externo que é a plesiomórfica. Com a construção do cladograma, podem-se estabelecer hipóteses de relacionamento. Dois ou mais táxons reunidos indicam que eles têm um ancestral comum exclusivo. O cladograma também fornece informações sobre os caracteres e sua história evolutiva, indicando em qual ponto surgiu o estado apomórfico e quais táxons apresentam este estado do caráter. Na etapa inicial de codificação de dados são postuladas hipóteses de homologias primárias; se estas forem comprovadas através da análise de parcimônia, serão denominadas homologias secundárias. Caso não sejam comprovadas, isto é, haja incongruência com a matriz inicial, estas se tornarão homoplasias.

EXERCÍCIOS AVALIATIVOS

Faça uma análise cladística dos organismos abaixo. Inicie com um levantamento dos caracteres que variam entre eles (os estados); codifique os caracteres e monte uma matriz de caracteres; utilizando o organismo A como grupo-externo, tente construir o cladograma mais parcimonioso.



Agora, faça o mesmo procedimento para os seguintes organismos. Utilize, também, o táxon A como grupo-externo.



INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Você verá como a diversidade biológica é organizada ou agrupada em classes, uma das principais atividades da sistemática. Serão apresentadas as primeiras noções sobre Sistemática ou Taxonomia Animal.

Classificação zoológica e taxonômica – Parte I

AULA

9

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Definir a sistemática e a taxonomia e sua área de atuação.
- Conhecer os conceitos básicos sobre nomenclatura zoológica.

Pré-requisito

Aula 5:
Agrupamentos taxonômicos.



INTRODUÇÃO

TAXONOMIA

Do grego *taxis* = classificação, ordenação + *nómos* = regra, lei + *ia* = estado, propriedade. O termo Taxionomia seria mais correto.

SISTEMÁTICA

Feminino substantivado do adjetivo sistemático, derivado do grego *systematikós*, pelo latim *systematicu*.

A Sistemática é a ciência da biodiversidade, ou seja, é a área da biologia que agrupa todo o conhecimento sobre os organismos vivos (sua diversidade e todas as relações entre eles). Uma das atividades da sistemática é classificar a diversidade biológica. Nesta aula, você terá as primeiras noções sobre **SISTEMÁTICA** ou **TAXONOMIA ANIMAL** e noções básicas acerca de **nomenclatura zoológica**.

TAXONOMIA OU SISTEMÁTICA?

Para alguns autores, existem certas diferenças entre **taxonomia** e **sistemática**. Segundo eles, a **taxonomia** é empírica e descritiva, acumulando informação e gerando as primeiras hipóteses explicativas acerca da classificação dos organismos, enquanto a **sistemática** é uma ciência de síntese, de abstração de conceitos e de teorias explicativas dos fenômenos observados.

Taxonomia

Criado por De Candolle, em 1813, o termo taxonomia já recebeu, dentre outras, as seguintes definições:

- estudo teórico da classificação, incluindo as suas bases, princípios, procedimentos e regras;
- teoria e prática da classificação;
- ciência da classificação, envolvendo a teoria e a prática da classificação.

Mas quase todas essas definições tinham como objetivos:

- **classificar** (ordenação) e
- **nomear** (nomenclatura – de acordo com o Código Internacional da Nomenclatura Zoológica e Comissão Internacional).



CAROLUS LINNAEUS

(forma latinizada por ele próprio). Carl (Karl) Linné (1707-1778) – Botânico sueco conhecido como o pai da Taxonomia. Seu sistema para nomear (sistema binominal de nomenclatura), ordenar e classificar os organismos é utilizado até hoje, com modificações. Foi professor de botânica, área pela qual demonstrou um profundo fascínio desde muito cedo, embora tenha exercido a medicina, chegando a ser médico da Família Real Sueca. Durante seus estudos, dedicou-se a colecionar plantas e, em 1735, publicou a primeira edição do *Sistema naturae*. Em 1761, recebeu o título de nobreza, passando a ser chamado de Carl (Karl) von Linné.

Sistemática

Os primeiros naturalistas empregavam o termo sistemática ao se referirem aos sistemas de classificação dos organismos. Por exemplo, já em 1735, o naturalista **CAROLUS LINNAEUS** o aplicou à sua obra “*Systema naturae*”. Desde então, a sistemática tem sido definida como:

- o estudo da diversidade dos organismos e das relações (no sentido de interações biológicas e não filogenéticas) entre eles;
- a ciência da diversidade dos organismos;
- a Taxonomia que inclui as interações biológicas (sistemas reprodutivos e genéticos, processos filogenéticos e evolutivos, biogeografia e **SINECOLOGIA**) ou
- a ciência da Biodiversidade.

SINECOLOGIA

Subárea da Ecologia que analisa as relações entre os indivíduos pertencentes às diversas espécies de um grupo e o meio em que vivem.

Sistemática como sinônimo de Taxonomia

Da mesma forma como é apresentado nesta disciplina (ver Aula 2 – Biologia Comparada e Escolas Sistemáticas), alguns autores consideram a **taxonomia** e a **sistemática** áreas idênticas. Para **STEPHEN GOULD**, a taxonomia é menosprezada com frequência como se fora uma forma “glorificada” de arquivar. Porém, em realidade, trata-se de uma ciência fundamental e dinâmica, dedicada a explorar as causas das relações e similaridades entre organismos. As classificações são teorias acerca da base da ordem natural e não tediosos catálogos compilados com o único fim de evitar o caos.

Nesse sentido, a sistemática é a área da biologia que estuda a diversidade dos organismos, descrevendo-os, definindo suas áreas de distribuição geográfica, estabelecendo suas relações biológicas e filogenéticas e propondo classificações.



STEPHEN JAY GOULD (1941-2002)

Paleontólogo, foi professor de Geologia e Zoologia na Universidade de Harvard. Participou de debates cruciais em ciências biológicas e geológicas, particularmente com respeito à teoria de evolução neodarwinista, à interpretação de evidência fóssil, e ao significado de diversidade em biologia. Embora seja autor de artigos e livros direcionados a leitores com um nível relativamente alto, tornou-se um interlocutor popular das ciências.

Com o atual empobrecimento da biodiversidade, em grande parte resultado de atividades antrópicas, tem aumentado progressivamente o interesse por essa área, nos últimos anos. Recentemente, a comunidade científica propôs um programa global para o conhecimento e a conservação da biodiversidade, denominado “Systematics – Agenda 2000” (Figura 9.1). Este programa pretende:

- descobrir, descrever e inventariar a diversidade biológica (Quais as espécies existentes? Quais suas características? Onde ocorrem?); analisar as informações propondo uma classificação que reflita a história evolutiva da vida (Como as espécies se relacionam?) e
- organizar essas informações, visando a servir melhor à ciência e à sociedade.

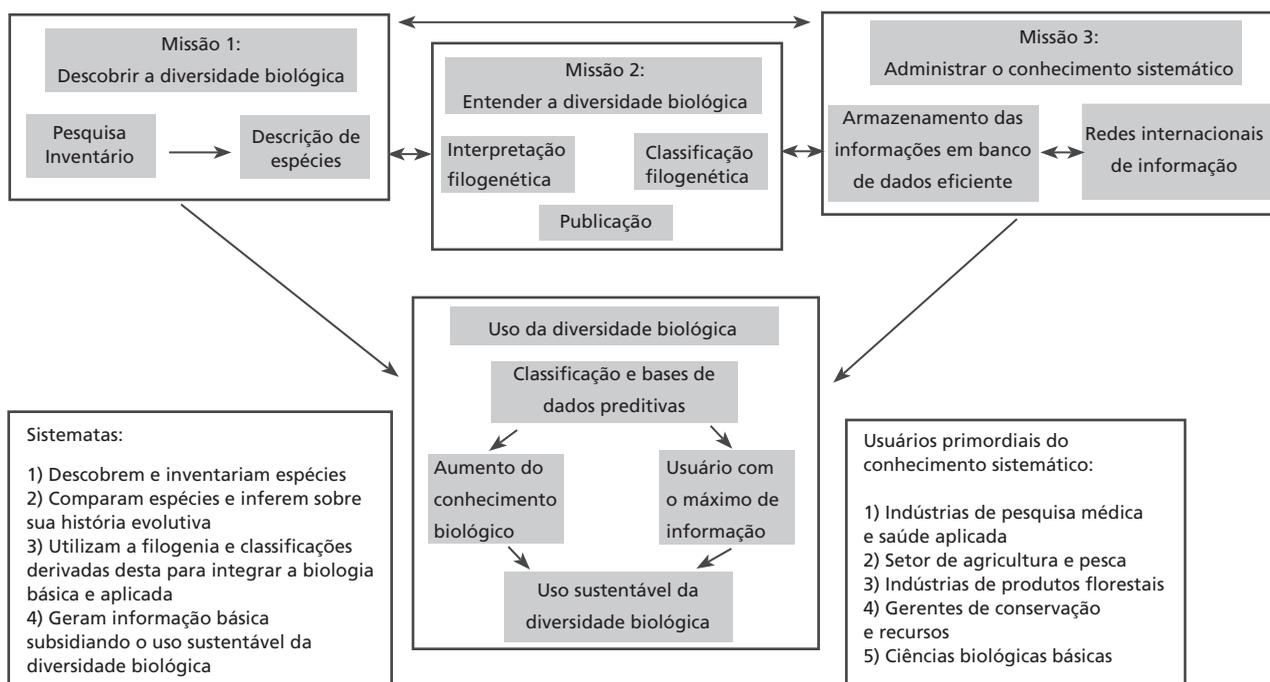


Figura 9.1: Organograma de apresentação do programa – Systematics Agenda 2000.

NOMENCLATURA

Como visto anteriormente, a nomeação da biodiversidade é, também, um dos objetivos da sistemática. Diversos organismos são batizados pela população com nomes que são denominados **populares** ou **vulgares** pela comunidade científica.

Esses nomes podem designar um conjunto muito amplo de organismos, incluindo, algumas vezes, até grupos não aparentados (não relacionados filogeneticamente). Veja a seguir alguns exemplos:

■ Muitas pessoas chamam de insetos os próprios insetos (Insecta), muitas aranhas e ácaros (Arachnida) e até ratos (Mammalia).

■ Muitas vezes, são chamados de **vermes** os animais de aspecto repugnante, como minhocas, insetos, aranhas, animais parasitas etc.

■ O nome barata aplica-se a todas as baratas, mas, em um sentido mais amplo, aplica-se também a alguns besouros ou mesmo crustáceos.

Por outro lado, um nome popular pode ser restrito a uma única espécie, como por exemplo (Figura 9.2):

■ Lobo-guará é um dos nomes populares que designa apenas o nosso lobo *Chrysocyon brachyurus*.

■ Acará-bandeira é o nome popular dado somente ao peixe amazônico *Pterophyllum scalare*, um dos mais populares entre os aquaríofilitas.

■ Arlequim da mata é o nome dado apenas aos besouros serra-paus da espécie *Acrocinus longimanus*.

■ Mosca doméstica designa apenas as moscas da espécie *Musca domestica*.

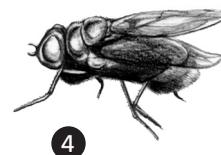
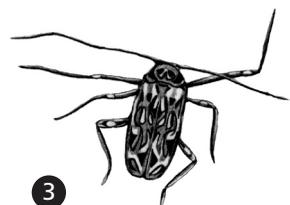
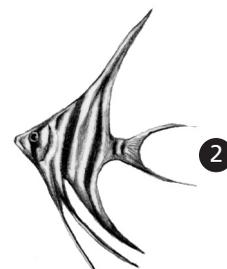


Figura 9.2:
1 - lobo-guará, 2 - acará-bandeira,
3- arlequim da mata, 4 - mosca doméstica.

O mesmo nome popular pode ser aplicado a diferentes espécies, como por exemplo (Figura 9.3):

■ Melro, na América do Sul, aplica-se ao *Gnorimopsar chopi* (Emberizidae) e, na Europa, ao *Turdus merula* (Muscicapidae).

■ Uirapuru designa os pássaros *Chiroxiphia pareola* (Pipridae), *Pipra erythrocephala* (Pipridae) e *Cyphorhinus aradus* (Troglodytidae).

Figura 9.3: Melro, uirapuru.



Em contrapartida, o mesmo grupo animal pode apresentar vários nomes, como por exemplo (Figura 9.4):

■ A onça-pintada *Panthera onca* é chamada ainda de acanguçu, canguçu, jaguar, jaguarapinima, jaguaretê, onça, pintada.

■ Os insetos da ordem **Odonata** são chamados de canzil, cavalinho-de-judeu, cavalinho-do-diabo, cavalo-de-judeu, cavalo-judeu, donzelinha, jacina, lava-bunda, lavadeira, lavandeira, libelinha, libélula, odonato, macaquinho-de-bambá, pito, ziguzigue etc.

■ As formigas operárias do gênero *Atta* são chamadas de cabeça, caçapó, formiga-cabeçuda, formiga-carregadeira, formiga-cortadeira, formiga-de-mandioca, formiga-de-roça, maniara, roceira, saúva. As fêmeas aladas de *Atta* são chamadas de iça e tanajura e seus machos de bitu, cabbitu, escumana, içabitu, sabitu, savitu e vitu.

■ As aves da espécie *Troglodytes muscilus* (Troglodytidae) são chamadas de cambaxirra, corruíra, camachilra, carriça, garriça, garrixa, garrinxá, catipuruí (indígena), rouxinol, Barattenvogel (pelos colonos alemães de Santa Catarina) e ratinho.

■ Os pássaros *Chiroxiphia pareola* (Pipridae), *Pipra erythrocephala* (Pipridae) e *Cyphorhinus aradus* (Troglodytidae) podem ser chamados de uirapuru, irapuru, guirapuru, arapuru, irapurá, tangará, rendeira, pássaro-de-fandango ou realejo.

■ O mamífero *Chrysocyon brachyurus* é chamado de lobo-guará, guará, lobo-de-crina, lobo-vermelho, aguará, aguaráçu e jaguaperi.

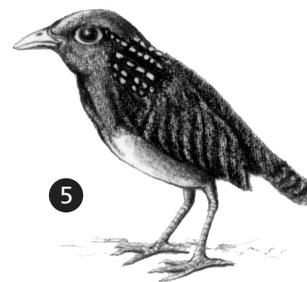
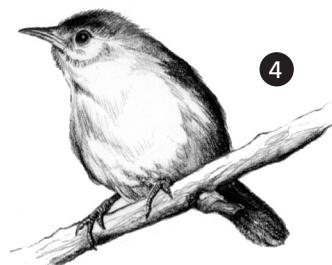
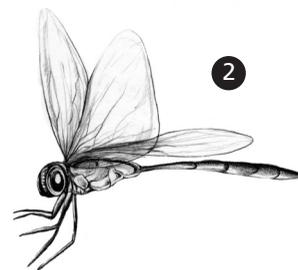


Figura 9.4: (1) onça-pintada; (2) libélula; (3) saúva; (4) cambaxirra; (5) uirapuru; (6) lobo-guará.

Você ainda deve observar que os nomes podem ser regionais, isto é, o mesmo animal pode apresentar nomes diferentes para cada região, tais como:

- O crustáceo de praia *Emerita brasiliensis* é denominado tatuí, no Rio de Janeiro, e tatuíra, nos Estados de São Paulo e Paraná.
- O peixe *Mugil* é popularmente conhecido como parati, no Sul do Brasil, e como tainha no Nordeste.

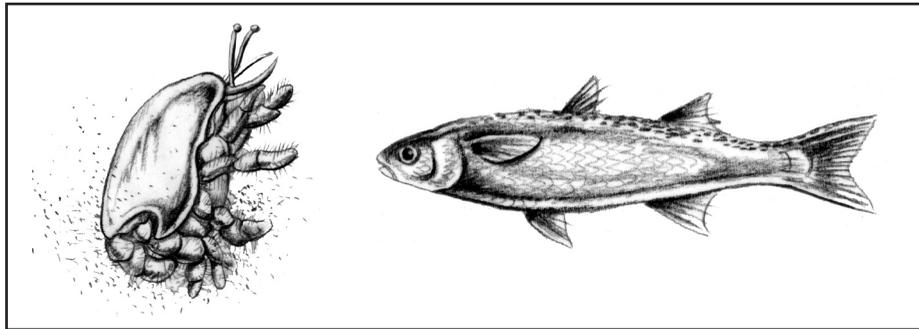


Figura 9.5: Tatuí, parati.

Alguns sistemas nomenclatórios populares utilizam um sistema binominal, tais como:

- Os mamíferos tamanduá-bandeira, tamanduá-mirim, tatu-bola, tatu-canastra e tatu-verdadeiro.
- As aves arara-azul, arara-canindé, arara-vermelha, urubucaçador, urubu-comum e urubu-rei.
- As cobras venenosas jararaca-ilhoa, jararaca-pintada, jararaca-preta, jararaca-verdadeira e jararaca-verde.
- Os peixes pescada-banana, pescada-branca, pescada-cachorro, pescada-foguete, pescada-marmota, pescada-polacha e pescada-preta.



Você pôde perceber, através dos exemplos citados acima, que a nomenclatura popular varia bastante, apesar de o povo brasileiro falar apenas um idioma (com exceção dos idiomas indígenas). Tente imaginar agora toda essa variabilidade nomenclatória nos inúmeros idiomas e dialetos falados pelos humanos. Agora ficou fácil compreender que, se a nomenclatura popular fosse utilizada pelos pesquisadores, a comunicação entre a comunidade científica se tornaria impossível.

Para a ciência, os organismos são batizados com outros nomes, denominados **nomes científicos**. Os Códigos Internacionais de Nomenclatura foram elaborados com a finalidade de permitir a comunicação entre a comunidade científica. Os seguintes códigos regulamentam a nomenclatura científica biológica:

- **Código Internacional de Nomenclatura Zoológica** (*International Code of Zoological Nomenclature*).
- **Código Internacional de Nomenclatura Botânica** (*International Code of Botanical Nomenclature*).
- **Código Internacional de Nomenclatura para Plantas Cultivadas** (*International Code of Nomenclature for Cultivated Plants*).
- **Código Internacional de Nomenclatura Bacteriana** (*International Code of Nomenclature of Bacteria*).
- **Código Internacional de Classificação e Nomenclatura de Vírus** (*International Code of Virus Classification and Nomenclature*).

O sistema pelo qual os nomes científicos são compostos e aplicados a cada unidade taxonômica animal, existentes na natureza ou extintos, é denominado **nomenclatura zoológica**. Para reger esse sistema foi elaborado, em 1961, o **Código Internacional de Nomenclatura Zoológica** que, atualmente, encontra-se em sua quarta edição, publicada em 2000. Ele é um documento adotado pela comunidade zoológica internacional. O objetivo do **código** é promover a estabilidade e a máxima universalidade dos nomes científicos dos animais e assegurar que o nome de cada táxon seja único e distinto. Dessa forma, o nome correto de um táxon:



O que é espécie? Responder a esta questão, aparentemente, é bastante simples para as pessoas comuns, mas a Biologia ainda não conseguiu encontrar uma resposta satisfatória para ela.

- não deve ser modificado injustificadamente;
- é válido em qualquer parte do mundo;
- deve ser um único nome válido;
- deve corresponder a um único táxon (existem exceções em categorias superiores: domínio, reino, classe, ordem etc.).

A criação do **código** não cerceou a liberdade de pensamento do zoólogo, uma vez que não importa qual o conceito de espécie ou subespécie adotado por ele. O zoólogo deve observar, estudar, fazer experiências e tirar suas conclusões. Qualquer que seja o conceito adotado, se ele disser que um determinado táxon é uma espécie, o **código** regulamenta apenas a forma de nomeá-la.



Portanto, a Zoologia se ocupa dos animais, e a Nomenclatura, de seus nomes.

Em termos nomenclatórios, espécie é, geralmente, o táxon (ou grupo taxonômico) de nível mais baixo utilizado nas classificações. De acordo com **Mayr**, “a espécie-táxon é um objeto natural reconhecido e definido pelos taxonomistas e a espécie-categoria é o lugar, em uma classificação, dado à espécie-táxon”.

Para que você possa entender melhor o significado da nomenclatura zoológica, é importante examinar os conceitos de **táxon** e **categoria**.

Táxon

Táxon é um determinado grupo de organismos, com base em uma definição. Cada um dos nomes citados a seguir são nomes dados aos táxons:

- Animalia, Chordata, Mammalia, Carnivora, Felidae, *Panthera*, *Panthera onca* (onça-pintada);

- Animalia, Chordata, Mammalia, Perissodactyla, Tapiridae, *Tapirus*, *Tapirus terrestris* (anta);

- Animalia, Arthropoda, Insecta, Hymenoptera, Apidae, *Apis*, *Apis mellifera* (abelha produtora de mel);

- Animalia, Platyhelminthes, Trematoda, Strigeatida, Schistosomatidae, *Schistosoma*, *Schistosoma mansoni* (esquistossoma ou xistossomo, causador da esquistossomose, barriga-d’água, mal-do-caramujo ou xistose).

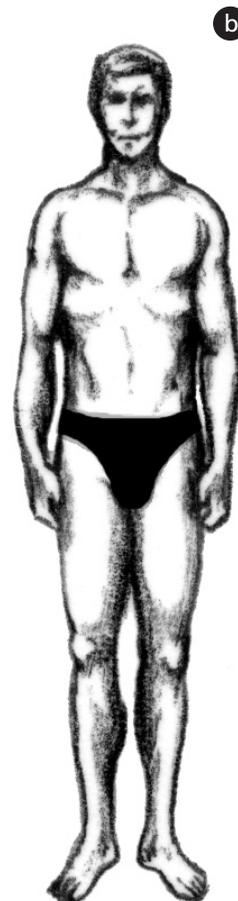
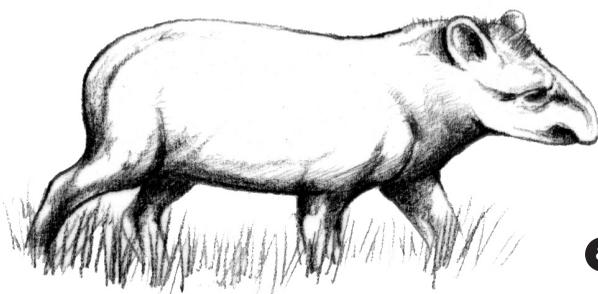
Categoria

Categoria taxonômica é um determinado nível hierárquico no qual certos táxons são classificados. São categorias taxonômicas: domínio, reino, filo, coorte, classe, ordem, falange, seção, família, tribo, gênero, espécie, bem como outras categorias suplementares necessárias. A cada uma das categorias, até seção, pode-se, ainda, acrescentar os prefixos **super**, **sub** e/ou **infra**, criando novas subdivisões, como por exemplo: superfilo, subfilo, superclasse, subclasse, infraclasse, superordem, subordem, infraordem. Às categorias família, tribo, gênero e espécies, pode-se acrescentar os prefixos **super** e/ou **sub**, gerando novas subdivisões, como, por exemplo, superfamília, supertribo, subgênero, subespécie etc. Vários táxons que você conhece representam estas categorias taxonômicas, como, por exemplo:

■ Arthropoda (artrópodes), Chordata (cordados), Mollusca (moluscos), Porifera (esponjas do mar) representam a categoria **filo** e Vertebrata (vertebrados), a categoria **subfilo**.

