

Ciências Biológicas

Zoologia dos Cordados

Maria Goretti Araujo de Lima



Geografia



História



Educação Física



Química



Ciências Biológicas



Artes Plásticas



Computação



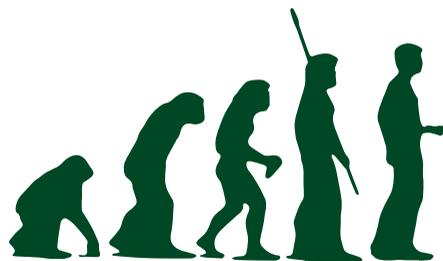
Física



Matemática



Pedagogia



Ciências Biológicas

Zoologia dos Cordados

Maria Goretti Araujo de Lima

2ª edição
Fortaleza - Ceará



2015



Geografia



História



Educação
Física



Química



Ciências
Biológicas



Artes
Plásticas



Computação



Física



Matemática



Pedagogia

Copyright © 2015. Todos os direitos reservados desta edição à UAB/UECE. Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada, por qualquer meio eletrônico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito, dos autores.

Editora Filiada à



Presidenta da República

Dilma Vana Rousseff

Ministro da Educação

Renato Janine Ribeiro

Presidente da CAPES

Carlos Afonso Nobre

Diretor de Educação a Distância da CAPES

Jean Marc Georges Mutzig

Governador do Estado do Ceará

Camilo Sobreira de Santana

Reitor da Universidade Estadual do Ceará

José Jackson Coelho Sampaio

Vice-Reitor

Hidelbrando dos Santos Soares

Pró-Reitora de Graduação

Marcília Chagas Barreto

Coordenador da SATE e UAB/UECE

Francisco Fábio Castelo Branco

Coordenadora Adjunta UAB/UECE

Eloísa Maia Vidal

Direção do CCS/UECE

Glaúcia Posso Lima

Coordenadora da Licenciatura em Ciências Biológicas

Germana Costa Paixão

Coordenadora de Tutoria e Docência em Ciências Biológicas

Roselita Maria de Souza Mendes

Editor da EdUECE

Erasmus Miessa Ruiz

Coordenadora Editorial

Rocylânia Isídio de Oliveira

Projeto Gráfico e Capa

Roberto Santos

Diagramador

Marcus Lafaiete da Silva Melo

Revisora Ortográfica

Eleonora Figueiredo Correia Lucas de Moraes

Conselho Editorial

Antônio Luciano Pontes

Eduardo Diatary Bezerra de Menezes

Emanuel Ângelo da Rocha Fragoso

Francisco Horácio da Silva Frota

Francisco Josênio Camelo Parente

Gisafran Nazareno Mota Jucá

José Ferreira Nunes

Liduína Farias Almeida da Costa

Lucili Grangeiro Cortez

Luiz Cruz Lima

Manfredo Ramos

Marcelo Gurgei Carlos da Silva

Marcony Silva Cunha

Maria do Socorro Ferreira Osterne

Maria Salette Bessa Jorge

Sílvia Maria Nóbrega-Therrien

Conselho Consultivo

Antônio Torres Montenegro (UFPE)

Eliane P. Zamith Brito (FGV)

Homero Santiago (USP)

Ieda Maria Alves (USP)

Manuel Domingos Neto (UFF)

Maria do Socorro Silva Aragão (UFC)

Maria Lírida Callou de Araújo e Mendonça (UNIFOR)

Pierre Salama (Universidade de Paris VIII)

Romeu Gomes (FIOCRUZ)

Túlio Batista Franco (UFF)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Sistema de Bibliotecas

Biblioteca Central Prof. Antônio Martins Filho

Francisco Welton Silva Rios – CRB-3 / 919

Bibliotecário

L732z Lima, Maria Goretti Araujo de.
Zoologia dos cordados / Maria Goretti Araujo de Lima . – 2. ed.
– Fortaleza : EdUECE, 2015.
202 p. : il. ; 20,0cm x 25,5cm. (Ciências Biológicas)
Inclui bibliografia.
ISBN: 978-85-7826-345-4
1. Zoologia. 2. Zoologia – Invertebrados e vertebrados. 3. Cordados.
4. Tetrápodes. 5. Amniotas. I. Título.

CDD 591

Editora da Universidade Estadual do Ceará – EdUECE
Av. Dr. Silas Munguba, 1700 – Campus do Itaperi – Reitoria – Fortaleza – Ceará
CEP: 60714-903 – Fone: (85) 3101-9893
Internet: www.uece.br – E-mail: eduece@uece.br
Secretaria de Apoio às Tecnologias Educacionais
Fone: (85) 3101-9962

Sumário

Apresentação	5
Capítulo 1 – O grupo dos Cordados.....	7
1. Filo <i>Chordata</i>	9
1.1. Caracterização	9
1.2. Classificação.....	10
Capítulo 2 – Cordados invertebrados	15
2. Subfilos <i>Urochordata</i> e <i>Cephalochordata</i>	17
2.1. Subfilo <i>Urochordata</i>	17
2.2. Subfilo <i>Cephalochordata</i>	27
2.3. Considerações Filogenéticas.....	31
Capítulo 3 – Os primeiros Cordados vertebrados	39
3. Peixes.....	41
3.1. A origem dos peixes.....	42
3.2. Classes.....	44
3.3. Superclasse <i>Gnathostomata</i>	49
3.4. Respiração branquial.....	72
3.5. Peixes peçonhentos do Brasil	73
Capítulo 4 – Os primeiros tetrápodes	79
1. Surgimento e irradiação dos tetrápodes.....	81
1.1. Irradiação dos tetrápodes.....	83
2. Classe Anfíbia.....	83
2.1. Caracterização.....	85
2.2. Ordens	86
2.3. Tegumento e coloração	92
2.4. Sistema muscular e esquelético	94
2.5. Respiração e vocalização	95
2.6. Sistema circulatório.....	97
2.7. Sistema nervoso e órgãos do sentido	98
2.8. Controle comportamental da perda de água	99
2.9. Importância Ecológica dos Anfíbios.....	99
2.10. Anfíbios no Brasil.....	102
Capítulo 5 – Os amniotas	107
6. Classe reptilia	109
6.1. Caracterização.....	110
6.2. Ordens reptilianas	112
6.3. Sistema locomotor dos répteis	125

6.4. Sistema circulatório.....	127
6.5. Sistema respiratório.....	128
6.6. Sistema urinário dos répteis.....	129
6.7. Autotomia caudal.....	129
2. Répteis da caatinga.....	131
2.1. Serpentes.....	131
2.2. Lagartos.....	133
2.3. Anfisbênias.....	138
3. Classe Ave.....	139
3.1. A origem das aves.....	139
3.2. Caracterização.....	141
3.3. Superordens.....	142
3.4. O surgimento da endotermia.....	146
3.5. O vôo.....	146
3.6. Esqueleto.....	147
3.7. Sistema muscular.....	148
3.8. Alimentação e sistema digestivo.....	149
3.9. Sistema circulatório.....	151
3.10. Sistema respiratório.....	151
3.11. Sistema excretor.....	153
3.12. Sistema nervoso e sensorial.....	154
3.13. Reprodução e comportamento social.....	155
3.14. Migração das aves.....	157
3.15. Importância biológica.....	160
3.16. Extinção.....	163
3.17. Principais doenças.....	164
4. Origem e irradiação dos mamíferos.....	167
5. Classe Mammalia.....	173
5.1. Caracterização.....	170
5.2. Subclasses.....	170
5.3. Adaptações estruturais e funcionais dos mamíferos.....	173
5.4. Padrões reprodutivos.....	184
5.5. Mamíferos aquáticos.....	186
5.6. Origem dos marsupiais.....	190
5.7. Ordem Primates.....	192

Apresentação

Os cordados são o grupo mais próximo aos seres humanos; eles estão presentes no nosso dia a dia, pois muitas vezes são a nossa alimentação, nosso bichinho de estimação, a maioria dos animais encontrados nos zoológicos ou até mesmo podem causar acidentes de envenenamento ao homem.

Este livro tem como foco o estudo dos grupos do *Filo Chordata*: *Urochordatos*, *Cephalocordatos* e *Vertebrata*, divididos em capítulos de abordagem fácil e integrada.

Logo no primeiro capítulo, apresentamos as características gerais do grupo dos cordados e seus principais representantes, abordando um pouco as relações filogenéticas. No segundo capítulo, tratamos dos cordados invertebrados, que são poucos conhecidos, e irá ajudar a desfazer o mito de que todo o cordado é vertebrado.

O terceiro capítulo está composto dos primeiros vertebrados (peixes), um grupo muito diversificado e importante economicamente. Nesse grupo o aluno encontrará os vertebrados acraniatas e os craniatas. Já o quarto capítulo traz os primeiros tetrápodes (anfíbios), grupo que desenvolveu apêndices locomotores e começou a se irradiar sobre o ambiente terrestre, possibilitando o surgimento dos demais tetrápodes.

Finalmente, o quinto capítulo aborda os amniotas (répteis, aves e mamíferos), grupo que dominou definitivamente o ambiente terrestre graças ao desenvolvimento do ovo amniótico.

É essencial que o aluno faça as atividades propostas para a melhor fixação do conteúdo e expansão do conhecimento, pois o livro é apenas uma ferramenta em sua aprendizagem.

Esperamos que ao final o aluno possa identificar, caracterizar os representantes do *Filo Chordata* e compreender suas relações filogenéticas, bem como ter um olhar diferenciado sobre esse grupo que é tão próximo de nós, seres humanos, afinal, também fazemos parte desse grupo.

A autora

Capítulo

1

O grupo dos Cordados

Objetivos

- Apresentar o Filo *Chordata* e caracterizá-lo.
- Listar os principais representantes.
- Evidenciar as relações filogenéticas entre os grupos de cordados.
- Indicar ferramentas utilizadas para identificação de material vegetal.

1. Filo *Chordata*

1.1. Caracterização

Os cordados formam um filo bastante diversificado, representado em todos os tipos de ecossistemas. Trata-se de um grupo monofilético e inclui tanto animais com vértebras como um grupo de invertebrados denominados de protocordados.

O Filo *Chordata* (do grego *chorda*, cordão) é o maior filo e ecologicamente o mais significativo da linha deuterostômica de evolução. Eles compartilham características com muitos animais invertebrados, quanto ao plano estrutural, tais como simetria bilateral, eixo antero posterior, metamerismo e cefalização. O grupo abrange animais adaptados para a vida na água, na terra e no ar.

Todos os cordados são celomados, deuterostômicos e, em geral, bilateralmente simétricos. Apresentam durante o desenvolvimento embrionário 4 características fundamentais: tubo nervoso dorsal, notocorda, fendas faringianas e cauda pós-anal (Figura 1).

A **notocorda** é uma haste bastante rígida de cartilagem que se estende ao longo interior do corpo. Entre os subgrupos de vertebrados cordados, a corda dorsal se desenvolve nas vértebras, o que ajuda as espécies totalmente aquáticas a nadarem flexionando a cauda.

O **tubo nervoso dorsal** nos vertebrados se desenvolve na medula espinhal, o tronco principal da comunicação do sistema nervoso. Em alguns cordados, se reduz apenas a um gânglio nervoso durante o desenvolvimento.

As **fendas faringianas** podem persistir ou não durante a vida adulta. Em peixes, as fendas são modificadas para formar a brânquia. Em outros cordados, fazem parte de um sistema de alimentação por filtração que extrai partículas de alimento da água em que vivem.

A **cauda pós-anal** muscular se estende para trás, logo após o ânus.

A maioria dos cordados apresenta um endoesqueleto cartilaginoso ou ósseo que permite crescimento contínuo, sem muda e a obtenção de um

grande tamanho corpóreo, proporcionando uma estrutura eficiente para a fixação dos músculos segmentares dispostos em um tronco não segmentado.

Apresentam também um coração ventral, com vasos sanguíneos, dorsal e ventral e sistema circulatório fechado.

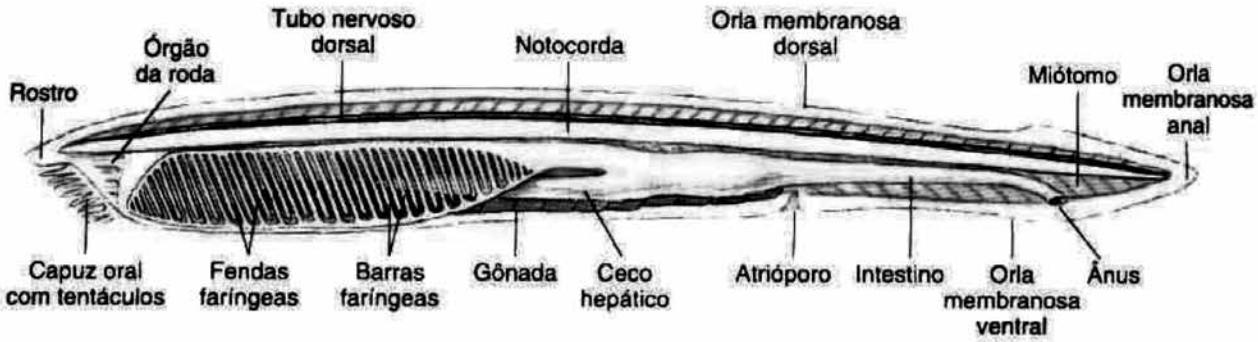


Figura 1 – Estruturas exclusivas de cordados presentes em anfioxo.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004).

Embora os cordados sejam basicamente animais de simetria bilateral, eles também compartilham um tipo adicional de assimetria da esquerda para a direita que é determinado pelo mesmo mecanismo genético.

Saiba mais



A origem dos cordados

Pough, F. H.; Janis, C. M.; Heiser, J. B.

Aos cordados (gr. chorda = cordão) pertence uma enorme variedade de organismos, sendo este o terceiro filo animal em número de espécies, com cerca de 54.390 representantes, e embora correspondam cerca de 5% do reino animal. Este é o maior e o ecologicamente diversificado filo da linha deuterostômica. Falta somar os protocordados

Não foram encontrados fósseis de cordados no Câmbrio, altura em que os restos animais se tornam comuns, pelo que se pensa que os primeiros animais deste grupo seriam de corpo mole, pouco adequados a uma boa preservação. Os primeiros vertebrados são peixes do Silúrico e Ordovícico, após o que os vertebrados se tornaram comuns e frequentemente dominantes no registo fóssil. Os anfíbios surgem no Devónico e floresceram no Carbonífero, surgindo as salamandras no Jurássico. Répteis surgem no Pérmico e expandem-se grandemente na era Mesozóica, tendo-se extinguido na sua maioria no fim do Cretáceo. As aves e mamíferos surgiram no Jurássico e Triássico, respectivamente, a partir de répteis, tendo-se diferenciado no início do período Terciário.

Tal como outros filões bem sucedidos, como os moluscos ou os artrópodes, ocorre em todos os habitats, marinho, água doce e terrestre, e inclui todos os grandes animais atualmente presentes na Terra (talvez excluindo os cefalópodes), pelo que o homem está muito bem familiarizado com ele.

Devido ao tipo de animais que os cordados são e pelo próprio Homem nele se incluir, foi alvo de interesse desproporcionado dos zoólogos durante muito tempo, sendo provavelmente o filo mais conhecido deste reino. No entanto, esta especulação não permitiu esclarecer rapidamente a origem dos cordados, devido á enorme diferença morfológica entre estes e os restantes filios de invertebrados, bem como, a completa ausência de formas fósseis intermédias.

Fonte: www.turmag.blogspot.com/2010/07/filo-chordata.html

1.2. Classificação

Neste livro priorizamos a classificação cladística, embora, em alguns momentos, seja inevitável usar a classificação linéaria. A separação mais usual para os cordados é *Protochordata* (*Urochordata* e *Cephalochordata*) de *Vertebrata*. Os protocordados não possuem cabeça diferenciada nem coluna vertebral, sendo por isso chamados de cordados invertebrados e muitas vezes denominado *Acraniata*.

Existe aproximadamente 55 mil espécies de cordados catalogadas, distribuídas em três subfilos: *Urochordata*, *Cephalochordata* e *Vertebrata*. A classe dos vertebrados é a mais diversificada, reunindo cerca de 98% das espécies do filo (Figura 2).

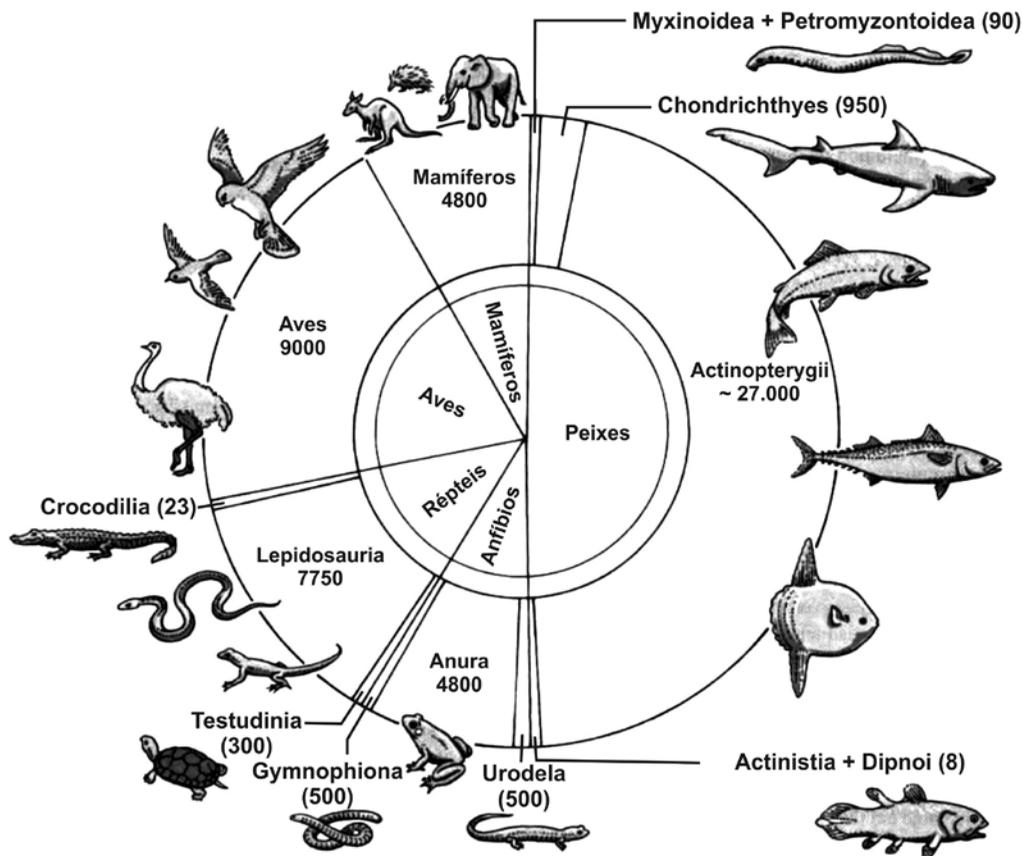


Figura 2 – Quantidade de espécies na Classe Vertebrata.

Fonte: Pough; Heiser; McFarland (2008).

Os tunicados (subfilo *Urochordata*) e os cefalocordados (subfilo *Cephalochordata*) são classificados juntos com os vertebrados no filo *Chordata*, pois compartilham caracteres derivados.

Os urocordados e os cefalocordados constituem os cordados primitivos e são, geralmente, reunidos sob a denominação de protocordados (do grego protos, primeiro, primitivo). Não possuem vértebras, sendo também chamados de cordados invertebrados. Como a parte anterior de seu tubo nervoso não se diferencia no encéfalo e na caixa craniana, são denominados ainda de “cordados acrânios”.

Os cordados vertebrados constituem o subfilo mais expressivo dos *Chordata*. Sua principal característica é apresentar coluna vertebral e caixa craniana, estruturas esqueléticas que envolvem e protegem o sistema nervoso central. São também chamados de craniados, pois possuem crânio e encéfalo.

Os cordados possuem muitas características em comum com alguns animais invertebrados sem notocorda, tais como: simetria bilateral, celoma, metamerismo e cefalização. Contudo, a exata posição filogenética dos cordados no reino animal é incerta. Tem sido propostas duas possíveis linhagens de descendências. As especulações iniciais centralizam-se no grupo de invertebrados artrópodo-anelídeo-molusco (ramo de protostomia).

Atualmente, acredita-se que apenas os membros dos agrupamentos hemicordado-equinoderme (ramo de Deuterostomia) merecem considerações como um grupo irmão de cordados, já que compartilham com outros grupos de deuterostômios muitas características importantes como: clivagem, ânus derivado da 1ª abertura embrionária (blástoporo), boca derivada de uma abertura de origem secundária, além do celoma formado, primitivamente, pela fusão de bolsas enterocélicas (exceto em vertebrados nos quais o celoma é esquizocélico). Todas essas características em comum indicam uma unidade natural entre os Deuterostômios.

O parentesco entre cordados e equinodermos não está completamente compreendido. Ambos são ligados como deuterostômios por diversos aspectos embriológicos peculiares, como a maneira pela qual seus ovos se dividem após a fertilização, a forma de suas larvas e alguns outros aspectos. De uma forma geral, existe maior unidade estrutural em todos.

Ecologicamente, os cordados estão entre os organismos mais facilmente adaptáveis e capazes de ocupar a maioria dos habitats; provavelmente ilustrem melhor do que qualquer outro grupo animal, os processos evolutivos básicos de novas estruturas, estratégicas e irradiação adaptativa.

Síntese da Capítulo



O filo *Chordata* é grande e diversificado composto de animais marinhos, dulcícolas e terrestres, que inclui os protocordados como as ascídias, taliáceas e cefalocordados e os vertebrados representados pelos peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

Todos possuem uma notocorda dorsal, semelhante a uma haste, cordão nervoso dorsal, fendas faríngeas e cauda pós-anal, pelo menos em alguma fase de sua vida (algumas dessas características são encontradas apenas nos estágios embrionários de alguns cordados). São animais de simetria bilateral, triblásticos, enterocelomados e deuterostômios e compreendem três subfilos: *Urochordata* (ou Tunicata), *Cephalochordata* e *Vertebrata* (ou *Craniata*).

Atividades de avaliação



1. Pesquise sobre as eras geológicas do planeta terra.
2. Pesquise sobre a classificação cladística e a classificação lineriana dos cordados.
3. Quais características são encontradas em todos os cordados, ainda que apenas em uma fase de sua vida?

Leituras, filmes e sites



Sites

<http://zoo.bio.ufpr.br/ascidia/rochadeuterostomia2006.pdf>

Referências



BRUSCA, R. C., BRUSCA, G. J. **Invertebrados**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 1.029 p.

HICKMAN, C. P. H. J.; ROBERTS, L. R.; LARSON, A. **Princípios integrados de zoologia**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 846 p.

RUPPEL, E.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**. São Paulo: Roca, 1996. 968 p.

STORER, T. J.; USSINGER, R. L. **Zoologia geral**. São Paulo: Nacional, 1995. 757 p.

Capítulo

2

Cordados invertebrados

Objetivos

- Apresentar as características gerais dos Urochordatos e Cephalocordatos.
- Descrever a organização morfológica e aspectos reprodutivos.
- Mostrar as relações filogenéticas.

2. Subfilos *Urochordata* e *Cephalochordata*

2.1. Subfilo *Urochordata*

Caracterização

O subfilo *Urochordata* inclui os urocordados¹ (gr. *oura* = cauda + *chorda* = cordão) ou tunicados. O termo “tunicados” deriva do fato de apresentarem uma **túnica**, por vezes espessa, formada de substância quimicamente semelhante à **celulose, a tunicina**. São cordados² que possuem notocorda na região caudal das larvas.

Abrangem três classes: a *Ascidiacea*, que contém a maioria das espécies que se apresentam sempre fixas, quando adulta, a um substrato, e as classes *Thaliacea* e *Larvacea*, que são adaptadas a uma existência planctônica.

Todos os tunicados³ são recobertos pela túnica secretada pela epiderme, formada por fibras proteicas, fibras de mucopolissacarídeo semelhante à celulose e por uma matriz com células e lacunas sanguíneas. Dependendo da quantidade dos constituintes da túnica, ela pode ser muito fina, delicada, gelatinosa ou bastante resistente e coriácea.

O termo *urochordata* deve-se ao fato de a notocorda estar presente em todo o ciclo biológico dos larváceos, exceto nas ascídias e nas taliáceos que o apresentam nas formas juvenis. Não existe nenhum tipo de estrutura excretora, o que limita a regulação osmótica e restringe os animais ao ambiente marinho. A excreção de amônia é feita por difusão pela parede do corpo, mas outros produtos nitrogenados podem acumular-se tanto em vesículas internas como na túnica, na forma de cristais não tóxicos.

Esses animais reproduzem-se assexuadamente por gemiparidade e sexuadamente, ocorrendo a fecundação na água, sendo geralmente hermafroditas.

¹Nos urocordados o sistema circulatório é pouco desenvolvido especialmente nos taliáceos e larváceos.

²Cordados invertebrados
• No mundo: aproximadamente 2.000 espécies.
• No Brasil: 150 espécies.

³Os tunicatas não possuem celoma. A cavidade do corpo foi perdida concomitantemente, com a evolução de uma câmara chamada âtrio ou câmara de água cloacal que funciona na filtração.

Classe *Ascidiacea*

A classe *Ascidiacea* inclui animais marinhos bentônicos, com hábito sésil, filtrador, amplamente distribuídos nos oceanos e abundantes em ambientes de substrato consolidado como rochas, esqueletos de corais, colunas de portos e cascos de embarcações. No Brasil, foram registradas cerca de 90, sendo 38 no Estado do Ceará.

As ascídias podem ser solitárias, também chamadas de ascídias simples, ou coloniais. As ascídias solitárias apresentam uma cesta branquial (faringea) que compreende grande parte do animal. Nas ascídias coloniais, cada zoóide representa um indivíduo, e estes podem estar envolvidos por uma túnica comum ou individualizados unidos em sua base pelo estolão (Figura 3).

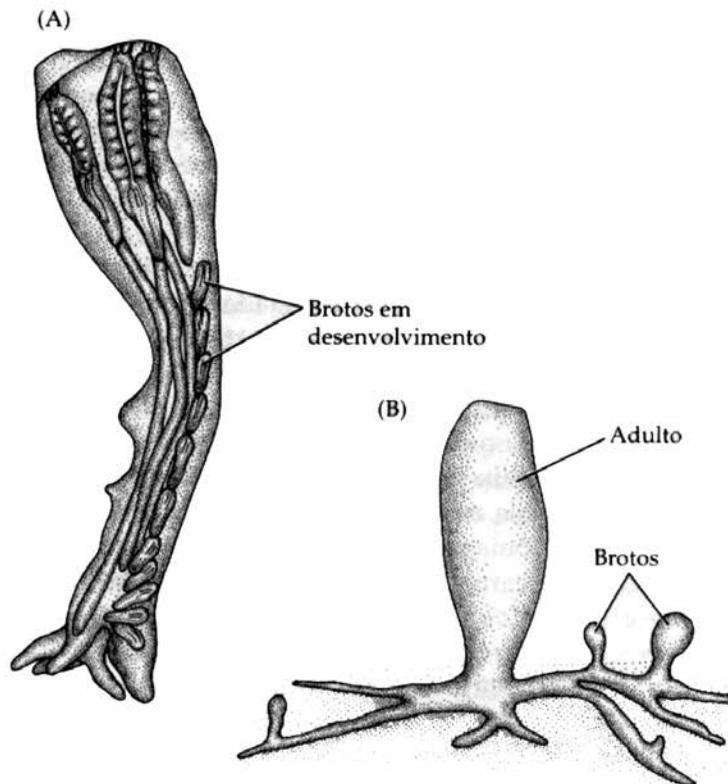


Figura 3 – Ascídias coloniais ligadas por estolão.

Fonte: Brusca e Brusca, 2007.

Como todos os tunicados, as ascídias são recobertas por uma túnica que varia em espessura e em consistência. Alimentam-se por filtração através de uma larga faringe perfurada por fendas, a qual é revestida por uma rede de muco produzido pelo endóstilo. A água entra na cesta faríngea pelo sifão branquial ou inalante, trazendo partículas que ficam retidas na rede mucosa e se-

guem pela lâmina dorsal como um cordão alimentar até o esôfago. O alimento passa para o estômago e intestino e chega ao reto para ser exalado pelo sifão atrial ou exalante como pelotas fecais. Trocas gasosas também ocorrem com a passagem da água pela cesta branquial (Figura 4).

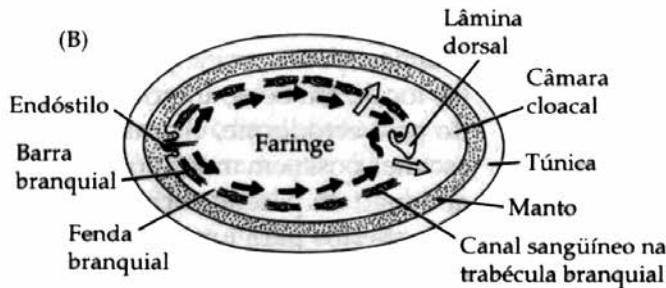


Figura 4 – Corte transversal em ascídia, mostrando o percurso da água em seu interior.

Fonte: Brusca e Brusca(2007)

As ascídias são hermafroditas e geralmente possuem gônadas (testículo e ovário) próximas à alça intestinal. A fecundação ocorre externamente, onde gonodutos têm a função de conduzir os gametas para serem liberados pelo sifão atrial. Possuem um ciclo de vida indireto, e suas larvas apresentam-se em forma girinóide livre nadante (Figura 4).

⁴Atrioporo: abertura da cavidade atrial dos anfióxos localizada ventral mente através da qual a água utilizada na filtração do alimento é eliminada do corpo.

⁵Cavidade atrial: espaço entre a faringe e a parede do corpo nos tunicados e cefalocordados no qual se acumula a água que passa pelas fendas da faringe antes de ser eliminada.

Ceco pilórico: expansão da região pilórica do estômago.

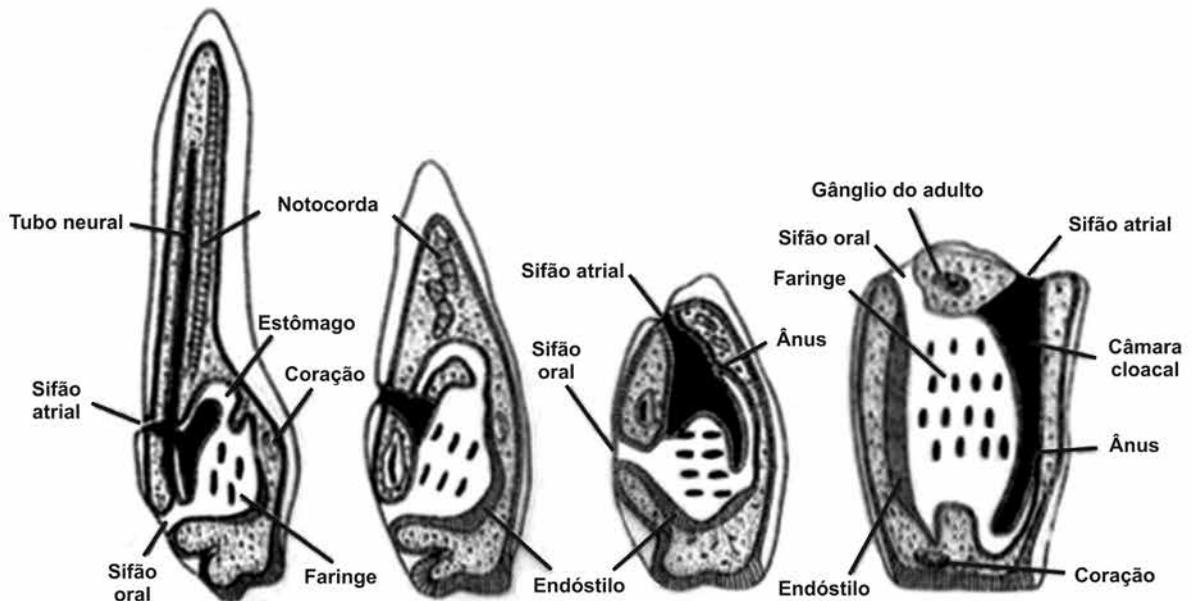


Figura 4 – Metamorfose em ascídias.

Fonte: <http://www.biog1105-1106.org/labs/deuts/urochordata.html>

Nas ascídias simples, ou solitárias, a fecundação é externa, enquanto nas espécies coloniais, a fecundação é interna, ocorrendo no interior da cavidade atrial comum onde os embriões passam uma parte de seu desenvolvimento até a fase larval.

A vida livre da larva, cujo corpo se assemelha a um girino (Figura 2.4) é muito breve (no máximo, alguns dias), permitindo, no entanto, uma pequena dispersão da espécie antes da metamorfose que a transformará para sempre em animal sedentário.

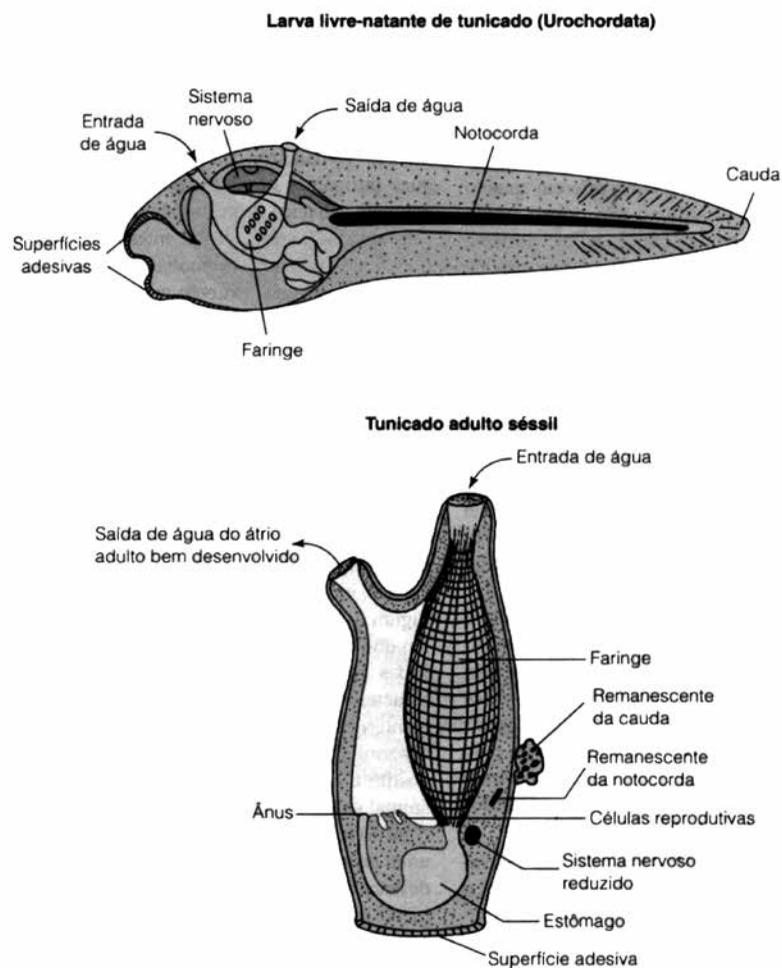


Figura 6 – Diferença entre uma larva e um adulto de ascídia.

Fonte: Pough; Heiser; McFarland (2008)

O sistema circulatório consiste de um coração ventral tubular e dois grandes vasos sanguíneos que se estendem anterior e posteriormente, abrindo-se em espaços em torno dos órgãos internos. O batimento cardíaco é feito por ações peristálticas, e a direção desse movimento é revertida periodicamente.

mente. Assim, o coração dirige o fluxo sanguíneo em uma direção, depois interrompe esse fluxo por pequeno instante, reverte sua ação e segue em direção oposta (Figura 7).

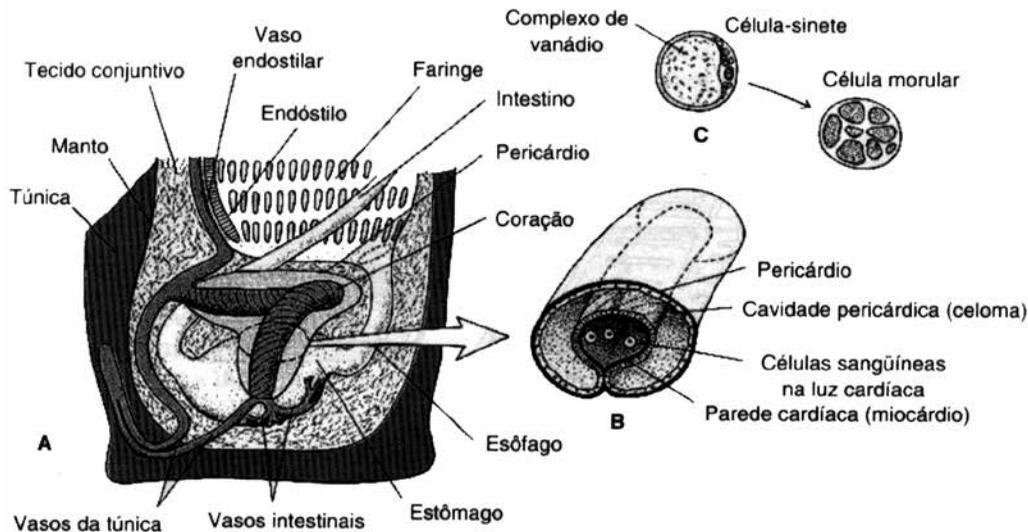


Figura 7 – Sistema sanguíneo – vascular das ascídias (A) o coração e os vasos sanguíneos (B) corte.

Fonte: Ruppert e Barnes (1996).

A fisiologia e a função sanguínea das ascídias são temas bastante especulativos. Elas acumulam altas concentrações de vanádio e de ferro no sangue. Algumas evidências sugerem que a presença de altos níveis de vanádio sanguíneo intimidam predadores em potencial. O sangue desses animais também possui uma grande variedade de hormônios e de células, inclusive amebócitos que funcionam no transporte de nutrientes, na deposição da túnica e no acúmulo de resíduos metabólicos.

O sistema nervoso é muito reduzido e reflete seus estilos de vida relativamente inativos, sésseis ou planctônicos flutuantes. Um pequeno gânglio cerebral situa-se dorsalmente à extremidade anterior da faringe, originando poucos nervos para várias partes do corpo, especialmente músculos e áreas dos sifões. Um tubo nervoso dorsal bem desenvolvido está presente na cauda das larvas dos tunicados, porém é perdida durante a metamorfose, exceto nos larváceos.

A maioria possui uma glândula neural localizada entre o gânglio cerebral e a porção anterior dorsal da faringe, cuja função é desconhecida. Alguns pesquisadores sugeriram que essa glândula pode ser precursora da glândula pituitária dos vertebrados. Por fim, esses animais possuem receptores sensoriais pouco desenvolvidos, com prevalência de neurônios sensoriais tácteis em torno de sifões.

2.1.3. Classe *Thaliacea*

Compreende três ordens: Pyrosamida, Doliolida e Salpida. Os membros da ordem Pyrosamida são considerados os taliáceos mais primitivos e os que lembram seus presumíveis ancestrais ascidiáceos. Os pirossomas são colônias de zooides diminutos semelhantes a ascídias, imersos em uma matriz gelatinosa densa e organizada em torno de uma câmara tubular central, denominada cloaca comum (Figura 8A).

A cloaca recebe água exalante, conduzida dos sífões atriais de todos os zooides, a qual sai em seguida através de uma única abertura grande, propelindo lentamente a colônia cilíndrica através da água. Como nas ascídias, o movimento da água nos pirossomas é gerado pela ação ciliar de zooides individuais.

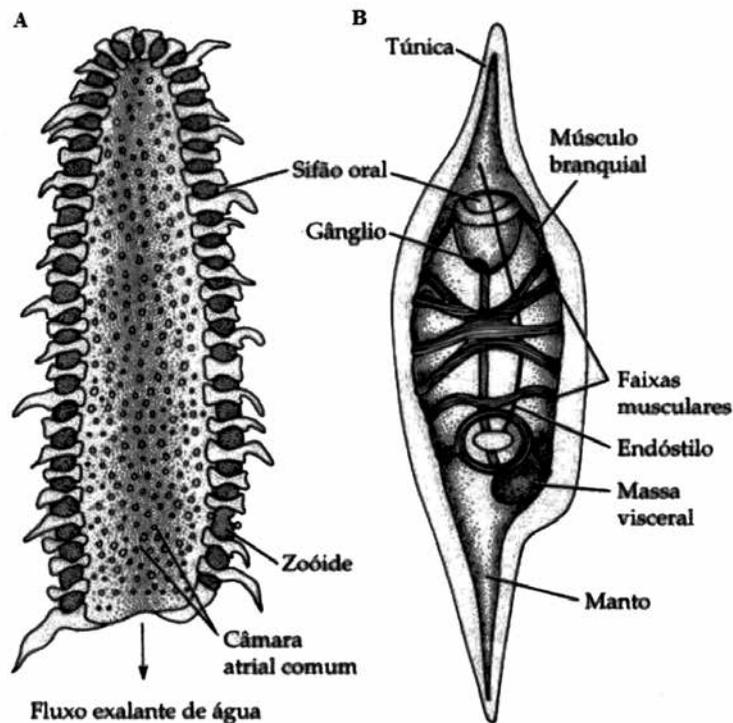


Figura 8 – A. Taliáceo Pyrosomida B. Salpida

Fonte: Ruppert e Barnes (1996)

As ordens Doliolida e Salpida (Figura 8B) incluem taliáceos que alternam entre formas sexuadas solitárias e estágios assexuados coloniais. Os doliólidos, em geral, são pequenos, com menos de 1 cm de comprimento, enquanto as salpas solitárias podem ter 15 cm a 20 cm de comprimento e algumas formas coloniais semelhantes à cadeia com vários metros de extensão. Os membros dessas duas ordens movimentam água através de seus corpos, mas se propõem parcialmente (salpas) ou totalmente (doliólido) por ação muscular.

Os taliáceos são organismos predominantemente de águas quentes, embora certas espécies sejam encontradas em mares temperados ou polares. Compreendem aproximadamente 40 espécies, das quais 27 foram registradas no Brasil. Eles são particularmente abundantes sobre plataforma continental, capturados com frequência em águas superficiais ou vistos encailhados em praias arenosas levados pelas ondas de tempestades. Alguns foram registrados em profundidade de até 1500 metros.

O corpo cilíndrico é tipicamente circundado por faixas musculares, com sífões inalantes e exalantes com extremidade oposta do corpo (Figura 9) diferentemente das ascídias, nas quais eles estão do mesmo lado. A água é impulsionada através do corpo por meio da contração muscular (em vez de cílios, como nas ascídias) e usada na respiração como fonte de alimento. Muitas salpas possuem órgãos luminosos e produzem uma luz brilhante à noite.

O corpo, na maioria, é oco e as vísceras formam uma massa compacta na superfície ventral. Alguns autores consideram que os taliáceos não seriam monofiléticos, pois as salpas não teriam um ancestral exclusivo com doliolos.

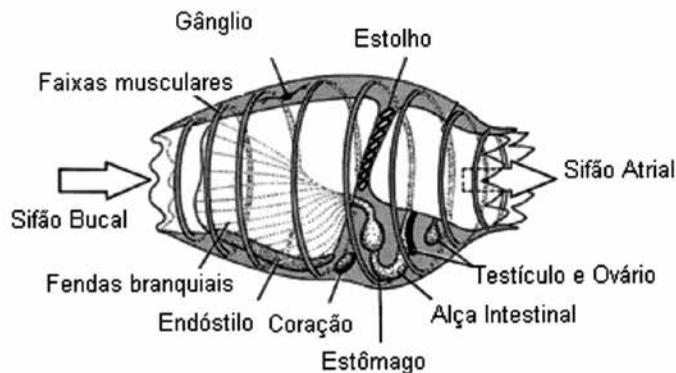


Figura 9 – Doliolida. Adaptado de Akademischer Verlag

A biologia dos taliáceos é complexa, pois eles estão adaptados para responder a aumentos em seu suprimento de alimentos. O aparecimento de florescência do fitoplâncton, por exemplo acarreta um aumento explosivo da população, levando às densidades extremamente altas de taliáceos. As formas mais comuns incluem os gêneros *Doliolum* e *Salpa*, que se reproduzem por alternância de gerações assexuada e sexuada.

A reprodução assexuada nas salpas e nos doliólídeos é a mais incomum e complexa entre os animais, embora ocorram adaptações paralelas em sifonóforos (filo Cnidário). Os oozóides reproduzem-se assexuadamente por meio de brotamento (Figura 10) a partir da região cardíaca produzindo um estolho, curto nos doliólídeos e longos nas salpas. Em ambos os brotos que surgem a partir do estolho, originam-se colônias de blastozóides.

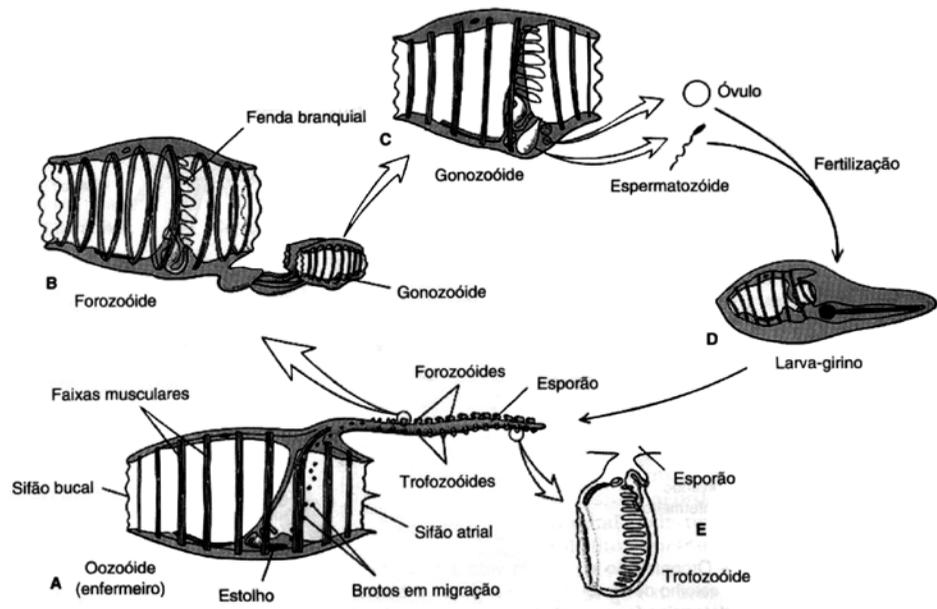


Figura 10 – Organização e ciclo de vida dos doliolídeos.