■ Mammalia (mamíferos), Aves (aves e pássaros), Amphibia (pererecas, rãs, salamandras e sapos), Insecta (insetos), Arachnida (aranhas, ácaros, escorpiões etc.), Gastropoda (caracóis, caramujos e lesmas) são táxons tradicionalmente incluídos na categoria **classe**.

■ *Homo sapiens* (homem), *Panthera onca*, *Tapirus terrestris* (anta sul-americana *Harpia hapyja*) (hárpia ou gavião-real), *Anodorhynchus hyacinthinus* (arara-azul), *Boa constrictor* (jibóia), *Apis mellifera*, *Taenia solium* (solitária do porco) (**Figura 9.6**) são táxons incluídos na categoria **espécie**.



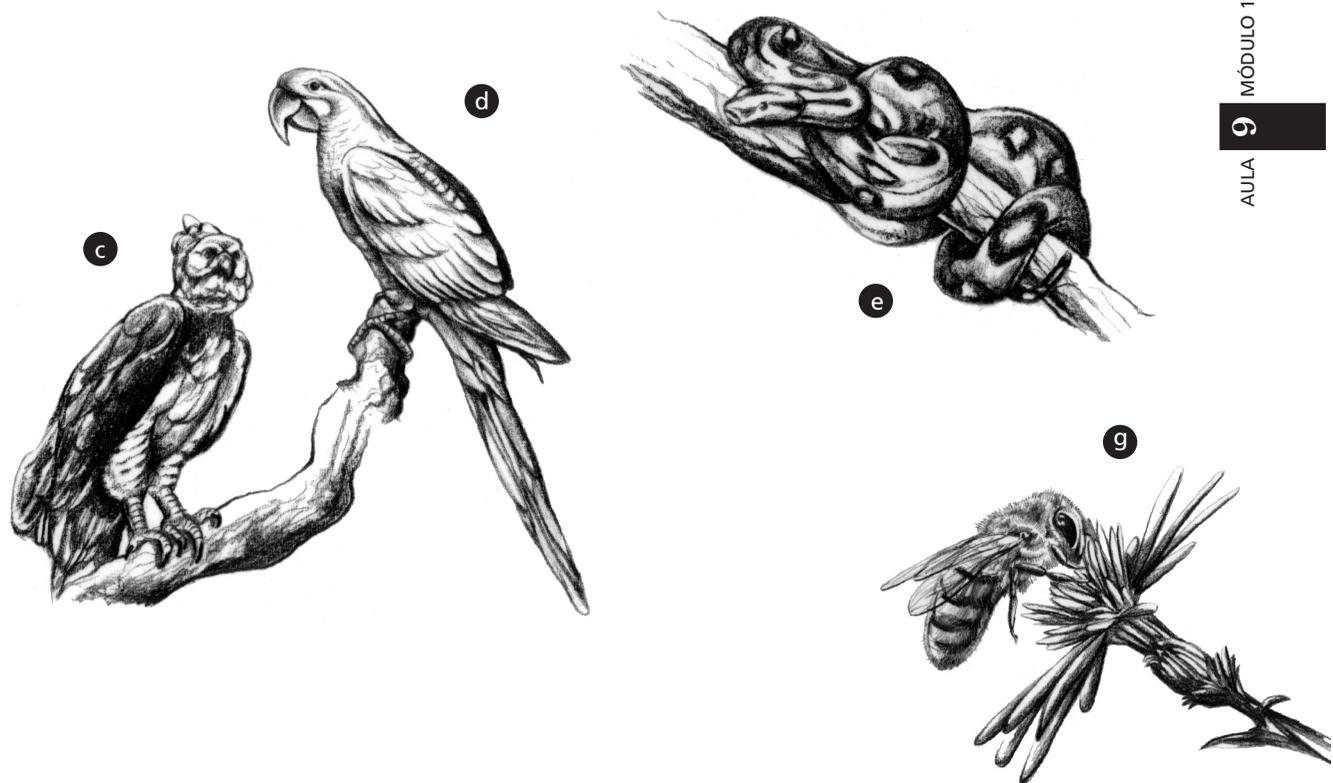
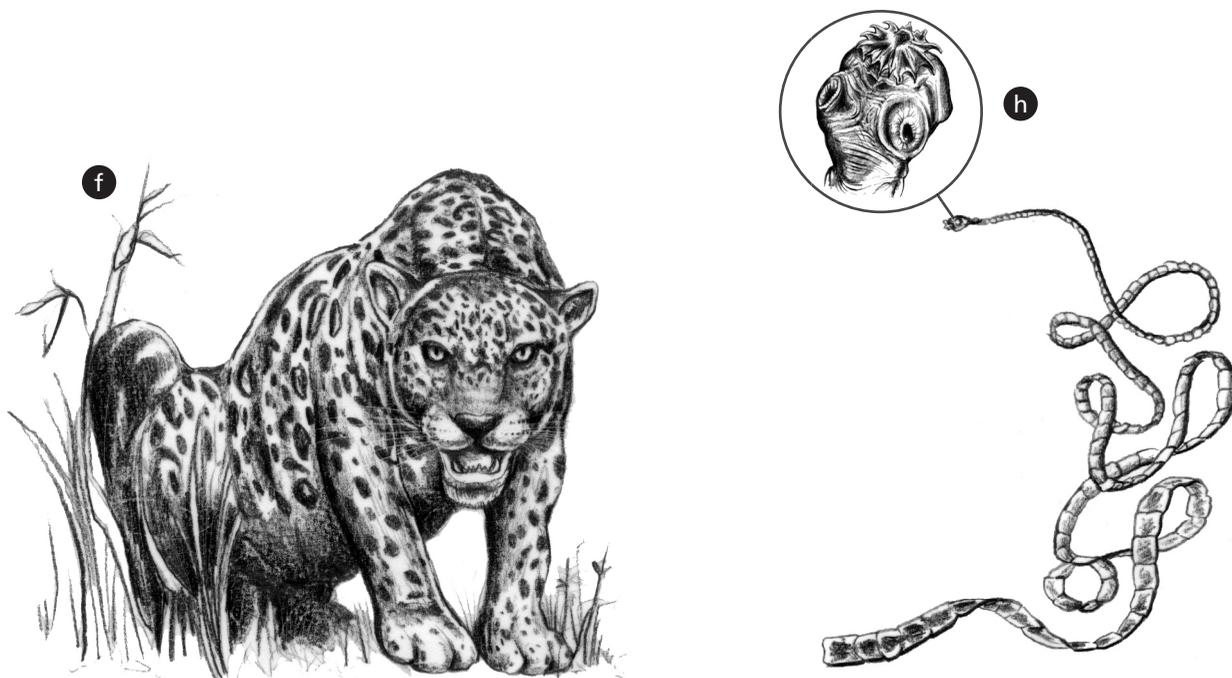


Figura 9.6:

(a) Anta (*Tapirus terrestris*); (b) Homem (*Homo sapiens*),
 (c) Hárpia (*Harpia hapyja*); (d) Arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*);
 (e) Jibóia (*Boa constrictor*); (f) Onça-pintada (*Panthera onca*);
 (g) Abelha (*Apis mellifera*); (h) Solitária de porco (*Taenia solium*).



RESUMO

Os termos taxonomia e sistemática têm sido usados de forma distinta por alguns pesquisadores, entretanto, atualmente podem ser utilizados como sinônimos, correspondendo ao ramo da Biologia que estuda a diversidade orgânica estabelecendo suas relações biológicas e filogenéticas e propondo classificações. A nomeação desta biodiversidade é também objetivo da sistemática ou taxonomia e tem por objetivo uniformizar a nomenclatura para a comunicação entre os cientistas. A nomenclatura científica se faz necessária, pois a nomenclatura popular utiliza-se muitas vezes de um mesmo nome para várias espécies ou de nomes diferentes para uma única espécie devido a diferenças regionais. A nomenclatura científica é regida por diversos códigos como, por exemplo, o Código Internacional de Nomenclatura Zoológica que tem por objetivo promover a estabilidade e universalidade dos nomes científicos dos animais e assegurar que o nome de cada táxon seja único e distinto.

O conceito de táxon é aplicado a um grupo de organismos baseados em uma definição, como Animalia, Insecta etc. Categoria é o nível hierárquico no qual os táxons são classificados, o táxon Animalia é da categoria de Reino; Insecta é da categoria de Classe. São categorias taxonômicas, em ordem de hierarquia: domínio, reino, filo, coorte, classe, ordem, falange, secção, família, tribo, gênero e espécie. Cada uma das categorias pode ser subdivida com o acréscimo dos prefixos super, sub e/ou infra.

EXERCÍCIOS AVALIATIVOS

Dê um exemplo de uma espécie animal que você conhece que possui mais de um nome popular.

Procure um exemplo, não citado na aula, de espécies animais diferentes que recebem o mesmo nome popular.

INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, veremos as principais normas que regem a nomenclatura zoológica.

Classificação zoológica e taxonômica - Parte II

AULA

10

objetivo

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer alguns conceitos básicos sobre nomenclatura zoológica.

Pré-requisito

Aula 9:
Classificação zoológica e
taxonômica– Parte I.



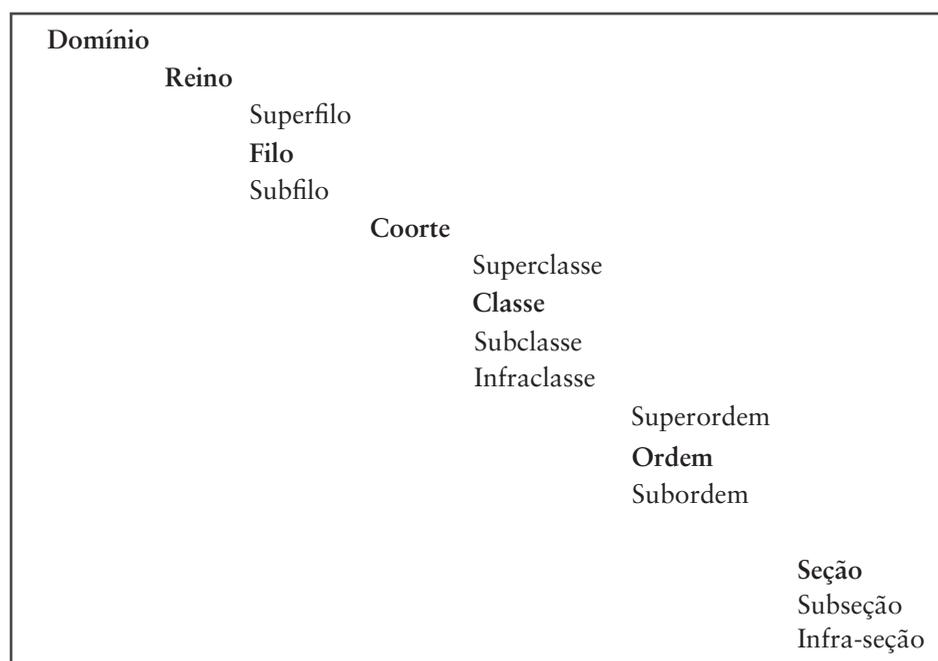
INTRODUÇÃO

Como vimos na aula anterior, o sistema adotado para compor e aplicar nomes às unidades taxonômicas animais é denominado nomenclatura zoológica. Você começou, então, a conhecer as normas estabelecidas pelo Código Internacional de Nomenclatura Zoológica que regem este sistema nomenclatório. Nesta aula, continuaremos vendo, ainda, alguns dos principais pontos regidos por esse código.

NOME CIENTÍFICO DOS TÁXONS

Nesse momento, torna-se oportuno examinarmos determinados princípios pelos quais o Código de Nomenclatura Zoológica procura alcançar seu objetivo. Os nomes de categorias acima do grupo de família (**Quadro 10.1**) não estão sujeitos às regras e recomendações do código.

Quadro 10.1: Categorias taxonômicas mais utilizadas acima do grupo de família. As categorias principais encontram-se destacada.



O código apenas versa sobre táxons classificados nas categorias reunidas no **grupo de família** (superfamília, família, subfamília, tribo, e qualquer outra categoria abaixo de superfamília e acima de gênero), no **grupo de gênero** (gênero e subgênero) e no **grupo de espécie** (espécie e subespécie) (**Quadro 10.2**).

Quadro 10.2: Categorias incluídas nos grupos de família, de gênero e de espécie.

Grupo de Família	Grupo de Gênero	Grupo de Espécie
Superfamília	Gênero	Espécie
Família	Subgênero	Subespécie
Subfamília		



Os nomes científicos zoológicos são nomes compostos por uma, duas ou três palavras em latim ou latinizadas.



Para nomear as espécies, utiliza-se um sistema binominal, por exemplo, *Homo sapiens* - homem, *Canis lupus* - lobo cinzento e cachorro, *Felis silvestris* - gato doméstico (Figura 10.1).



Figura 10.1: Cachorro e gato domésticos.

Como você viu acima, o nome de uma espécie é formado por duas palavras. A primeira, um substantivo, corresponde ao nome do gênero no qual tal táxon será incluído e a segunda, denominada **EPÍTETO**, é um adjetivo, um complemento próprio da espécie.



Assim, o nome de uma espécie é um binômio indissociável. Por exemplo, se você quiser fazer referência ao nome da espécie humana é necessário utilizar o binômio *Homo sapiens*.

EPÍTETO

Termo referente à segunda palavra do binômio e às segunda e terceira palavras do trinômio de uma espécie.

É frequentemente utilizado na literatura e na linguagem coloquial dos taxonomistas.

Em um texto, é recomendado que a primeira vez que se fizer referência a uma espécie, seu nome venha escrito por extenso, como, por exemplo, *Canis lupus*. Nas referências seguintes ao nome desta espécie, a primeira palavra pode ser escrita de forma abreviada – *C. lupus*. Você também pode utilizar a forma abreviada, nos casos em que o nome do gênero ou o nome de uma espécie desse mesmo gênero já tenham sido citados anteriormente.

Imagine se você quiser redigir um texto que trate de espécies pertencentes a gêneros distintos, mas que seus nomes comecem com a mesma letra. Se você utilizar a forma abreviada para escrever o nome de todas as espécies, teremos a seguinte situação (o texto abaixo é hipotético, servindo apenas para exemplo):

As fêmeas dos mosquitos da espécie *C. quinquefasciatus* têm predileção por sugar o sangue de *C. lupus familiaris* (cachorro). As de *C. chrysonotum* e *C. venezuelensis* preferem o sangue de *C. jacchus* (mico-estrela ou sagüi-estrela), embora também se alimentem do sangue de *C. lupus familiaris*.

Com este tipo de redação, um leitor pode pensar que o texto trata de espécies pertencentes a apenas um único gênero. O leitor pode pensar, ainda, que as espécies de mosquitos pertencem a um gênero, e as espécies hospedeiras, a outro gênero.



Nos casos em que ocorre a alternância de nomes genéricos começados pela mesma letra, é aconselhável, toda vez que se fizer referência a outro gênero, grafar seu nome por extenso.

Utilizando o texto acima, teremos, então:

As fêmeas dos mosquitos da espécie *Culex quinquefasciatus* têm predileção por sugar o sangue de *Canis lupus familiaris* (cachorro). As de *Coquillettidia chrysonotum* e *C. venezuelensis* preferem o sangue de *Callitrix jacchus* (mico-estrela ou sagüi-estrela), embora também se alimentem do sangue de *Canis lupus familiaris*.

Como você pode perceber, esta recomendação evita confusões, tornando o texto mais claro para o leitor.

Você pode encontrar, também, referência ao nome de uma espécie utilizando-se apenas o epíteto do binômio, como por exemplo:

Das espécies de mosquitos do gênero *Coquillettidia*, apenas as *chrysonotum* e *venezuelensis* sugam o sangue do ser humano.

Esta forma de referência é inapropriada, já que, como citado anteriormente, o nome das espécies é sempre um binômio.



A utilização do sistema binominal é de extrema importância. Com o nosso vocabulário ou o disponível em latim ou em qualquer outro idioma, não seria possível nomear as milhões de espécies, utilizando-se apenas de uma palavra.

O sistema de **nomenclatura zoológica**, ao contrário do de botânica, admite **tautonomia**, como por exemplo, *Gorilla gorilla* – gorila, *Jacana jacana* – jaçanã, piaçoca ou cafezinho, *Pipa pipa* – sapo-pipa ou sapo-arú, *Perna perna* – mexilhão (Figura 10.2).

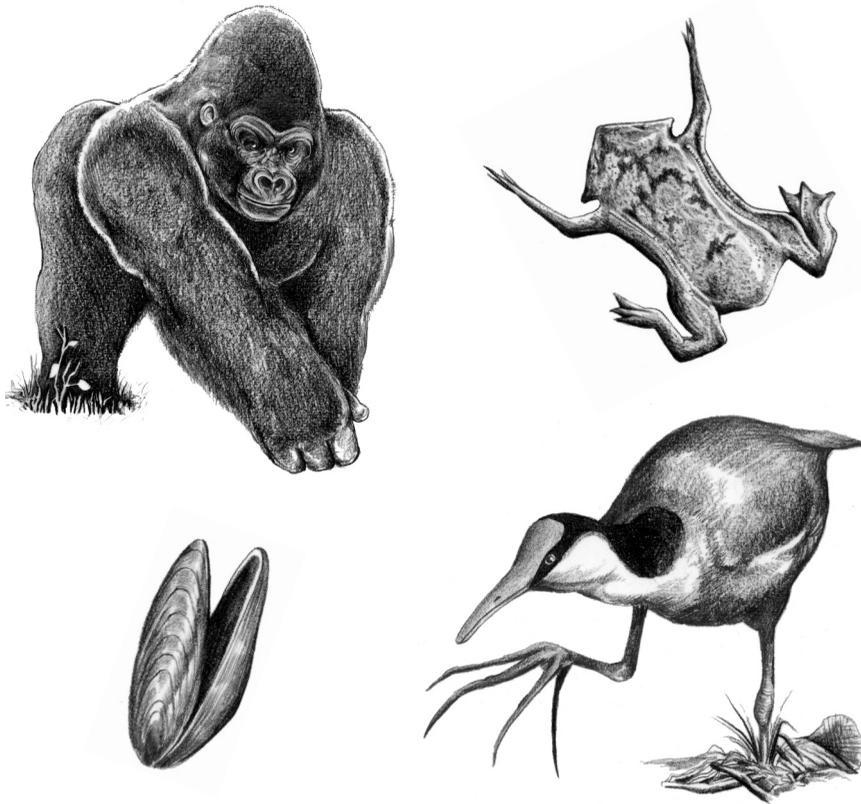


Figura 10.2: Gorila (*Gorilla gorilla*), sapo-pipa (*Pipa pipa*), mexilhão (*Perna perna*) e jaçanã (*Jacana jacana*).

Os nomes das subespécies são **trinominais** (cachorro doméstico – *Canis lupus familiaris*), e os genéricos (*Canis*, *Felis*, *Homo* etc.) e supra-genéricos (categorias acima de gênero) constam de apenas uma palavra.



Os nomes específicos e subespecíficos são escritos sempre com inicial minúscula, os demais com inicial maiúscula. Os nomes genéricos, subgenéricos, específicos e subespecíficos são, geralmente, grifados ou escritos em itálico, ficando destacados do texto.

NOMINATIVO

Como já mencionamos, os nomes científicos zoológicos são compostos por uma, duas ou três palavras em latim. A língua latina possui uma estrutura diferente da que conhecemos e estamos acostumados em língua portuguesa. Em latim, a função de uma palavra é dada pela declinação (alteração morfológica que o substantivo sofre de acordo com sua função sintática na oração). Na língua portuguesa, isto se desenvolve de forma diferente, pois a função sintática dos nomes é dada por sua posição na oração ou marcada por preposição e não por tais declinações como em latim. Assim, essas alterações morfológicas constituem os casos flexionais, que em latim são seis:

- nominativo ■ dativo
- vocativo ■ acusativo
- genitivo ■ ablativo

Os nomes dos gêneros e dos subgêneros são substantivos no **NOMINATIVO** singular. Os nomes subgenéricos não fazem parte do nome das espécies ou das subespécies, isto é, são nomes que não precisam ser citados. Para citar um nome subgenérico, o fazemos entre parênteses, como por exemplo: *Belostoma (Belostoma) anurum* e *Belostoma (Abedum) indentatus* (baratas d'água); *Aeshna (Hesperaeschna) cornigera planaltica* e *Aeshna (Neureclipta) diffinis diffinis* (libélulas).

Todos os nomes dos táxons supragenéricos são substantivos no nominativo plural. Os nomes das categorias do **grupo de família** são formados pelo radical do nome de um dos gêneros incluídos nessas categorias mais um sufixo peculiar. O gênero cujo o nome é utilizado para a formação dos nomes do **grupo de família** é considerado o **tipo** (gênero-tipo) desses táxons superiores. O **código** determina que sejam utilizados os sufixos **-idae** para nomes de famílias e **-inae** para subfamílias. Para nomes de superfamílias, o **código** recomenda, mas não determina, a utilização do sufixo **-oidea**. Tradicionalmente, um grande número de zoólogos adota os sufixos **-ini** para tribo e **-ina** para subtribo. Assim, os nomes do grupo de família identificam a que categoria taxonômica eles pertencem, isto é, apenas pelo nome é possível saber qual a sua categoria. As categorias taxonômicas que apresentam os nomes assim formados, se tomarmos como exemplo os nomes genéricos *Apis* (abelha), *Boa* (jibóia), *Canis* (cão), *Equus* (cavalo), *Musca* (mosca), *Psittacus* (papagaio), *Scarabaeus* (escaravelho), *Tabanus* (mutuca), são:

- **Superfamília** – é uma recomendação do **código** o acréscimo do sufixo **oidea** ao radical do nome do gênero-tipo. Apidae, Canoidea, Scarabaeoidea e Tabanoidea.
- **Família** – é uma determinação do **código** o acréscimo do sufixo **idae** ao radical do nome do gênero-tipo. Apidae, Boidae, Canidae, Equidae, Muscidae, Psittacidae, Scarabaeidae, Tabanidae.
- **Subfamília** – é uma determinação do **código** o acréscimo do sufixo **inae**. Apinae, Boinae, Caninae, Equinae, Muscinae, Psittacinae, Scarabaeinae, Tabaninae.
- **Tribo** – tradicionalmente, recomenda-se o acréscimo do sufixo **ini**. Apini, Equini, Muscini, Psittacini, Scarabaeini, Tabanini.

- **Subtribo** – recomenda-se o acréscimo do sufixo **ina**.
Escarabaeina.

Podem ocorrer complicações na composição do nome do grupo de família. Nem sempre a raiz de um nome (no genitivo singular) pode ser obtida pela eliminação de sua terminação. Nesses casos, você deve buscar auxílio em um dicionário para verificar qual o genitivo do nome. Como exemplo, você verá a seguir nomes de gêneros-tipo e os nomes de famílias que deles derivam:

- *Coluber* – Colubridae.
- *Homo* – Hominidae.
- *Threskiornis* – Threskiornithidae.
- *Termes* – Termitidae.
- *Tubifex* – Tubificidae.

PRIORIDADE, HOMONÍMIA E SINONÍMIA

A décima edição do *Sistema naturae*, obra clássica de Linnaeus, é considerada como o ponto de partida para a nomenclatura zoológica. Ela marcou o início da aplicação geral e consistente da **nomenclatura binominal** para a grande maioria dos animais. A única exceção aceita pelo código é a obra *Aranei svecici*, de Clerck, na qual também foi utilizado, consistentemente, o sistema binominal. O código fixou, arbitrariamente, a data de 1º de janeiro de 1758 como data de publicação dessas duas obras. O código estabeleceu, também, que a segunda precede a primeira. Qualquer outra obra publicada, naquele mesmo ano, deve ser considerada posterior àquelas. A partir de 1758, toda a determinação de prioridade deve ser estabelecida pela verificação das datas de publicação.