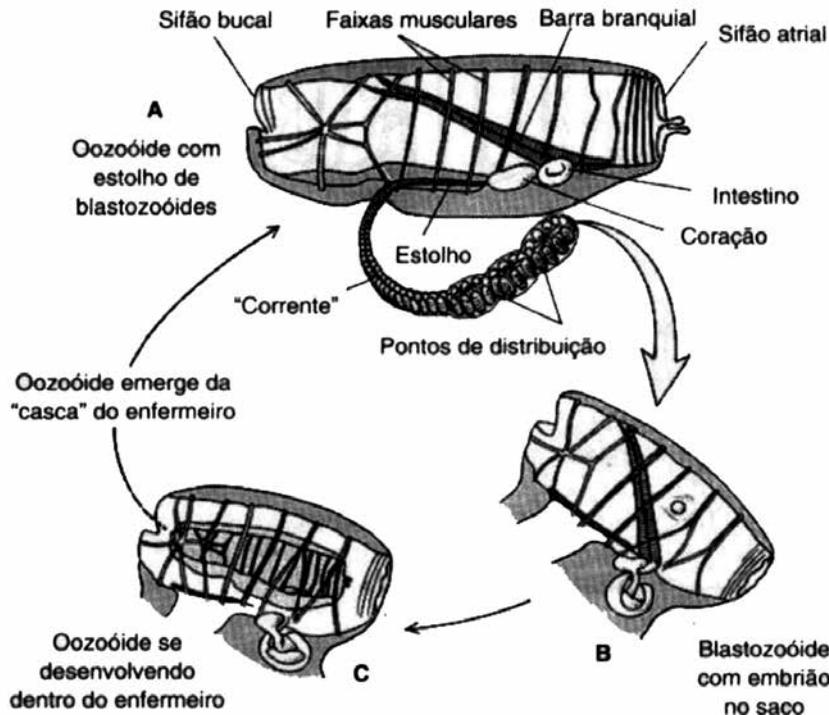
Fonte: Ruppert e Barnes (1996)

Nos doliolídeos, os brotos rudimentares migram dos estolhos, através do corpo do oozóide, e se incrustam em um longo e delgado apêndice dorsal (o esporão) que se arrasta atrás do oozóide (enfermeiro). Uma vez presos ao esporão, os brotos se diferenciam em um dos três tipos diferentes de zoóides.

Os **trofozóides** (apresentam uma enorme abertura bucal e uma faringe) são responsáveis pela alimentação da colônia. Os **forozóides** são zoóides locomotores que tem um pequeno esporão posterior, no qual os brotos se diferenciam em **gonozóides**, os membros de reprodução sexuada da colônia. Quando completamente desenvolvidos, os forozóides e seus gonozóides presos soltam-se da colônia e assumem uma existência independente. A fertilização e o desenvolvimento inicial são internos no gonozóide, e uma única larva - girino - é liberada no plâncton a partir de cada gonozóide. A metamorfose da larva-girino dá origem ao **oozóide** e completa o ciclo.

Nos salpídas, o estolho produzido por cada oozóide (figura 11) de salpa é longo (vários metros) e se arrasta ventralmente a partir do corpo. Dentro do estolho, os blastozóides se diferenciam em grupos, que são separados entre si ao longo da extensão do estolho por meio dos pontos de distribuição. Em intervalos, grupos de blastozóides soltam-se do estolho nesses pontos de distribuição e assumem uma existência independente como agregados de membros de reprodução sexuada.

A reprodução sexuada ocorre dentro do blastozooide. Um único ovo é fertilizado internamente, desenvolvendo-se diretamente dentro de uma bolsa especial provida de uma ligação íntima com o sangue do progenitor. O juvenil cresce dentro do progenitor (enfermeiro) e finalmente ocupa todo seu corpo antes de descartar a casca do progenitor e torna-se um oozooide independente.



Os larváceos são os únicos urocordados que apresentam reprodução sexuada, com fecundação externa.

Figura 11 – Organização e ciclo de vida das salpas. A) Oozooide da *Cyclosalpa* arrastando seu estolho de brotos em diferenciação e blastozóides. B) porta um único óvulo que é fertilizado internamente e se desenvolve em um saco incubatório especial. C) e depois se solta como um oozooide jovem, completando, conseqüentemente, o ciclo de vida.

Fonte: Ruppert e Barnes (1996).

2.1.4. Classe *Larvacea*

Os larváceos⁶, também chamados de apendiculários, são representados por curiosas criaturas marinhas, pelágicas, semelhantes a um girino curvado. Esses animais são solitários e estão presentes em todos os oceanos, mas principalmente em águas costeiras até 100 m de profundidade das regiões tropicais. Aproximadamente 70 espécies são descritas, e cerca de 25 ocorrem no Brasil.

Essa classe constitui a mais diferenciada dos urocordatos devido à presença dos caracteres juvenis nos adultos, como, por exemplo, a cauda com a notocorda e o tubo nervoso oco (Figura 12). O tubo dorsal, apesar de reduzido, estende-se parcialmente do corpo da cauda.

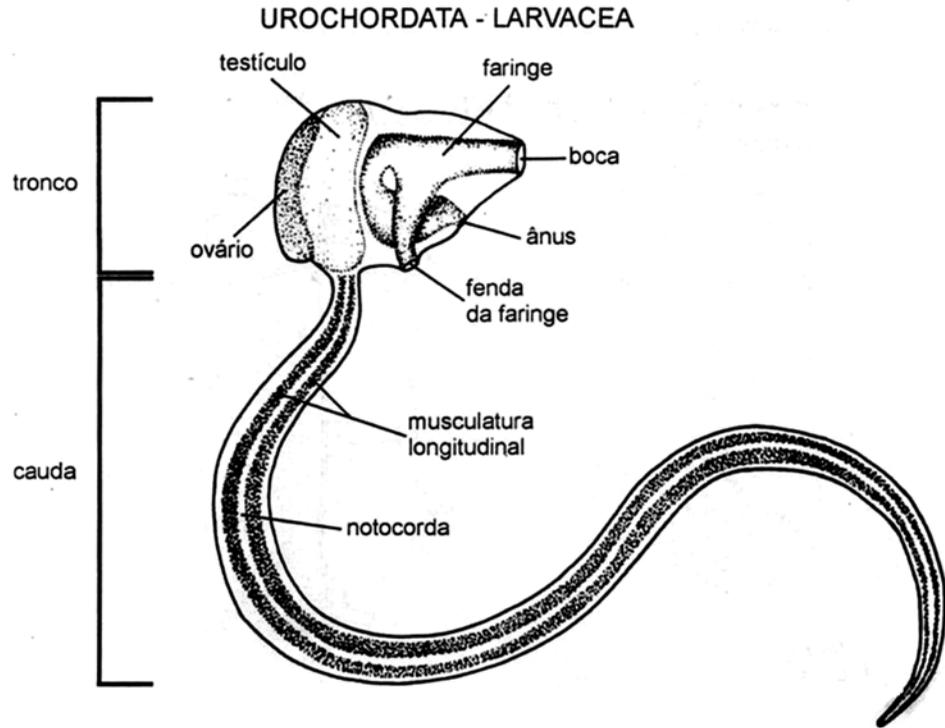


Figura 12 – Estrutura de um larvaceo.

Fonte: <http://www.palaeos.com/Vertebrates/Units/010Chordata/010.100.html>

A grande maioria dos indivíduos mede cinco mm, sendo recoberto por uma cápsula de natureza mucosa de tamanhos muitas vezes maiores que esses animais. Alguns autores colocam em dúvida a homologia dessas cápsulas com a túnica dos outros tunicatos. Essa cápsula é responsável pela filtração da água para obtenção do alimento. A água penetra na cápsula devido ao movimento ondulatório da cauda, que permanece nos indivíduos adultos. Depois de filtrado, o alimento é concentrado diante da boca através da qual penetra no tubo digestivo.

Paralelamente ao grande desenvolvimento da cápsula nos larvaceos, observa-se uma simplificação da faringe, que se apresenta com apenas duas pequenas fendas, uma de cada lado do corpo, para saída da água, que penetra junto ao alimento. As fendas da faringe abrem-se diretamente na cápsula e não existe uma cavidade atrial nesses animais. A cápsula é descartada periodicamente, pois os filtros de malha finíssimos ficam entupidos, ocorrendo a secreção de uma nova cápsula, o que pode levar de minutos a 4 horas, dependendo da espécie.

Os larváceos são hermafroditas, e suas gônadas estão situadas na região posterior do tronco. Eles eliminam os gametas, e a fecundação ocorre externamente. Não apresentam reprodução assexuada e, portanto, não formam colônias.

2.2. Subfilo⁷ *Cephalochordata*

O subfilo *Cephalochordata* inclui cerca de 24 espécies de animais com forma de peixe que raramente excedem 5 cm de comprimento. Geralmente são chamados de anfioxo, denominação que se aplica com frequência a *Branchiostomata lanceolatum*, uma espécie que é bem conhecida, inclusive no Brasil. Os anfioxos são cosmopolitas em águas rasas marinhas e salobras, onde ficam semi enterrados em substratos arenosos, em profundidades que variam desde a zona entre mares até 50 cm. Porém, eles podem nadar, e a locomoção é importante para sua dispersão e seu acasalamento.

Nos adultos, pode observar todas as características diagnósticas dos cordados. A notocorda estende-se ao longo da região dorsal do animal, incluindo a região anterior, a vesícula ou gânglio cerebral. Dorsalmente a notocorda encontra-se com o tubo nervoso oco. A faringe ocupa pelo menos um terço do corpo e apresenta numerosas fendas paralelas, margeadas por células ciliadas. Na sua margem ventral, encontra-se o endóstilo. O ânus é subterminal, seguido de uma cauda muscular pós-anal.

Quando enterrado, o anfioxo mantém a boca fora do sedimento, permitindo constante entrada de água, que traz oxigênio e alimento ao animal (Figura 13). Os anfioxos são micrófagos, e a captura de alimento é realizada na faringe perfurada, por meio de uma rede de muco produzida pelo endóstilo. Como nas ascideáceas, o muco é espalhado na superfície interna da faringe por meio de batimento ciliar, que também é responsável por sua condução ao intestino, onde ocorrem digestão e absorção do alimento nele retido. Embora passem a maior parte do tempo enterrados, eles podem nadar ativamente na água por curtos períodos de tempo.

⁷O subfilo cefalocordado é especialmente interessante porque apresenta as quatro características diagnósticas dos cordados em um único indivíduo, sendo considerado semelhante a algum hipotético ancestral desse filo.

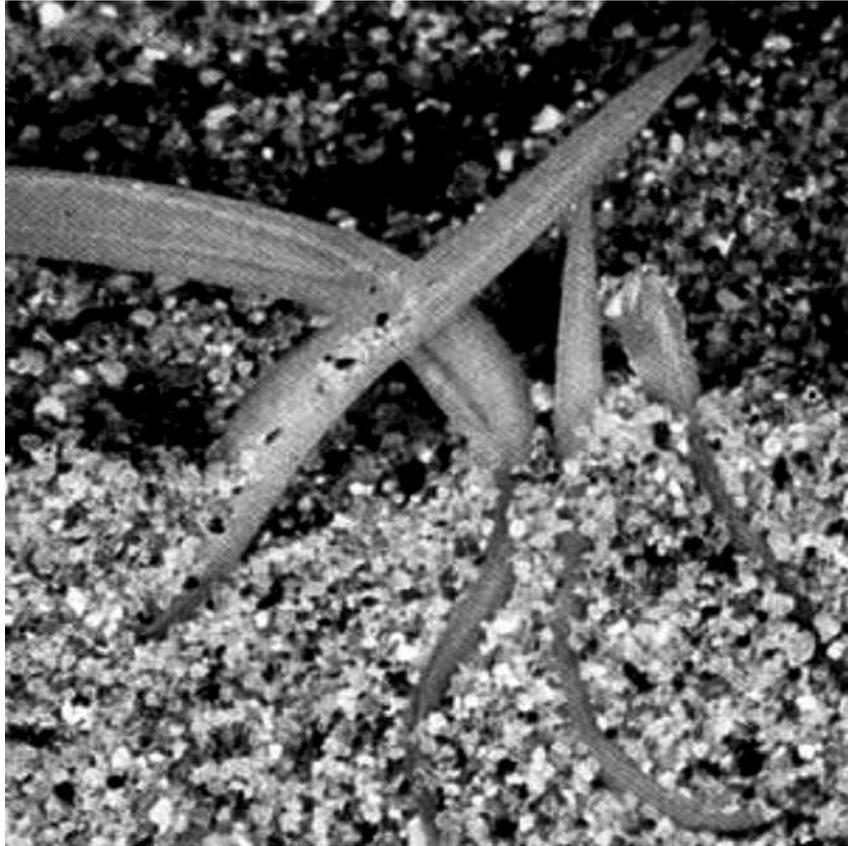


Figura 13 – Anfioxos.

Fonte: <http://www.coladaweb.com/biologia/animais/anfioxos>

A locomoção do anfioxo é semelhante à verificada nos peixes: resultam da contração dos miótomos, blocos musculares arranjados serialmente ao longo do corpo. A contração alternada desses músculos de um lado e de outro do corpo promove um movimento lateral que propulsiona o animal para frente.

Alimentação

Os anfioxos possuem tubo digestório completo, com boca e ânus. A boca é filtradora, circundada por cirros que impedem a entrada de partículas grandes. As fendas branquiais são também utilizadas na alimentação para filtração. Essa filtração ocorre quando o animal ingere partículas de alimento da água através dos cílios localizados na cavidade pré-oral, passando pela boca e, depois por numerosas fendas faríngeas.

Na faringe, o alimento é retido no muco e levado pelos cílios para o intestino. As partículas alimentares menores são separadas do muco e passam para o ceco hepático, onde são fagocitadas e digeridas intracelularmente. Como nos tunicados, a água filtrada passa pela cavidade atrial e depois pelo atrioporo.

Circulação, respiração e excreção

Os cefalocordatas não têm uma câmara cardíaca nítida, possuindo um coração longo tubular ou vaso sanguíneo contrátil localizado na base do aparelho digestivo, assim como vasos sanguíneos pulsáveis acessórios em outras localizações dentro do sistema circulatório que ajudam no bombeamento de sangue através do sistema.

O sistema circulatório é, em grande parte, fechado, com vasos sanguíneos esvaziando em seios em apenas partes do corpo. O sangue não contém pigmentos ou células funcionando possivelmente somente na distribuição de nutrientes, e não nas trocas gasosas. Embora possa ocorrer alguma difusão de oxigênio e dióxido de carbono através das brânquias, a maior parte da troca gasosa é realizada através das paredes das pregas metapleurais, finas abas afastadas da parede corpórea que se situam logo à frente do atrioporo.

A unidade excretora dos cefalocordados são os protonefrídios, semelhantes aos solenócitos de alguns outros grupos como os anelídeos primitivos. Numerosos feixes de protonefrídios acumulam resíduos nitrogenados, que são transportados por um nefridioduto para um poro no átrio (Figura 14).

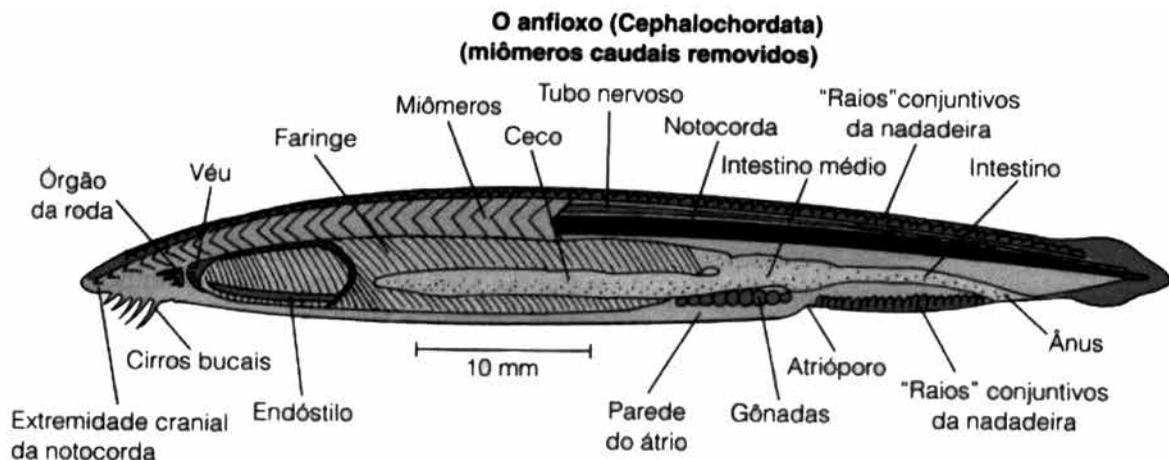


Figura 14 – Anatomia externa e interna de um anfioxo.

Fonte: Pough; Heiser; McFarland (2008).

Sistema nervoso e órgão dos sentidos

O sistema nervoso central dos anfioxos é muito simples. Um tubo nervoso dorsal estende-se pela maior parte do corpo. Geralmente, é levemente expandido como uma vesícula cerebral na base do capuz oral. Os nervos são organizados de forma segmentar e originam-se a partir do tubo neural ao longo do corpo, no padrão típico dos vertebrados, com raízes dorsal e ventral. A epiderme é rica em terminações nervosas sensoriais importantes na escavação.

Reprodução

Os cefalocordados são dioicos. As gônadas estão dispostas lateralmente no corpo do animal, não existindo canais condutores de gametas. Quando os gametas estão maduros, as células sexuais são liberadas na cavidade atrial e passam para o exterior através do atrioporo, onde ocorre a fecundação.

Fileiras de 25 a 38 pares de gônadas são organizadas, serialmente, de cada lado do átrio ao longo do corpo. O volume de tecido gonadal varia sazonalmente e durante o período reprodutivo e pode ocupar tanto do corpo que pode interferir na alimentação. A desova ocorre tipicamente no crepúsculo. A parede atrial rompe-se, e os óvulos e espermatozóides são liberados no fluxo de água exalante do átrio, seguindo-se a fecundação externa.

Os ovos são isolécitos, com pouco vitelo. A clivagem é radial, subigual e conduz a uma celoblástula que forma a gástrula por invaginação (Figura 15). Conseqüentemente, o teto do arquêntero produz primeiro uma faixa médio-dorsal sólida de mesoderma destinada a tornar-se a notocorda e então, na sequência, séries antero posteriores de bolsa arquêntéricas pares ao longo de cada lado da notocorda. Essas bolsas enterocélicas formam o celoma e outras estruturas derivadas do mesoderme, tais como os feixes musculares. O teto do arquêntero fecha-se, continuando a proliferação mesodérmica

Dorsalmente, a ectoderme diferencia-se na placa neural. Essa placa, finalmente, enrola-se para dentro, separando-se das células marginais, e então se aprofunda interiormente, como um tubo neural, o qual forma o tubo neural nervoso oco. Como esse processo ocorre na extremidade posterior do embrião, o tecido nervoso em desenvolvimento contata-se com o blastóporo, que permanece aberto temporariamente e conecta o arquêntero ao lúmen do tubo nervoso com um neuróporo. Mais tarde, as duas estruturas separam-se, e o blastóporo abre-se para a exterior como do ânus. A boca rompe-se através da extremidade anterior do tubo digestivo em desenvolvimento, como uma abertura produzida secundariamente.

Na ausência de reservas abundantes de vitelo realiza-se, rapidamente, o desenvolvimento de uma larva livre nadante. As larvas são planctotróficas. Alternadamente, as larvas nadam para cima e então afundam, passivamente, com o corpo mantido na horizontal e a boca dirigida para baixo, alimentando-se de plâncton e de materiais em suspensão. Em geral, é gradual o desenvolvimento para um juvenil.

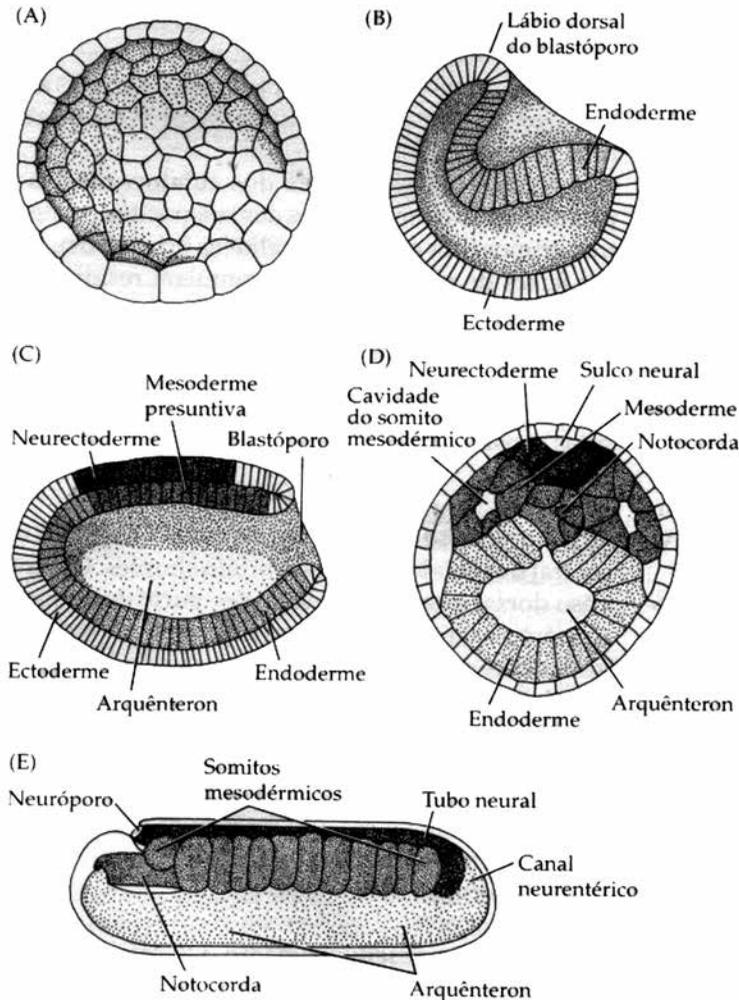


Figura 15 – Desenvolvimento de um cefalocordado. (A) Celoblástula. (B) Gástrula precoce e tardia. (C) Estágio de sulco neural (corte). Note a proliferação da mesoderme como notocorda central e cavidades celômicas laterais. (E) Vista lateral, mostrando as principais estruturas e a confluência temporária do tubo neural.

Fonte: Brusca e Brusca (2007).

2.3. Considerações Filogenéticas

Os urocordados (figura 16A) provavelmente apareceram muito cedo na linhagem dos cordados. O celoma foi perdido como a principal cavidade do corpo, em conjunto com a formação de uma câmara cloacal ampla através da qual a água passa a partir do corpo após a filtração faríngea. Os mais antigos urocordados podem ter sido as ascídias, que adotaram um estilo de vida sésil, associado à alimentação de material em suspensão e à perda da musculatura locomotora do adulto.

Outra linhagem conduziu aos taliáceos mais primitivos, os pirossomos coloniais. Eles podem ter dado origem aos doliolidos e estes últimos, às salpas, ambos revelam um aumento de tamanho dos zooides e da independência. Em geral, os taliáceos são caracterizados pelas localizações anteriores e posteriores dos sífões orais e atriais, respectivamente, uma condição que lhes fornece poderes propulsivos no ambiente pelágico.

Os larváceos podem ter se originado de um ancestral dolioliforme, embora algumas hipóteses mais antigas sustentassem uma descendência a partir das ascídias. De qualquer modo, existe pouca dúvida de que esse grupo de Urocordados originou-se por eventos evolutivos neotônicos, nos quais ocorreu a maturidade sexual em um animal que conservava características larvais, como é evidenciado não apenas pela forma girinoide dos adultos, mas também pela permanência de característica dos cordados, por exemplo, a notocorda presente apenas nas larvas de outros tunicados.

Walter Garstang era da opinião de que a notocorda evoluiu originalmente para dar sustentação às larvas pelágicas à medida que elas desenvolveram uma vida planctônica progressivamente mais longa, uma tendência que, por fim, conduziu aos larváceos neotônicos. Como tais formas ficaram de maior tamanho, esse pesquisador inferiu que a notocorda forneceu a base para suporte muscular e locomoção, como complemento da dependência prévia da locomoção ciliar.

Muitos pesquisadores consideram que as tendências pedomórficas das larvas girinoides do cordado ancestral desempenham um papel principal quanto à origem de cefalocordados (figura 16B) e de vertebrados (figuras 16C e 16D). A evolução de feixes musculares segmentares (miótomos) marcou o início do grupo cefalocordado-vertebrado e permitiu uma maior facilidade locomotora do que os movimentos de agitação da cauda do ancestral larval girinoide.

Os cefalocordados conservaram a notocorda e o uso das fendas brânquias faríngeas para alimentação. Os vertebrados, naturalmente, caracterizaram-se pelo desenvolvimento de um endoesqueleto com crânio, coluna vertebral e, finalmente, membros. Por fim, todas essas características forneceram aumento de sustentação corpórea, bem como mecânicas esqueleto-musculatura muito mais eficazes, que permitiram grande aumento das habilidades locomotoras e do tamanho corpóreo.