A prioridade é o princípio básico da nomenclatura zoológica e soluciona a maioria dos problemas nomenclatórios, como casos de sinonímia ou de homonímia. Ela estabelece que de dois ou mais sinônimos ou homônimos é válido o mais antigo.

Como visto na aula anterior, o mesmo táxon não pode ter nomes científicos diferentes, assim como táxons diferentes e pertencentes ao mesmo grupo não podem ter o mesmo nome. Tanto a sinonímia quanto a homonímia são terminantemente proibidas pelo código e, quando descobertas, devem ser corrigidas.

O **nominativo** exprime a função gramatical de sujeito; o **vocativo** corresponde à forma de chamamento ou interpelação no discurso direto; o **genitivo** exprime a relação de posse; o **dativo** corresponde ao objeto indireto; o **acusativo** ao objeto direto; o **ablativo** aos adjuntos adverbiais. Para exemplificar:

liber Petri = livro de Pedro; *-i* funciona para demonstrar que “Pedro” está no genitivo, indicando que ele possui algo, no caso, um livro (*liber*, que está no nominativo).

Na língua portuguesa há reminiscências dos casos flexionais latinos:

- **pronome pessoal do caso reto**
eu, designa o sujeito.
- **pronome pessoal do caso oblíquo**;
me, designa o objeto direto;
mim, designa o objeto indireto.

Sinonímia

Quando um mesmo táxon apresenta dois ou mais nomes distintos, eles são considerados **sinônimos**. Casos assim são muito freqüentes e podem ocorrer em todos os níveis taxonômicos. Um zoólogo pode, por um erro de interpretação ou pelo desconhecimento das atividades de outro zoólogo, propor um nome para uma suposta espécie nova, sem saber que tal espécie já havia sido descrita com outro nome. Nesse caso, o nome mais antigo é o **sinônimo sênior**, e o mais recente, o **sinônimo júnior**.



Nos casos de sinonímia, vale o mais antigo, isto é, o sinônimo sênior é o nome válido do táxon e todos os seus sinônimos juniores não devem ser utilizados.

Como exemplos de sinonímias, vejamos, a seguir, os casos do cachorro doméstico e de um besouro aquático:

- Em 1758, Linnaeus descreveu e nomeou o cachorro doméstico de *Canis familiaris* e o lobo de *C. lupus*. Atualmente, essas duas espécies são consideradas uma só e, embora descritas simultaneamente, *C. lupus* é o sinônimo sênior, pois tem prioridade de página sobre *C. familiaris*. Assim, *C. lupus* é o nome válido do lobo e do cachorro doméstico.
- Em um grupo de besouros aquáticos descreveu-se, em 1882, o gênero novo *Aethionectes* com base em material de uma espécie também desconhecida proveniente da África tropical. Em 1942, o gênero novo *Afronectes* foi proposto para acomodar outra espécie também encontrada na região tropical da África. Cerca de vinte anos mais tarde, Guignot interpretou que tanto as espécies de *Aethionectes* quanto as de *Afronectes* pertenciam a um único gênero e sinonimizou-os. Nesse caso, por ter sido descrito primeiro (sinônimo sênior), *Aethionectes* é o nome válido para o gênero e *Afronectes*, por ter sido descrito posteriormente, representa um sinônimo (júnior).

Homonímia

Quando nomes idênticos são aplicados a dois ou mais táxons pertencentes ao mesmo grupo, eles são **homônimos**. Embora bem menos frequentes, os homônimos são proibidos pelo código dentro dos grupos de família e de gênero.

Vejamos os exemplos a seguir:

- O gênero *Podopteryx* foi erigido por Selys, em 1817, para abrigar uma espécie de libélula.
- Em 1971, Sharov criou o gênero *Podopteryx* para um fóssil de pterossauro.

Como você pode ver, o mesmo nome do grupo de gênero foi atribuído tanto para uma libélula quanto para um pterossauro, representando um caso clássico de homonímia. Passados aproximadamente dez anos, a homonímia foi percebida por Cowen. Seguindo o critério de prioridade, o nome *Podopteryx* é válido para a libélula, mas não para o pterossauro. Em 1981, Cowen substituiu o nome do gênero antigo e não válido do pterossauro por *Sharovipteryx*.

Para o grupo de espécie, os homônimos são considerados somente dentro de cada gênero. Desse modo, *Dytiscus marginalis* (besouro), *Hoplochelus marginalis* (besouro) e *Pieris marginalis* (borboleta) ou *Arenicola brasiliensis* (minhoca-do-mar), *Mesosaurus brasiliensis* (réptil extinto), *Pteronura brasiliensis* (ariranha), *Tadarida brasiliensis* (morcego), *Emerita brasiliensis* (tatuí) não são homônimos, pois, embora o epíteto seja o mesmo, o binômio é diferente.



Nos casos de homonímia, também vale o mais antigo. Desta forma, o táxon que possui o homônimo sênior é o que fica de posse do nome e o táxon que tem o homônimo júnior deve receber um nome novo.

Nos grupos do gênero e da espécie, basta que uma única letra seja diferente para que não haja homonímia, como por exemplo: *Atta* e *Attus*, *Chrysopa* e *Chrysops*, *Dipterus* e *Diapterus*, *Gerres* e *Gerris*, *Lara* e *Larus*, *Stenus* e *Sternus*. O mesmo ocorrendo com *Amischa brasiliiana* e *Amischa brasiliensis*, *Palaminus apicalis* e *Palaminus apicatus*, *Palaminus bruchi* e *Palaminus bruchianus*, *Phyllophaga picea*, *Phyllophaga piceola*, *Rhantus calidus* e *Rhantus validus*.

No grupo da família, os sufixos são desconsiderados. Assim, nomes desse grupo, cuja única diferença seja o sufixo, são homônimos. Por exemplo:

- Em insetos. Em Neuroptera, a partir do gênero-tipo *Chrysopa* compôs-se o nome da família Chrysopidae. Em Diptera, a partir do gênero-tipo *Chrysops* compôs-se o nome da subfamília Chrysopinae.
- Entre aves e insetos. Em gaivotas, a partir do gênero-tipo *Larus* foi erigida a família Laridae. Em besouro, a partir do gênero-tipo *Lara* compôs-se o nome da subfamília Larainae.

Como você percebeu, nos casos acima, nomes homônimos no grupo de família podem ter sido gerados a partir de nomes genéricos não homônimos. Nesses casos, especificamente, a Comissão Internacional de Nomenclatura Zoológica determinou que, para evitar a homonímia, os nomes das subfamílias fossem alterados para Chrysopsinae (Diptera) e Larainae (Coleoptera) (mesmo que ambos os casos estejam gramaticalmente incorretos).

Associados à prioridade, têm-se as questões da publicação, da autoria e da data de um nome. Para ser considerado válido, um nome zoológico deve estar publicado (ver 4^a edição do Código). Todo nome tem autor (pessoa que publicou pela primeira vez o nome de um táxon) e data de publicação. Um nome pode ser publicado, em co-autoria, por mais de uma pessoa.

Embora a autoria e a data não façam parte do nome de um táxon, em artigos científicos podemos citá-las em conjunto – *Homo sapiens* Linnaeus, 1758 – ou apenas o autor, sem a data – *Homo sapiens* Linnaeus. Para tal, primeiro citamos o nome do táxon, depois o nome do autor e em seguida, separada por vírgula, sua data de publicação.

Devido a novos arranjos taxonômicos, uma espécie ou uma subespécie podem ser transferidas de um gênero para outro. Nesses casos, é necessário fazer uma alteração no nome das espécies ou subespécies, o que é denominado uma **nova combinação**. Para compor os novos binômios ou trinômios, o epíteto específico ou o subespecífico são usados em combinação com o nome do gênero ao qual passam a pertencer à espécie ou subespécie e não com o nome com que se combinaram pela primeira vez. Por exemplo:

- O leão, assim como outros felinos, foi originalmente descrito no gênero *Felis*, sendo nomeado como *Felis leo*. Mais tarde, o gênero *Panthera* foi criado para acolher os grandes felinos. Como o leão passou a pertencer a outro gênero, foi necessário corrigir seu nome científico. Com a realização da nova combinação nomenclatória, o leão passou a chamar-se *Panthera leo*.
- O chimpanzé foi originalmente descrito como *Homo troglodytes*, mesmo gênero do ser humano. Posteriormente, quando o gênero *Pan* foi erigido para acolher o chimpanzé, seu nome teve de ser corrigido. Com a nova combinação, passou a chamar-se *Pan troglodytes*.

TIPIFICAÇÃO

Outro princípio muito importante para a nomenclatura é o **princípio da tipificação**. Sempre que uma espécie nova ou outro grupo são descritos, o autor deve designar um “**tipo**” (o tipo único de um nome) que representará o padrão de referência do nome científico dessa espécie ou grupo.

O tipo de um nome da categoria da família é um **gênero-tipo**. O tipo de um nome da categoria do gênero é uma **espécie-tipo**. O tipo de um nome da categoria da espécie pode ser um único **espécime** ou um **conjunto de espécimes**.



O tipo é um objeto (entidade individual) que fixa o nome aplicado ao táxon que contém este objeto.

O tipo também pode ser:

- qualquer parte do corpo de um animal;
- uma colônia ou qualquer parte da colônia;
- no caso de fósseis, uma substituição, uma impressão, um molde ou um contramolde, desde que naturais;
- no caso de espécimes atuais de protistas, uma ou mais preparações (em lâminas para microscópio) de indivíduos relacionados representando diferentes estágios de vida;
- baseado em uma ilustração ou descrição.

HOLÓTIPO

Espécime único (exceto para **hapantótipo**) designado pelo autor como o **tipo** da espécie ou da subespécie (Art. 73.1 ICZN). Se a amostra examinada for composta por mais de um espécime ou subespécie, o autor designará apenas um deles como **holótipo** e os demais como **parátipos** (Recomendação 73D).

SÍNTIPOS

Cada espécime de uma **série-tipo** designada originalmente ou da qual não tenham sido designados holótipo ou **lectótipo** (Art. 73.2 ICZN). Os **síntipos** funcionam coletivamente como fixador do táxon nominal.

HAPANTÓTIPO

Uma ou mais preparações ou culturas de **indivíduos** de protozoários relacionados, representando diferentes estágios de vida, que conjuntamente funcionam como **Holótipo**, isto é, como fixador do táxon nominal das espécies de protistas (Art. 73.3 ICZN).

LECTÓTIPO

Um dos **síntipos** designados, após a publicação no nome do Grupo da Espécie, como o espécime fixador do nome do táxon (Art. 74 ICZN). Se a amostra examinada for composta por mais de um **síntipo**, um deles será designado como **lectótipo** e os demais como **paralectótipos** (Recomendação 74F ICZN).

NEÓTIPO

Espécime único designado como o fixador do nome do Grupo da Espécie, do qual o **holótipo** (ou **lectótipo**) e todos os **parátipos** (ou **paralectótipos**) ou todos os **síntipos** ou um outro **neótipo** designado anteriormente foram perdidos ou destruídos (Art. 75 ICZN).

CÓTIPO

Termo não reconhecido pelo Código, antes utilizado para **síntipo** ou **parátipo** (Recomendação 73E).

ALLÓTIPO

Termo não regulamentado pelo Código, que designa espécime do sexo oposto ao do **holótipo** (Recomendação 72A).

Como já mencionado, para a descrição de uma espécie nova ou uma subespécie é necessária a designação de um tipo. Este tipo (um exemplar, parte dele ou qualquer das possibilidades anteriormente citadas), normalmente, faz parte da amostra, denominada **série-tipo**, ou é a própria amostra que o autor examinou. Embora existam outras categorias de tipos de espécies nominais, o Código só regulamenta **HOLÓTIPO**, **SÍNTIPOS**, **HAPANTÓTIPO**, **LECTÓTIPO**, **NEÓTIPO** (para maiores informações, ver Código).

Embora, algumas vezes, sejam encontrados alguns termos como **CÓTIPO** e **ALLÓTIPO**, na literatura zoológica, estes não são regulamentados pelo Código.

O estudo da Nomenclatura Zoológica deve ser realizado pelo próprio Código. Sua última edição (ICZN, 2000), publicada em inglês e francês, pode ser adquirida em livrarias especializadas. Um tradução para o português da versão de 1964 do Código pode ser encontrada no livro de **Papavero (1994)**. Esta tradução, apesar de ultrapassada em alguns pontos, apresenta a essência da Nomenclatura Zoológica.

Para resolver casos problemáticos, existe a Comissão Internacional de Nomenclatura Zoológica.

RESUMO

A nomenclatura zoológica, sintetizada no código de nomenclatura zoológica, rege apenas os táxons classificados nas categorias do grupo de família ou categorias mais baixas (grupos de gênero e de espécie). Os táxons da categoria de espécie são formados por duas palavras escritas em latim, sendo portanto, um **binômio**. A primeira palavra é o gênero e a segunda, ou **epípeto**, é um complemento próprio da espécie. O sistema binomial é importantíssimo, pois não seria possível nomear todas as espécies utilizando-se apenas de uma palavra em qualquer idioma. Os **trinômios** (três palavras) são utilizados para nomear subespécies. Os nomes específicos e subespecíficos devem ser grafados com iniciais minúsculas, os demais com inicial maiúscula. Os nomes dos grupos de família são formados pelo nome do gênero-tipo acrescido dos sufixos **-idae** (para famílias) ou **-inae** (para subfamílias). Quando um mesmo táxon tem mais de um nome, eles são considerados sinônimos, sendo válido o nome mais antigo, o sinônimo sênior, e não o mais recente, o **sinônimo júnior**. No caso de táxons diferentes com mesmo nome, ou homônimos, prevalece o mesmo princípio da prioridade, sendo considerado válido apenas o nome mais antigo, enquanto o mais recente deve ser trocado. Sempre que uma espécie nova ou grupo são descritos, deve ser designado um **tipo** que será a referência para o nome científico deste táxon, e fixará o nome a um objeto real. O tipo de uma família é um gênero-tipo, o de um gênero é uma **espécie-tipo**. O tipo de espécie é um espécimen ou um conjunto de espécimens, sendo denominados, dependendo do caso, de **holótipo**, **síntipo**, **hapantótipo**, **lectótipo** e **neótipo**.

EXERCÍCIOS AVALIATIVOS

- Um pesquisador descreveu, em 1986, uma espécie nova de um animal do gênero *Corus* denominando-a de *Corus vulgaris*. Em outro país, outro pesquisador também encontrou uma nova espécie do mesmo gênero, mas diferente da descrita em 1986. Sem conhecer o trabalho de 1986, este novo autor descreveu, em 1987, sua nova espécie também como *Corus vulgaris*. Responda: a qual espécie deve ser aplicado o nome *Corus vulgaris*? Qual o princípio do código que está envolvido neste tipo de problema?
- Um pesquisador denominou uma espécie nova do gênero *Ala* de *Ala rubra*. Um outro pesquisador, trabalhando em uma região próxima, coletou um espécimen desta mesma espécie e, sabendo que era do gênero *Ala*, denominou-a de *Ala capillata*. Qual o nome válido para esta espécie? Qual o princípio do código que está envolvido neste tipo de problema?
- Um pesquisador concluiu, após imensas pesquisas, que o gênero *Parus* não pertence à família Capidae, onde era incluído até então, decidindo erigir uma nova família para este gênero. Como o referido autor, provavelmente, denominou a nova família por ele descrita?

INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, serão abordados os principais critérios de classificação para agrupar objetos em classes ou categorias, apresentando os princípios da Classificação Zoológica.

Classificação zoológica e taxonômica – Parte III

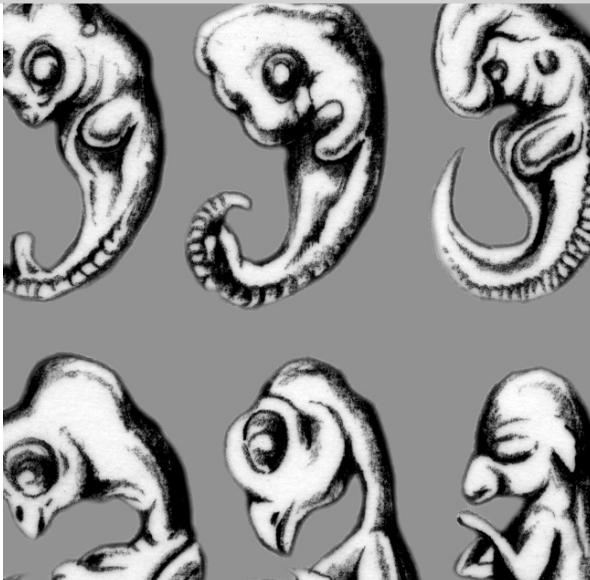
AULA

11

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Definir classificação.
- Conhecer alguns princípios da classificação zoológica.



Pré-requisitos

Aula 9:
Classificação zoológica e
taxonômica – Parte I.

Aula 10:
Classificação zoológica e
taxonômica – Parte II.

INTRODUÇÃO

Como você viu nas Aulas 10 e 11, a nomenclatura tornou-se fundamental para a classificação da diversidade biológica que é uma das principais atividades da Sistemática. Nesta aula, você verá alguns critérios de classificação, os quais permitem agrupar objetos (tanto inanimados quanto animados – indivíduos, espécies ou grupos de espécies) em classes ou categorias, com base em propriedades que lhes são características. Iremos apresentar, também, os princípios da Classificação Zoológica.

CLASSIFICAÇÃO

A história da Sistemática ou Taxonomia perde-se na Antiguidade. Sua origem se confunde com a da linguagem, do conhecimento e do pensamento, isto é, do início da humanidade. Para a comunicação, é essencial a existência de nomes e de conhecimento acerca dos objetos (entidade individual) a serem nomeados. Os substantivos correspondem às **classes de objetos** aos quais se aplica o mesmo nome.



Por exemplo, você viu um beija-flor mês passado, outro ontem e outro hoje. Os beija-flores não eram exatamente iguais, mas existe algo em comum entre eles. Esse algo é que define a classe “beija-flor”.

Estas classes podem ser agrupadas, também, em classes. Dessa forma, seus elementos podem, igualmente, formar classes.

DISTINÇÃO ENTRE OBJETO E CLASSE

Tomaremos como um exemplo fictício a casa da família Folclore-Brasileiro, onde moram Curupira, o patriarca, Dona Beija, a matriarca, e seus filhos Mapinguari e Iara. A família Folclore-Brasileiro possui um casal de cachorros, Saci-pererê e Mula-sem-cabeça, e uma galinha chamada Jabiraca.

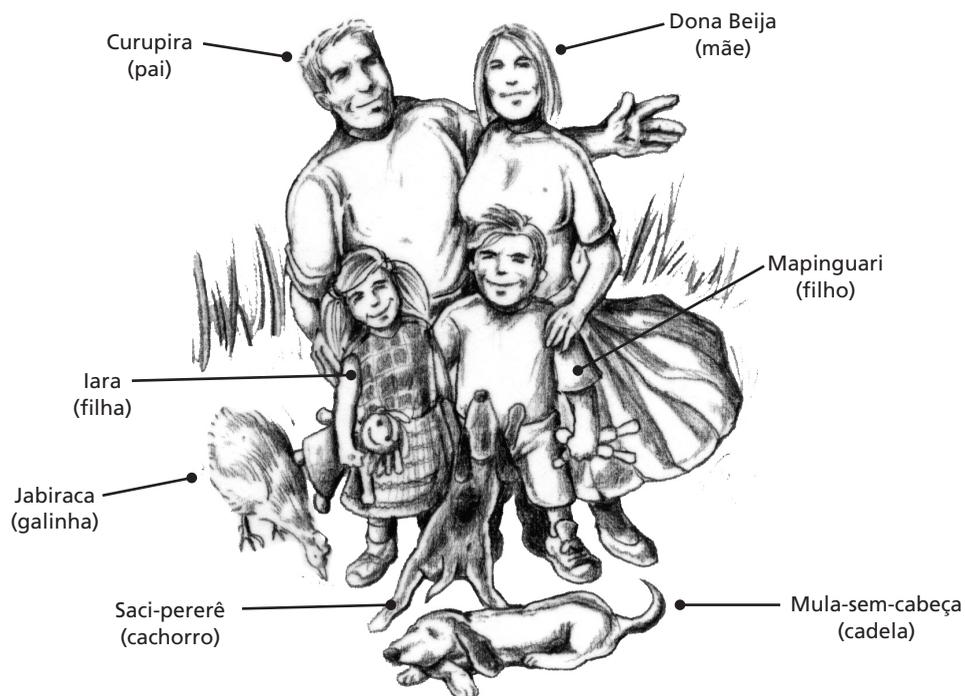


Figura 11.1: Família Folclore-Brasileiro. Curupira (pai), Dona Beija (mãe), Mapinguari (filho), Iara (filha), Saci-pererê (cachorro), Mula-sem-cabeça (cadela) e Jabiraca (galinha).

A casa dos Folclore-Brasileiro é dividida em cômodos e nela encontramos vários objetos, tais como móveis, aparelhos elétrico-eletrônicos, talheres, material de bruxaria etc.

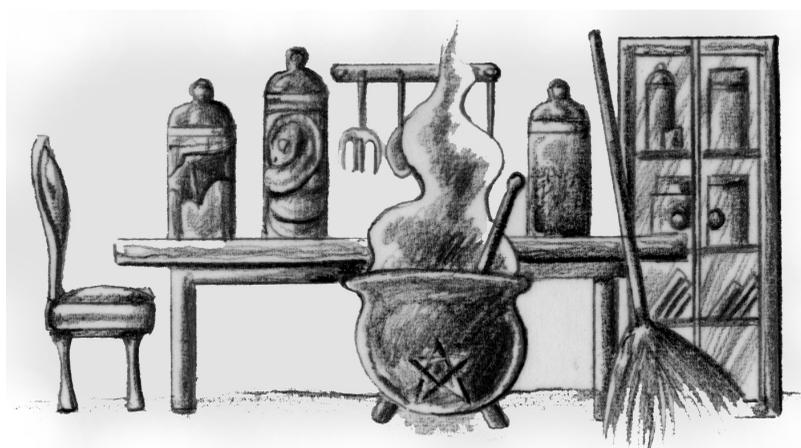


Figura 11.2: Talheres, móveis e material de bruxaria (asa de morcego, teia de aranha, olhos de serpente, pó de língua de sapo).

Vejam agora, com base no exemplo acima, a distinção entre objeto e classe.

OBJETOS

Um **objeto** pode ser definido como cada uma das entidades identificáveis num dado domínio de aplicação. Considere, neste momento, como nosso domínio de aplicação específico, a casa da família Folclorre-Brasileiro. Essa casa pode ser uma composição de entidades (objetos) específicas, como:

Curupira – o pai		Dona Beija – a mãe	
Mapinguari – o filho		Iara – a filha	
Saci-pererê – o cachorro	Mula-sem-cabeça – a cadela	Jabiraca – a galinha	

Nessa casa, você pode encontrar, também, objetos que, geralmente, não têm designação específica que os identifique individualmente, tais como:

Cômodos – sala, quarto, cozinha etc.	Mobília – guarda-roupas, mesa, cama etc.
Talheres – colheres, facas e garfos.	Decoração – quadros, esculturas etc.

Observe que um objeto, cômodos, por exemplo, pode representar um agregado de outros objetos (suas partes constituintes). No exemplo da casa dos Folclore-Brasileiro, pode-se visualizar vários objetos que a compõem. A Figura 11.3 mostra que o objeto casa é composto por vários outros objetos.

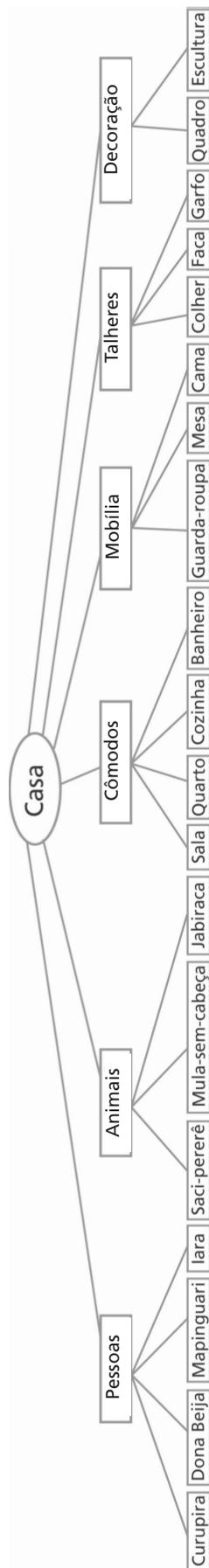


Figura 11.3: Organograma com as partes constituintes da casa da família Folclore-Brasileiro.

Em uma visão diferente, porém equivalente, podemos representar a casa e seus objetos constituintes da seguinte forma:

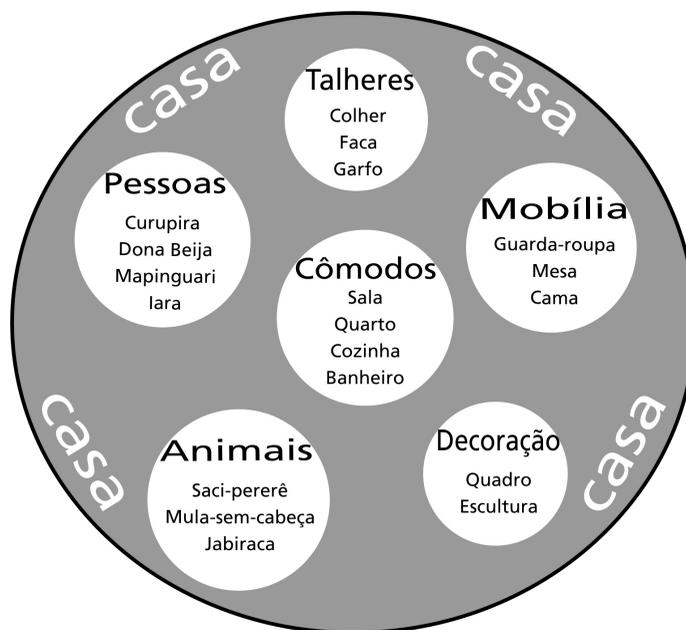


Figura 11.4: Conjunto e subconjuntos das partes constituintes da casa da família Folclore-Brasileiro.

Quando examinamos a frase “Mapinguari e Iara estão brincando na chuva com Saci-pererê e Mula-sem-cabeça”, percebemos que foram feitas referências a objetos específicos. Nesse caso, podemos identificar precisamente os objetos que foram referenciados – as crianças chamadas Mapinguari e Iara e os cachorros Saci-pererê e Mula-sem-cabeça. Agora, se examinarmos as frases “O cão é o melhor amigo do homem” ou “No campo, as pessoas deitam-se com as galinhas”, perceberemos que as palavras cão, homem, pessoas e galinhas não fazem referência a nenhum objeto específico. Essas palavras foram utilizadas para fazer referência àqueles objetos que de alguma forma podem ser identificados como sendo um cão, um homem, uma pessoa ou uma galinha.

Classes

Observe que os objetos citados anteriormente podem ser agrupados em categorias ou **classes**. Existem objetos que são animais, outros que são pessoas, outros, cães; outros, talheres; outros, garfos; outros, jóias; outros ferramentas etc. As definições dessas classes baseiam-se em semelhanças compartilhadas, isto é, essas classes reúnem objetos com base em algum conjunto de propriedades – **características** – comum a todos esses objetos. Por exemplo, podemos definir o objeto homem como mamífero com poucos pêlos, sem cauda, bípede, que fala e raciocina. Apenas com essa definição simplificada, já podemos diferenciar o homem de uma porta, já que é sabido que nas portas não nascem pêlos e que elas tampouco mamam, falam ou raciocinam.

Note que existe uma categorização – **classificação** – dos objetos. Vários desses objetos e suas categorias podem ser reunidos em categorias mais abrangentes, formando um sistema hierárquico contínuo, como você pode ver a seguir:

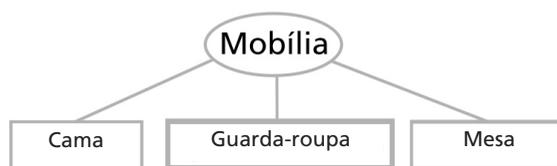


Figura 11.5: Diagrama de hierarquia especialização/generalização.

Considerando a **Figura 11.5**, podemos perceber que, quando hierarquizadas, as classes tornam-se mais específicas à medida que se posicionam em níveis mais baixos. Por exemplo, a classe das Mobílias denota um grande número de objetos, incluindo os objetos das classes: Camas, Guarda-roupas e Mesas. Dessa forma, Cama é uma especialização – **subclasse** – de Mobília, pois ela denota objetos que possuem características mais particulares. Em uma perspectiva inversa, as classes tornam-se mais genéricas quanto mais próximas do topo da hierarquia. Nesse caso, a classe Mobília é uma generalização – **superclasse** – das classes Camas, Guarda-roupas e Mesas.

Dependendo do contexto, diferentes classificações podem ser produzidas para uma mesma classe de objetos. Se considerarmos a **Figura 11.6**:



Figura 11.6: Moedas: R\$1,00; R\$0,50; R\$0,25; R\$0,10; R\$0,05 e R\$0,01.

Uma determinada pessoa pode separar a classe Moedas, considerando sua coloração como forma de especialização, nas classes Moedas Prateadas e Moedas Douradas. Dessa forma, obtém-se, então:



Figura 11.7: Grupos de moedas formadas pela coloração.



Observe que a moeda de R\$ 1,00 não se encaixa perfeitamente em nenhum dos grupos. Nesse caso, ela pode ser incluída em qualquer dos dois grupos ou, ainda, formar um novo grupo.

Outra pessoa pode subdividir esta mesma classe, segundo seus numerais, em: Moedas com o número 1 e Moedas com o número 5. Dessa forma, obtém-se, então:



Figura 11.8: Grupos de moedas formados pelo número.



Outra pessoa pode, ainda, subdividi-la em moedas fabricadas com apenas um tipo de liga metálica e moedas com dois tipos de ligas (Figura 11.9).



Figura 11.9: Grupos de moedas formadas pelo tipo de metal.

Agora, você pode perceber que o nível de detalhamento também varia. Por exemplo, se considerarmos a classe Animal, em um determinado contexto, é possível subdividi-la em: Cachorro, Galinha e Homem.

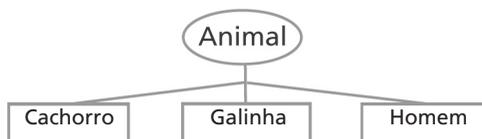


Figura 11.10: Grupo Animal, subdividido em cachorro, galinha e homem.

Entretanto, para certas aplicações faz-se necessário um nível maior de detalhamento. Dessa forma, a classe Animal pode ser subdividida, seguindo a própria taxonomia animal, em:

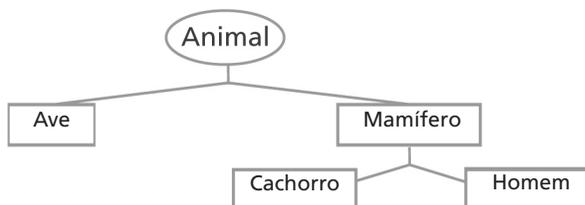


Figura 11.11: Grupo Animal, subdividido em Aves e Mamíferos, este subdividido em Cachorro e Homem.

É possível descrever as estruturas de cada uma destas classes da seguinte forma:

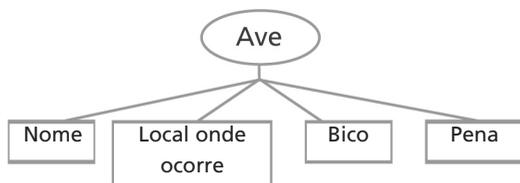


Figura 11.12: Grupo Ave com suas propriedades.

Como você pode perceber, os conceitos de objetos e de classe são relativos, isto é, o que é um objeto em um determinado nível de generalidades pode ser uma classe em um nível mais amplo, e vice-versa. Por exemplo, se você tomar como referência as pessoas que formam a população de uma determinada região, nesse nível de generalidades cada pessoa representa um objeto. Contudo, se tomarmos, agora, as células que constituem o corpo de cada pessoa, as células representam objetos e cada pessoa passa a representar uma classe.

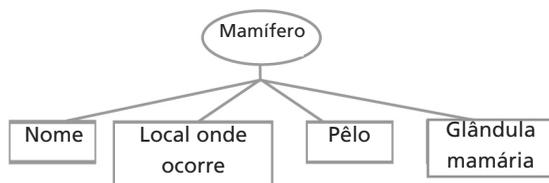


Figura 11.13: Grupo Mamífero com suas propriedades.

HERANÇA DE PROPRIEDADES

Analisando o exemplo da classe Animal, podemos perceber que as três primeiras propriedades ou características (Amniota, Tetrápode, Vertebrado) são comuns às duas classes. Como ambas são subclasses da classe Animal, as características comuns a elas podem ser descritas diretamente na classe Animal. Desse modo, não há repetição dessas características, como observado nas Figuras 11.10, 11.11, 11.12 e 11.13.

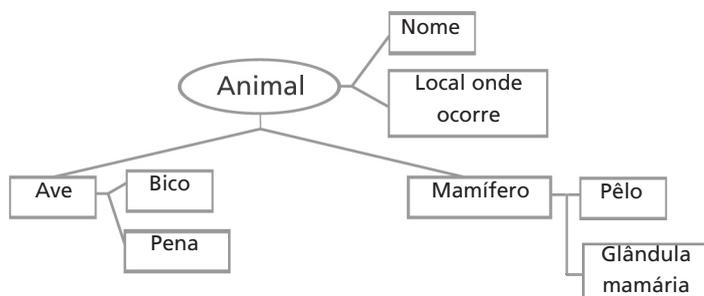
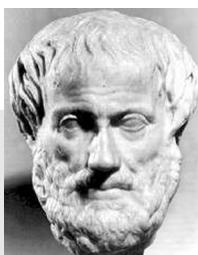


Figura 11.14: Grupo Animal, com as propriedades comuns e subgrupos Aves e Mamíferos, com as propriedades particulares de cada grupo.

Essas duas formas de representar a classe Animal apresentam o mesmo efeito final, isto é, tanto os objetos pertencentes à classe Aves quanto os pertencentes à classe Mamíferos terão as quatro características (duas comuns e duas particulares). Quando uma classe é constituída por outras classes, estas herdam algumas das características da classe mais elevada. No caso das Aves e Mamíferos, as duas características que lhes são comuns representam uma herança da classe Animal.

A presença de glândulas mamárias é comum a todos os mamíferos e deve ser descrita diretamente nesta classe. Por herança, todas as subclasses de mamíferos e as subclasses destas subclasses passam a apresentar tal característica. Dessa forma, evita-se a necessidade de descrevê-la em cada uma das subclasses de Mamífero. Segundo este mecanismo de herança, um objeto da classe Aves, por exemplo, apresenta quatro membros (apêndices), além de outras características que serão descritas diretamente na classe Aves.



ARISTÓTELES
(384-322 a.C.)

Filósofo grego. Autor de um grande número de obras nas áreas de Biologia, Física, Política e Lógica. É considerado o fundador da Lógica Formal.

CLASSIFICAR PARA QUÊ?

Quando uma criança de dois anos, ao ouvir um disco com cantos de pássaros, se refere aos sons que está ouvindo como sendo de uma "cocó" (galinha), ela está, por associação, reconhecendo os animais da classe Aves.

Para **ARISTÓTELES**, quando as coisas são reconhecidas, elas são ordenadas em diferentes grupos ou categorias. No exemplo do tópico 2 – **você viu um beija-flor mês passado, outro ontem e outro hoje. Os beija-flores não eram exatamente iguais, mas existe algo em comum entre eles. Esse algo é que define a classe “beija-flor”** – a coisa comum a todos os beija-flores é a forma. Tudo o que é distinto ou individual pertence à substância do beija-flor. Segundo Aristóteles, todas as coisas, na natureza, fazem parte de diferentes grupos e subgrupos.

No exemplo da família Folclore-Brasileiro, Saci-pererê é um ser vivo. Ou melhor, um animal. Ou melhor, um animal doméstico. Ou melhor, um cachorro. Ou melhor, um vira-lata. Ou melhor, um vira-lata macho.

Como você pode perceber, o ser humano está sempre agrupando objetos em classes ou classificando-os. Esta atividade é inata e essencial à comunicação. O processo classificatório pode gerar:

- Classificações artificiais ou arbitrárias – nas quais os objetos são agrupados por semelhanças, com um objetivo prático (por exemplo: animais domésticos/animais selvagens; animais venenosos/animais não venenosos; animais comestíveis/animais não comestíveis). Classificar carros, livros, perfumes, selos etc. é outro exemplo de classificação por conveniência. Tais classificações podem apresentar um conteúdo de informação reduzido ou grande.

■ Classificações naturais – nas quais a origem e o comportamento dos objetos são governados por processos naturais. As classificações naturais podem ou não se apresentar hierarquizadas. A tabela periódica é um exemplo de classificação de classes naturais não hierárquica. A classificação de indivíduos e grupos históricos é exemplo de classificação hierárquica.

CLASSIFICAÇÕES BIOLÓGICAS

Nas classificações biológicas, os objetos correspondem aos seres vivos individualmente, às categorias, aos táxons; suas definições, aos caracteres compartilhados.

Uma das primeiras tentativas de classificar o reino animal foi realizada por Aristóteles. Ele estava interessado no problema da definição de grupos naturais e enfatizou a importância da morfologia na classificação animal. Para ele, os animais caracterizam-se de acordo com o seu modo de vida, suas ações, seus habitats e o seu aspecto físico, como por exemplo: animais – com sangue e sem sangue; animais com sangue – ovíparos, ovovivíparos e vivíparos...

Por um longo período conheceu-se apenas os animais ocorrentes no Velho Mundo. Dessa forma, a noção de espécie era restrita e pontual e cada espécie era definida por exemplares locais (sem dimensão horizontal/geográfica). Nesse período, acreditava-se, também, que Deus era o criador de todas as espécies animais (sem dimensão vertical/temporal).

Na Europa, durante a Idade Média, um dos diagramas favoritos era a Árvore de Porfírio (Figura 11.15). Este tipo de diagrama tem por base a presença ou a ausência de simples caracteres.

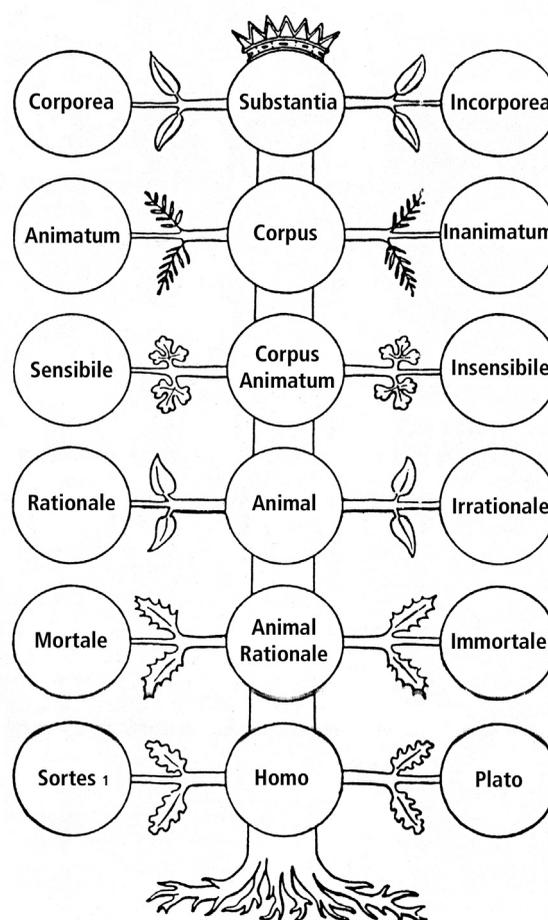


Figura 11.15: Árvore de Porfírio.

Somente durante o período renascentista houve a renovação das ciências naturais, despertada pelo interesse na observação e interpretação da natureza. A partir do século XVI, o estudo dos animais sofreu um novo incremento com os trabalhos de naturalistas exploradores.

A história natural do século XVIII foi dominada por Bufon (1707-1788) e por Linnaeus (1707-1778). Linnaeus desempenhou um papel fundamental na racionalização da classificação e da nomenclatura. O sistema linneano de classificação é um sistema hierárquico de classes ou categorias. Cada categoria corresponde a um nível onde categorias mais abrangentes podem incluir categorias menores. Ele acreditava que cada espécie fora criada separadamente e, em seu sistema, reconhecia apenas as categorias **Reino (Regnum)**, **Classe (Classis)**, **Ordem (Ordo)**, **Gênero (Genus)**, e **Espécie (Species)**.

Com o aumento do conhecimento acerca da diversidade de organismos, fez-se necessária a criação de categorias intermediárias, tais como, superclasse, subclasse, superfamília, subfamília, tribo, divisão etc. Com essas inovações, criou-se um sistema mais complexo, com maior número de níveis de inclusões.

A grande maioria dos taxonomistas do século XIX, embora criacionistas, procurava por um sistema natural de classificação. Para eles, existia uma relação real na natureza, como resultado da criação, que não pode ser diretamente observada. Contudo, através de estudos das semelhanças e diferenças entre os organismos, as relações naturais podem ser descobertas. As verdadeiras semelhanças ou afinidades naturais foram designadas como homologias, e as falsas semelhanças ou afinidades foram designadas como analogias. A partir da distinção entre homologias e analogias era possível descobrir estas relações e gerar a base do sistema natural de classificação, harmonizando com o plano da criação.

Depois que os cientistas aceitaram o princípio da evolução, a afinidade natural foi vista como um resultado da evolução. A proximidade entre organismos passou a ser representada graficamente por “árvores genealógicas” ou “árvores filogenéticas”. Em 1866, **HAECKEL** construiu a primeira árvore filogenética, refletindo a correspondência entre os organismos e os ramos da árvore. A partir desse momento, a filogenia passou a ocupar-se do estudo da origem e evolução dos táxons.



**ERNST HAECKEL
(1834-1919)**

Ver Aula 15
– Origem dos
Metazoários.

Com a teoria evolucionista, o princípio de proximidade entre descendentes (relacionamento filogenético) passou a dar subsídios para as classificações biológicas. Embora tenhamos uma metodologia consistente para gerar hipóteses de relacionamento filogenético (filogenias), as classificações baseadas nessas hipóteses ainda hoje adotam o sistema linneano. Em outras palavras, a diversidade biológica é dinâmica, encontrando-se em um constante estado de mudança (evoluindo), e a estrutura das classificações é estática, desenvolvida para um sistema fixo de categorias taxonômicas.

Para tentar resolver esse problema, novas propostas de classificações estão surgindo. Maiores informações acerca das classificações podem ser obtidas na obra de **Amorim**.



Observe que as classificações são um sistema geral de referência acerca da diversidade biológica e devem ser um reflexo inequívoco do conhecimento atual sobre as relações de parentesco entre os táxons (filogenia). “Ler” uma classificação é recapitular a história evolutiva do grupo.

RESUMO

A classificação tem por objetivo principal organizar o conhecimento e facilitar a comunicação acerca dos objetos de estudo. Os objetos, por sua vez, podem ser agrupados em categorias ou **classes**. As classes são definidas por semelhanças compartilhadas, ou seja, suas **características**. Em uma classificação, os objetos e suas categorias podem ser reunidos em categorias mais abrangentes, originando uma classificação hierárquica. Nesta hierarquia, os objetos ou classes apresentam características comuns, pelas quais são agrupados; e particulares, pelas quais se diferenciam. Na classificação biológica, os objetos são os seres vivos e as categorias são os diferentes táxons, os quais são definidos pelos caracteres compartilhados. Como a classificação biológica é um sistema de referência da diversidade biológica, ela deve ser um reflexo do conhecimento sobre as relações de parentesco entre os táxons, recapitulando a história evolutiva do grupo.

EXERCÍCIOS AVALIATIVOS

Procure observar os objetos que você encontra na sala de sua residência. A partir da observação, proponha, para eles, uma classificação hierárquica.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, você verá uma introdução à Biogeografia, as principais teorias biogeográficas e um histórico acerca delas. Você verá também que é através da Biogeografia que a ciência tenta explicar por que cada região do nosso planeta apresenta uma fauna característica e como esta fauna se distribui tanto no espaço quanto no tempo.

Introdução à Biogeografia

AULA 12

objetivos

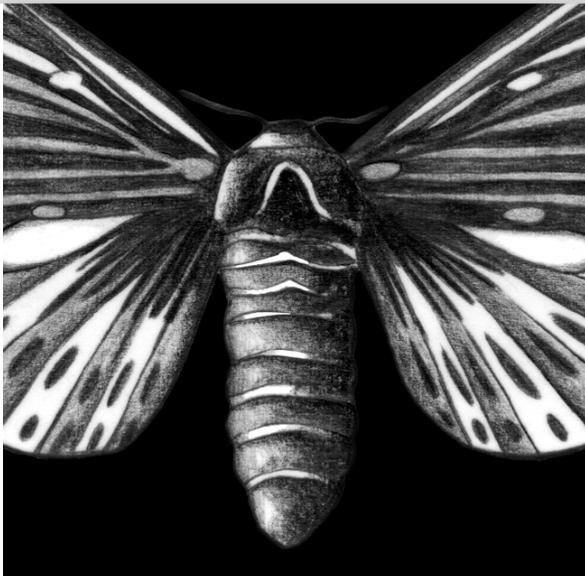
Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer as principais escolas de estudo da Biogeografia.
- Compreender como a distribuição da fauna e da flora do planeta foi abordada ao longo da história da humanidade.

Pré-requisitos

Disciplina:
Diversidade dos Seres Vivos.

Disciplina:
Dinâmica da Terra.



INTRODUÇÃO



A seguir serão apresentados uma introdução à Biogeografia, as principais teorias biogeográficas e um histórico acerca delas.

Desde o seu surgimento, o ser humano preocupa-se com os animais e as plantas. A preocupação deve-se não só à sua grande curiosidade, mas também à necessidade de saber onde e quando encontrar alimento, à necessidade de reconhecer as áreas ocupadas por predadores etc.

Você já reparou que diferentes regiões da Terra possuem tipos diferentes de plantas e animais? Saiba que não é tão fácil explicar esta diversidade. É através da **Biogeografia** que o ser humano tenta compreender a distribuição dos organismos, tanto no espaço quanto no tempo.

O QUE É BIOGEOGRAFIA?