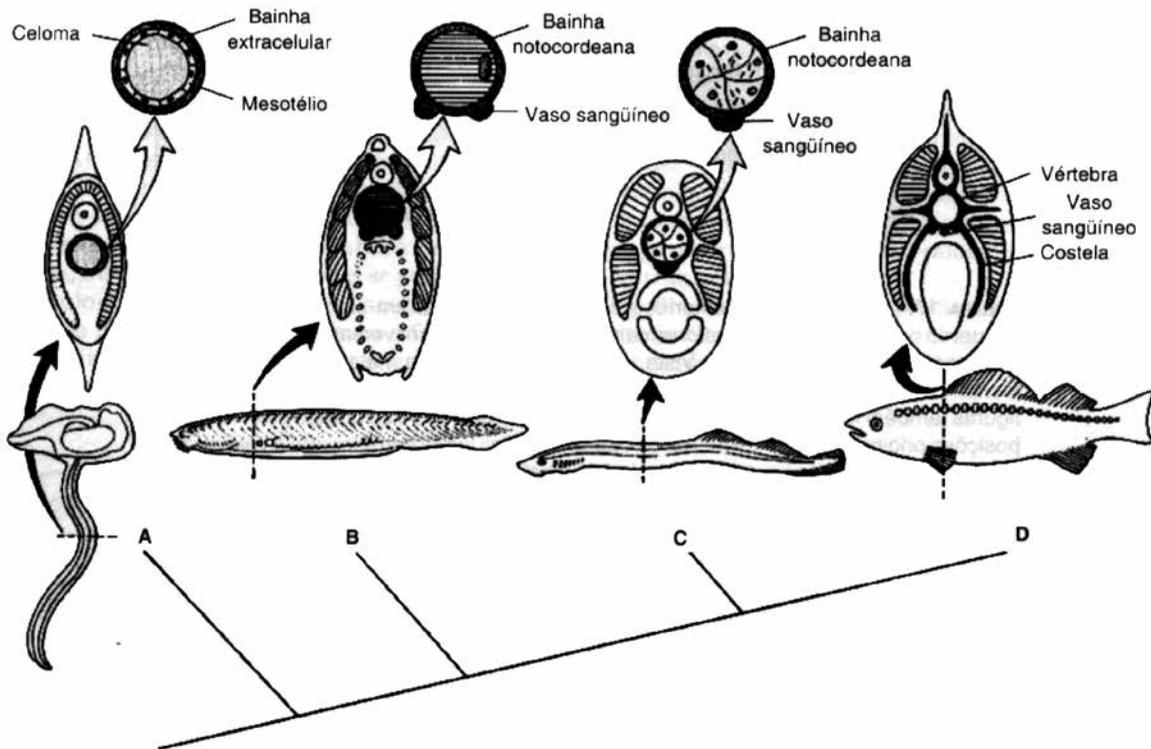


Figura 16 – Evolução da notocorda e do esqueleto axial nos cordados. A) A notocorda dos larváceos é uma cavidade celômica preenchida por fluido, circundado por mesotélio simples. B) Nos cefalocordados ela se desenvolve enterocelicamente. C) Em vertebrados primitivos é bem desenvolvida sendo celular. D) No vertebrados superiores a notocorda é quase eliminada através da calcificação do tecido circundante.

Fonte: Ruppert e Barnes (1996)

Saiba mais



Anfioxo: milhões de anos de sucesso

Flávio Dieguez e Maria Inês Zanchetta

O anfioxo, esse habitante das praias, é um caso único da natureza, pois não tem mecanismos de defesa orgânica como outros animais, mas vive muito bem. Nem minhoca, nem peixe, esse habitante das praias é um caso único na natureza, pois não tem mecanismos de defesa orgânica como outros animais, mas vive muito bem.

Minúsculo, pois não ultrapassa os 5 centímetros de cabo a rabo, branco e pertencente a uma linhagem que habita os oceanos há mais de 400 milhões de anos muito mais antiga que a dos sapos, o anfioxo é um animal como não existe outro no planeta. Entre todas as espécies de animais vertebrados ou invertebrados, apenas ele não dispõe de um mecanismo considerado básico para a proteção dos organismos: a inflamação. Diante de uma invasão por bactérias, de fato, a imediata providência de qualquer animal é mobilizar para o tecido agredido suas tropas, constituídas por células brancas do sangue, os glóbulos brancos.

Para chegar a um invasor e literalmente sitiá-lo ou comê-lo, impedindo sua progressão no corpo, os fagócitos como que ganham vida: abandonam os vasos e abrem caminho entre outras células do corpo até a região agredida. A essa marcha se denomina migração celular e ela pode ser vista como a principal característica das inflamações.

Ao mesmo tempo, o local de entrada das bactérias ou os machucados e pancadas ficam avermelhados, se aquecem e incham. Trata-se de um mecanismo essencial à existência dos seres vivos, pois tende a restabelecer o equilíbrio perdido em virtude da violência externa. Mas o anfióxico, por algum mistério da natureza, não inflama e vive muito bem assim.

Foi o que comprovou, repetidas vezes, o veterinário e biólogo brasileiro José Roberto Machado Cunha da Silva, que investiga o bizarro animal no Laboratório de Imunopatologia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo. Não é problema encontrar espécimes para os experimentos, pois há anfióxos, por exemplo, nas praias do litoral paulista. Ele vive enterrado a uma profundidade de mais ou menos 10 centímetros, onde a areia está sempre encharcada de água.

Ao vê-lo, tem-se a impressão de um híbrido de peixe com minhoca, e não admira que seja assim. É que, na história da vida, os anfióxos surgiram justamente na grande transição evolutiva entre os invertebrados, como as minhocas, crustáceos e insetos, e os vertebrados, como os peixes, sapos e mamíferos. Isso faz do anfióxico, de certo modo, um parente bastante próximo do homem na medida em que 95% de todos os animais conhecidos são invertebrados.

O anfióxico não é ainda um vertebrado pertence ao grupo dos cordados. Embora seu corpo não tenha sequer a base da estrutura óssea da coluna vertebral, ele já apresenta a notocorda: um feixe de fibras gelatinosas que aparece no corpo dos vertebrados apenas quando são embriões. O corpo do anfióxico, portanto, representa um modelo muito antigo de organismo, que ao longo da evolução precedeu a forma vertebrada. Daí sua importância no estudo da Biologia. Não menos importante, mas menos conhecido, é o fato de esse animal não inflamar.

Essa característica desconcertante já havia sido descrita, há 100 anos, pelo cientista russo Élie Metchnikoff (1845-1916), que demonstrou a existência de fagócitos e da inflamação em todo o mundo animal. Mas essa aparente anomalia no reino da vida ocupa apenas um curto parágrafo de um de seus livros. Surgiu, assim, a idéia de investigá-la mais profundamente, coisa que já vinha fazendo ao longo de dois anos. Por meio do microscópio óptico e eletrônico, por exemplo, o cientista demonstrou que não há concentração de fagócitos ou células inflamatórias nos tecidos expostos por um corte feito na cauda do bichinho.

Porém, a pele (epitélio) que reveste o corpo do animal desliza sobre a ferida, recobrando-a 24 horas depois. A verdade, porém, é que a restituição do tecido machucado ocorre sem o “guarda-chuva” do processo inflamatório. Por isso, se instala uma verdadeira corrida contra o tempo, se nesse ínterim, enquanto a pele desliza, houver infecção do corte por parasitas, como bactérias ou fungos, o anfióxico ficará à sua mercê. Cunha passou a suspeitar disso quando cortou por duas vezes consecutivas a cauda de um espécime e percebeu que o deslizamento da pele que cobria a ferida não ocorreu. Ao mesmo tempo, notou que o ferimento apresentava inesperada cor vermelha, sinal de contaminação por parasitas.

Aparentemente, antes que o machucado fechasse, invasores penetraram entre os tecidos e passaram a prejudicar a recuperação do ferimento, instalando-se um letal círculo vicioso. É prematuro tentar dar respostas simples a fenômenos tão complexos e ainda pouco estudados. Não é preciso lembrar a desagradável surpresa trazida pela AIDS, contra a qual é impotente a sofisticada proteção imunológica humana.

O fato é que, mesmo sem possuir os conhecidos elementos que constituem o sistema imunológico dos vertebrados, o anfióxico é um ser muito bem sucedido. Tanto que, nos últimos 400 milhões de anos, não foi excluído da evolução mesmo sem contar com os complexos mecanismos de proteção contra as infecções que hoje conhecemos, principalmente, nos mamíferos. Viver por tão longo tempo sem células inflamatórias e sem inflamar, como é o caso do anfióxico, mostra outros caminhos, até então desconhecidos, de relações entre o hospedeiro e o parasita. Cunha acredita que o simples fato de colocar em pauta essas questões justifica plenamente sua pesquisa. Por meio dela, será possível discutir a verdadeira importância da inflamação e o real significado que o sistema imunológico desempenha nos seres vivos em geral.

Fonte: http://www.super.abril.com.br/superarquivo/.../conteudo_112613.shtml

Síntese da Capítulo



Os indivíduos pertencentes a classe *Ascidiacea* encontram-se adaptados para uma existência sésil. A túnica, a faringe filtrante e o hermafroditismo são todos correlacionados à forma sésil. A túnica externa dos urocordados é exclusiva por conter celulose e por abrigar corpúsculos ameboides e vasos sanguíneos (em muitos casos), embora repousem externamente à epiderme e não seja mudada com o crescimento. A faringe se tornou altamente especializada para a filtração.

Produz-se um filme mucoso (o filtro) no endóstilo, e os cílios frontais o transportam através da superfície interna da faringe. As ascídias possuem um sistema sanguíneo-vascular que supre não somente os órgãos internos e a faringe como também, em algumas espécies, a túnica. O sistema é exclusivo por causa da reversão periódica do fluxo através do circuito. As ascídias são animais amonotéticos, mas têm órgãos excretores incomuns que preenchem outras funções excretoras. A maioria das ascídias são hermafroditas simultâneas. A fertilização ocorre externamente ou dentro do átrio.

O desenvolvimento leva a uma larva-girino, que possui todas as características dos cordados. Após uma existência livre-natante de duração variável, a larva sedimenta-se e se prende pela extremidade anterior. Existem duas pequenas classes de urocordados pelágicos: os *Thaliacea* e os *Larvacea*. Os taliáceos têm sífões bucais e atriais nas extremidades opostas do corpo. Eles nadam por meio da utilização das correntes hídricas através da faringe e do átrio.

Os larváceos podem ser urocordados progenéticos que vivem dentro de abrigos mucosos secretados exclusivos. Os cefalocordados ou anfioxos são cordados semelhantes a peixes que vivem em areias marinhas ásperas. O corpo é segmentado em miômeros em forma de “V”, que produzem as ondulações natatórias laterais características. Uma notocorda muscular impede o encurtamento longitudinal e controla a flexibilidade lateral do corpo.

Os anfioxos filtram o alimento de maneira semelhante à das ascídias, utilizando uma rede mucosa faringiana. A rede é produzida por um endóstilo e transportada para o interior do intestino por um sulco epifaringiano. O cordão nervoso dorsal é oco e permanece aberto ao exterior em um neuróporo anterior. Encontra-se presente um sistema sanguíneo-vascular, mas o sangue é incolor. Os celomas são numerosos e altamente especializados para formar nadadeiras, miômeros, notocorda e outras estruturas. Os cefalocordados são animais dioicos, com fertilização externa. A clivagem radial leva a uma larva planctotrófica assimétrica.

Atividades de avaliação



1. Quais são as características diagnósticas dos *Chordata* no subfilo *Urochordata*?
2. Qual o percurso da água utilizada para a alimentação no interior de um anfioxo? E de uma ascídia?
3. Quais as estruturas envolvidas na captura do alimento nos diferentes protocordados?
4. Discuta as adaptações para a vida sésil das ascídias e para a vida planctônica dos taliáceos dentro do grupo dos urocordados.

Leituras, filmes e sites



Sites

<http://www.youtube.com/watch?v=FTB5KUz3M3k&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=GUR3sQR9nUY&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=-Jooz4gz264&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=f4BUlWVfO00&feature=related>

Referências



BRUSCA, R. C., BRUSCA, G. J. **Invertebrados**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 1.029 p.

HICKMAN, C. P. H. J.; ROBERTS, L. R.; LARSON, A. **Princípios integrados de zoologia**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 846 p.

MOYES, C. D.; SCHULTE, P. M. **Princípios de fisiologia animal**. 2. ed. São Paulo: Artmed, 2010. 792 p.

NIELSEN-SCHMIDT, K. **Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente**. São Paulo: Santos, 2002. 611 p.

POUGHT, F. H.; HEISER, J. B.; MCFARLAND, W. N. **A vida dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, 2008. 850 p.

PURVES, W. K., SADAVA, D., HELLER, H. C. **Vida: a ciência da biologia**. São Paulo: Artemed, 2002. 1.126 p.

RANDALL, D.; BURGGREN, W.; FRENCH, K. **Fisiologia animal**: mecanismos e adaptações. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 730 p.

RIBEIRO-COSTA, C. S.; ROCHA, R. M. **Invertebrados**: manual de aulas práticas. Ribeirão Preto: Holos, 2002. 226 p.

RUPPEL, E.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**. São Paulo: Roca, 1996. 968 p.

STORER, T. J.; USSINGER, R. L. **Zoologia geral**. São Paulo: Nacional, 1995. 757 p.

Capítulo

3

**Os primeiros Cordados
vertebrados**

Objetivos

- Caracterizar cada grupo de peixes⁸ e diferenciá-los.
- Descrever a organização morfológica e fisiológica de cada grupo.
- Apresentar as relações evolutivas e ecológicas.

3. Peixes

Em uma das linhagens de cordados, a cesta faríngea aumentou de tamanho, tornando-se eficiente na separação das presas encontradas no lodo. Essa linhagem deu origem aos vertebrados (subfilo Vertebrata). No final do Período Cambriano, esses vertebrados primitivos desenvolveram estruturas aperfeiçoadas para extrair alimento do lodo e da areia e para se locomover na superfície do substrato.

Os vertebrados têm esse nome devido à presença de coluna vertebral, uma estrutura dorsal articulada, que substituiu a notocorda. O plano corporal (Figura 17) pode ser caracterizado como:

⁸Peixes ósseos

- No mundo: cerca de 28.050.
- No Brasil: 2.500 espécies.

⁹Grupo monofilético é o grupo que inclui uma espécie ancestral.

¹⁰Grupo parafilético é formado pelo agrupamento de apenas alguns táxons descendentes de um mesmo ancestral.

¹¹Grupo polifilético consiste de um grupo monofilético do qual se retirou um grupo parafilético.

¹²Sistemática Filo Chordata:

animais com notocorda em algum estágio da vida

Subfilo Vertebrata: animais craniados com vértebras.

Superclasse Agnatha:

peixes sem mandíbula

Classe Myxini: feiticeiras

Classe Petromyzontes:

lampreias

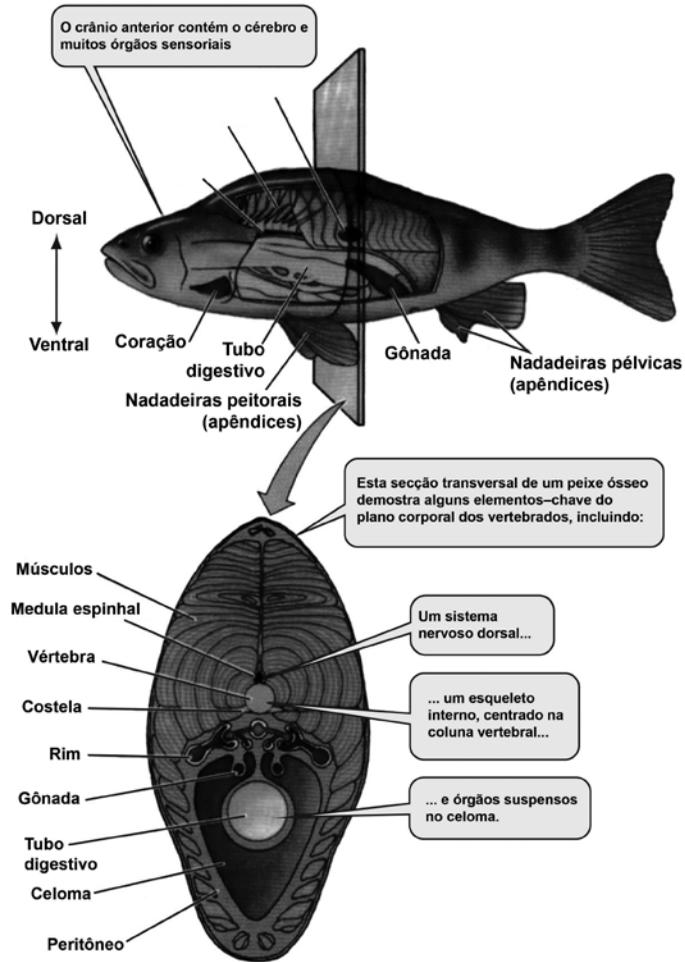


Figura 17 – plano corporal dos vertebrados

Fonte: Purves; Sadava; Orians, Heller (2002)

1. esqueleto interno rígido;
2. dois pares de apêndices presos à coluna vertebral;
3. crânio anterior com um grande cérebro e órgãos receptores altamente desenvolvidos;
4. órgãos internos suspensos em um grande celoma;
5. sistema circulatório controlado por contrações de um coração ventral.

3.1. A origem dos peixes

Desde sua origem no Paleozóico Inferior, os vertebrados vêm evoluindo em um mundo que mudou enorme e repentinamente. Essas modificações afeta-

ram direta e indiretamente a evolução dos vertebrados. Uma compreensão da sequência das alterações nas posições dos continentes e do significado dessas posições em termos de clima e intercâmbio de faunas constitui a parte central do entendimento da história dos vertebrados.

Os peixes formam o grupo de vertebrados mais numeroso e mais diversificado, superando a cifra de 28.000 espécies viventes sendo divididos em *Agnatha* (lampreias e feiticeiras) (90 espécies), *Chondrichthyes* (tubarões, quimeras e raias) (950 espécies), *Osteichthyes* (peixes de nadadeiras raiadas, com 27000 espécies, e peixes nadadeiras lobadas, com 8 espécies).

Os peixes possuem ancestrais antigos, tendo se originado possivelmente de um protocordado livre nadante ainda desconhecido. Os vertebrados semelhantes a peixes eram um grupo parafilético de peixes agnatos (sem mandíbulas), os ostracodermes. Um grupo de ostracodermes deu origem aos gnatóstomos (com maxilas).

Todos os peixes remanescentes possuem apêndices pareados e maxilas e são incluídos, juntamente com os tetrápodes (vertebrados terrestres), na linhagem monofilética gnatóstomos.

Os primeiros peixes, representados pelos já extintos Ostracodermos e os peixes *Agnatha*, surgiram provavelmente no Cambriano. Acredita-se que os dois grupos atuais mais importantes, *Chondrichthyes* e *Osteichthyes*, surgiram no final do Devoniano e final do Siluriano, respectivamente.

Superclasse *Agnatha*

Caracterização

Os agnatos incluem os ostracodermos (já extintos), as feiticeiras e lampreias, peixes adaptados como saprófagos ou parasitas.

Embora as feiticeiras não possuam vértebras e as lampreias as possuam apenas em forma rudimentar, elas são, assim mesmo, incluídas no subfilo *Vertebrata* por possuírem um crânio e muitas outras homologias de vertebrados. A ancestralidade das feiticeiras e das lampreias é incerta, pois possuem pouca semelhança com os ostracodermes. Embora superficialmente esses seres sejam bastante parecidos, eles são tão distintos entre si que foram separados em classes pelos ictiologistas.

Os agnatos são peixes sem maxilas, representados pelas feiticeiras (classe *Myxini*) e pelas lampreias (classe *Cephalaspidomorphi* ou *Petromyzontes*). Carecem de maxilas, ossificação interna, escamas e nadadeiras pares. Possuem aberturas branquiais em forma de poros e um corpo em forma de enguia. Em outros aspectos, contudo, os dois grupos são morfologicamente muito diferentes.

3.2. Classes

Classe Myxini

As feiticeiras ou peixes-bruxa constituem um grupo inteiramente marinho com cerca de 45 espécies que se alimentam de anelídeos, moluscos, crustáceos e peixes mortos ou moribundos, sendo, portanto saprófagas ou predadoras. Embora quase cega, a feiticeira é atraída pelo alimento devido a seus fortes sentidos de olfato e tato.

Esse animal raspa sua presa retirando pedaços de carne. Para aumentar a fixação, ela produz um nó em sua cauda e o transfere à frente de seu corpo para com ele pressionar e prender-se firmemente contra o corpo de sua presa (Figura 18).

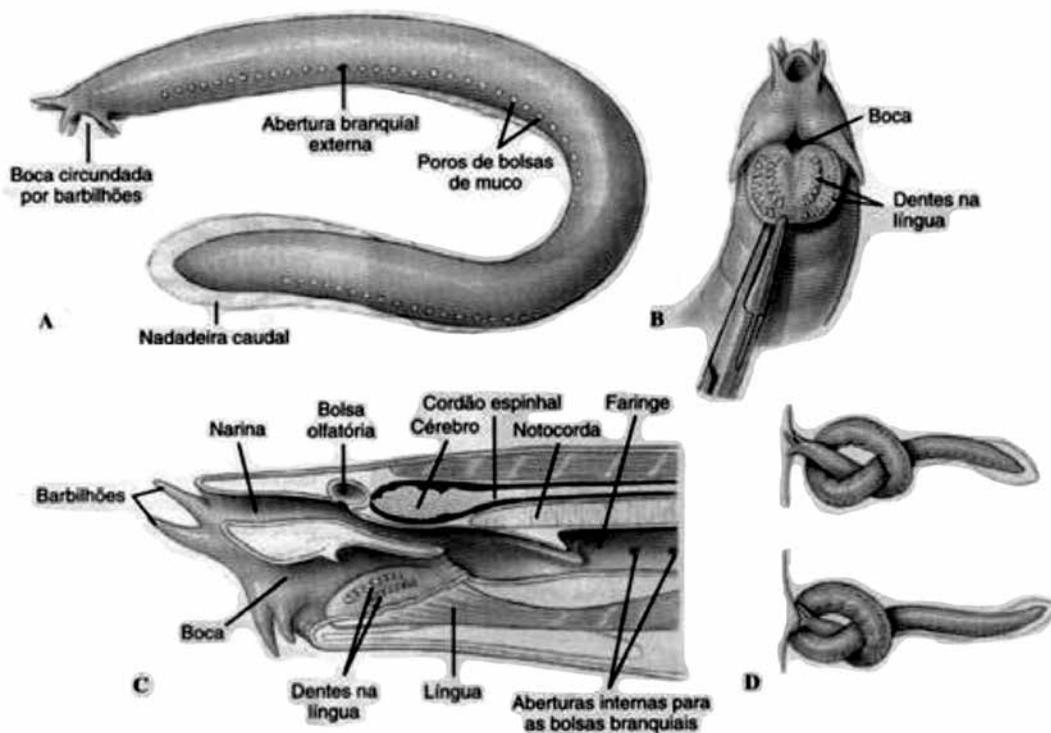


Figura 18 – Detalhes dos tentáculos das feiticeiras.

Fonte: <http://www.animaisbemestranhos.blogspot.com/>

Uma característica peculiar nas feiticeiras é a presença da glândula de muco que se abre para o exterior na parede do corpo. Essa glândula secreta muco e filamentos proteicos firmemente enrolados. Os filamentos estendem-se em contato com a água do mar para manter o muco viscoso em volta do corpo da feiticeira. Uma feiticeira pode produzir razoável volume de muco em poucos segundos. O comportamento desses peixes em relação

¹³Diferente de outros vertebrados, os fluidos corporais das feiticeiras estão em equilíbrio osmótico com a água do mar.

da produção de muco seria um meio de intimidar os predadores. Quando o perigo passa, simplesmente a feiticeira dá um nó no corpo, raspando o muco para deixar livre a passagem nasal.