A **BIOGEOGRAFIA** é a ciência que estuda a distribuição dos seres vivos no espaço e no tempo, procurando compreender seus diferentes padrões de ocorrência sobre a superfície terrestre e por que a composição da **BIOTA** se diferencia de uma região para outra. Portanto, a Biogeografia estuda a história evolutiva e os fatores determinantes da disposição dos organismos em uma ou mais regiões.

Geralmente, o estudo da distribuição dos vegetais sobre a superfície terrestre é denominado **Fitogeografia**, e o dos animais, **Zoogeografia**. Essa divisão é freqüentemente utilizada pelos pesquisadores e pode ser encontrada em livros e artigos sobre o assunto.

As histórias dos seres vivos são semelhantes e seguem os seguintes passos: origem, expansão, redução e extinção. Ao longo da história da Terra, foram surgindo milhões de formas de vida. Muitas delas extinguíram-se em diferentes épocas, restando apenas alguns fragmentos ou fósseis de algumas poucas formas. Embora pequenos e fragmentados, os registros fossilíferos fornecem dados sobre o meio ambiente no passado: como era o clima, tipo de vegetação predominante, **ETOLOGIA** da espécie etc.

BIOGEOGRAFIA

Do grego *bios* = vida + *geographía* = descrição da Terra.

BIOTA

Combinação da fauna e da flora de uma determinada região geográfica.

ETOLOGIA

Área da Biologia, criada por Karl von Frisch, Konrad Lorenz e Nikolas Tinbergen, que estuda comparativamente o comportamento dos animais.

Para se compreender a distribuição de um táxon, é necessário conhecer:

- sua história;
- sua relação com os demais seres vivos (Relacionamento Filogenético);

- os fatores climáticos atuais (Climatologia);
- a composição química do solo onde vivem;
- os eventos geológicos que determinaram a sua área atual de distribuição (Geologia);
- os registros fósseis de seus antecedentes, se houver (Paleontologia);
- o tipo de região que ele ocupa e
- seus predadores, parasitas etc.

O número total de espécies, segundo alguns pesquisadores, é estimado em 5 milhões, e, segundo outros, em 30, 50 ou até 80 milhões. O importante é que cada táxon ocupa uma região geográfica determinada. Quais os fatores que determinaram sua distribuição? Quais são seus parentes? Quem são seus ancestrais? Com base nestas questões, é possível conceituar a Biogeografia como Ciência Histórica e de Síntese.

A Biogeografia é uma ciência intimamente relacionada à Ecologia, à Biologia de Populações, à Biologia Evolutiva, às Geociências, à Botânica, à Zoologia, ao Cladismo e à Geografia Física. Como você deve ter percebido, é muito importante conhecer as localizações dos continentes, das montanhas, dos desertos, dos lagos, das grandes ilhas e dos mares, pois a distribuição dos seres vivos pode estar relacionada a fatores ecológicos ou históricos. Também são imprescindíveis aos biogeógrafos as informações geológicas acerca da formação e da localização dos continentes e das ligações terrestres, no passado. Além disso, as informações a respeito dos padrões de semelhança entre os seres vivos auxiliam a interpretar e corroborar eventos geológicos.

O estudo das distribuições geográficas dos seres vivos pode ser classificado, segundo seu enfoque, em três ramos:

- Biogeografia Descritiva.
- Biogeografia Ecológica.
- Biogeografia Histórica.

LOCALIDADE

Local geográfico particular onde população de uma determinada espécie vive atualmente.

ÁREA

A Área de distribuição de uma espécie é a área geográfica geral onde todas as populações dessa espécie naturalmente ocorrem.

COSMOPOLITA

Diz-se das espécies que se espalham pela maior parte do globo.

**AUGUSTIN PYRAME DE CANDOLLE (1778-1841)**

Botânico suíço, fez distinção entre Biogeografia Ecológica, com maior atenção à distribuição de organismos e à relação com os meios físicos e bióticos, e Biogeografia Histórica, que é a reconstrução da origem, dispersão e extinção de táxons e biotas. Este autor definiu também as noções de Endemismos (vide próxima aula) e Regiões Biogeográficas.

Biogeografia Descritiva

Nesse ramo, o interesse principal é a documentação das **LOCALIDADES** de ocorrência e das **ÁREAS** de distribuição dos táxons, o estudo e a formação de um banco de dados acerca da composição taxonômica para as regiões geográficas e a formulação de **Regiões Zoogeográficas**, regiões ou reinos de animais, e de **Regiões Fitogeográficas**, regiões ou reinos de plantas.

Embora alguns táxons sejam **COSMOPOLITAS**, a área de distribuição da grande maioria das espécies é restrita a uma determinada região. Alguns biogeógrafos pioneiros constataram que ambientes ou habitats semelhantes ocorrem em diversas localidades do mundo, largamente separadas entre si, como é o caso do cerrado, na América do Sul, e da savana, na África. Eles também constataram que as espécies que ocorrem em cada um deles são mais intimamente relacionadas com espécies que ocupam outros habitats do que com espécies que ocorrem em habitats semelhantes em regiões geográficas diferentes. Por exemplo, o tatu na América do Sul e o pangolim na África ocupam os mesmos habitats e são relacionados entre si. O mesmo ocorre com os peixes que têm pulmões, que habitam ambientes de água doce na África e América do Sul.

Eles constataram, também, que muitos táxons apresentavam padrões de distribuição mais ou menos semelhantes. Isto permitiu a delimitação das diferentes regiões geográficas, tarefa que teve início com a divisão da Terra em 20 regiões, proposta por **DE CANDOLLE**. Atualmente, estão em torno de 35 as regiões delimitadas por fitogeógrafos.

Já as seis Regiões Zoogeográficas, reconhecidas por Alfred Wallace, são ainda amplamente aceitas hoje.



Geralmente, *habitats* correspondentes (semelhantes) apresentam espécies que são, por convergência, semelhantes em suas adaptações.

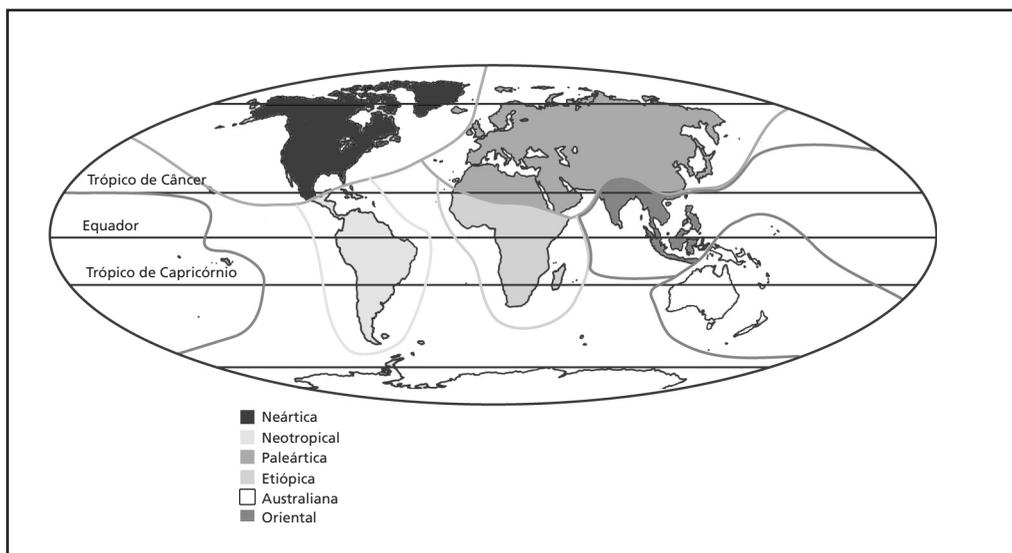


Figura 12.1: Regiões zoogeográficas.

Como todos os oceanos são ligados, a sua separação em regiões biogeográficas não é tão clara. Além disso, existem diferenças muito grandes de profundidade, fazendo com que regiões costeiras muitas vezes sejam separadas em províncias como, por exemplo, a Província Caribenha que cobre toda a costa Leste e Norte do Brasil e o Mar do Caribe, e a Província Patagônica que se estende do Rio Grande do Sul até o Sul da Argentina.

Mares profundos, por outro lado, são difíceis de serem classificados em províncias, pois as condições ambientais e a continuidade destes fazem com que se reconheça apenas diferenças entre os oceanos.



Figura 12.2: Províncias marinhas.

Biogeografia Ecológica

É o estudo dos fatores atuais que influenciam a distribuição dos organismos, como:

- as condições físicas do ambiente e suas interações bióticas;
- a dispersão dos organismos (geralmente em nível individual ou de população) e os mecanismos que mantêm ou modificam essa dispersão;
- a dinâmica da biota como unidade ecológica.

Quando se fala em distribuição ecológica, tem-se em vista o comportamento de alguma variável **abiótica**, como temperatura, pH, salinidade etc., ou **biótica**, como disponibilidade de alimento, de refúgios, de sítios para a reprodução etc. Por exemplo, muitos organismos apresentam um aumento da sua população (picos de abundância) entre certos intervalos de temperatura, os quais podem ser mais amplos ou mais restritos. Quando um organismo se distribui em um amplo intervalo de temperatura, ele é denominado **Euritérmico**. Quando sua distribuição é restrita, denomina-se **Estenotérmico**. Dessa forma, a distribuição de uma espécie ou população está relacionada ao comportamento esteno (estrito) ou euri (amplo) de seus indivíduos com relação a cada um dos componentes de seu ambiente (Figura 12.3).

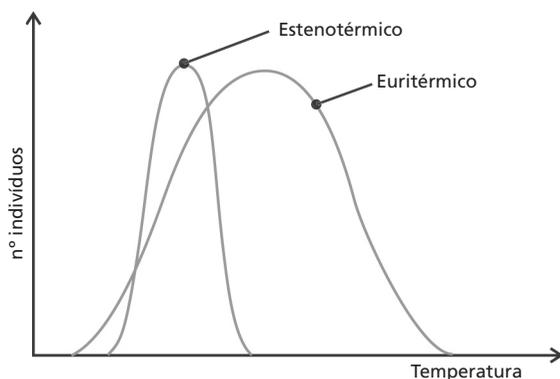


Figura 12.3: Gráfico de tolerância à temperatura (euritérmico – estenotérmico): número de indivíduos (abundância) X temperatura.

INTERAÇÕES INTERESPECÍFICAS

Ver disciplina, Elementos de Ecologia e Conservação.

A Biogeografia Ecológica interpreta a distribuição dos seres vivos como consequência de eventos contemporâneos, como, por exemplo, as **INTERAÇÕES INTERESPECÍFICAS** e a distribuição de habitat. Esse ramo da Biogeografia tenta responder à seguinte questão: por que um determinado local pode apresentar mais ou menos espécies ou formas de vida que outros lugares?

Biogeografia Histórica

É o estudo da distribuição espacial e temporal dos organismos (geralmente em nível de táxon). A biogeografia histórica interessa-se pela origem e relacionamento entre biotas, procurando saber por que duas ou mais espécies vivem confinadas a certas regiões ou áreas. Ela baseia-se em causas históricas (**TECTÔNICA DE PLACAS**, **DERIVA CONTINENTAL**, junção etc.) para explicar a distribuição atual dos organismos. Para tratar dessas causas, esse ramo da Biogeografia depende de uma análise cladística correta e apóia-se em informações da Geologia e da Paleontologia.

Por exemplo, atualmente, a distribuição das aves **RATITAS**, que incluem o avestruz africano (Struthionidae), as emas (Rheidae) e os inhambus (Tinamidae) sul-americanos e o emu (Dromiceiidae), casuares (Casuariidae) e kiwi (Apterygidae) da Região Australiana, é explicada pela hipótese de deriva continental (**Figura 12.4**).

TECTÔNICA DE PLACAS E DERIVA CONTINENTAL

Ver disciplina, Dinâmica da Terra.

RATITAS

Aves com esterno desprovido de carena.

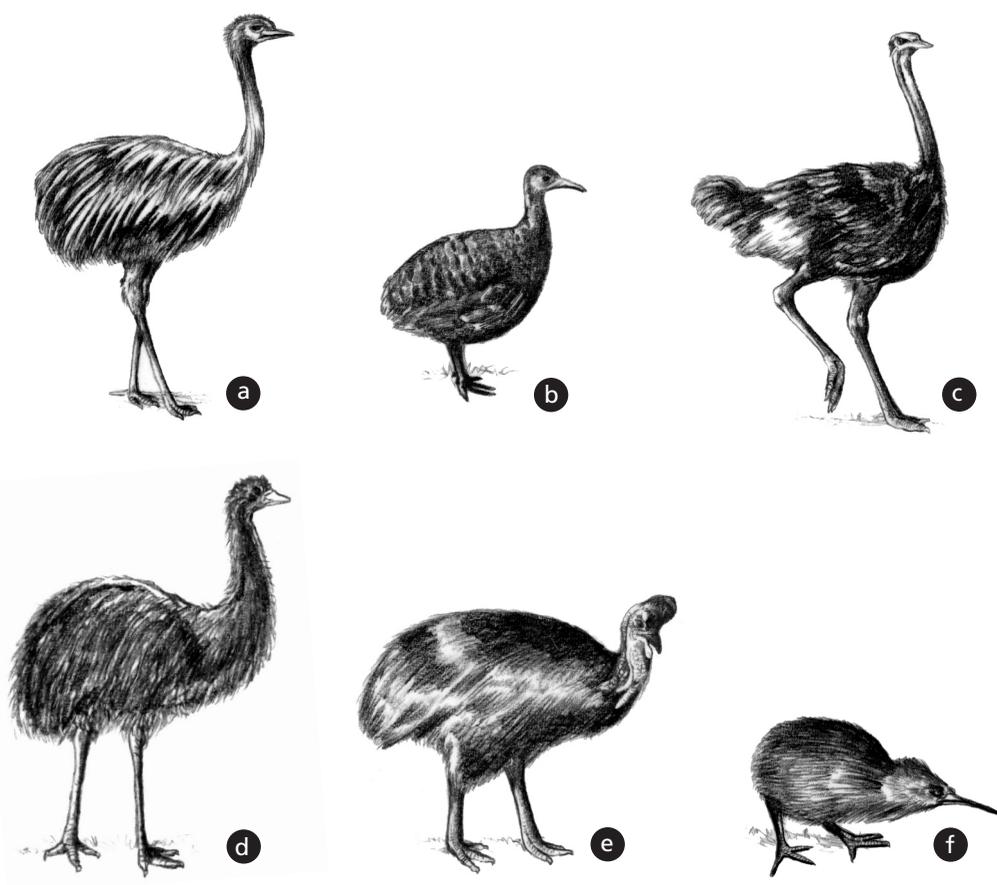


Figura 12.4: Aves ratitas: (a) ema (América do Sul); (b) inhambu (América tropical); (c) avestruz (África); (d) emu (Austrália); (e) casuar (Austrália e Nova Guiné) e (f) - kiwi (Nova Zelândia).

Tomemos como exemplo o monstro-de-gila (*Hemoderma*), do sudoeste dos Estados Unidos e do México; o lagarto *Lanthanotus*, peculiar de Bornéu e os lagartos-monitores (*Varanidae*), ocorrentes nos trópicos da África, Ásia e Austrália (Figura 12.5). O lagarto de Bornéu já foi considerado como próximo (aparentado) do monstro-de-gila. Através de uma análise filogenética realizada mais recentemente, verificou-se que *Lanthanotus* é aparentado com os lagartos-monitores e não com o monstro-de-gila. Para compreender o padrão de distribuição de um grupo formado pelo lagarto de Bornéu e pelo monstro-de-gila (México), era necessária uma explicação extraordinária. Contudo, com a constatação do parentesco entre o *Lanthanotus* e os lagartos-monitores, ocorrentes em Bornéu e África, Ásia e Austrália, respectivamente, o padrão de distribuição deste grupo passou ser explicado pela hipótese de deriva continental.

! É importante ressaltar que só faz sentido tentar explicar o padrão de distribuição de táxons monofiléticos. Isto porque os grupos não monofiléticos representam agrupamentos artificiais, os quais podem ser agrupados de diversas formas diferentes, como visto nas Aulas 10 a 12.

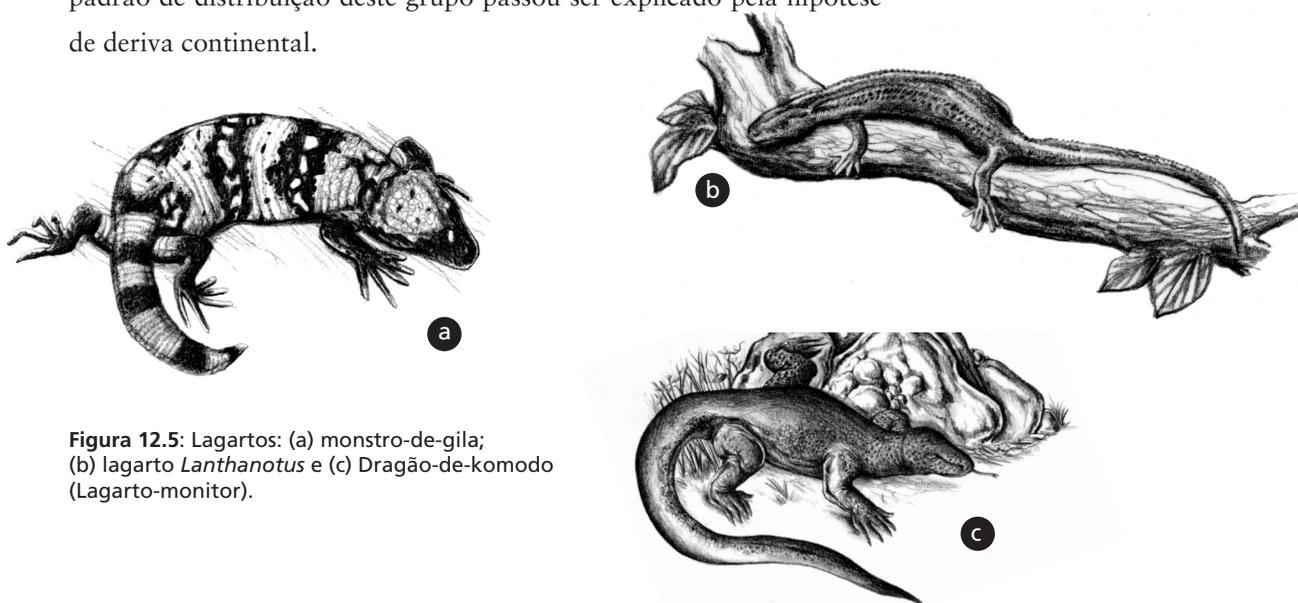


Figura 12.5: Lagartos: (a) monstro-de-gila; (b) lagarto *Lanthanotus* e (c) Dragão-de-komodo (Lagarto-monitor).

Considerando tais explicações acerca da distribuição dos seres vivos, pense nas seguintes questões:

- Por que há mais espécies nos trópicos que nos pólos?
- Por que duas ou mais espécies vivem confinadas em certas regiões?
- Por que elas vivem nessas áreas e não em outras?

Você pode considerá-las como norteadoras das investigações em biogeografia histórica.

PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DOS SERES VIVOS

A distribuição, em Biogeografia, tem um sentido mais amplo. Podemos entendê-la como a gama de locais na qual a espécie ou táxon encontra sua delimitação de área.

Veja o **Quadro 12.1**. Nele estão relacionados os processos que interferem na distribuição dos seres vivos. Esses processos podem agir em um nível ecológico, definindo o padrão de distribuição individual, ou em um nível histórico, definindo o padrão de distribuição de um táxon.

Quadro 12.1: Processos que explicam o padrão de distribuição dos seres vivos.

Escala	Padrão	Processo
Local: nível Ecológico	Distribuição individual	Tolerância e adequação ao meio; Capacidade intrínseca de dispersão; Fatores externos que favorecem a dispersão; Fatores externos que impedem à dispersão.
Global: nível Histórico	Distribuição de táxons distintos	Mudanças tectônicas; Especiação; Inter-relações genealógicas; Extinção.

O robalo (*Centropomus spp.*), por exemplo, é um peixe neotropical com distribuição na Costa Atlântica, desde o sul dos Estados Unidos até o Uruguai (Biogeografia Histórica). Embora algumas espécies desovem em estuários e lagoas costeiras, outras apresentam um comportamento de subir rios para oviposição (piracema). Estas espécies que sobem rios podem ser denominadas eurialinas (Biogeografia Ecológica).

Com relação à diversidade e distribuição de animais e plantas, a Biogeografia tenta responder a várias questões, tais como:

- Por que existe tanta diversidade e quais as razões para a variação dos padrões de ocorrência de diferentes espécies?
- Por que existem tantas espécies de besouros?
- Por que as diferentes espécies de besouros apresentam diferentes padrões de distribuição geográfica, isto é, algumas estão amplamente distribuídas, enquanto outras estão restritas a poucas ou a uma única localidade?
- Por que existe apenas uma espécie de anta na América do Sul?



A sigla *spp.*, utilizada após o nome de um táxon supra-específico, informa que tal táxon é constituído por mais de uma espécie.



Como você pode perceber, em alguns casos, para a compreensão dos padrões de distribuição de seres vivos, tanto os processos históricos quanto ecológicos devem ser considerados.

- Por que o mico-leão-dourado só é encontrado no Brasil?
- Por que existem diferentes espécies de capim?
- Por que existem mais espécies de borboleta na Região Neotropical do que na Paleártica?

HISTÓRICO DOS PERÍODOS DA BIOGEOGRAFIA

Com relação à distribuição da biota sobre a superfície terrestre e às concepções que se fez acerca dela, biota, encontramos referências em diferentes mitos, contos e lendas presentes em diferentes religiões.

Nela encontra-se a idéia de que os seres vivos (animais, plantas e homens) surgiram em uma única região da Terra, dispersando-se, a partir dessa região, para ocupar toda a superfície habitável. Por três vezes se afirma esta tese:

- no mito do Jardim do Éden;
- no mito do Dilúvio de Noé;
- no mito da Torre de Babel.

Apresentaremos agora estes três mitos, com citações de algumas passagens do **PENTATEUCO**.



Você sabia que a mais antiga teoria biogeográfica, e que mais tempo durou, já aparece na Bíblia, no Livro do Gênesis?

PENTATEUCO

Os cinco primeiros livros do Velho Testamento.

O Mito do Jardim do Éden ou Paraíso Terrestre

No ato da criação, Deus colocou, no Jardim do Éden, todas as plantas e animais e o primeiro casal humano. Essa é a primeira vez que a Bíblia adota o conceito de **CENTRO DE ORIGEM E DISPERSÃO DAS ESPÉCIES**. O Jardim do Éden é o local onde as espécies se originaram e a partir do qual se dispersaram, após o pecado original e a expulsão do primeiro casal humano do paraíso terrestre.

CENTRO DE ORIGEM E DISPERSÃO DAS ESPÉCIES

Local onde surgem as espécies e a partir do qual elas se dispersam para outros locais.

⁷ então Javé Deus plasmou o homem com o pó da terra e soprou em suas narinas um hálito de vida, e assim o homem se tornou um ser vivo.

⁸ Depois Javé Deus plantou um jardim no Éden, ao leste, e ali colocou o homem que havia plasmado. ⁹ Javé Deus fez germinar do solo toda espécie de árvores atraentes à vista e boas de comer, e a árvore da vida no meio do jardim e a árvore do conhecimento do bem e do mal.

¹⁹ Então Javé Deus plasmou ainda da terra todas as feras da planície e todos os pássaros do ar e os levou ao homem, para ver como os chamaria: e da maneira como o homem chamasse a todo ser vivo, este deveria ser o seu nome.

²¹ Então Javé Deus fez cair um sono profundo sobre o homem, que adormeceu; tirou-lhe uma das costelas e encheu de carne aquele lugar.

²² Javé Deus construiu a costela, que havia tirado do homem, com ela formando uma mulher, e a levou ao homem. (Gênesis 2)

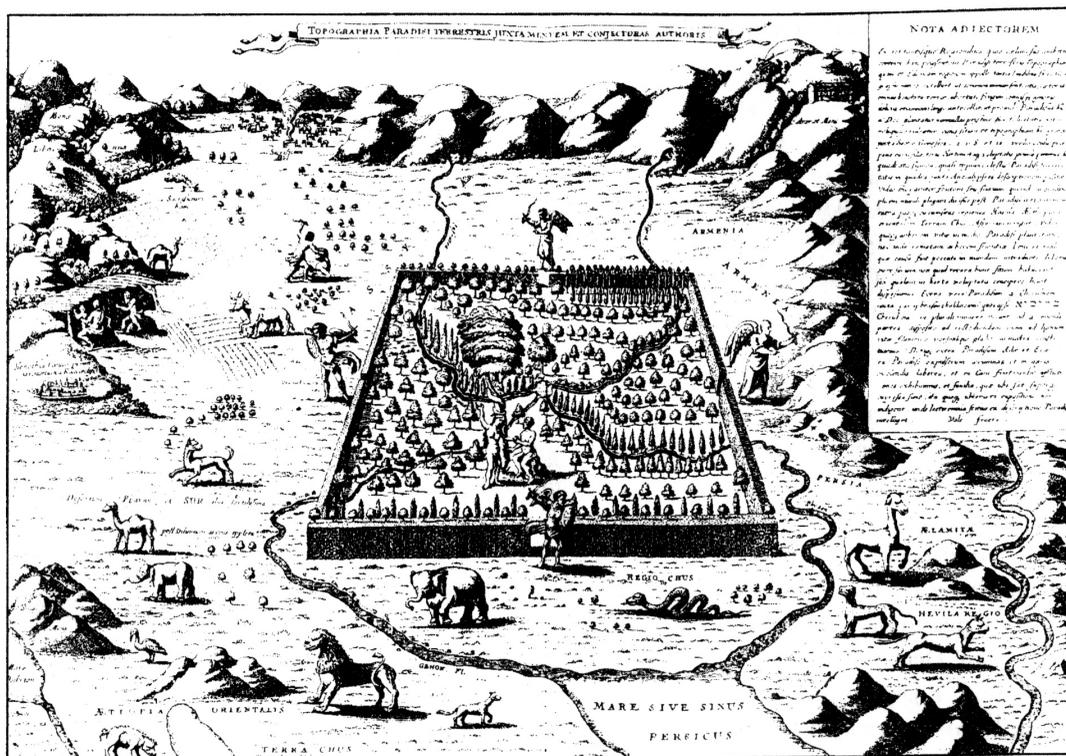


Figura 12.6: Jardim do Éden (segundo Athanasius Kircher, 1675).

Estas passagens foram utilizadas por vários pesquisadores para afirmar que as espécies se originaram do Éden e de lá se dispersaram, ocupando toda a superfície da Terra.

Embora o homem tenha sido colocado, por Deus, no Jardim do Éden, para que o cultivasse e o guardasse, segundo **Papavero, Teixeira & Llorente-Bousquets (1997)**, outra lição que se pode tirar dessas passagens da origem da humanidade é a de que “a taxonomia e a nomenclatura foram as primeiras atividades do homem, e por ordem divina”. Coube a Adão a tarefa de nomear os seres vivos.

O Mito de Noé ou Dilúvio Universal

O mito do Dilúvio de Noé, assim como o da Criação, é extremamente antigo. O relato do dilúvio influenciou, até pelo menos o século XVIII, o pensamento biogeográfico do ocidente. O dilúvio envolveu uma destruição mundial causada por uma inundação catastrófica. Esta inundação, aparentemente, destruiu apenas os animais terrestres que respiram ar atmosférico e que não estavam na arca.

²⁰ As águas ultrapassaram de quinze côvados os montes que haviam coberto. ²¹ E pereceu toda carne que se move na terra: pássaros, animais e feras e todos os seres que enxameiam sobre a terra e todos os homens. ²² Morreu todo ser que tem um sopro de vida nas narinas, dentre tudo aquilo que existe sobre a terra enxuta. ²³ Assim foi exterminado todo ser existente sobre a terra: junto com os homens, os animais domésticos, os répteis e os pássaros do céu; foram eles exterminados da face da terra e ficou só Noé e quem estava com ele na arca. (Gênesis 7)

Segundo o relato do dilúvio, Noé só levou plantas para alimentação. Não levou nem peixes e nem outros animais aquáticos. Isso indica que:

■ ou os hebreus, provavelmente, acreditavam na geração espontânea de plantas e animais. Nesse caso, plantas e animais aquáticos, assim como todas as outras formas inferiores de vida, que não se reproduzem como os vertebrados terrestres, teriam se extinguido e renascido por geração espontânea;

■ ou muitas plantas e animais aquáticos sobreviveram ao dilúvio. Nesse caso, existiria uma grande contradição, uma vez que, segundo o relato, todo ser existente foi exterminado, restando somente Noé e os que estavam na arca.

A prova de que, tendo secado o solo, as plantas ressurgiram novamente ou sobreviveram ao dilúvio, encontra-se na própria Bíblia. Segundo o relato do Fim do Dilúvio, uma folha (que a tradição disser a de uma oliveira) foi trazida a Noé pela pomba que ele libertou antes de ter saído da arca.

¹⁰ Esperou outros sete dias e de novo soltou a pomba para fora da arca, ¹¹ e a pomba voltou a ele pela tardinha, e eis que trazia um ramo novo no bico; assim Noé compreendeu que as águas se haviam retirado da terra. (Gênesis 8)

Pela segunda vez, a Bíblia adota a idéia de centro de origem e dispersão. A partir do ponto em que a arca parou, no monte Ararat (Armênia), os animais, salvos na arca, voltaram a se multiplicar e a ocupar a superfície terrestre.

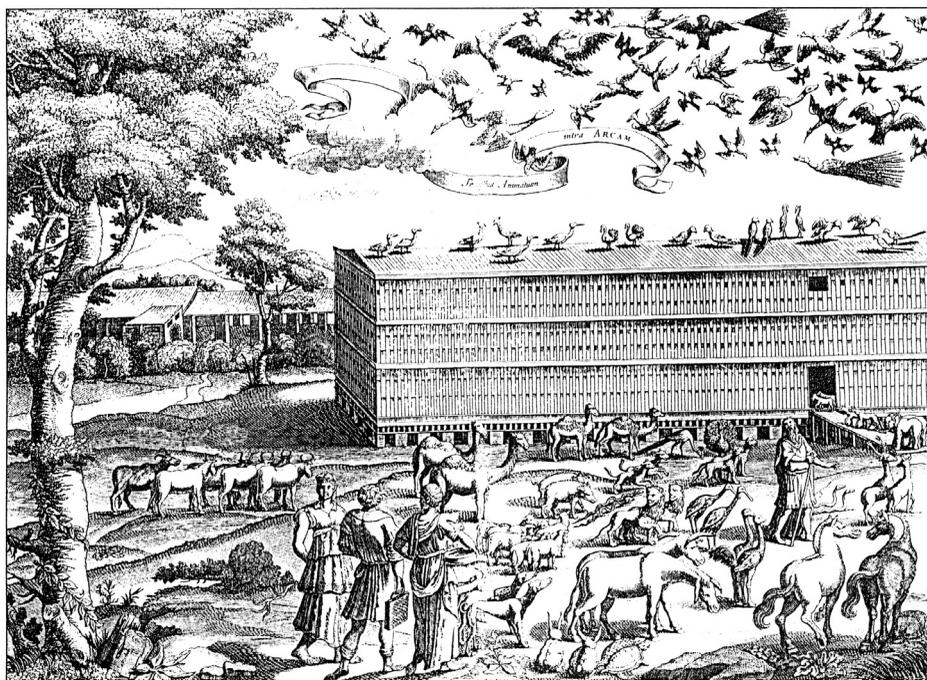


Figura 12.7: Arca de Noé (segundo Athanasius Kircher, 1675). Os animais ingressando na arca.

Depois do dilúvio, os filhos de Noé, Sem, Cam e Jafé, povoaram toda a Terra. Surge, então, a primeira idéia acerca do padrão de distribuição dos povos descendentes de um ancestral comum. Os descendentes de Sem ocuparam a região central da Eurásia (povos morenos), os de Cam, a região meridional da Eurásia mais ao norte da África (povos com pele mais escura e os negros) e os de Jafé, a região setentrional da Eurásia (povos de pele clara e cabelos louros do norte).

O mito da Torre de Babel

Como surgiram tantos povos, com tantas línguas diferentes e até com cores de pele e de cabelo diferentes? A explicação a essa questão é dada pelo mito de Babel, no qual, pela terceira vez, a Bíblia adota a idéia de centro de origem e dispersão.

¹ Toda a terra tinha uma só língua e palavras iguais. ² E aconteceu, ao andarem pela parte do Oriente, que os homens chegassem a uma planície do país Shin'ar e aí se estabeleceram. ³ E disseram uns aos outros: 'Eia! Façamos para nós tijolos e cozamo-los ao fogo!' O tijolo serviu-lhes de pedra e o betume, de argamassa. ⁴ Depois disseram: 'Eia! Vamos construir para nós uma cidade e uma torre, cujo cimo esteja no céu, e façamos para nós um nome, para não sermos espalhados pela superfície de toda a terra'. ⁵ Mas Javé desceu para ver a cidade e a torre que os filhos do homem estavam construindo. ⁶ E disse Javé: 'Eis que são um só povo e todos têm uma só língua; este é o princípio da sua obra, e agora nada que projetaram ser-lhes-á impossível. ⁷ Vamos! Desçamos e confundamos-lhes as línguas, de tal sorte que eles não compreendam mais a língua um do outro'. ⁸ E dali Javé os dispersou pela superfície de toda a terra; e eles pararam de construir a cidade. ⁹ Por isso foi chamada Babel, porque ali Javé confundiu a língua de toda a terra e dali Javé os dispersou pela superfície de toda a terra. (Gênesis 11)



Figura 12.8: Frontispício da Turris Babel (segundo Athanasius Kischer, 1679). Em primeiro plano, Nemrod contempla o plano da Torre de Babel. Acima, o olho divino lança os raios de sua cólera sobre insolente construção.

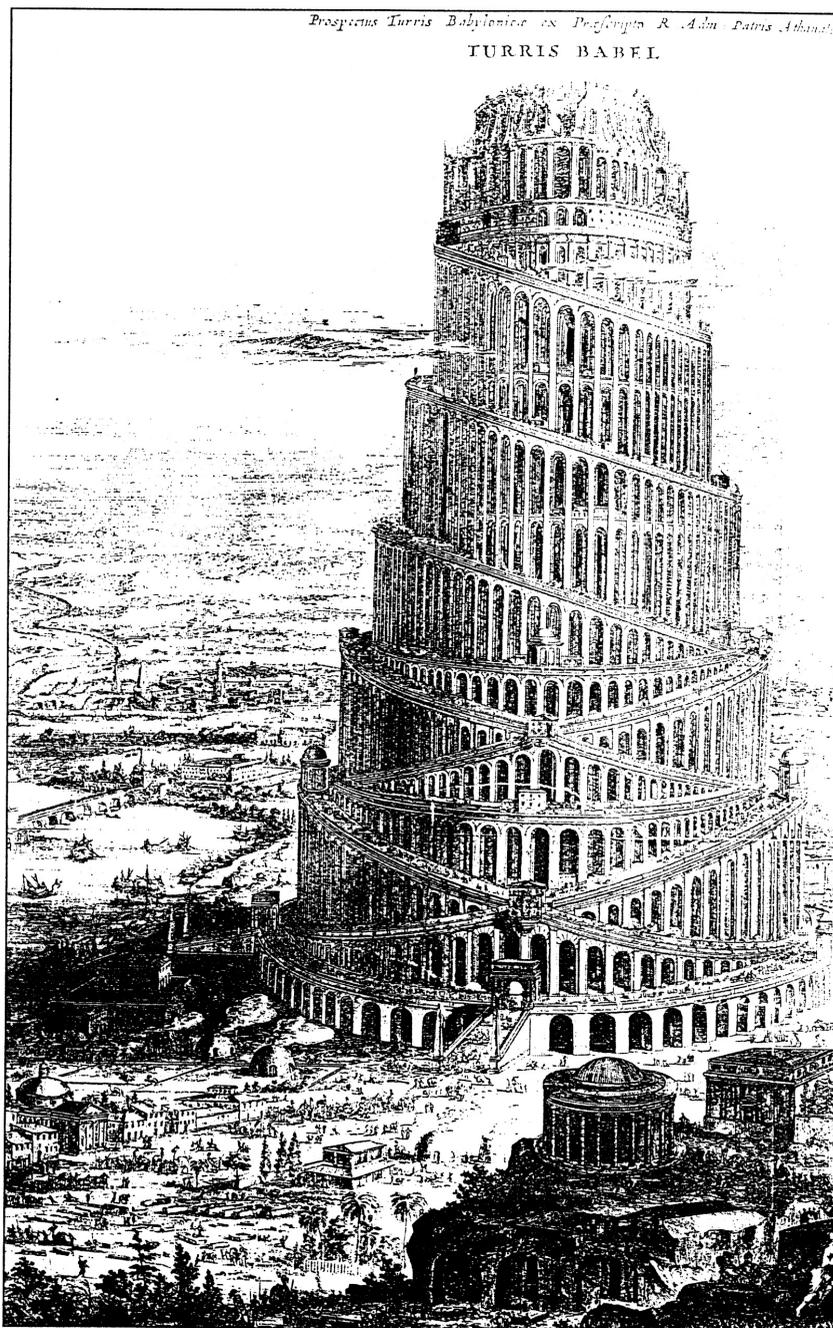


Figura 12.9: A Torre de Babel (segundo Athanasius Kischer, 1679).

E assim, a partir desse único ponto (um novo centro de origem e dispersão, com diferenciação) e de um único povo, os descendentes de Noé dispersaram-se, por migração, e se diversificaram morfológicamente (por influência do meio e pela herança de caracteres adquiridos), originando os diferentes povos. Tal idéia acerca do padrão de distribuição do ser humano perdurará por muitos séculos no pensamento biogeográfico.

RESUMO

Nesta aula, você viu que a biogeografia é o estudo das distribuições geográficas dos seres vivos no planeta, podendo ser classificada, segundo seu enfoque, em Biogeografia Descritiva, Ecológica e Histórica. Na Biogeografia Descritiva, o interesse é o reconhecimento de onde estão os táxons e qual sua área de distribuição. A Biogeografia Ecológica se preocupa com os fatores ambientais atuais que influenciam a distribuição dos organismos. Finalmente, a Biogeografia Histórica se concentra no estudo da distribuição espacial e temporal dos organismos, procurando perceber qual a causa histórica que leva duas ou mais espécies a viverem confinadas em determinadas regiões.

Você aprendeu que desde tempos remotos os seres humanos têm-se preocupado em entender a distribuição dos organismos no planeta. A Bíblia traz alguns indícios. Mitos como o do Jardim do Éden, a Arca de Noé e a Torre de Babel procuram explicar a dispersão dos organismos a partir de centros de origem.

EXERCÍCIOS AVALIATIVOS

Procure levantar alguns casos, na literatura de ficção ou em filmes, em que são abordados temas como centros de origem e dispersão de organismos (inclusive humanos).

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, será dada continuidade ao histórico sobre o pensamento humano e a distribuição geográfica dos organismos. Com isso, serão apresentadas as primeiras teorias, ditas científicas, para explicar os padrões de distribuição.

Períodos biogeográficos

AULA

13

objetivo

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer as principais teorias científicas sobre a Biogeografia com um enfoque histórico.

Pré-requisito

Aula 12:
Introdução à Biogeografia.



INTRODUÇÃO

Como já dissemos, em aulas anteriores, o ser humano tem sempre tentado explicar a distribuição geográfica de animais e plantas. Dando continuidade ao histórico dos períodos da biogeografia, iniciado na aula anterior, você agora vai conhecer as principais teorias biogeográficas.

A história da Biogeografia, por questões didáticas, foi dividida em três fases:

- Período Clássico ou pré-Darwiniano-Wallaciano.
- Período Darwiniano-Wallaciano.
- Período Moderno ou Contemporâneo.

PERÍODO CLÁSSICO OU PRÉ-DARWINIANO-WALLACIANO (1760-1860)

Você lembra do período das Grandes Descobertas? Pois bem, foi com as grandes expedições do século XV que se começou a perceber a existência de espécies muito diferentes e de algumas similares àquelas conhecidas na Europa. Em meados do século XVI, López Medel, ao perceber que nas Índias (local fora da Europa onde viviam homens não-europeus) existiam espécies que não se achavam em nenhum outro lugar, estabeleceu os primórdios dos conceitos biogeográficos fundamentais.

O padre **Joseph d'Acosta (1540-1600)**, profundamente influenciado pela Bíblia, foi um dos primeiros a dar explicações para a ocorrência do homem e dos animais nas Américas, em sua *História Natural e Moral das Índias*. Segundo ele, o homem chegou às “Índias” porque, em algumas partes, as terras se juntavam. Como a possibilidade de se aceitar um ato de criação múltipla dos seres vivos era totalmente refutada pelo padre d'Acosta, a presença do homem nas Américas e a ocorrência das espécies americanas são explicadas a partir de migrações graduais.

Em 1744, Linnaeus, pai da Classificação Taxonômica como visto nas aulas anteriores, publicou, em seu *Discurso sobre o aumento da Terra habitável*, a primeira grande teoria biogeográfica moderna. Ele acreditava que os continentes teriam surgido dos mares e que todas as espécies foram criadas por Deus em um local previamente definido (Jardim do Éden). Para explicar a ocorrência de organismos nos locais de clima frio e nos de clima quente, ele propôs uma ilha tropical num mar primitivo (segundo Santo Agostinho, trata-se do Monte Ararat), onde todas as espécies apareceram, por criação divina. As espécies que requeriam um clima frio habitavam o cume de uma montanha e as que necessitavam de climas mais quentes, o sopé. Mais tarde, quando as águas se retiraram e as terras emergiram, as espécies moveram-se e dispersaram-se gradualmente para diferentes áreas, mais propícias à sua sobrevivência.

Como você já deve ter notado, a idéia de centro de origem e dispersão mantêm-se neste período. A partir de estudos comparativos entre a fauna e a flora do velho e do novo mundo, alguns naturalistas constataram que “não se encontrava uma única espécie em comum” (**LEI DE BUFFON**). O **COMTE BUFFON** não questionou a idéia de centro de origem e dispersão, e sim a idéia criacionista de que todas as espécies foram independentemente criadas e são imutáveis. Para ele, os organismos eram capazes de evoluir, mudar, quando se movimentavam, dispersando-se de seu local de origem para outros lugares.



**GEORGE-LOUIS
LECLERC**
"COMTE DE
BUFFON"
(1707-1788)

O Período Clássico foi caracterizado pela publicação de vários volumes sobre história natural, entre 1749 e 1804, de autoria de Buffon. Estas obras sumarizaram todas as informações acerca da história natural, incluindo aspectos geológicos e biológicos.

ENDEMISMO

Ocorrência de uma dada espécie em uma determinada área geográfica. Quando descrevemos a área de distribuição de uma espécie ou táxon e tentamos compará-la com a de outra espécie, geralmente temos apenas duas alternativas: ou as espécies estão restritas a uma mesma área (espécies simpátridas) ou elas ocupam áreas totalmente diferentes (espécies alopatridas).

ESTAÇÃO E HABITAÇÃO

Segundo De Candolle, estação corresponde à natureza do local onde cada espécie vive. As estações (local-nicho) eram determinadas unicamente por causas físicas ou externas (temperatura, luz, água, solo, ar etc.). Habitação corresponde ao local de onde o organismo é nativo. As habitações (local-área geográfica) eram determinadas por eventos geológicos.

Ainda neste período, outro naturalista que deu uma importante contribuição à Biogeografia foi De Candolle. Foi ele quem fez a distinção entre Biogeografia Ecológica, com maior atenção à distribuição de organismos e à relação destes com os meios físicos e bióticos, e Biogeografia Histórica, que focaliza a reconstrução da origem, dispersão e extinção de táxons e biotas. Ele criou os conceitos de **ENDEMISMO** e de regiões biogeográficas e, também, os de **ESTAÇÃO** e **HABITAÇÃO**, os quais não estão em uso atualmente.

As teorias de De Candolle concordavam com as de Linneus, mas não em todos os pontos. Se para Linneus a dispersão, a partir do Paraíso, explicava toda a presente distribuição dos seres vivos, para De Candolle, ela explicava apenas uma pequena parte.

Já para Buffon, a dispersão explicava a existência de diferentes espécies em diversos locais, também discordando de De Candolle, para quem a dispersão explicava a existência das mesmas espécies em diferentes áreas.

Os resultados do período clássico foram sumariados por Charles Lyell (1797-1875) em seu livro *Princípios de Geologia*.

Este trabalho e as idéias de De Candolle foram muito influentes nos países de língua inglesa e inspiraram desenvolvimentos posteriores, incluindo os trabalhos de Charles Darwin, como você verá a seguir.

PERÍODO DARWINIANO-WALLACIANO (1860-1960)

Em sua teoria biogeográfica, Darwin simplesmente aceitou as idéias de De Candolle acerca da existência das habitações. Darwin negava que duas regiões ou áreas continentais pudessem estar mais relacionadas entre si do que com qualquer área de outro continente. Para ele, os padrões de distribuição se deviam à dispersão, e as inter-relações somente podiam se estabelecer entre áreas do mesmo continente.

A idéia dispersionista que dominou a Biogeografia Histórica, durante esse período, sustentava que as biotas eram produtos de sucessivas ou progressivas dispersões através de **BARREIRAS** existentes.

BARREIRA

Representa qualquer fator climático ou topográfico, ou uma combinação de fatores que impossibilitem a distribuição de um organismo. Na verdade, as barreiras não são os fatores hostis do ambiente, mas a própria fisiologia da espécie, que se tornou adaptada a um limitado espectro de fatores ambientais. Nesse sentido, a espécie é prisioneira de sua própria história evolutiva.

Wallace utilizou a teoria evolutiva para explicar endemismos e regiões biogeográficas. Ele acreditava que, através de seleção natural, espécies dominantes de plantas e animais, que ocorriam em pequenos centros de origem, se dispersavam e se diversificavam na procura de outras áreas. As explicações de Wallace baseavam-se na seguinte teoria: as maiores características geográficas da Terra, como os continentes e os oceanos, foram sempre estáveis, durante a evolução e a dispersão dos seres vivos. Para Wallace, existiam **rotas de dispersão** comuns, trajetórias de dispersão coincidentes determinadas por migração, denominadas pontes oceânicas. Tais rotas explicavam os eventos espetaculares de dispersão massiva.

Os princípios essenciais das idéias dispersionistas foram:

- A história das regiões consiste em grandes integrações de biotas **ALOCRÔNICAS** e de procedência diversa ou na substituição de uma biota dominante por outra.
- Para tanto, a origem das espécies que formam as biotas se localizam em uns poucos, se não em um só, centro de origem.