Esse grupo de animais não apresenta vestígio de vértebras, motivo para que seja considerado com grupo irmão dos vertebrados. Sua anatomia interna possui muitos aspectos primitivos, por exemplo, os rins são simples e existe apenas um canal semicircular em cada lado da cabeça. A feiticeira tem apenas uma abertura nasal terminal que se conecta com a faringe.

A boca é circundada por seis tentáculos, que podem ser movimentados por meio de movimentos da cabeça quando a feiticeira está procurando alimento. Na boca existem duas placas contendo estruturas agudas, córneas (queratinizadas) semelhantes a dentes. Essa placa de dentes situa-se a cada lado de uma língua protátil e se afasta entre si quando a língua é protraída. Quando a língua é retraída, as placas dobram-se de forma a separar seus dentes numa ação semelhante a de uma pinça, os olhos são degenerados ou rudimentares, recobertas por uma espessa pele. (Figura 19).

A respiração das feiticeiras ocorre através da ventilação dos brânquios usando um velum muscular. Movimentos desse velum impulsionam a água da boca através das brânquias e para fora do corpo via uma ou mais aberturas branquiais.



Figura 19 – Feiticeira

Fonte: <http://ricardo5150.blogspot.com/2008/07/bichos-estranhos.html>

Diferentes gêneros e espécies de feiticeiras têm um número variável de aberturas branquiais externas. Ocorrem de 1 a 15 aberturas em cada lado. As aberturas externas ocorrem mais caudalmente, até a região mediana do corpo, embora as câmaras branquiais, em forma de bolsa, existam imediatamente atrás da cabeça. A posição mais caudal das aberturas branquiais pode estar relacionada ao hábito escavador.

Diferente de outros vertebrados, os fluidos corporais das feiticeiras estão em equilíbrio osmótico com a água do mar. Esses animais possuem outras parti-

cularidades anatômicas e fisiológicas, incluindo o sistema circulatório com baixa pressão servido por dois corações acessórios localizados na cauda e no fígado, além do coração verdadeiro com três câmaras (duas aurículas e o ventrículo) próximo às brânquias. O sistema vascular sanguíneo apresenta poucas reações imunes e o sangue contém células sanguíneas vermelhas com hemoglobina.

A biologia reprodutiva da feiticeira ainda é desconhecida. O exame de gônadas sugere que pelo menos algumas são hermafroditas, mas nada se conhece a respeito do acasalamento. Sabe-se que algumas espécies produzem pequena quantidade de ovos grandes com bastante vitelo, com 2 a 7 cm de diâmetro. O desenvolvimento é direto. As feiticeiras nunca têm sido capturadas muito acima do assoalho do oceano e, frequentemente, são encontradas em regiões mais fundas da plataforma continental. Algumas vivem em colônias, cada indivíduo em um galeria escavada do lado, cuja entrada é marcada por uma elevação semelhante a um vulcão em algumas espécies.

Poliquetos e camarões são encontrados no intestino de muitas espécies e, provavelmente, as feiticeiras vivem de maneira semelhante à das topeiras, encontrando suas presas no interior e na superfície do sedimento. Elas parecem ser ativas quando estão fora de suas galerias porque são rapidamente atraídas para iscas e peixes apanhados em redes. As pequenas diferenças morfológicas entre populações indica que as feiticeiras não têm ampla distribuição, tendendo a viver e procriar em locais restritos.

No Japão e na Coreia esses animais são utilizados na culinária, na confecção de bolsa, sapatos e etc., o que os tem levado à ameaça de extinção.

Classe *Cephalaspidomorphi* (Petromyzontes)

Existem cerca de 40 lampreias distribuídas em dois gêneros: *Petromyzon* e *Lam-petra*. Embora as lampreias sejam semelhantes às feiticeiras quanto ao tamanho e à forma, vários aspectos morfológicos e fisiológicos diferenciam-se, pe elas possuem, assim, muitas características mais compartilhadas com os gnastomados. Vale salientar que as estruturas vertebrais seriam um aspecto mais importante, embora esses elementos esqueléticos cartilaginosos sejam diminutos e somente homólogos aos arcos neurais das vértebras dos gnastomatas.

A maioria das lampreias parasitas migram para o mar, quando adultas, onde se fixam a um peixe, utilizando sua boca para se fixar e se alimentar. Lampreias não parasitas não se alimentam após emergirem como adultas, e seu canal alimentar degenera na forma de uma camada de tecido não funcional. Dentro de alguns meses, desovam e morrem.

As lampreias parasitas geralmente têm uma boca em forma de ventosa, e, com seus dentículos dérmicos queratinizados afiados, raspam uma ferida

rasa exudante no tegumento do hospedeiro (Figura 20). Para promover o fluxo de sangue, a lampreia injeta um anticoagulante no ferimento. Quando alimentadas, esses animais soltam a presa debilitada com uma ferida aberta.

As lampreias são peculiares entre os vertebrados vivos por apresentarem uma única narina situada no topo da cabeça. Os olhos são grandes e bem desenvolvidos, assim como o corpo pineal situado sob uma mancha atrás da abertura nasal. Ao contrário das feiticeiras, as lampreias possuem dois canais semicirculares em cada lado da cabeça. Além disso, o coração não é aneural, como nas feiticeiras, mas é inervado pelo sistema nervoso.



Figura 20 – Detalhe da boca com denticulos da lampreia.

Fonte: <http://www.infoescola.com/biologia/origem-e-evolucao-dos-peixes/>

Células clorogênicas nas brânquias e rins bem desenvolvidos regulam íons, água e resíduos nitrogenados, regulando a concentração dos líquidos corpóreos, permitindo, assim, que a lampreia enfrente diferentes salinidades.

As lampreias possuem sete pares de bolsas branquiais (figura 20), que se abrem para o exterior logo atrás da cabeça. A ventilação dessas brânquias difere da condição existente em todos os vertebrados nos quais a água entra pela boca e é bombeada para fora sobre as brânquias. A lampreia adulta passa grande parte do tempo afixada às presas por meios de sua boca seme-

¹⁴**Anódromo:** passam a vida adulta no mar, mas retornam à água doce para desovar, por exemplo, o salmão.

¹⁵**Catádroma:** passam a vida adulta na água doce e retornam ao mar para desovar, por exemplo, a enguia.

lhante à ventosa. Durante esse tempo, elas não seriam capazes de ventilar as brânquias usando esse modo de fluxo contínuo. Então, empregam a ventilação intermitente na qual, a água entra e sai pelas fendas branquiais.

Todas as lampreias sobem o rio para se reproduzir. As formas marinhas são anódromas. Os machos iniciam a construção do ninho e são posteriormente auxiliados pelas fêmeas.

Durante a desova, à medida que a fêmea deposita os óvulos no ninho, eles são fertilizados pelo macho. Os ovos pegajosos aderem aos pedregulhos no ninho e rapidamente são recobertos com areia. Os adultos morrem logo após a desova. As pequenas larvas (amocetes) eclodem em cerca de duas semanas, sendo muito diferente de seus pais. No passado, as amocetes chegaram a ser consideradas de outra espécie. A larva apresenta uma semelhança marcante com o anfioxo e possui as características básicas dos cordados.

Após absorver o vitelo, os jovens amocetes abandonam o ninho e descem o rio, onde a correnteza é mais baixa e elas podem se enterrar. A larva passa a ingerir alimentos em suspensão, enquanto cresce lentamente por 3 a 7 anos ou mais, então, sofrem metamorfose. Essa mudança envolve o aparecimento dos olhos e de dentículos orais, aumento das nadadeiras, maturação das gônadas e modificação das aberturas branquiais (Figura 21).



Figura 21 – Lampreia.

Fonte: <http://www.algosobre.com.br/biologia/lampreia.html>

Lampreias parasitas migram para o mar, quando marinhas, ou permanecem em água doce, onde se fixam a um peixe, utilizando sua boca para se fixar e alimentar-se. Lampreias não parasitas não se alimentam após emergirem como adultas e seu canal alimentar degenera na forma de uma camada de tecido não funcional. Dentro de alguns meses, desovam e morrem (Figura 22).

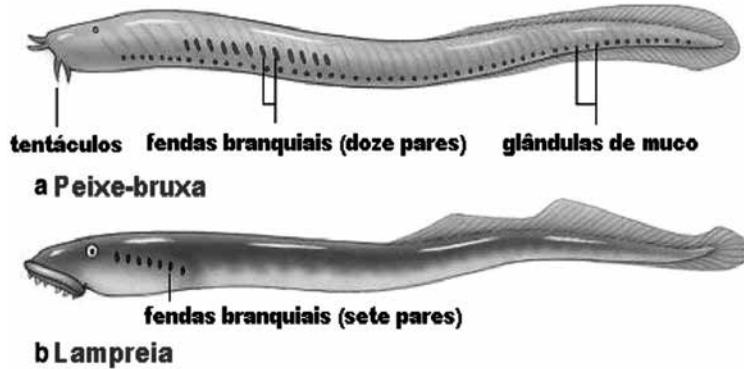


Figura 22 – Diferença entre peixe-bruxa(a) e lampreia (b).

Fonte: <http://crentinho.wordpress.com/2007/08/>

3.3. Superclasse *Gnathostomata*

Todos os peixes remanescentes possuem apêndices pareados e maxilas e são incluídos juntamente com os tetrápodes na linhagem monofilética dos gnatostomos. No Período Devoniano, a Idade dos Peixes, vários grupos distintos de peixes com maxilas foram bem representados. Apesar de a maioria não possuir mandíbulas, os membros de uma linhagem as desenvolveram a partir dos arcos esqueléticos que sustentavam a região branquial. O desenvolvimento ulterior das mandíbulas e dos dentes entre os peixes proporcionou a capacidade de mastigar a presa. A mastigação auxiliou na digestão química e na perfeição da habilidade de peixes em obter nutrientes das suas presas. Os placodermes foram extintos no Período Carbonífero, não deixando descendentes diretos. Os peixes cartilaginosos perderam a armadura dos primeiros peixes e adotaram a cartilagem em lugar dos ossos. Os outros dois grupos de peixes gnatostomatos, os acantódios e os peixes ósseos, foram bem representados no período Devoniano.

3.2.1. Classes

3.2.1.1. Classe *Chondrichthyes*

Os peixes cartilaginosos perderam a pesada armadura dos primeiros peixes com maxilas e adotaram a cartilagem em lugar de ossos para o esqueleto. No mundo existem cerca de 950 espécies de condrictes. Tipicamente apresentam as seguintes características.

1. Corpo fusiforme ou deprimido dorso-ventralmente, com uma nadadeira heterocerca; nadadeiras peitorais e pélvicas pareadas, duas nadadeiras medianas dorsais, nadadeiras pélvicas modificadas em cláspes nos machos.
2. Boca ventral.

¹⁶Sistemática Filo *Chordata*:

animais com notocorda em algum estágio da vida

Subfilo *Vertebrata*: animais craniados com vértebras

Superclasse

***Gnathostomata*:** peixes com maxilas

Classe *Chondrichthyes*: peixes cartilaginosos

Subclasse

***Elasmobranchii*:** Tubarões e Raias

Ordem *Squaliformes*

e outras: Tubarões

Ordem *Rajiformes*:

Raias

Subclasse *Holocephali*:

Quimeras

Ordem *Chimaeriformes*:

Quimeras

¹⁷Nas espécies que apresentam viviparidade, os embriões recebem nutrientes da corrente sanguínea materna através da placenta, ou de secreções nutritivas, “leite uterino”, produzido pela mãe.

3. Pele com escamas placoides ou nua em quimeras; dentes de escamas placoides modificados e substituídos em série nos elasmobrânquios; dentes modificados em placas de trituração nas quimeras.
4. Endoesqueleto inteiramente cartilaginoso; notocorda persistente, mas reduzida.
5. Sistema digestório com estômago em forma de J; intestino com válvula espiral (Figura 23).

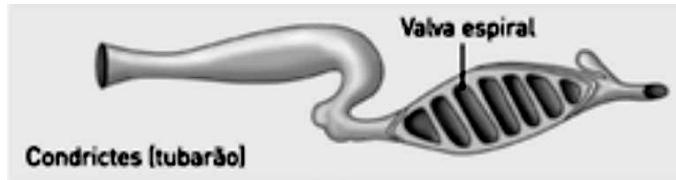


Figura 23 – Esquema do sistema digestivo de condricteis.

Fonte: Moyes e Schulte (2010).

1. Respiração por meio de cinco a sete pares de brânquias conduzindo a fendas branquiais expostas em elasmobrânquios, quatro pares de brânquias cobertas por opérculo em quimeras.
2. Sem bexiga natatória ou pulmões.
3. Sexos separados; gônadas pares; ductos reprodutores abrem-se na cloaca; ovíparos, ovovivíparos ou vivíparos; com desenvolvimento direto; fecundação interna.

Subclasse *Elasmobranchii*

Há nove ordens de elasmobrânquios atuais, com cerca de 912 espécies. Os tubarões e as formas similares apareceram no planeta Terra na Era Paleozoica, Período Devoniano, cerca de 408 milhões de anos atrás. Os tubarões apresentam corpo fusiforme, com boca ventral a um rostro pontudo. Apresentam uma cauda heterocerca.

As nadadeiras (Figura 24) incluem as peitorais e pélvicas, pares, sustentadas pelo esqueleto apendicular; uma ou duas nadadeiras dorsais e uma nadadeira caudal mediana. Uma nadadeira anal mediana está presente na maioria dos tubarões. No macho a parte mediana da nadadeira pélvica é modificada para formar o cláspere, que é utilizado na cópula. Narinas pares são ventrais e anteriores à boca. Os olhos são laterais e sem pálpebras; atrás de cada olho há um espiráculo. Possuem cinco a sete pares de fendas branquiais encontradas anteriormente a cada nadadeira peitoral. A pele é coberta por escamas placoides dérmicas, semelhante a dentes.

¹⁸O tubarão-baleia *Rhincodon typus* é o maior peixe do mundo, alcançando 12 m de comprimento.

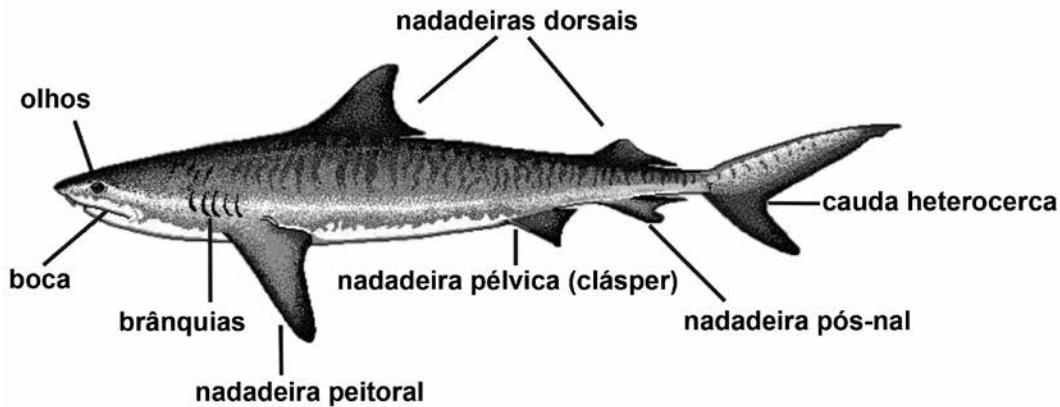


Figura 24 – Esquema de nadadeiras de tubarão.

Fonte: <http://www.biologo.com.br/tubarao/especies/tubarao-tigre.html>

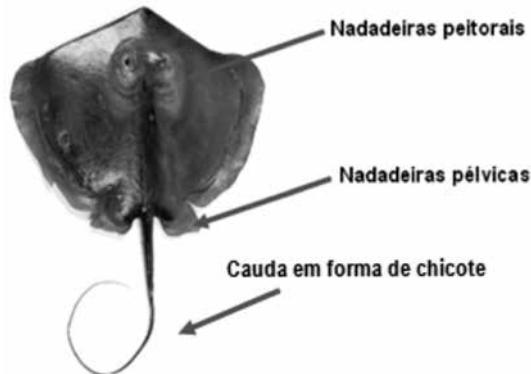


Figura 25 – Nadadeiras de uma arraia.

Fonte: <http://www.infoescola.com/biologia/peixes-cartilaginosos-classe-chondrichthyes/>

Os tubarões possuem órgãos do sentido bem desenvolvidos para a sua vida predatória. Eles podem detectar suas presas a quilômetros de distância com seus grandes órgãos olfatórios, capazes de perceber substâncias químicas em concentrações muito baixas.

As presas também podem ser localizadas por percepções de vibrações de baixa frequência com mecanorreceptores no sistema de linha lateral (Figura 27), composto por órgãos receptores especiais (neuro mastos) em tubos interconectados e poros estendendo-se ao longo dos lados do corpo e sobre a cabeça. Em distâncias menores, o tubarão utiliza a sua excelente visão. Usa ainda como guia o campo bioelétrico gerado pelas presas, através de eletrorreceptores, as ampolas de Lorenzini (Figura 26), localizadas principalmente em sua cabeça.

Ambas as maxilas dos tubarões são dotadas de várias fileiras de dentes triangulares afiados. À medida que uma fileira se desgasta pelo uso, uma nova fileira de dentes já está pronta para substituir os dentes gastos.

Outro grupo que pertence aos elasmobrânquios é o das raias, que inclui formas bentônicas, elétricas. Apresentam um achatamento dorso ventral do corpo e nadadeiras peitorais muito alargadas fundidas à cabeça (Figura 25). As aberturas branquiais situam-se no lado inferior da cabeça, mas os grandes espiráculos situam-se no topo. A água para a respiração é obtida por esses espiráculos para evitar o entupimento das brânquias quando estão enterradas na areia. As raias com ferrão possuem cauda delgada e em forma de chicote, que é armazenado com um ou mais espinhos serrilhados com glândulas de veneno em sua base.

A locomoção nesses condricotos achatados dorso ventralmente é feita por meio de ondulações das nadadeiras peitorais, alargadas e musculosas. A grande flexibilidade dessas nadadeiras resulta da redução do número de escamas placoides, que são características do tegumento de tubarões e estão ausentes em amplas áreas do corpo e nadadeiras peitorais das raias.

Os poucos dentículos dérmicos remanescentes são alargados com uma projeção pontiaguda muito desenvolvida e dispõem-se numa fileira sobre a linha mediana dorsal do corpo.

As raias permanecem parcialmente enterradas durante horas e ficam praticamente invisíveis, exceto pelos olhos e espiráculos dorsais através dos quais observam o ambiente e respiram, respectivamente.

Formas mais diferenciadas, tais como as raias da família *Dasyatidae*, têm algumas escamas modificadas, localizadas na base da cauda associada à glândula de veneno, um mecanismo de defesa aparentemente eficiente que compensa seus corpos nus. As raias mais especializadas, da família *Mobulidae* derivam de formas totalmente sem escamas e ficam muito pouco tempo sobre o fundo. Essas raias usam suas nadadeiras peitorais muito desenvolvidas e musculosas e nadam na coluna d'água movimentando-se para cima e para baixo. Incluem nessa família as jamantas e as mantas, que alcançam até 6 metros de largura.

As raias são primariamente bentônicas, alimentando-se de invertebrados, mas as raias de grande porte são pelágicas e, da mesma maneira que as grandes espécies de tubarões, alimentam-se de plâncton. Desconhece-se porque as dentições são diferentes no macho e na fêmea de muitas espécies de raias bentônicas que se alimentam de invertebrados. Dentições diferentes associadas ao maior tamanho das fêmeas podem reduzir, de maneira efetiva, a competição entre os sexos, mas não são encontradas diferenças entre os conteúdos estomacais das fêmeas e dos machos. Uma explicação é que os dentes dos machos possam ser importantes na excitabilidade da fêmea durante a cópula.

Raia da família *Rajidae* tem uma característica única dentro dos condrites: ela tem tecidos especializados, ao longo da cauda, capazes de emitir descarga elétrica. Cada espécie parece ter um padrão particular de descargas elétricas, o que indica a possibilidade de existir uma identificação elétrica específica entre elas, no meio do turbilhão de formas de vida no fundo do mar. A raia elétrica, das famílias Narcinidae e Torpedinadae, têm músculos modificados que produzem descargas elétricas que podem chegar até 220 volts.

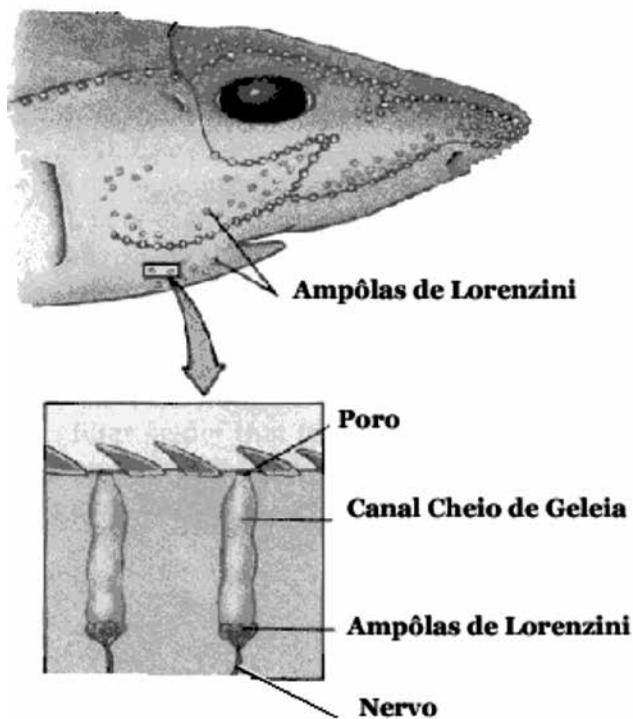


Figura 26 – Desenho mostrando linha lateral em tubarão.

Fonte: http://www.encyclopedia.com.pt/articles.php?article_id=190

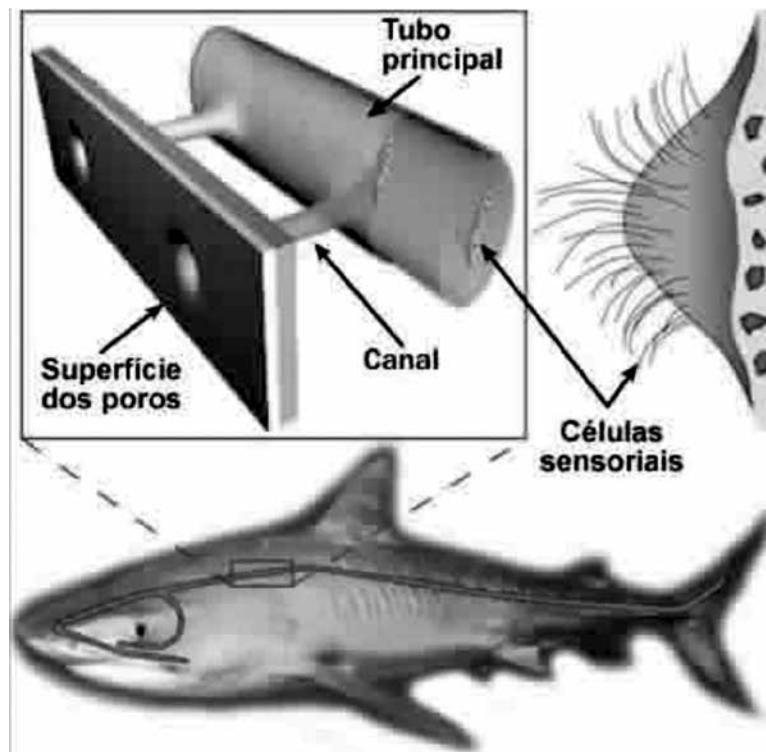


Figura 27 – Esquema de linha lateral.