ALOCRÔNICO

Do grego *allós* = diferente, um outro + *cronikós* = relativo a tempo. Que ocorrem em épocas diferentes.

EURÁSIA

Supercontinente que englobava os atuais continentes da Europa e da Ásia.

Observe que a idéia de centro de origem e dispersão também prevaleceu na Biogeografia de Darwin e de Wallace. Eles consideravam que as espécies se originavam em um centro, a partir do qual alguns indivíduos logo se dispersavam por acaso e, posteriormente, evoluíam pela seleção natural. Para Darwin e Wallace, os centros de origem se localizavam na **EURÁSIA**. Eles achavam que essas regiões, por apresentarem instabilidade ambiental e grandes populações, com maior área de distribuição, favoreciam a formação de espécies ou linhagens dominantes. Nesta teoria, as espécies mais recentes deslocavam as espécies mais antigas ou primitivas para a periferia dos centros de origem. Por acreditarem na estabilidade dos continentes, Darwin e Wallace foram levados a explicar a ocorrência de organismos em áreas geográficas isoladas (padrões de disjunção de distribuição) como sendo resultado da dispersão através de barreiras existentes.

No século XX, as idéias dispersacionistas avançaram até sua segunda metade. Os principais herdeiros e difusores destas idéias foram Matthew, Darlington, Mayr e Simpson. Eles buscavam os centros de origem e as rotas de migração entre as diferentes áreas biogeográficas. Para isto, havia necessidade de hipóteses fantásticas e que não podiam ter apoio na Geologia, como, por exemplo, estreitas pontes de terra atravessando oceanos. A distribuição de táxons corresponde à capacidade de dispersão que eles possuem e esta varia muito de grupo para grupo.

A teoria da Tectônica de Placas e Deriva Continental, introduzida por **ALFRED WEGENER**, em 1912, foi aceita amplamente pelos geólogos, apenas no final da década de 1960 e início de 1970. Isto fez com que os biogeógrafos históricos repensassem muitos padrões de distribuição de seres vivos. Obviamente, o movimento de grandes massas de terra e oceanos resultou em importantes movimentos de biotas.



ALFRED WEGENER
(1880-1930)

Meteorologista
alemão.

PERÍODO CONTEMPORÂNEO OU MODERNO

– A PARTIR DE 1960

Foi com a redescoberta da moderna teoria da **Deriva Continental / Placas Tectônicas** que teve início este período. De acordo com ela, as maiores características geológicas são instáveis.



A moderna explicação biogeográfica sugere que a vida no nosso planeta evoluiu como parte da evolução da geografia da própria Terra.

Como você já viu, alguns seres vivos filogeneticamente próximos habitam áreas totalmente separadas atualmente. Explicar a disjunção observada no padrão de distribuição deles havia se tornado um problema bastante interessante.

Desde a década de 1960, a aceitação da teoria de Deriva Continental / Placas Tectônicas, o desenvolvimento de novos métodos para a reconstrução filogenética, a exploração de novos meios de pesquisa em Biogeografia Ecológica e a investigação de mecanismos que limitam a distribuição de espécies deram um novo vigor à Biogeografia. Um bom exemplo disso são as hipóteses que, atualmente, tentam explicar o padrão de distribuição das aves ratitas e dos lagartos de Borneu (*Lanthanotus*) e dos lagartos-monitores. Lembra? Você viu isso na última aula.

Atualmente, encontram-se ainda correntes biogeográficas fundamentadas em hipóteses dispersionistas, tais como a Biogeografia Dispersionista ou Clássica e a Biogeografia Filogenética. Os dispersionistas supõem que se alguns membros de uma espécie ultrapassam uma barreira, é possível que eles prosperem como uma população independente, e que, no decorrer de um determinado tempo, poderão se transformar em uma espécie diferente.

Para explicar o padrão de distribuição dos táxons em escala mundial, os dispersionistas dão mais ênfase à dispersão dos seres vivos do que à movimentação de continentes. Dessa forma, se a deriva continental existiu, foi tão antiga que não afetou os padrões de distribuição, principalmente dos vertebrados.

Biogeografia Dispersionista ou Clássica

- Essa corrente representa uma herança do pensamento Darwiniano-Wallaciano na Biogeografia. Seus pressupostos teóricos são:
 - As espécies surgem nos centros de origem, a partir dos quais se espalham. Os subseqüentes processos de especiação produzem outras novas espécies dentro desses centros.
 - As novas espécies formadas se dispersam (de acordo com suas habilidades), deslocando as mais antigas ou mais primitivas para as áreas periféricas ou limites da área de distribuição inicial, afastando-as dos centros de origem.

- No centro de origem encontram-se os representantes mais recentes de um táxon e nele devem ser achados os fósseis mais antigos. A direção de migração é também mostrada pela idade dos fósseis.
- Os centros de origem correspondem às áreas com maior número de espécies.

O fundamental na teoria dispersionista é compreender e reconhecer o centro de origem e dispersão das espécies, que é o principal dogma desta linha de pensamento. Alguns pesquisadores estabeleceram vários critérios para o reconhecimento dos centros de origem. Darlington, mais recentemente, definiu apenas 3 critérios:

- Todos os grupos tendem a se especiar numa área limitada, a qual constitui o Centro de Origem.
- Para duas espécies irmãs originadas de uma espécie ancestral, uma é sempre mais derivada (avançada ou moderna) que a outra.
- O descendente mais derivado ocupa a área do centro de origem e o mais primitivo é deslocado (dispersão) para a periferia da área.

Biogeografia Filogenética

Esta corrente foi desenvolvida por Brundin, tendo como base as proposições de Hennig. Ela foi a primeira escola que inferiu a história biogeográfica de um determinado táxon, a partir de hipóteses filogenéticas desse táxon. É definida como o estudo de táxons monofiléticos, e leva em consideração a **Cladogênese**, **Anagênese**, **ALOPATRIA** (evidência de **VICARIÂNCIA**), **SIMPATRIA** (evidência de dispersão) e os eventos paleogeográficos. Essa escola também está fundamentada na dispersão dos organismos.

ALOPATRIA

A alopatria supõe uma disjunção total entre as áreas de distribuição de espécies diferentes. Espécies que se apresentam totalmente disjuntas são denominadas espécies alopátridas (= alopátricas), como p. ex: ema e avestruz.

VICARIÂNCIA

Mecanismo de evolução em que a área de distribuição de uma espécie ancestral é fragmentada, em duas ou mais áreas, ficando suas subpopulações isoladas geograficamente por uma barreira.

SIMPATRIA

Supõe uma inter-relação entre as áreas de distribuição de espécies diferentes. Podemos distinguir três tipos de distribuição simpátridas (=simpátricas): homopatria (onde existe total congruência entre a distribuição de duas espécies), endopatria (onde uma espécie distribui-se no interior da área ocupada por outra espécie) e alelopatria (onde existe apenas uma área de contato entre a distribuição de duas espécies).

Biogeografia de Vicariância

Ela constitui a parte da Biogeografia Histórica que procura, através dos padrões de distribuição de diferentes grupos de organismos, uma explicação geral da distribuição da biota, tendo como idéia que a evolução das áreas afeta a evolução dos táxons.

As informações acumuladas, até então, começam a indicar que os organismos apresentam um padrão peculiar de distribuição na superfície da Terra.

A partir das décadas de 1960 e 1970, três fatores convergiram para o surgimento da **Biogeografia de Vicariância** como um novo paradigma de Biogeografia Histórica.

São eles:

- O desenvolvimento da **Sistemática Filogenética**, iniciada por Hennig.
- O redescobrimento da teoria da **Deriva Continental/Placas Tectônicas**, de Wegener.
- A crítica, principalmente de **León Croizat (1894-1982)**, ao dispersionismo e à idéia de **centro de origem**.



A hipótese de vicariância pressupõe que áreas de endemismo são formadas a partir das áreas de distribuição geográfica ancestral.

Explicando melhor, isto quer dizer que através do surgimento de uma barreira, uma biota é dividida em duas subpopulações, que possuem diferentes capacidades de dispersão e de colonização. Essa barreira pode originar-se a partir da ruptura de continentes (eventos tectônicos e de deriva continental), ou a partir de outros eventos geológicos, climáticos ou ecológicos, tais como o surgimento de desertos ou o soergimento de cadeias de montanhas. Essas subpopulações encontram-se em alopatria (isoladas uma da outra) e, através do tempo, começam a se diversificar, formando novas espécies.

Para os vicariantes, as histórias de distribuição de uma biota devem ser congruentes (= coincidentes) com a história geológica do local. Partindo desse princípio, as relações filogenéticas estabelecidas devem revelar também relações geológicas entre áreas e vice-versa.

Nesse caso, a Biogeografia Histórica se preocupa, agora, com a reconstrução da história dos eventos de vicariância que formaram as áreas de endemismos.

Como você pode perceber, a diferença entre dispersão e vicariância encontra-se no relacionamento entre a idade do táxon e a idade da barreira geográfica que limita as áreas. A dispersão sempre prediz que a barreira geográfica é anterior ao surgimento dos táxons. A vicariância prediz que os táxons em duas áreas (ou mais) e as barreiras entre eles são da mesma idade.

A Biogeografia de Vicariância pode ser dividida em **Pan-biogeografia** e **Biogeografia Cladística**.

Pan-biogeografia

As idéias de Croizat foram fundamentais para a **Biogeografia de Vicariância**. Para ele, as biotas evoluem principalmente por vicariância, através das barreiras geográficas, isto é, a Terra e a vida evoluem juntas. Em seu método, Croizat compara as localidades onde ocorre uma determinada espécie ou táxon e as conecta por linhas, denominadas trilhas ou traços. As trilhas formadas podem ser do tipo individual ou generalizada. A conexão de duas áreas de distribuição disjunta (=separadas) corresponde a uma trilha individual. Trilhas generalizadas correspondem à reunião de diversas linhas individuais de táxons, não relacionados filogeneticamente entre si, que coincidem em sua trajetória. As trilhas generalizadas indicam a existência de processos que atuam sobre grupos de táxons de distribuição geográfica semelhante, que possuem uma causa em comum, a vicariância.

Biogeografia Cladística

A Biogeografia Cladística é um enfoque geral da biogeografia histórica que iniciou com a combinação de alguns aspectos da Pan-biogeografia de Croizat e a Cladística Hennigniana. Essa escola comumente utiliza cladogramas de áreas, que supostamente coincidem com os eventos de especiação num cladograma de grupos. Cladogramas gerais de áreas podem ser derivados por justaposição de cladogramas de grupos taxonômicos individuais, dando uma idéia mais geral em relação às biotas.

A conversão de um cladograma de táxon em um cladograma de área geralmente é simples, desde que exista congruência entre os táxons e suas áreas de distribuição. Contudo, nem sempre isso acontece.

Outros métodos estão sendo discutidos e aplicados para resolver a incongruência entre cladogramas de áreas. Tais incongruências devem ser atribuídas à dispersão, à extinção ou mesmo à redundância de ocorrência de outros táxons (desconhecimento de todas as áreas de ocorrência).

RESUMO

O histórico da Biogeografia como ciência, a partir do século XVII, pode ser dividido em três períodos, o Período Clássico ou Pré-Darwiniano-Wallaciano (1760-1860), o Período Darwiniano-Wallaciano (1860-1960) e o Período Moderno ou Contemporâneo (a partir de 1960). No Período Clássico, predominavam ainda as teorias de uma criação única e, portanto, de um único centro de origem e dispersão das espécies. No Período Darwiniano-Wallaciano, à luz das idéias evolucionistas, predominavam idéias dispersionistas onde diferentes biotas poderiam transpor barreiras que isolavam subpopulações.

O Período Moderno se inicia com a teoria moderna da deriva continental, sugerindo que a vida na Terra evoluiu como parte da evolução da geografia da Terra. Este último período pode ainda ser dividido, dependendo do enfoque, em Biogeografia Dispersionista (ainda influenciada pelo Período Darwiniano-Wallaciano), Biogeografia Filogenética e Biogeografia de Vicariância.

EXERCÍCIOS AVALIATIVOS

Elabore uma tabela comparativa entre os Períodos Biogeográficos, enfatizando as principais concordâncias e discordâncias entre suas hipóteses acerca da distribuição dos seres vivos.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

No próximo módulo, será apresentado como ocorreu a diversificação animal quanto à forma e ao tamanho do corpo. Serão apresentadas também a origem embriológica e a possível origem evolutiva dos principais planos corpóreos animais.

Exercícios de fixação

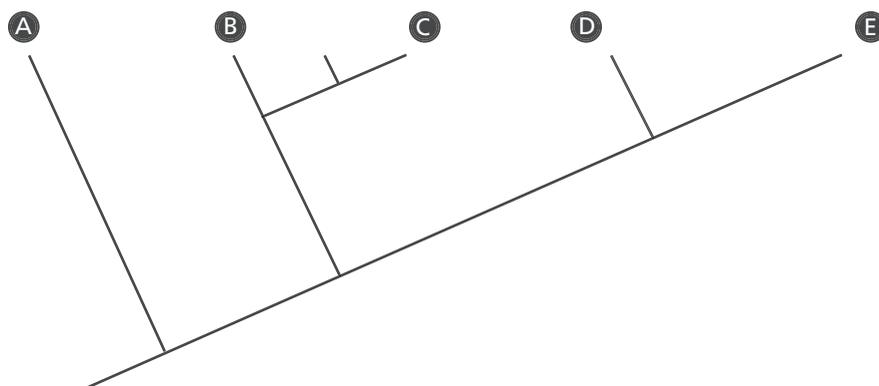
objetivo

- Aplicar e exercitar o conteúdo abordado neste módulo.

Pré-requisito

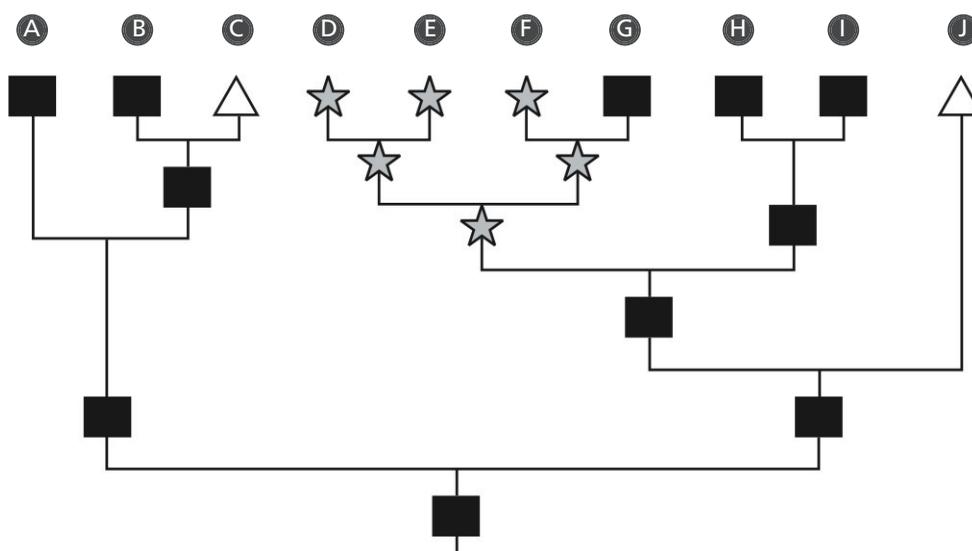
Aulas do Módulo 1.

1. Defina agrupamento monofilético, parafilético e polifilético.
2. No que a taxonomia tradicional, a numérica e a cladística diferem entre si?
3. Com base na figura a seguir, indique quais grupos monofiléticos, parafiléticos e polifiléticos podem ser formados.



4. Com base na hipótese abaixo, que tipo de grupos serão formados se forem consideradas apenas as espécies:

- a) {F, G, H, I, J};
- b) {D, E, G};
- c) {B, I};
- d) {A, B, F};
- e) {D, E, F, G}?



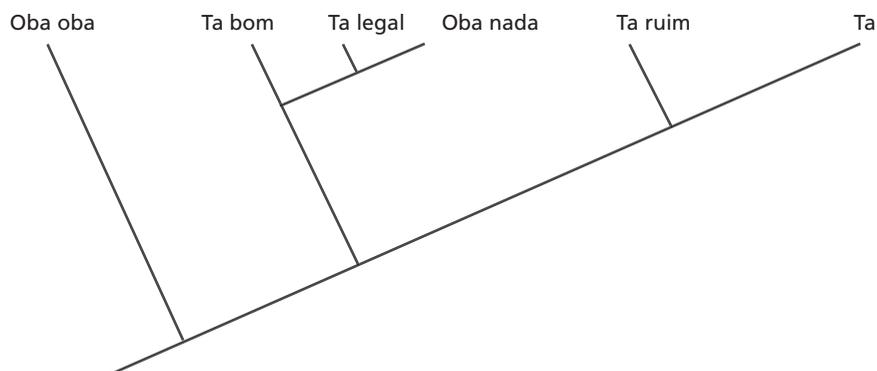
5. Quais os grupos monofiléticos encontrados na figura acima?

6. Observando a transformação dos caracteres na filogenia apresentada anteriormente, descreva os tipos de compartilhamento de caracteres encontrados e em que caracteres eles ocorrem.

7. Dos caracteres relacionados a seguir, pesquise em que estado são encontrados Arachnida, Aves, Insecta, Mammalia, Mollusca e Protista. Em seguida, construa uma matriz codificando os estados de cada caráter para cada táxon. Finalmente, realize uma análise cladística a partir dessa matriz, considerando Protista como grupo-externo e os demais como grupo-interno.

1. Número de células que formam o corpo (uma/várias)
2. Tipo de reprodução (assexuada/sexuada)
3. Deuterostomia (ausente/presente)
4. Esqueleto interno (ausente/presente)
5. Clivagem espiral do ovo (ausente/presente)
6. Sistema nervoso ventral (ausente/presente)
7. Protostomia (ausente/presente)
8. Penas (ausentes/presentes)
9. Glândulas mamárias (ausente/presente)
10. Concha (ausente/presente)
11. Esqueleto externo quitinoso (ausente/presente)
12. Crescimento por muda (ausente/presente)
13. Olhos compostos (ausente/presente)
14. Antenas articuladas (ausente/presente)
15. Quatro pares de patas (ausente/presente)

8. Com base no cladograma a seguir, responda a qual tipo de agrupamento, monofilético, parafilético ou polifilético, corresponde o gênero *Ta*.



9. Com base nos caracteres apresentados na matriz a seguir, proponha agrupamentos taxonômicos.

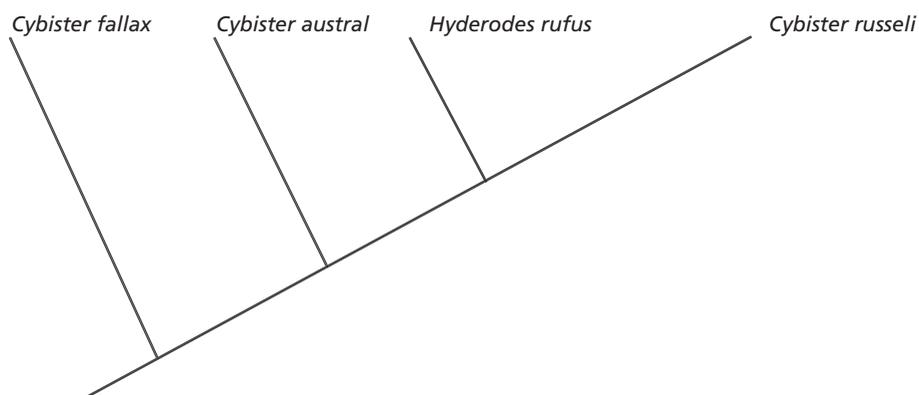
Táxons/Caracteres	1	2	3	4	5	6	7	8
Ás de copas	1	1	1	1	1	1	1	1
Ás de ouros	1	1	1	1	1	1	0	0
Ás de espadas	1	1	1	0	0	0	0	0
Ás de paus	1	0	0	1	0	0	0	0

10. Construa uma nova matriz, adicionando à matriz anterior o táxon Coringa preto e considerando que tal táxon apresenta o estado plesiomórfico (0) para todos os caracteres.

11. Realize uma análise cladística com base na nova matriz que você construiu.

12. Explique a incongruência entre os caracteres 2, 3 e 4.

13. Suponha que ao realizar uma análise cladística, envolvendo o gênero *Cybister* Curtis, 1787 e *Hyderodes* Sharp, 1882, você tenha obtido a seguinte hipótese:



Comente quais procedimentos taxonômicos e nomenclatórios serão necessários para que sejam considerados apenas táxons monofiléticos.

14. Realize uma análise cladística com base na matriz abaixo e proponha a hipótese mais parcimoniosa, considerando o táxon *Cruz credo* como grupo externo.

Táxons/Caracteres	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Cruz credo</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coisa atoa</i>	1	1	0	0	1	0	0	1
<i>Coisa boa</i>	0	1	1	0	1	1	1	1
<i>Coisa ruim</i>	0	0	1	1	0	0	0	1
<i>Essa foi boa</i>	1	1	1	0	1	0	0	1

15. Realize uma revisão nomenclatória e proponha uma classificação para o resultado da análise cladística realizada a partir da matriz anterior, considerando apenas táxons monofiléticos.

16. Por que o antigo táxon "Vermes", criado por Linneus, não é considerado válido atualmente? Justifique sua resposta.

17. Por que o táxon Invertebrata, criado por Lamarck, não é considerado válido atualmente? Justifique sua resposta.

18. Por que o termo "peixe", atualmente, não tem valor taxonômico?

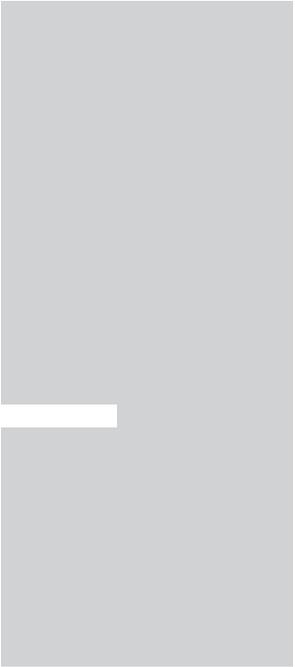
19. O que é Centro de Origem e Dispersão de espécies?

20. Quais as primeiras referências de que os organismos teriam surgido em uma única região e que, a partir dele, teriam se dispersado?

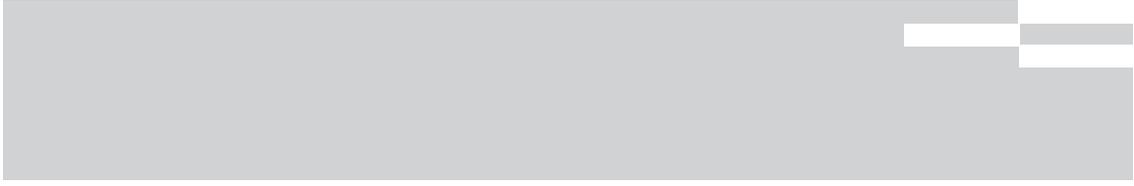
21. Como podemos explicar a distribuição atual de um determinado organismo?

22. Através da análise cladística, verificou-se que as espécies *Tal pessoa*, que se encontra distribuída pela região Neotropical, e *Qual criatura*, que ocorre na África, formam um grupo monofilético. Analisando a distribuição geográfica das duas espécies, como você pode explicar tal distribuição?