Fonte: <http://changenow2010.blogspot.com/2010/03/tubaroes-introducao.html>

Osmorregulação e flutuação em elasmobrânquios

Elasmobrânquios marinhos desenvolveram uma solução importante para o problema de viver em meio salino. Para evitar que a água seja osmoticamente retirada do corpo, os elasmobrânquios retêm compostos nitrogenados, especialmente ureia e óxido trimetilamina no sangue. Esses solutos, combinados com os sais sanguíneos, elevam a concentração de solutos, de maneira a exceder ligeiramente a do mar, eliminando desigualdade osmótica entre seus corpos e a do mar circundante.

Para evitar o afundamento, os tubarões precisam sempre estar se deslocando para frente na água. A cauda heterocerca do tubarão lhe fornece elevação necessária, enquanto ele nada, e a ampla cabeça e os largas nadadeiras peitorais atuam como planos angulares para manter a elevação da cabeça. Eles também contam, para sua flutuação, com grande fígado contendo um hidrocarboneto gorduroso, o esqualeno, que possui densidade menor que a da água. Assim, o fígado atua como uma grande bolsa de óleo que ajuda a compensar o peso do corpo do tubarão.

¹⁹Os tubarões nadam sem parar? Todos os tubarões são mais densos do que a água, e se pararem de nadar, afundam.

Subclasse *Holocephali*

Os condrictes (raias e tubarão) estão contidos no táxon Elasmobranchii, e um pequeno grupo de condrictes, denominados vulgarmente de quimeras (Figura 28) ou peixe-coelho, são agrupados no táxon Holocephalii.

Não há concordância sobre a filogenia desse grupo. Dois táxons fósseis são apontados como ancestrais dos holocéfalos. Um desses grupos é o dos placodermos, denominados ptyctodontides, conhecidos desde o médio Devoniano. Raramente excediam os 20 centímetros de comprimento; sofreram redução no número de placas cefálicas e corporais.

Fixam-se ao curto palatoquadrado um único par de placas dentíferas largas, opostas ao par mandibular que é menor. As brânquias estão recobertas por um opérculo membranoso. Caracteres pós-cranianos, tais como os espinhos nas nadadeiras, nadadeiras pares, cláspere e nadadeira caudal com lobo dorsal muito desenvolvido são muito características dos holocéfalos viventes.

Qualquer que seja a origem das quimeras, as 38 viventes não ultrapassam 1 metro de comprimento e têm a anatomia das partes mole muito parecida com a dos tubarões e das raias do que com qualquer outra forma vivente. Os holocephalii (Figura 29) têm sido agrupados junto com os outros condrictes no táxon *Elamosbranchii* por compartilharem caracteres comuns.

As quimeras geralmente são encontradas ao redor dos 80 metros de profundidade, depositam os ovos em águas mais rasas. Ao contrário dos elasmobrânquios que têm um complexo de modalidades reprodutivas, as quimeras são exclusivamente ovíparas, com ovos de 10 cm de comprimento e casca nascem diminutas, produzindo quimeras idênticas aos adultos (desenvolvimento direto).



Figura 28 – Quimera

Fonte: http://www.freewebs.com/smrcek_zivali/ribe.htm

²⁰Sistemática

Filo *Chordata*

(animais com notocorda em algum estágio da vida)

Subfilo *Vertebrata*

(animais craniados com vértebras)

Superclasse

Gnathostomata

(peixes com maxilas)

Classe *Actinopterygii*

(peixes com nadadeiras raiadas)

Subclasse *Chondrostei*

Subclasse *Neopterygii*

Classe *Sarcopterygii*

(peixes com nadadeiras lobadas)

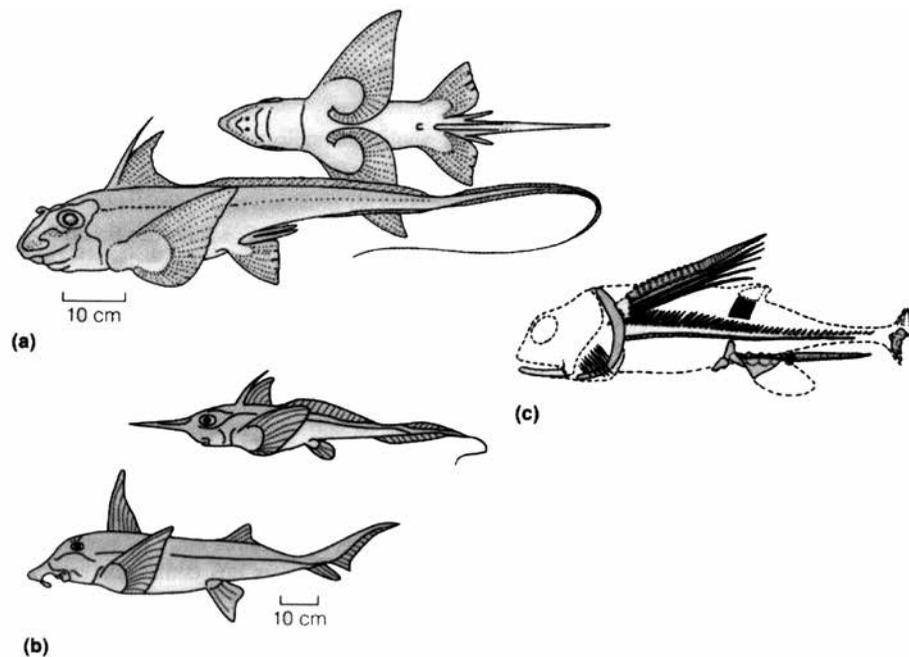


Figura 29 – Holocephali. (a) A quimera comum *Hydrolagus coliei*, um Holocephali vivente. (b) Representantes de dois outros grupos viventes: a quimera nariz-achatado (abaixo) e a quimera nariguda (acima). (c) *Phomeryele*, um tubarão iniopterígio considerado, pela maioria dos paleontólogos, como um parente das quimeras viventes.

Fonte: Pough (2008)

As 38 quimeras viventes pertencem três famílias, todas marinhas. Duas dessas famílias, *Chimaeridae* (27 espécies) e *Rhinochimaeridae* (8 espécies) têm distribuições bastante amplas, mas a *Callorhynchidae*, (3 espécies) é representado apenas no Hemisfério Sul, sendo relatada principalmente no clima temperado para latitudes subpolares. *Holocephali* ainda são pouco conhecidos, e novas espécies continuam a ser descritas. Em águas americanas do Sul, existe apenas uma espécie de *Callorhynchidae*, *Callorhynchus callorhynchus*, conhecida no Brasil, no Uruguai, na Argentina, no Chile e no Peru. Sua ocorrência mais setentrional é documentada ao longo da costa do Pacífico, em La Punta Negra, Peru.

As quimeras alimentam-se de camarões, gastrópodes e ouriços do mar. Locomovem-se por meio das ondulações do corpo e da nadadeira caudal, afilada e longa, e pelos movimentos estabilizadores das nadadeiras peitorais amplas e móveis. As placas dentíferas promovem forte mordedura e acompanham o crescimento do animal durante toda a vida, havendo um ajuste no seu peso para não interferir na flutuabilidade. O espiráculo é fechado, com olhos grandes, sem ou com poucas escamas.

De interesse especial são os mecanismos de defesa: uma glândula de veneno associado ao espinho na nadadeira dorsal e o esporão cefálico dos machos, em forma de clava. Os holocefaicos são um desvio curioso da história dos vertebrados, e da mesma forma que os condrictes necessitam de estudos mais apurados.

A partir das adaptações presentes nos condrictes modernos, não é surpresa que tenham sobrevivido sem alterações desde o Mesozoico. O fato surpreendente é que eles não são o grupo mais diversificado e não são encontrados numa variedade muito ampla de habitats. Para entender suas limitações, deve-se examinar suas relações de competição junto aos peixes ósseos.

Reprodução

Boa parte do sucesso da última geração de elasmobrânquios pode ser atribuída aos seus sofisticados mecanismos de reprodução. A fecundação interna ocorre em todas as espécies modernas.

Os cláspers pélvicos (figura 30) têm uma estrutura esquelética que amplia a eficiência da cópula. Durante a cópula, apenas um cláspers é introduzido no interior da cloaca da fêmea, num ângulo de 90° em relação ao eixo antero-posterior do corpo, e o esperma flui pela fenda dorsal do cláspers, que se limita dorsalmente à papila cloacal. O cláspers flexionado é introduzido na cloaca da fêmea e permanece preso por meio de barbas, ganhos e espinhos localizados na porção distal do cláspers.

Os machos de espécies de pequeno porte mantêm ancorados *in copulo* (Figura 31a), enrolando-se sobre o corpo da fêmea. Os tubarões de grande porte macho e fêmea nadam lado a lado tocando-se com as laterais do corpo e copulam numa posição sedentária, ficam com cabeças voltadas para baixo, tocando o substrato com o focinho, e mantêm seus corpos inclinados, num ângulo agudo, com relação ao substrato. Alguns machos de tubarões e de raias mordem os flancos da fêmea prendendo-se pela boca. Nessas espécies as fêmeas podem ter a pele do dorso e dos flancos duas vezes mais espessas que a dos machos.

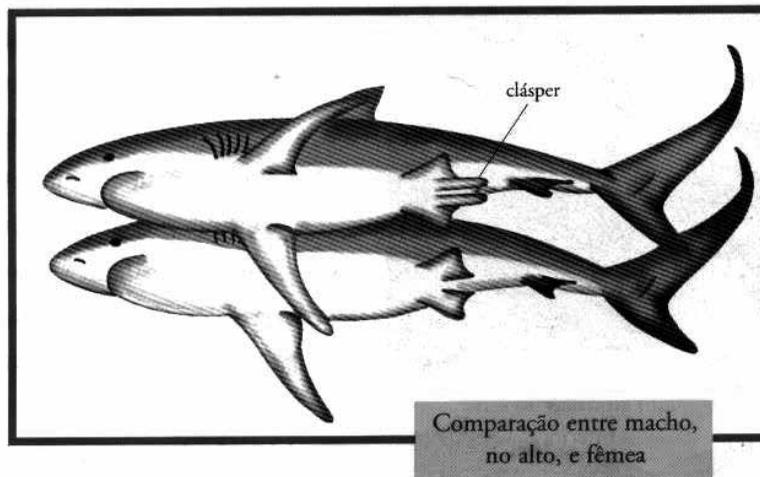


Figura 30 – Dimorfismo sexual nos condríctes. Fonte: Otto Bismarck

Qualquer que seja a posição tomada pelos parceiros, quando o clássper é introduzido firmemente no interior da cloaca da fêmea, o esperma é ejaculado para dentro do sulco do clássper. Simultaneamente, ocorre a contração do saco muscular subcutâneo localizado na fase anterior da nadadeira pélvica. Esse saco em sifão secreta um fluido lubrificante e está cheio de água do mar, que é bombeada ativamente para dentro desse saco pelo movimento das nadadeiras pélvicas durante a cópula. O fluido seminal, proveniente do saco em sifão envolve o esperma, e sua função é a de facilitar a natação dos espermatozóides no interior dos dutos genitais femininos.

As fêmeas possuem estruturas especializadas na região anterior dos ovidutos, as glândulas nidimentais, responsáveis pela secreção da casca proteica ao redor do ovo fertilizado. Muitos ovos de elasmobrânquios são grandes e contêm um estoque razoável de nutrientes. Os elasmobrânquios ovíparos têm ovos muito grandes com várias aberturas na casca que possibilitam os diferentes tipos de trocas entre o embrião e o meio externo. A casca também apresenta várias projeções que servem para prender os ovos entre si e ao substrato.

Durante o período de desenvolvimento do embrião, que dura de 6 a 10 meses, o zigoto obtém nutrientes exclusivamente do vitelo do ovo (Figura 31 B). Moléculas inorgânicas, incluindo o oxigênio dissolvido, são eliminadas para o meio externo através de uma corrente d'água produzida por movimentos do embrião, semelhantes à natação. Geralmente, após o nascimento os jovens são uma réplica em miniatura dos adultos.

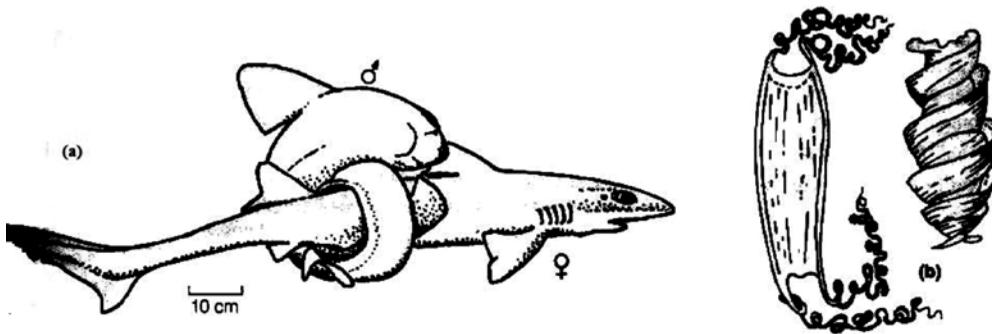


Figura 31 – A reprodução dos tubarões. (a) Cópula do tubarão europeu *Scyliorhinus in copulo*. (b) Cascas de ovos de dois tubarões ovíparos, *Scyliorhinus* (esquerda) e *Heterodontus* (direita).

Fonte: Pough; Heiser; McFarland (2008).

A aquisição mais significativa na evolução da reprodução dos elasmobrânquios foi a retenção por longo tempo, dos ovos fertilizados no interior do trato reprodutivo. Atualmente muitas espécies ovovíparas retêm o jovem em desenvolvimento no interior dos ovidutos até serem capazes de ter uma vida independente. A redução na produção das secreções da casca, feitas pelas glândulas nidimentais, e um aumento significativo na vascularização dos ovidutos e sacos vitelínicos são as diferenças mais notáveis entre as formas ovíparas e as ovovíparas.

Todos os nutrientes do embrião provêm do vitelo, e apenas alguns íons inorgânicos e gases dissolvidos são trocados entre a circulação materna e a do embrião. Frequentemente, os jovens rompem a casca do ovo no interior do oviduto e permanece nesse local por um período de tempo tão longo quanto aquele que permaneceria no interior do ovo. Algumas vezes nascem por volta de 100 indivíduos, mas o mais comum é o nascimento de cerca de uma dúzia de filhotes.

Um passo natural a partir da condição ovípara é a viviparidade ou matrotrofia (*matro* = mãe, *troph* = alimentação), na qual o suprimento de alimento não se limita ao vitelo. Diferentes elasmobrânquios têm desenvolvido matrotrofia independentemente e em períodos de tempo diferentes. Em algumas espécies de elasmobrânquios, a mucosa dos ovidutos apresentam longas projeções filamentosas, em forma de espaguete, que penetram no interior da boca e fendas branquiais do embrião e secretam uma substância nutritiva.

Em outras espécies, a fêmea, mesmo tendo embriões no interior dos ovidutos, continuam ovulando, e os embriões, ao romperem as cascas de seus ovos, comem esses óvulos não fecundados e ricos em vitelo. A forma mais comum e também a mais complexa de viviparidade apresentada pelos elasmobrânquios é a formação de um saco vitelínico placentário, no qual cada

embrião obtém seu alimento a partir da corrente sanguínea materna via saco vitelínico, que é muito irrigado.

Qualquer que seja a forma de alimentação dos embriões, os elasmobrânquios jovens alcançam um tamanho razoável que lhes permitem viver por conta própria, e não existem evidências da existência de qualquer tipo de proteção ou alimentação por parte dos adultos em relação aos ovos ou ao jovem ao nascer. De fato os elasmobrânquios são considerados, há muito tempo, formas solitárias e pouco sociáveis, mas essa visão está mudando.

Muitas observações de campo, feitas de helicópteros de resgate ou de submergíveis, indicam que várias espécies de elasmobrânquios se agrupam em grande número periodicamente, talvez anualmente. Mais de 1000 espécies de tubarão azul (*Prionce glauca*) foram vistas nadando próximas à superfície dos cânions na Costa do estado Maryland, USA.

Os pescadores estão familiarizados com grandes cardumes de tubarões do gênero *Squalus*, que sazonalmente deslocam-se por essa área, alimentando-se de peixes de interesse econômico e de invertebrados. Esses cardumes são geralmente formados por indivíduos do mesmo tamanho e sexo. A distribuição dos cardumes também é peculiar: os cardumes de fêmeas localizam-se próximos à costa e os dos machos, em mar aberto ou então os machos ficam ao norte, enquanto as fêmeas ficam ao sul de uma determinada região.

Uma segregação geográfica de sexos também foi observada em cardumes de cação-martelo e recentemente levantou-se a hipótese que esse fenômeno seja o resultado de dietas alimentares diferentes existentes entre os dois sexos em habitats com produtividade diferentes. As fêmeas consomem alimentos de crescimento mais rápido, comem proporcionalmente mais do que os machos e, desse modo, ficam maiores, alcançando a maturidade sexual mais cedo.

Saiba mais



Peixes que mudam de sexo

Cynthia Emerich

No dia 27 de Julho de 2008, ganhei alguns exemplares de Guppy Endlers (*Poecilia wingei*) do Reinaldo, era um pequeno grupo com algumas fêmeas e apenas um macho. Pouco depois de ganhar os peixes acabei perdendo o machinho ficando apenas com 6 fêmeas, de lá para cá foram pouco mais de 4 meses e como na época as fêmeas eram minúsculas não chegou a ocorrer fecundação. Fiquei triste por só ter ficado com fêmeas e ainda por cima nenhuma fecundada, comentei com o Reinaldo e a Chantal o fato e eles me disseram que iriam me passar um machinho para as minhas fêmeas aproveitarem a vidinha...

No final do mês passado, ao alimentar os peixes, reparei que uma das minhas fêmeas estava apresentando uma coloração um pouco diferente... estranhei e fiquei observando...

o corpo continuava dourado (característica de algumas fêmeas de Endlers), a nadadeira anal em forma de leque e o ventre roliço. Pensei comigo mesma “mas que diabos? Não era para ela apresentar essas cores”, na hora percebi o que estava acontecendo: minha população de Endlers era constituída apenas por fêmeas já fazia meses e, devido a este desequilíbrio ambiental, uma delas estava mudando de sexo!!!

Mas espera aí, mudando de sexo? Isso acontece com peixes? Sim, não é um fenômeno comum, mas acontece...

Vocês sabiam que 10% das espécies de peixes trocam de sexo uma vez na vida? Os peixes passam de fêmea para macho, ou vice-versa, em um processo – chamado de inversão sexual - que leva algumas semanas para se completar. A inversão sexual ocorre quando a proporção entre os dois sexos sofre algum desequilíbrio e é através dela que a espécie aumenta as chances de ocorrer uma reprodução bem sucedida.

A inversão sexual é a capacidade de trocar de sexo a partir de estímulos do ambiente. Os peixes transexuais são divididos em dois grupos:

Peixes Protândricos: Quando jovens, têm glândulas sexuais potencialmente capazes de produzir óvulos e espermatozoides, ao atingirem o estágio de pré-adultos, tornam-se machos sexualmente ativos. Parte desses machos, os mais agressivos, vão desenvolver mais tarde a área feminina de suas glândulas sexuais. Não produzirão mais espermatozoides e se tornarão adultos completos. Todos os outros peixes do grupo terão seu crescimento sexual inibido. Exemplo disso é o caso do peixe palhaço *Amphiprion melanopus*.

Peixes Protogínicos: Este tipo de inversão sexual reúne 90% dos peixes que trocam de sexo. Neste grupo, os peixes têm ovários em sua primeira fase; as glândulas transformam-se em testículos na segunda fase. A inversão só acontece uma vez e não se realiza sempre. Exemplo: Garoupa, Mero, Cherne, Guppy Endlers, Molinésia...

Quando em uma espécie os indivíduos são sempre macho ou fêmea, nunca ocorrendo mudança de sexo, é dado o nome de **gonocorismo ou dimorfismo sexual**. Algumas espécies são ao mesmo tempo transexuais e gonocóricas: incluem indivíduos que são sempre machos (ou fêmeas) e indivíduos capazes de trocar de sexo. Essas espécies são chamadas de **diândricas**.

E como o ambiente influencia na fisiologia desses animais?

As chamadas “dicas ambientais” podem ser consideradas como gatilhos que desencadeiam os processos de vitelogenese, ou seja, a incorporação de vitelos nos óvulos das fêmeas, assim como o processo de maturação final e ovulação. Intrinsecamente, a reprodução é controlada pelo eixo hipotálamo-hipófise-gônadas, um sistema em cascata de liberação de hormônios e neuro-hormônios que traduzem as condições ambientais para a fisiologia dos animais, definindo assim o sucesso reprodutivo dos indivíduos. Nesse eixo endócrino, os neurônios hipotalâmicos sintetizam e liberam o GnRH (hormônio liberador de gonadotropinas) que estimula a hipófise a liberar as gonadotropinas (glicoproteínas), FSH (hormônio folículo estimulante) e LH (hormônio luteinizante). Esses hormônios hipofisários agem sobre as gônadas (ovários e testículos) estimulando a síntese dos chamados esteróides gonadais - estradiol, progesterona e testosterona - dependendo do sexo e do momento do ciclo considerado.

As pesquisas sobre inversão sexual entre os peixes começaram há vinte anos e elas mostram que o fenômeno ocorre muito em lugares de águas quentes e rasas. Exemplos: Mar Vermelho; Oceano Índico ou certas regiões do Pacífico; No Brasil, em certos pontos do litoral do Rio de Janeiro e do Nordeste; No Rio Grande do Sul, embora a água não permaneça quente durante um período muito longo do ano, há peixes transexuais, entre eles o Pargo rosa (*Pagrus pagrus*).

Uma curiosidade que encontrei, ao pesquisar sobre o assunto, foi que todos os membros da subfamília *Epinephelinae* (Garoupas, Meros, Chernes, etc.) são peixes hermafrodi-

tas protogínicos, ou seja, vivem inicialmente como fêmeas transformando-se, a partir de determinada altura e irreversivelmente, em machos.

Para resumir: O peixe **Protogínico** nasce e se desenvolve como **fêmea** quando, por algum estímulo ambiental, acaba virando um macho. O peixe **Protândrico** nasce e se desenvolve como **macho** quando, por algum estímulo ambiental, acaba virando uma fêmea.

Mas e o caso da minha fêmea que virou macho? Sim, a esta altura do campeonato ela já virou um machinho e inclusive persegue as outras fêmeas com o gonopódio todo “animado”...

No caso da minha fêmea protogínica eu tirei fotos para mostrar a sua transformação de fêmea em macho, elas vão desde o momento em que eu percebi as cores diferentes até ela desenvolver completamente o gonopódio e passar a ser tratada por “ele”.

Bom pessoal basicamente é isso, eu achei interessante partilhar este acontecimento com vocês porque é um assunto um pouco “diferente”. Gostaria de pedir desculpas pela falta de foco na maioria das fotos, mas essa criaturinha é muito rápida e eu bem lerda hahaha...Para quem tiver curiosidade, fica o significado das palavras:

Protandria: (do grego prótos – primeiro + andrós – macho) traduzido ao pé da letra seria algo como o primeiro macho, ou o macho primeiro.

Protoginia: (do grego prótos – primeiro + gyne – fêmea) traduzido ao pé da letra seria algo como a primeira fêmea, ou a fêmea primeira.

Entre os peixes teleósteos, o gonocorismo ou dimorfismo sexual é uma característica dominante. Porém, hermafroditismo simultâneo, com maior ou menor grau de sincronia e inversão de sexo com maturação sequencial, sucessiva ou não, dos tecidos germinativos masculinos e femininos, e vice-versa, e/ou reversão de sexo são encontrados em várias espécies. A mudança de sexo nos indivíduos adultos envolve a degeneração do tecido gonadal do primeiro sexo e o crescimento e maturação do tecido do sexo oposto, em substituição ao anterior, passando por uma fase de intersexo. *Synbranchus marmoratus*, como a maioria dos *Synbranchidae*, é um peixe hermafrodita protogínico diândrico. Portanto, o estudo da cinética da reestruturação tecidual nesta espécie pode auxiliar na compreensão dos eventos biológicos característicos das gônadas transicionais dos teleósteos hermafroditas.

Fonte: <http://www.aquariusrc.com.br/index.php?pagina=artigos2&cor=12&id=91>

• A fauna de tubarões no litoral brasileiro

O litoral brasileiro, em toda a sua extensão, é muito rico em tubarões, abrigo de mais de 80 espécies desses animais tão temidos pela maioria das pessoas. A costa do Brasil tem por volta de 8000 km de extensão e é possível que outras espécies vivam no litoral e ainda não tenham sido encontradas, provavelmente porque vivem afastadas da costa em grandes profundidades, longe dos aparelhos de pesca.

Das oito ordens de tubarões existentes, somente duas não ocorrem no Brasil: a Heterodontiformes e Pristiophoriformes.

Muitas espécies foram encontradas apenas uma ou duas vezes, como tubarão-vaga-lume (*Orectolobus maculatus*, figura 32) e o megaboca (*Megachasma pelagios*, figura 33). Outras são relativamente raras, e poucas foram as ocasiões em que puderam ser estudadas pelos pesquisadores. É o caso do tubarão-branco (Figura 34) e do tubarão gato-anão (*Pristurus parvipinnis*).

O tubarão-baleia (*Rhincodon typus*, figura 38), visto cerca de 25 vezes, e outras espécies pouco comum no Brasil também já foram estudadas.

Há várias espécies comuns e abundantes, como os tubarões martelo (*Sphyrna sp.*, figura 37), totalmente inofensivos, que podem ser vistos em todo o litoral brasileiro. Os seus filhotes são frequentemente capturados pelos pescadores perto de praia, durante primavera e o verão, principalmente nas regiões Sudeste e Sul.

O tubarão-tigre (*Galeocerdo cuvier*, figura 36) e o cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*, figura 35) são mais abundantes no Nordeste, onde as condições ambientais lhes são mais favoráveis. O cação mangona (Figura 39), por outro lado, só é encontrado no Sudeste e no sul porque prefere águas frias.

Existem tubarões no Brasil difíceis de serem identificados, como o flamengo, o fidalgo, o lombo-preto, o corta garoupa e o machote, todos parentes próximos do cabeça-chata e muito parecidos entre si.

Mas, se tantas espécies são inofensivas, então por que os ataques de tubarões a banhistas se tornaram mais frequentes nos últimos anos? Com os avanços tecnológicos, a ocupação do mar pelo homem aumentou e, infelizmente, a poluição dos ambientes marinhos também cresceu. Estudos recentes sugerem que, nas regiões altamente degradadas pelo homem, os tubarões atacam as pessoas devido à falta de alimentos, como comenta o biólogo Otto Bismarck Fazzano Gadig, especialista em tubarões, da Universidade Estadual Paulista (Unesp) de São Vicente.

Existe ainda a hipótese segundo a qual a intensa ação do homem no mar perturbaria os tubarões, levando esses animais a confundirem os seres humanos com suas presas naturais, como peixes e tartarugas. Entre os animais que mais atacam o homem, destaca-se o tubarão-branco (*Carcharodon carcharias*), típico das águas frias de Estados Unidos, África do Sul e Austrália.



Figura 32 – Tubarão Vaga-lume

Fonte: http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/resources/tanya_dewey/wobbegong.jpg/view.html



Figura 33 – Tubarão Megaboca

Fonte: www.pilordia.blogspot.com/2007/08/mundo-submarino_17.html



Figura 34 – Tubarão-branco.

Fonte: <http://utweb.ut.edu/hosted/faculty/dhuber/critters.html>



Figura 35 – Tubarão babeça-chata.

Fonte: <http://utweb.ut.edu/hosted/faculty/dhuber/critters.html>



Figura 36 – Tubarão-tigre.

Fonte: <http://utweb.ut.edu/hosted/faculty/dhuber/critters.html>



Figura 37 – Tubarão-martelo.

Fonte: http://www.imotion.com.br/imagens/details.php?image_id=206



Figura 38 – Tubarão-baleia

Fonte: <http://www.contosdemochila.com/?p=1080>



Figura 39 – Tubarão-mangona.

Fonte: <http://tecnocientista.info/hype.asp?cod=2404>

²¹Devido ao fato de o clado *osteichthyes* não descrever um grupo monofilético, a maior parte das classificações não reconhece esse termo como táxon válido. Ela é utilizada como um termo de conveniência para descrever um grupo de vertebrados com ossos endoncondrais que são convenientemente chamados de peixes.

Osteichthyes: peixes ósseos

Os peixes ósseos e seus descendentes tetrápodes são caracterizados pela presença de osso endocondral, pulmões ou bexiga natatória derivados do tubo digestivo, opérculo sobre as brânquias (composto por placas ósseas e fixado a uma série de músculos), entre outros caracteres cranianos e dentários.

Uma das linhagens de peixes modernos são os peixes com nadadeiras raiadas (classe *Actinopterygii*), a linhagem mais rica em espécies, e os pei-

xes de nadadeiras lobadas (classe *Sarcopterygii*), que possuem apenas sete representantes atuais, os peixes pulmonados e o celacanto. Essa última deu origem aos tetrápodes vertebrados terrestres. No mundo existem cerca de 27.000 espécies de peixes conhecidas.

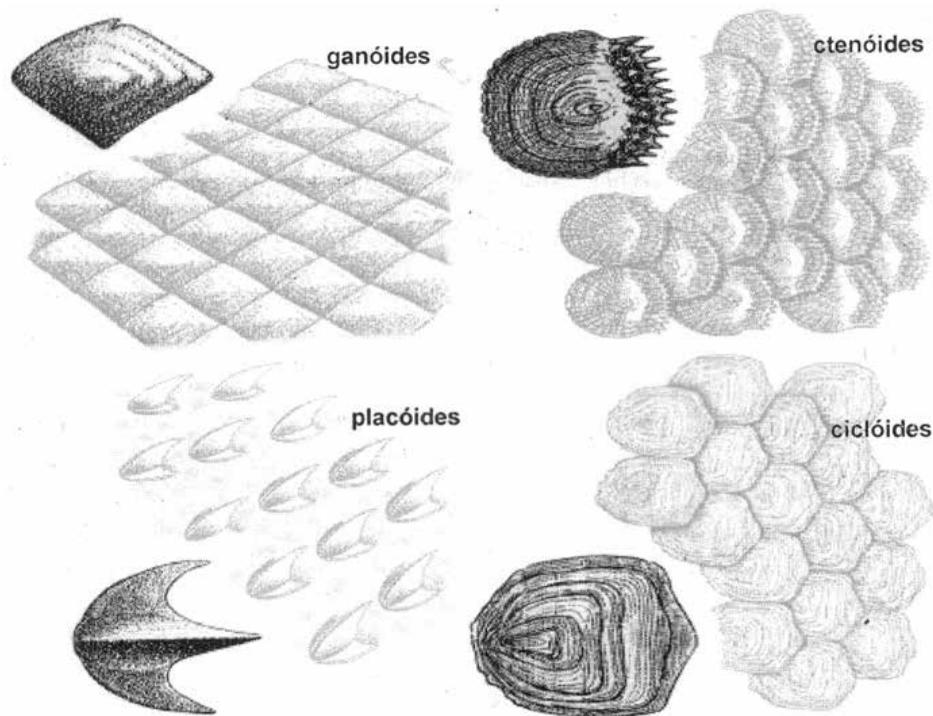


Figura 40 – Tipos de escamas de peixes ósseos.

Fonte: Storer e Ussinger (1995).

Classe *Actinopterygii*

Dos primeiros peixes com nadadeiras raiadas, apareceram dois grupos: os **condrósteos**, com caracteres mais primitivos, representados pelos esturjões ducícolas e anádromos, peixe-espátula e bichires e os **neopterígeos**, que deram origem aos peixes modernos (os teleósteos).

A diversidade de teleósteos chega a cerca de 23.600 espécies descritas. Várias tendências morfológicas na linhagem dos teleósteos lhes permitiram a diversificação. A pesada armadura dérmica dos peixes primitivos foi substituída por escamas ciclóides, leves, delgadas e flexíveis.

Dentre as características dos *Actinopterygii* podemos citar

1. esqueleto com ossos de origem endocondral; nadadeira caudal normalmente homocerca em forma avançada, com glândulas mucosas e escamas dérmicas embutidas; escamas ganóides em formas ancestrais, escamas ciclóides, ctenóides (Figura 40) ou ausentes em formas avançadas;

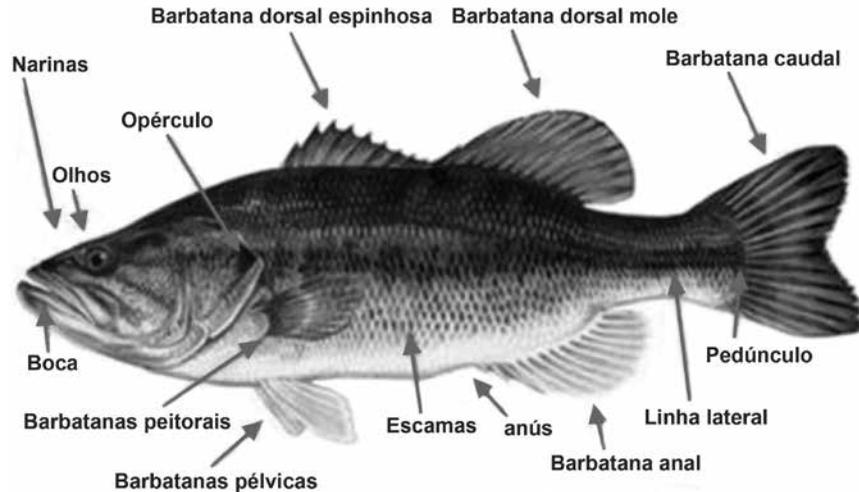


Figura 41 – Esquema de nadadeiras de peixes ósseos.

Fonte: <http://www.forum-digital.net/showthread.php?t=94164&langid=2>

2. presença de linha lateral;
3. nadadeiras pares e medianas (Figura 41), apoiadas por raios dérmicos longos; músculos que controlam o movimento das nadadeiras;
4. mandíbulas e dentes com cobertura esmaltada, bolsas olfatórias não se abrem dentro da boca; válvula espiral ausente nas formas avançadas;
5. respiração feita por brânquias apoiadas por arcos e cobertas por opérculo;
6. bexiga natatória frequentemente presente com ou sem um ducto, conectando ao esôfago, normalmente funcionando na flutuação;
7. circulação consistindo em um seio venoso, um átrio sem divisão e um ventrículo sem divisão; circulação simples;
8. sistema excretor com rins opistonéfricos pareados, sexos normalmente separados, fecundação externa, presença de formas larvais;
9. sistema nervoso com lobos olfatórios, cérebro pequeno, lobos ópticos e cerebelo; 10 pares de nervos cranianos, três pares de canais semicirculares.

Classe *Sarcopterygii*

Os *Sarcopterygii* são mais conhecidos como os peixes de nadadeiras lobadas. São classificados em duas subclasses: **subclasse *Dipnotetrapodomorpha*** e **subclasse *Coelacanthimorpha***, em que são encontrados os peixes pulmonados e o celacanto, respectivamente.

Todos os antigos sarcopterídeos possuíam pulmões, assim como brânquias e uma cauda do tipo heterocerca. Contudo, durante a era Paleozoica a orientação da coluna vertebral modificou-se de tal forma que a cauda tornou-se simétrica, denominada dificerca.

²²Um aspecto curioso dos peixes de nadadeiras raiadas, especialmente dos teleósteos, é a presença de numerosos cecos pilóricos no início do intestino, não encontrados em outros vertebrados. Sua função primária parece ser a de absorver gorduras, embora todas as classes de enzimas digestivas sejam secretadas lá.

Dentre suas características, citamos

1. esqueleto endocondral; nadadeira difícil nas formas viventes, pele com escamas dérmicas embutidas com uma camada de material semelhante à dentina.
2. presença de linha lateral.
3. nadadeiras pares e medianas, com um único elemento basal esquelético e raios dérmicos curtos, músculos que movem as nadadeiras pares sobre o membro.
4. maxilas presentes, dentes cobertos com esmalte verdadeiro e placas trituradoras restritas ao palato; bolsas olfatórias pareadas que podem ou não se abrir dentro da boca; intestino com válvula espiral.
5. brânquias apoiadas por arcos ósseos e cobertas por opérculo.
6. bexiga natatória vascularizada e utilizada para respiração e flutuação.
7. circulação consistindo em seio venoso, dois átrios, um ventrículo parcialmente dividido; cone arterial; circulação dupla, com círculos pulmonar e sistêmico.
8. sistema nervoso com lobos olfatórios, cérebro pequeno, lobos ópticos e cerebelo; 10 pares de nervos cranianos, três pares de canais semicirculares.
9. sexos separados; fecundação externa ou interna.

Dipnoi

Os dipnoi viventes (Figura 42) são distinguíveis pela ausência de articulação entre os ossos pré-maxilar com dentes, e a fusão do palatoquadrado com o crânio não dividido. Os dentes estão dispostos sobre o palato e fundidos em fileiras ao longo das margens laterais.

Os primeiros dipnoi eram marinhos e evoluíram bastante durante o Período Devoniano. As nadadeiras dorsal, caudal e anal fundiram-se em uma nadadeira contínua que se estende ao redor do terço caudal do corpo.

O peixe pulmonado australiano, *Neoceratodus forsteri*, é muito semelhante, morfológicamente, aos dipnoicos das eras Paleozoica e Mesozoica. Como todos os outros dipnoicos viventes, o *Neoceratodus* está restrito à água doce. O peixe pulmonado australiano alcança 1,5 metros de comprimento e 45 quilos de peso.

Apesar de esse dipnoico lutar vigorosamente quando fica preso numa rede de pesca, no ambiente natural, move-se lentamente sobre o substrato alimentando-se de plantas e invertebrados. Nada por meio de movimentos ondulatórios e rasteja sobre o fundo apoiando-se sobre as nadadeiras peitorais e pélvicas. A percepção química parece ser muito importante para esses peixes, pois existem numerosos botões gustativos forrando a mucosa bucal.

Distintamente dos peixes de água doce, que formam sua urina pela sequência usual de filtração e reabsorção, típica da maioria dos rins dos vertebrados, o rim dos peixes marinhos excreta íons bivalentes por secreção tubular. Como muito pouco do filtrado é formado, os glomérulos perderam sua importância e desapareceram em alguns teleósteos marinhos.

Dois curtos dutos nasais põem cada uma das narinas em comunicação com a região dorsal anterior da cavidade bucal.

Pouco se sabe sobre a piramboia, *Lepidoserena paradoxa*, muito abundante em regiões alagadas e pantanosas da Amazônia, do Mato Grosso do Sul e do Paraguai.

Os dipnoicos alimentam-se com uma vasta gama animais, e desta maneira aumentam significativamente a sua biomassa.

Durante a época das chuvas, o peixe cresce e engorda, devido a grande quantidade de alimentos. Com a chegada da estiagem e, conseqüentemente, com a baixa das águas, deixa de se alimentar e mergulha na lama; cava canais de aproximadamente 1 metro de profundidade no lodo, onde passam a viver exclusivamente às custas da respiração, tornando-se pouco ativos.

Embora o animal gaste pouca energia durante a estivação, o metabolismo é mantido e este consome a energia das proteínas musculares. Normalmente os peixes pulmonados ficam menos de seis meses em estivação, mas podem permanecer nesse estado até quatro anos sob condição da estivação forçada. Quando a chuva retorna, os peixes estão fracos e perderam muito peso, mas tornam-se ativos rapidamente alimentando-se vorazmente de moluscos, crustáceos e peixes e, em menos de um mês, voltam ao seu tamanho e peso anteriores à seca.

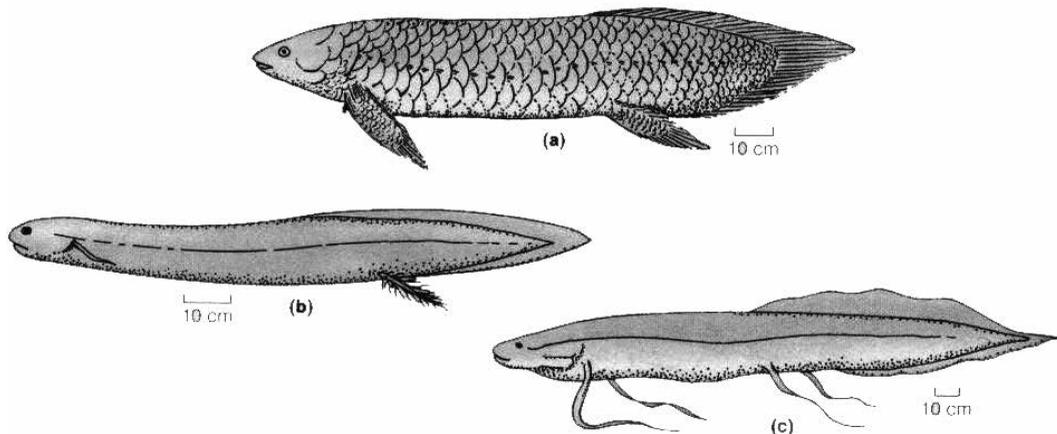


Figura 42 – Dipnoi vivos. (a) Peixe pulmonado australino. (b) Piramboia. (c) Peixe pulmonado africano, *Protopterus*.

Fonte: Pough; Heiser; McFarland (2008).

Actinista

Os actinista surgiram no período Devoniano, mas quase desapareceram no fim da Era Mesozoica, deixando uma espécie sobrevivente, *Latimeria chalumnae*. O celacanto era considerado extinto, porém um exemplar viva foi encontrada na costa oeste da África do sul em dezembro de 1938. Até então as cerca de

120 espécies de Coelacanthiformes eram considerados fósseis indicadores, que indicariam a idade da rocha onde tinham sido encontrados.

O moderno celacanto (Figura 43) é descendente do estoque de água doce do Devoniano. A cauda é dificerca, com um pequeno lobo entre os lobos superior e inferior, resultando em uma estrutura com três pontas.

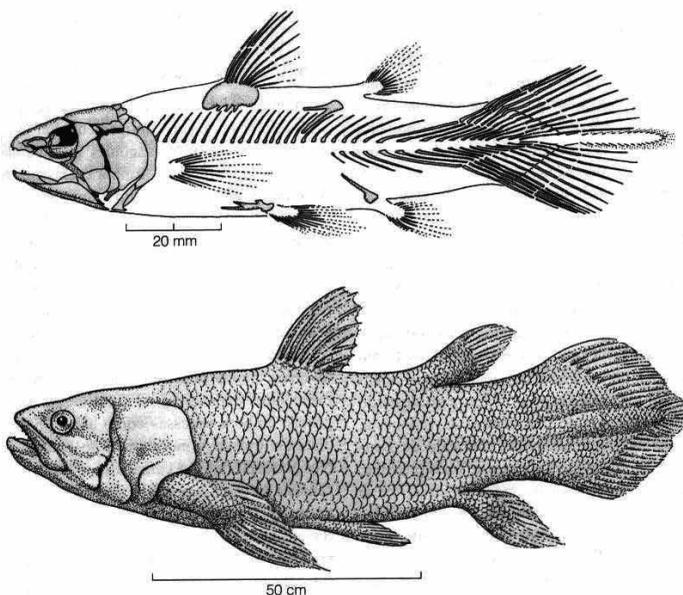


Figura 43 – Celacanto. Fonte: Pought; Heiser; McFarland (2008).

Os peixes pulmonados floresceram durante o Paleozoico e reduziram-se no Triássico, mas nesse período as espécies semelhantes ao *Neoceratodus* da Austrália foram de ocorrência mais ou menos universal. As seis espécies viventes de peixes pulmonados, na Austrália (*Neoceratodus forsteri*), África (*Protopterus- 4 especies*) América do Sul (*Lepidoserena paradoxa*) são parentes viventes mais próximos dos anfíbios, mas não estão na principal linha evolutiva dos anfíbios e, de certo modo, representam a transição entre os peixes e os anfíbios.

Os peixes pulmonados podem ser encontrados em lagos e rios. Os dipnoicos australianos utilizam praticamente suas brânquias para respirarem durante todo o ano, ao contrário dos seus parentes, os dipnoicos da África e da América do Sul, que muitas vezes utilizam os pulmões para respirarem durante os meses secos do ano. Nesse período, os peixes usam mecanismos de se enterarem na lama, permanecendo estivados até o final do período seco.

Osmorregulação dos peixes ósseos

Ambientes aquáticos, tanto de água doce como marinhos, requerem uma série de estratégias de osmorregulação para manter o ambiente interno do organismo em equilíbrio (Figura 44).

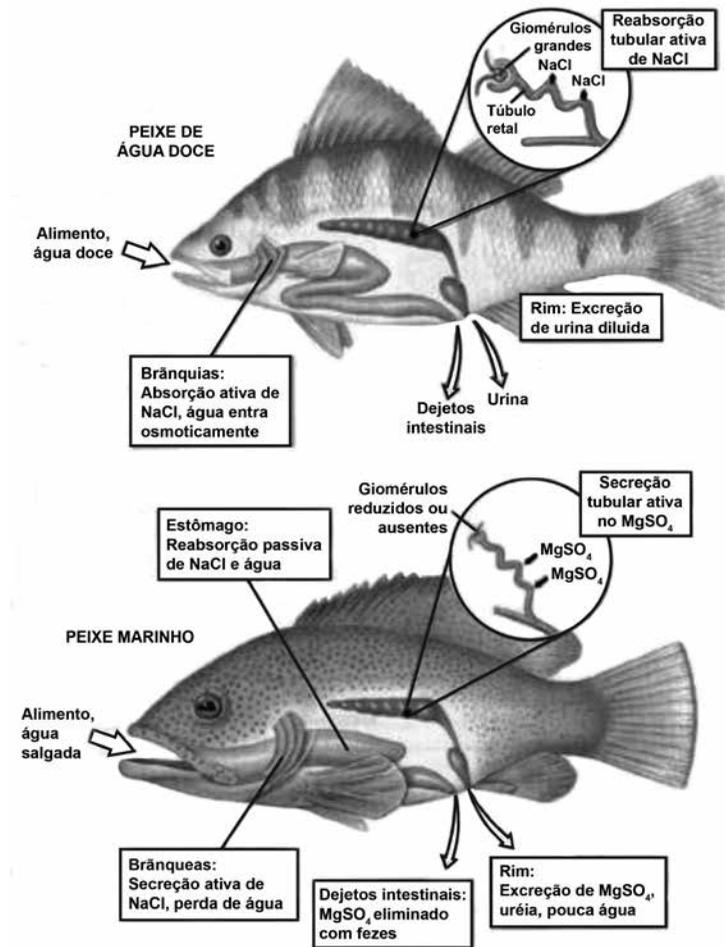


Figura 44 – Mecanismo de osmorregulação.

O ambiente de água doce, por ser extremamente diluído, obriga o organismo a perder sais para o ambiente e absorver água em excesso. Os peixes de água doce são reguladores hiperosmóticos em que a água em excesso é bombeada para fora pelo rim opistonéfrico, o qual é capaz de formar uma urina muito diluída. Células especiais de absorção, localizadas nas brânquias, mobilizam-se ativamente íons de sal, principalmente sódio e cloreto, a partir da água para o sangue. Isso, em conjunto com o sal presente no alimento, substitui o sal perdido por difusão.

Em ambientes marinhos, a água é extremamente concentrada. Assim, os peixes têm a capacidade de perder água para o meio e absorver sais. Os peixes marinhos são reguladores hiposmóticos e, para compensar a perda de água, eles bebem água do mar. No entanto, esse comportamento, além da água, traz consigo uma quantidade indesejável de sal, que é eliminada de duas maneiras: (1) os principais íons de sal do mar são transportados pelo sangue às brânquias, onde são secretados por células secretoras de sal especiais e (2) os íons remanescentes, principalmente os bivalentes, são deixados no intestino e neutralizados nas fezes,

porém uma pequena parte entra na corrente sanguínea e é eliminada pelos rins. O rim dos peixes marinhos secreta uma urina extremamente concentrada.