Introdução à Zoologia



Gabarito



Aula 4

No caso do primeiro carácter (quadrado), trata-se de um paralelismo, e o estado quadrado escuro é uma homoplasia que surgiu independentemente duas vezes. No segundo caso (círculo), trata-se de uma reversão, pois o ancestral de B apresenta círculo escuro que, ao sofrer uma reversão, passou à condição plesiomórfica deste grupo. Como este estado passou do ancestral comum de A, B, C e D para A, A e D apresentam o mesmo estado do carácter.

Aula 5

■ O grupo EF é monofilético, pois todos os seus membros descendem de um ancestral comum e único a eles. O grupo BC é parafilético, pois embora os dois tenham um ancestral comum, alguns descendentes deste ancestral não pertencem ao grupo (D, E e F).

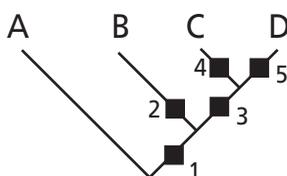
■ O grupo AD é polifilético, pois do ancestral comum entre A e D saem dois outros grupos um monofilético (EF) e outro parafilético (BC).

1) Levantamento de caracteres e codificação: 1 – Patas (0 – ausente, 1– presente); 2– Rabo (0– sem rabo, 1– com rabo); 3– Coloração do corpo (0– uniforme, 1– listrado); 4– Orelha (0– ausente, 1– presente); 5– Boca e língua (0– ausente, 1– presente).

Matriz de caracteres

Táxon / Caracteres	1	2	3	4	5
A	0	0	0	0	0
B	1	1	0	0	0
C	1	0	1	1	0
D	1	0	1	0	1

Cladograma mais parcimonioso

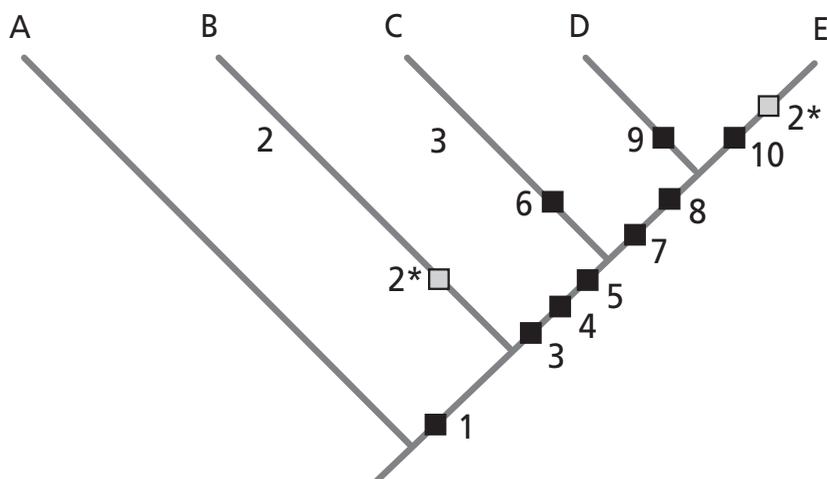


2) Levantamento de caracteres e codificação: 1– Olhos (0– ausentes, 1– presentes); 2– Gravata (0 – ausente, 1– presente); 3– Coloração do corpo (0–uniforme,1–brancacompintaspretas);4–Barba(0–ausente,1–presente); 5– Rabo (0– ausente, 1– presente); 6– Chapéu (0– ausente, 1– presente); 7– espinhos (0– ausentes, 1 – presentes); 8 – Antenas (0– ausentes, 1– presentes); 9– Boca (0– ausente, 1– presente); 10– Pé-de-pato (0– ausente, 1– presente).

Matriz

Táxon / Caracteres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
D	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
E	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1

Cladograma mais parcimonioso



Como você pode perceber, o caráter 2 nos conta uma história evolutiva diferente daquela contada pelos caracteres 3, 4, 5, 7 e 8. Se utilizarmos o caráter 2, podemos agrupar os táxons B e E; contudo, se utilizarmos os caracteres 3, 4, 5, 7 e 8, podemos agrupar os táxons C, D, E, com base nos caracteres 3, 4 e 5, e subagrupar os táxons D e E, com base nos caracteres 7 e 8. Em qualquer das opções de agrupamento, encontraremos homoplasias; isto é, se considerarmos o agrupamento C, D e E, o caráter 2 será homoplástico para os táxons B e E; se considerarmos o agrupamento B e E, os caracteres 3, 4, e 5 serão homoplásticos para os táxons C, D e E e os caracteres 7 e 8 serão homoplásticos para os táxons D e E. Como você viu nesta aula, devemos optar pela hipótese mais parcimoniosa e, neste caso, a hipótese apresentada como gabarito é a mais parcimoniosa. A hipótese gerada a partir do caráter 2 apresentará quatro passos a mais, ou seja, quatro homoplasias a mais do que a do gabarito.

Aula 9

Existem vários exemplos citados no texto, mas cabe aqui ao aluno lembrar algum nome que ele conheça de seu meio. Por exemplo, o gongolo é conhecido em alguns lugares do Brasil também como ambuá, bicho-bola, bicho-de-ouvido, caramuji, gongolô, piolho-de-cobra ou surrupeio.

Também cabe aqui lembrar nomes de sua vivência ao aluno. Por exemplo, macaco é um nome popular que pode ser utilizado para várias espécies; a aranha, é outro caso e assim por diante.

■ O nome deve ser aplicado à espécie descrita em 1986 devido ao princípio da prioridade. Este é um caso de homonímia, no qual a espécie de 1986 é o homônimo sênior e, a de 1987, o homônimo júnior. A espécie descrita em 1987 deve, por sua vez, receber um novo nome.

■ O nome válido, que recebe o nome de sinônimo sênior, deve ser aquele que foi publicado antes. O outro, sinônimo júnior, é considerado um nome não válido para se referir à espécie encontrada. Está envolvido neste caso o princípio da prioridade.

■ Como é uma família nova, esta deve ser denominada a partir do nome do gênero utilizado para descrevê-la. Os nomes da categoria de família devem receber o sufixo *-idae*. Desta forma, a nova família deverá ser denominada Paridae.

Possivelmente, o aluno poderá classificar os objetos em: móveis (sofá, cadeiras, mesa, televisão etc.) e imóveis (janela, porta). Os móveis, por sua vez, podem ser divididos em objetos eletrônicos (televisão, aparelho de som) ou não eletrônicos (sofá, cadeira, mesa etc.).

1. Grupo Monofilético é aquele que inclui uma espécie ancestral e todas as suas espécies descendentes. Grupo Parafilético é aquele formado por apenas uma parte dos descendentes de uma mesma espécie ancestral. Grupo polifilético é aquele formado por algumas espécies descendentes de dois ou mais grupos monofiléticos.

2. Na escola cladista, a formação de agrupamentos retrata as relações de parentesco estabelecidas através de ancestralidade comum. Ela fundamenta-se na teoria evolutiva e baseia-se apenas em sinapomorfias para propor agrupamentos taxonômicos. Tanto a taxonomia tradicional quanto a taxonomia numérica não estão fundamentadas na teoria evolutiva. A taxonomia tradicional produz agrupamentos (classificações) intuitivos, geradas pela sensibilidade dos pesquisadores. A taxonomia numérica gera agrupamentos baseados no maior número de semelhanças – similaridade geral.

3. Grupos monofiléticos – (A, B, C, D, E, F); (B, C, D, E, F); (B, C, D); (C, D); (E, F). Grupos parafiléticos = (A, B, C, D, E); (A, B, C, D, F); (A, B, C, E, F); (A, B, D, E, F); (A, C, D, E, F); (A, B, C, D); (B, C, D, E); (B, C, D, F); (B, D, E, F); (B, C); (B, D). Grupos polifiléticos = (A, C, E); (A, C, F); (A, D, E); (A, D, F); (A, B); (A, C); (A, D); (A, E); (A, F); (B, E); (B, F); (C, E); (C, F); (D, E); (D, F).

4. a) grupo parafilético, b) grupo parafilético, c) grupo polifilético, d) grupo polifilético, e) grupo monofilético.

5. Grupos monofiléticos - (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J); (A, B, C); (B, C); (D, E, F, G, H, I, J); (D, E, F, G, H, I); (D, E, F, G); (D, E); (F, G); (H, I).

6. Caráter retângulo: se considerarmos o conjunto de todas as espécies, ele representa uma sinapomorfia; se forem consideradas as espécies A, B, H e I, ele representa uma simplesiomorfia; se for considerada apenas a espécie G, ele representa uma reversão. Caráter triângulo é uma homoplasia para as espécies C e J. Caráter estrela: representa uma sinapomorfia para as espécies D, E, F, e G, mesmo tendo se modificado na espécie G; se forem consideradas somente as espécies D, E e F, ele representa uma simplesiomorfia.

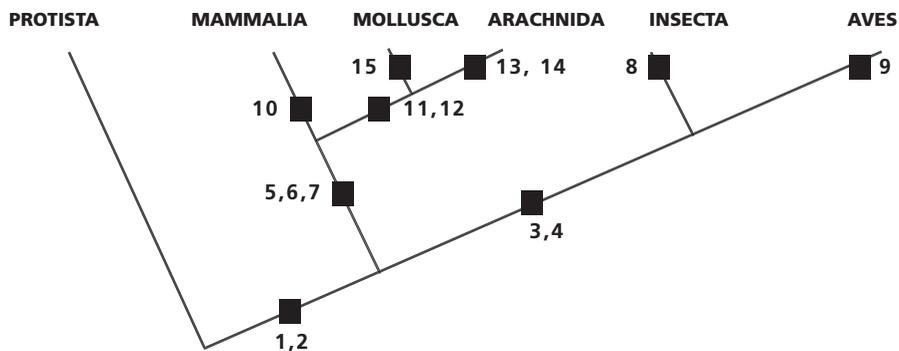
7. Matriz com a distribuição dos estados de cada caráter pelos táxons.

Táxon / Caracteres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ARACHNIDA	V	S	A	A	P	P	P	A	A	A	P	P	A	A	
AVES	V	S	P	P	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A
INSECTA	V	S	A	A	P	P	P	A	A	A	P	P	P	P	A
MAMMALIA	V	S	P	P	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A
MOLLUSCA	V	S	A	A	P	P	P	A	A	C	A	A	A	A	A
PROTISTA	U	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Matriz codificada. Para cada caráter, os primeiros estados foram codificados como 0 (zero) e o segundo como 1 (um).

Táxon / Caracteres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ARACHNIDA	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1
AVES	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
INSECTA	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0
MAMMALIA	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MOLLUSCA	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
PROTISTA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

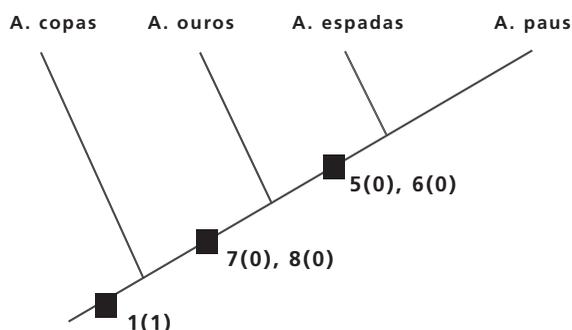
Resultado da Análise Cladística, considerando Protista como grupo-externo.



8. O gênero *Ta* é um táxon parafilético. Segundo a hipótese apresentada, o ancestral comum mais próximo às espécies do gênero *Ta* (*T. bom*, *T. legal*, *T. ruim* e *T. cru*) é ancestral também da espécie *Oba nada*. Desta forma, as espécies do gênero *Ta* não possuem um ancestral exclusivo delas. Para ser considerado um táxon monofilético o gênero *Ta* terá de incluir a espécie *Oba nada*.

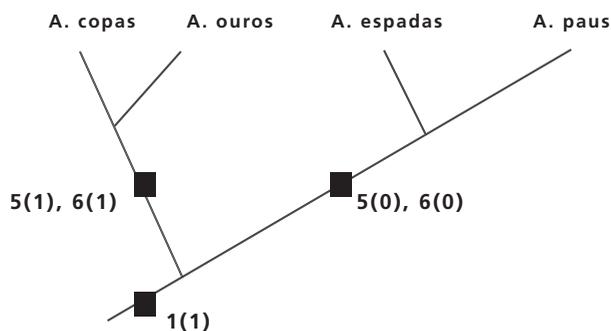
9. Se não for utilizada nenhuma metodologia específica, para a matriz dada podem ser formados os seguintes agrupamentos taxonômicos:

– Em todas as hipóteses o agrupamento de todas as espécies é sustentado pelo estado “1” do caráter 1.



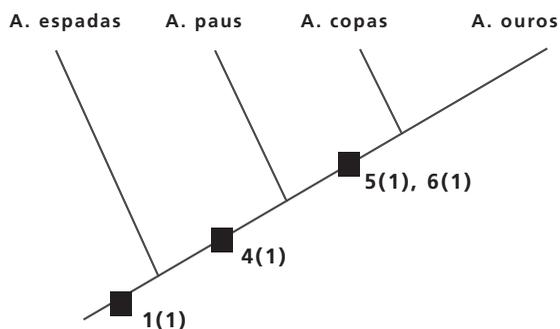
– O agrupamento (*A. ouros*, *A. espadas*, *A. paus*) é sustentado pelo estado “0” dos caracteres 7 e 8.

– O agrupamento (*A. espadas*, *A. paus*) é sustentado pelo estado “0” dos caracteres 5 e 6.



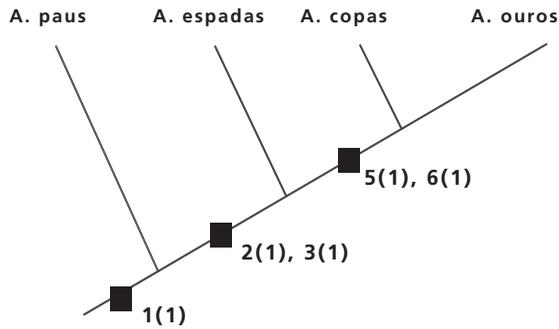
– O agrupamento (*A. copas*, *A. ouros*) é sustentado pelo estado “1” dos caracteres 5 e 6.

– O agrupamento (*A. espadas*, *A. paus*) é sustentado pelo estado “0” dos caracteres 5 e 6.



– O agrupamento (*A. paus*, *A. copas*, *A. ouros*) é sustentado pelo estado “1” do caráter 4.

– O agrupamento (*A. copas*, *A. ouros*) é sustentado pelo estado “1” dos caracteres 5 e 6.

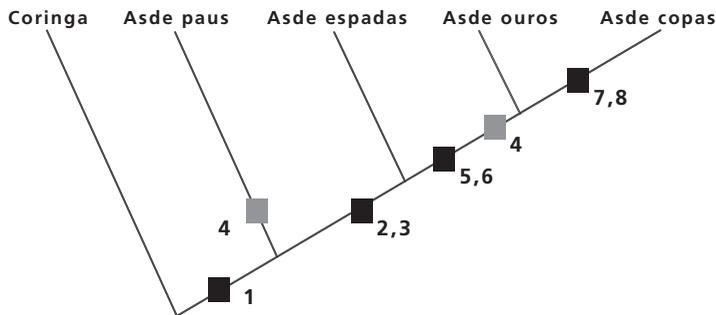


– O agrupamento (*A. espadas*, *A. copas*, *A. ouros*) é sustentado pelo estado “1” dos caracteres 2 e 3.

– O agrupamento (*A. espadas*, *A. paus*) é sustentado pelo estado “1” dos caracteres 5 e 6.

Táxon / Caracteres	1	2	3	4	5	6	7	8
ASDE COPAS	1	1	1	1	1	1	1	1
ASDE OUROS	1	1	1	1	1	1	0	0
ASDE ESPADAS	1	1	1	0	0	0	0	0
ASDE PAUS	1	0	0	1	0	0	0	0
CORINGA PERTO	0	0	0	0	0	0	0	0

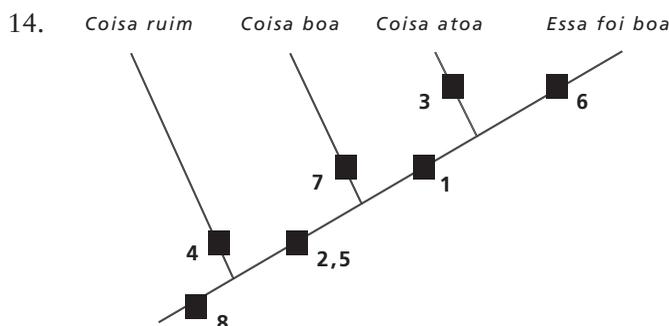
11. Cladograma mais parcimonioso.



12. Esses caracteres contam histórias evolutivas diferentes. Os caracteres 2 e 3 indicam o parentesco entre os táxons *As de copas*, *As de ouros*, *As de espadas*, enquanto o caráter 4 indica o parentesco entre os táxons *As de copas*, *As de ouros*, *As de paus*. Segundo o princípio da parcimônia, deve-se aceitar a hipótese mais curta, isto é, a que necessite de menos passos para explicá-la. Dessa forma, devemos aceitar a hipótese que apresenta apenas uma homoplasia em detrimento da hipótese que apresenta duas homoplasias.

13. Segundo a hipótese apresentada, o gênero *Cybister* não forma um táxon monofilético. Dessa forma, para que sejam considerados apenas táxons monofiléticos deve-se:

- sinonimizar o gênero *Hyderodes* com o gênero *Cybister* que tem prioridade sobre o primeiro;
- realizar a nova combinação. Desta forma a espécie descrita originalmente como *Hyderodes rufus* passa a ser denominada como *Cybister rufus*. Então, o gênero *Cybister* passa a ser composto pelas espécies *C. australis*, *C. fallax*, *C. rufus* e *C. russeli*.



15. Segundo a análise acima, o gênero *Coisa* não forma um táxon monofilético. Dessa forma, para que sejam considerados apenas táxons monofiléticos deve-se:

- sinonimizar o gênero *Essa* com o gênero *Coisa* e, conseqüentemente, realizar uma nova combinação para a espécie *Essa foi boa*. Então, passa-se a ter o gênero *Coisa* composto pelas espécies *C. ruim*, *C. boa*, *C. atoa* e *C. foi boa*; ou
- manter o gênero *Essa* com a espécie *E. foi boa*, o gênero *Coisa* com uma única espécie (a descrita primeiro) e criar dois novos gêneros, um para cada uma das espécies alocadas anteriormente no gênero *Coisa*. É necessário, também, promover uma nova combinação para essas duas espécies. Em termos nomenclatórios, é mais coerente adotar-se a primeira opção, uma vez que, embora correta, a segunda formará vários gêneros monotípicos (gêneros formados por uma única espécie).

16. O táxon Vermes reunia animais de aspecto vermiforme ou hábito parasita, sendo estas as únicas características utilizadas para sustentá-lo. Atualmente, é sabido que o aspecto vermiforme e que o hábito parasita surgiram, inúmeras vezes e em linhagens distintas, a partir de ancestrais de vida livre. Desta forma, representam homoplasias e não devem ser utilizadas para a formação de um táxon. Se forem utilizadas, formarão táxons polifiléticos.

17. O táxon Invertebrata foi criado para agrupar os filos de animais que não possuem coluna vertebral, sendo esta a única característica utilizada para sustentá-lo. A ausência de coluna vertebral corresponde a uma plesiomorfia e, portanto, não deve ser utilizada para a formação de um táxon.

18. O táxon “Pisces” representa um grupo parafilético, uma vez que não apresenta um ancestral comum exclusivo dele. Os tetrápodes também são descendentes do mesmo ancestral que deu origem a todos os peixes. Assim, os táxons válidos de vertebrados com mandíbulas são: Chondrichthyes (peixes cartilagosos), os Actinopterygii (peixes ósseos com nadadeiras raiadas) e Sarcopterygii (peixes ósseos com nadadeiras carnosas e tetrápodes).

19. É o local onde as espécies se originam e a partir do qual se dispersam.

20. As primeiras referências de centro de origem e dispersão dos organismos aparecem nos mitos bíblicos do Jardim do Éden, do Dilúvio de Noé e da Torre de Babel.

21. A distribuição atual dos organismos pode ser explicada por causas históricas, tais como: surgimento de barreiras, junção, especiação e relações filogenéticas; e causas ecológicas, tais como: dispersão, condições físico-químicas do meio e suas interações bióticas (tolerância e adequação ao meio) e interações intra e interespecíficas.

22. É possível explicar tal distribuição através da vicariância. Uma vez que as espécies *Tal pessoa* e *Qual criatura* descendem de um único ancestral, a distribuição atual delas deve corresponder à distribuição de sua espécie ancestral. Como a América do Sul e a África foram formadas a partir da separação da Gondwana, então, a espécie ancestral deveria se distribuir pela Gondwana. Com fragmentação da Gondwana, uma parte da espécie ancestral ficou na placa da América do Sul, formando a espécie-filha *Tal pessoa*, e a outra parte ficou na placa da África, originando a espécie-filha *Qual criatura*.

Introdução à Zoologia

Referências

Aula 2

Foto. Charles Robert Darwin (1809 -1892)

FOTO NA PÁGINA 1 do livro: FUTUYMA, Douglas J. *Biologia evolutiva*. 2.ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 631 p.

Foto. Alfred Russel Wallace (1823-1913)

FOTO NA PÁGINA 5 do livro: FUTUYMA, Douglas J. *Biologia evolutiva*. 2.ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 631 p.

Foto. Willi Hennig (1913 -1976)

FOTO EM: KLUGE, Arnold G.; HENNIG, Bernd . *Willi Hennig*. Disponível em: <http://www.cladistics.org/about/hennig.html>. Acesso em: 04 fev. 2003. (segunda foto)

Foto. Ernst Mayr

FOTO NA PÁGINA 11 do livro: FUTUYMA, Douglas J. *Biologia evolutiva*. 2.ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 631 p.

Legenda: BRUSCA, G.; BRUSCA, R. *Invertebrates*. Massachusetts: Sinauer, 1991. 922 p.

Aula 7

AMORIM, D. de S. *Fundamentos de taxonomia filogenética*. Ribeirão Preto: Holos, 2002. 154 p.

Aula 9

MAYR, E. *Principles of systematic zoology*. New York: McGraw-Hill, 1969. p. 316.

Aula 10

PAPAVERO, N. *Fundamentos práticos de taxonomia zoológica: coleções, bibliografia, nomenclatura*. 2.ed. São Paulo: Ed. Unesp, 1994.

Aula 11

AMORIM, D.S. *Elementos básicos de sistemática filogenética*. 2.ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Entomologia, 1997.

Aula 12

PAPAVERO, N.; TEIXEIRA, D.M.; LLORENTE-BOUSQUETS, J. *História da biogeografia no período pré-evolutivo*. São Paulo: Plêiade/FAPESP, 1997. 258 p.

Serviço gráfico realizado em parceria com a Fundação Santa Cabrini por intermédio do gerenciamento laborativo e educacional da mão-de-obra de apenados do sistema prisional do Estado do Rio de Janeiro.



Maiores informações: www.santacabrini.rj.gov.br

ISBN 85-7648-059-X



UENF
Universidade Estadual
do Norte Fluminense



Universidade Federal Fluminense

uff



UNIRIO



**FUNDAÇÃO
SANTA CABRINI**
Provedora de acesso à Cidadania



FAPERJ

Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro



**GOVERNO DO
Rio de Janeiro**

SECRETARIA DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA



**UNIVERSIDADE
ABERTA DO BRASIL**

Ministério
da Educação



BRASIL
UM PAÍS DE TODOS
GOVERNO FEDERAL