Flutuação dos peixes ósseos

A estratégia de flutuação mais eficiente é a bexiga natatória. Presente na maioria dos peixes ósseos pelágicos, ela está ausente em atuns, na maioria dos peixes abissais e na maioria dos bentônicos. Ao ajustar o volume de gás na bexiga natatória, um peixe pode conseguir uma flutuação neutra e se manter sustentado sem qualquer esforço muscular.

O gás pode ser removido da bexiga de duas maneiras: (1) Os peixes fisóstomos (Figura 45) possuem um ducto pneumático que conecta a bexiga ao esôfago (esses podem simplesmente expelir o ar através do ducto pneumático). (2) Telosteos mais avançados exibem a condição fisoclista, na qual o ducto pneumático é perdido em adultos. Nesses peixes o gás precisa ser secretado para a corrente sanguínea a partir de uma área vascularizada.

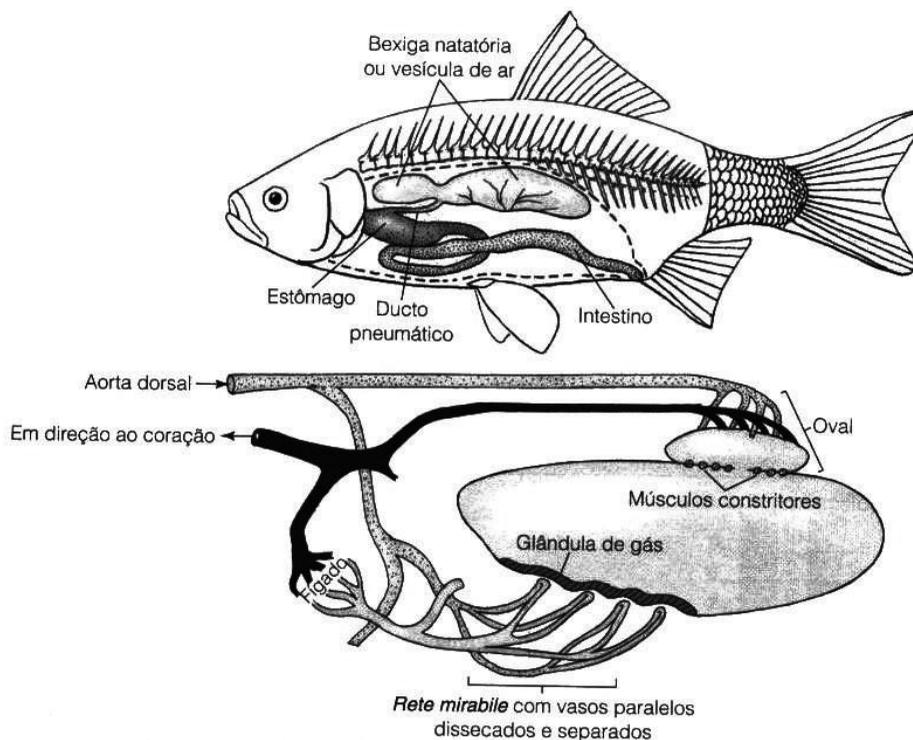


Figura 45 – Bexiga natatória de fisóstomo.

Fonte: Pough; Heiser; McFarland (2008).

O gás é secretado para a bexiga natatória na **glândula de gás** altamente especializada. A glândula é suprida por uma notável rede de capilares sanguíneos, conhecidos como **rete mirabile**, que funciona como um sistema

de troca em contracorrente que retém gases, especialmente oxigênio, e evita sua perda para a circulação.

3.4. Respiração Branquial

As brânquias dos teleósteos encontram-se no interior de bolsas faríngeas denominadas de cavidades operculares. Como o fluxo é unidirecional, a água entra pela boca e sai pelas brânquias. As extremidades dos filamentos branquiais de arcos adjacentes se juntam quando os mesmos são estendidos. Assim que a água deixa a cavidade bucal, ela passa entre os filamentos. A troca de gases tem lugar nas numerosas projeções microscópicas dos filamentos, denominados lamelas secundárias.

A ação bombeadora da boca e das cavidades operculares (bombeamento bucal) cria uma pressão positiva através das brânquias, de forma que a corrente respiratória é interrompida apenas durante cada ciclo de bombeamento.

O arranjo vascular nas brânquias maximiza a troca de oxigênio. Cada filamento branquial possui duas artérias, um vaso aferente, que vai do arco branquial até a ponta do filamento, e um vaso eferente, que retorna o sangue para o arco. Cada lamela secundária é um espaço secundário, conectando os vasos aferente e eferente. A direção do fluxo sanguíneo, pela lamela, é oposta à direção do fluxo da água que atravessa a brânquia. Esse arranjo estrutural, conhecido como troca por contra-corrente, garante que o máximo de oxigênio seja difundido para o sangue (Figura 46).

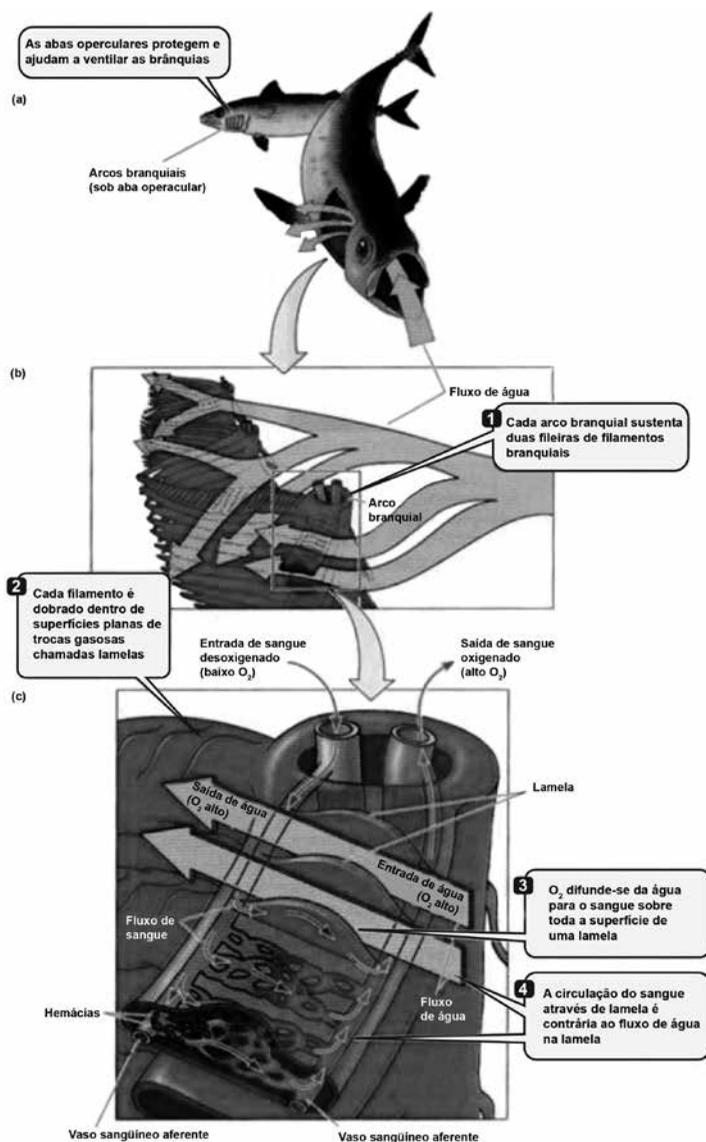


Figura 3.30 – Brânquias de peixes. (a) A água flui unidirecionalmente sobre as brânquias. (b) Os filamentos possuem grande área superficial e membranas finas. (c) O sangue flui através das lamelas em direção oposta ao fluxo de água.

Fonte: Purves; sadava; Orians; Heller (2002)

3.5. Peixes peçonhentos do Brasil

Existem diversas espécies de peixes marinhos e fluviais peçonhentos no Brasil. Aos aproximadamente 200 acidentes por peixes observados em rios e lagos, cerca de 40% foram causados por mandis e bagres, menos de 5% por arraias e o restante por peixes traumatizantes, como traíras e piranhas. Essas últimas têm dentes cortantes que são capazes de causar lesões laceradas com sangramento.

Existem ainda peixes que provocam acidentes curiosos, como os peixes-elétricos, que, quando tocados, podem aplicar correntes elétricas de até 300 volts, e o candiru, um pequeno bagre hematófago e parasita natural de guelras de grandes peixes, que pode raramente penetrar na uretra e no ânus de seres humanos, sendo de difícil extração.

As redes de pescadores trazem espécies venenosas com frequência, o que predispõe acidentes, e alguns desses peixes podem ser jogados em águas rasas ou nas areias de praias, como os bagres de pequeno tamanho. Os acidentes causados por peixes venenosos marinhos corresponderam a cerca de 25% dos acidentes observados em uma série de 236 provocados por animais marinhos.

Existe uma relação inversa entre a frequência e a gravidade dos acidentes causados por bagres (família *Ariidae*, figura 47), arraias (vários gêneros), peixes-escorpião (*Scorpaena sp.*, figura 48), peixe-sapo (*Thalassophryne sp.*, figura 49) e moreias (*Gimnothorax sp.*, figura 50), sendo os primeiros mais comuns e de gravidade média, e os últimos, mais raros e muito graves, com intensa sintomatologia sistêmica.

Os acidentes por peixes marinhos e fluviais têm gravidade variável: a dor provocada por um acidente por arraia ou por peixe-escorpião é lacinante, enquanto que os acidentes por bagres e mandis são menos dolorosos. Fenômenos sistêmicos, como arritmias cardíacas, congestão pulmonar, náuseas e vômitos podem ser observados em acidentes por peixes-escorpião e arraias.

Os venenos de peixes são termolábeis e a aplicação de água quente, no membro atingido por 30-90 minutos melhora muito a dor em todos os acidentes, e o doente deve ser encaminhado a um hospital para limpeza do ferimento e extração de possíveis fragmentos de ferrões ou espículas do ferimento. A infecção bacteriana ocorre com frequência no ferimento.



Figura 47 – Bagre.

Fonte: <http://www.infoescola.com/peixes/bagre/>



Figura 48 – Peixe-escorpião.

Fonte: [bhttp://www.horta.uac.pt/projectos/MSubmerso/old/200211/Escorpiao.htm](http://www.horta.uac.pt/projectos/MSubmerso/old/200211/Escorpiao.htm)



Figura 49 – Peixe-sapo.

Fonte: <http://hobbypesca.com.br/index.php/butan-tan-usa-veneno-do-peixe-sapo-para-combater-asma/>



Figura 50 – Moreia.

Fonte: http://www.trilhasemergulho.com.br/mergulho/biologia-peixes/slides/Moreia_Verde-01.html

Síntese da Capítulo



Os peixes formam o grupo de vertebrados mais numeroso e mais diversificado, sendo divididos em *Agnatha*, *Chondrichthyes* e *Osteichthyes*. Os ágnatas, representados pelas feiticeiras e lampreias, são grupos de animais sem maxila, com corpo em forma de enguia, sem nadadeiras pares, com uma notocorda que persiste a vida inteira e uma boca em forma de disco, adaptada para sugar ou morder.

Chodricetes, representado pelas quimeras, tubarões e raias, são um grupo estabilizado, tendo um esqueleto cartilaginoso, nadadeiras pares, equipamento sensorial excelente e um hábito característico de predadores ativos. Os tubarões possuem órgãos do sentido bem desenvolvidos para a sua vida predatória. Eles podem detectar inicialmente suas presas a quilômetros de distância com seus grandes órgãos olfatórios, capazes de detectar substâncias químicas em concentrações muito baixas.

Osteícties podem ser divididos em dois grupos. Um deles é constituído por um grupo de peixes de nadadeiras lobadas representado pelos peixes pulmonados e o celacanto. O segundo é o dos peixes de nadadeiras raiadas, incluindo quase todas as famílias de peixes de água doce e marinha.

A maioria dos peixes ósseos pelágicos conseguem uma flutuação neutra na água utilizando uma bexiga natatória preenchida com gás, o equipamento excretor de gás mais eficiente no reino animal. Os peixes nadam por contrações ondulatórias dos músculos do corpo que geram impulso força de propulsão e força lateral. As brânquias dos peixes contendo um eficiente fluxo em contracorrente, entre a água e o sangue, facilita altas taxas de troca de oxigênio.

Todos os peixes apresentam uma regulação osmótica e iônica bem desenvolvida, conseguida principalmente pelos rins e brânquias. Os peixes revelam uma extraordinária amplitude de estratégias sexuais. Na maioria, os peixes são ovíparos, mas peixes ovovíparos e vivíparos não são incomuns.

Atividades de avaliação



1. Diferencie as classes *Petromyzontes* e *Myxini*.
2. Diferencie um peixe cartilaginoso de um peixe ósseo.
3. Descreva os processos de osmorregulação para: tubarões, peixes ósseos de água doce e peixes ósseos marinhos.
4. Diferencie as classes *Actinopeterigii* e *Sarcopterigii*.

Leituras, filmes e sites



Livros

GADIG, O. B. F. **Tubarões**. São Paulo: Ática, 1998. 56 p.

FILHO, A. M. D. **Peixes**. São Paulo: Ática, 1997. 56 p.

CARDOSO, J. L. C.; FRANÇA, F. O de S.; WEN, F. H.; MALAQUE, C. M. S. M.; HADDAD, V. J. R. **Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica dos acidentes**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2009. 540 p.

Sites

<http://www.youtube.com/watch?v=AYPCYPVU3RI&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=1sJsDYI4YIU&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=EGp3u4uiwds&feature=related>

http://www.youtube.com/watch?v=s8MY_5YayDM

<http://www.youtube.com/watch?v=yecp4rRy3cY>

<http://www.youtube.com/watch?v=o0H9Bd-9-as&feature=related>

Referências



- FILHO, A. M. D. **Peixes**. São Paulo: Ática, 1997. 56 p.
- GADIG, O. B. F. **Tubarões**. São Paulo: Ática, 1998. 56 p.
- MOYES, C. D.; SCHULTE, P. M. **Princípios de fisiologia animal**. 2. ed. São Paulo: Artmed, 2010. 792 p.
- NIELSEN-SCHMIDT, K. **Fisiologia animal**: adaptação e meio ambiente. São Paulo: Santos, 2002. 611 p.
- POUGHT, F. H.; HEISER, J. B.; MCFARLAND, W. N. **A vida dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, 2008. 850 p.
- PURVES, W. K., SADAVA, D., HELLER, H. C. **Vida**: a ciência da biologia. São Paulo: Artemed, 2002. 1.126 p.
- STORER, T. J.; USSINGER, R. L. **Zoologia geral**. São Paulo: Nacional, 1995. 757 p.

Capítulo

4

Os primeiros tetrápodes

Objetivos

- Compreender a evolução dos tetrápodes.
- Apresentar as características que propiciaram a colonização do meio terrestre.
- Identificar e caracterizar o grupo dos anfíbios.

1. Surgimento e irradiação dos tetrápodes

A adaptação à vida terrestre é a principal característica comum entre os anfíbios e os demais grupos de vertebrados. Esses animais juntos formam um grupo monofilético, os tetrápodes.

A transição da água para a vida na terra é a mais importante da evolução animal, pois o ambiente terrestre é muito mais hostil e necessita de uma série de adaptações, como economia de água, osmorregulação, regulação da temperatura e locomoção.

O Período Devoniano, há cerca de 400 milhões de anos, foi um período instável que alterna épocas de seca e chuva. Durante os períodos de seca, muitos corpos de água secavam completamente, e apenas os peixes capazes de captar o ar atmosférico conseguiam sobreviver. Todos os peixes de água doce que sobreviveram a esse período desenvolveram um pulmão e um eficiente sistema de circulação dupla.

Foi também durante o Período Devoniano que os membros locomotores dos vertebrados surgiram, ainda que fossem pouco semelhantes com os membros equivalentes dos anfíbios. Os primeiros tetrápodes possuíam mais de cinco dígitos, apenas posteriormente o padrão pentadáctilo estabilizou-se nas diferentes linhagens desse grupo.

Como comentado no capítulo anterior, evidências indicam que os peixes de nadadeiras lobadas são evolutivamente mais próximos dos tetrápodes. Tanto os peixes de nadadeiras lobadas quanto os primeiros tetrápodes compartilham diversas características quanto ao crânio, os dentes e a cintura escapular.

O espécime *Ichthyostega* (Figura 51) representa uma divergência inicial da filogenia dos tetrápodes, com diversas adaptações, além dos membros locomotores articulados, como: coluna vertebral mais forte, com músculos associados para sustentar o corpo fora d'água, músculos responsáveis pela elevação da cabeça, cinturas pélvicas e escapulares reforçadas, caixa torácica protetora, estrutura mais avançada do ouvido, para detectar sons transmitidos no ar, redução da caixa craniana e o alongamento do rosto, o que aumentou a capacidade

²³Várias adaptações surgiram nos anfíbios: o ouvido com membrana timpânica e estribo que transmitem vibrações para o ouvido interno; um epitélio bem desenvolvido revestindo a cavidade nasal para detectar odores.

²⁴Uma adaptação importante foi em relação à córnea, que se tornou a principal superfície de refração da luz para a visão fora da água. No lugar do cristalino, surgiram pálpebras e glândulas lacrimais para proteger e lubrificar o olho.

olfativa. No entanto, ele ainda se parece com as formas aquáticas, pois possui uma cauda completa com raios nas nadadeiras e ossos no opérculo.



Figura 51 – Representação de *Ichthyostega*.

Fonte: <http://divulgarciencia.com/categoria/ichthyostega/>

A linhagem que deu origem aos peixes-bruxa atuais foi provavelmente a primeira a se separar dos outros grupos. Um grupo primitivo de peixes sem mandíbula (ostracodermes) desenvolveu uma armadura; peixes pequenos conseguiram nadar devagar e com segurança no substrato, o que tornava mais fácil cavar. Os peixes foram, assim, se diversificando e formando os demais grupos (fig. 52).

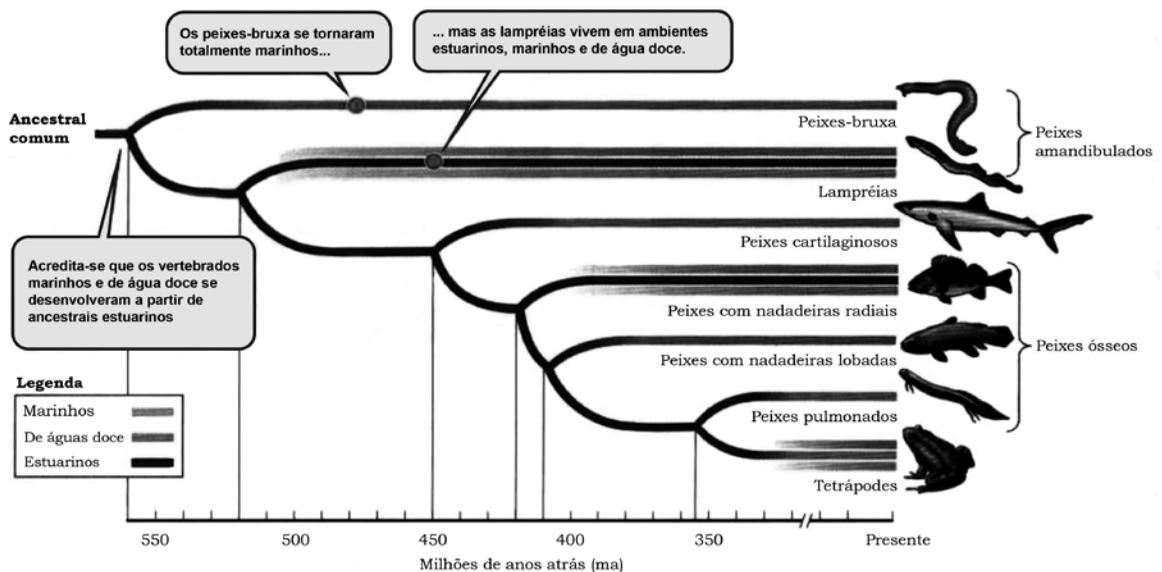


Figura 52 – Provável filogenia dos vertebrados. Essa filogenia sugere que os vertebrados se desenvolveram em estuários, onde a habilidade de suportar salinidades variáveis permitiu que eles explorassem habitats que não estavam disponíveis.

Fonte: Purves; Sadava; Orians, Heller (2002).

1.1. Irradiação dos tetrápodes

Após o instável Período Devoniano seguiu-se o Período Carbonífero, caracterizado por clima quente e úmido em que musgos e pteridófitas dominavam o ambiente. Os tetrápodes irradiaram-se facilmente nesse ambiente graças à abundância de alimentos.

As relações dos tetrápodes ainda não são suficientemente claras, mas diversas linhagens extintas, associadas aos Lissamphibia, que contém os anfíbios atuais, são colocadas em um grupo denominado temnospôndilos, caracterizado por possuir geralmente quatro dígitos nos membros anteriores.

Os lissanfíbios diversificaram-se muito durante o Período Carbonífero, produzindo os ancestrais dos três principais grupos de anfíbios atuais. Os anfíbios aperfeiçoaram suas adaptações para a vida aquática durante esse período: seu corpo tornou-se achatado para mover-se através de águas rasas; as salamandras desenvolveram membros fracos, e sua cauda tornou-se mais bem desenvolvida para o nado. Mesmo os anuros, desenvolveram membros posteriores especializados, com membranas entre os dedos que se adaptam ao nado.

Dois agrupamentos adicionais de tetrápodes do Carbonífero e do Permiano são lepospôndilos e antracossauros, reconhecidos, mas ainda muito discutidos, considerados mais próximos dos amniotas que dos temnospôndilos, com base na estrutura do crânio.

2. Classe Anfibia

Os anfíbios foram os primeiros vertebrados a conquistar o meio terrestre. Isso se deu há mais ou menos 375 milhões de anos, no final do Período Devoniano. Apesar de as espécies atuais poderem viver fora do ambiente aquático, a maior parte tem grande dependência da água, pelo menos do ambiente úmido.

Assim, diferentemente dos répteis, que colonizaram totalmente o ambiente terrestre, os anfíbios atuais permanecem aprisionados entre a água e a terra. Essa permanência da água permeia toda a vida desses animais, refletindo no seu relacionamento com o meio ambiente. Seus ovos são desprovidos de casca e necessitam de umidade constante. Na maioria das espécies, os filhotes, ao nascerem, vivem na água, onde respiram através de brânquias e, com seu desenvolvimento, passam para a terra, onde respiram por pulmões e através da pele. Daí o nome “anfíbio”, que significa, em grego, vida dupla, referindo-se às fases aquática e terrestre.

Para a passagem do ambiente aquático para o terrestre, houve necessidade do desenvolvimento de uma série de adaptações morfológicas e fisiológicas. Em relação à pele, foi necessária a manutenção das glândulas

²⁵Anfíbios

- No mundo: cerca de 5.465 espécies.
- Estimativa para o Brasil: 875 espécies.

mucosas, que já estavam presentes nos peixes. Pode-se, portanto, afirmar que a umidade constante da pele dos anfíbios relembra o tempo em que eles viviam na água e utilizavam brânquias na respiração.

Com o desaparecimento dessas estruturas, a pele, umedecida pelo muco, passou a exercer grande atividade respiratória. No ambiente terrestre, o muco cutâneo é um excelente coadjuvante, auxiliando as trocas gasosas. No entanto, em contraposição, a pele constantemente úmida torna-se um meio de cultura propício ao desenvolvimento de bactérias e fungos.

Por isso, é bem possível que deva ter havido pressões evolutivas para que o animal se defendesse quimicamente dos microorganismos, secretando substâncias capazes de controlar a proliferação. Essa é, provavelmente, a origem das várias substâncias antibióticas que vêm sendo constantemente relatadas pela literatura científica. As glândulas mucosas e as de veneno foram se diferenciando, tomando identidade própria e passando a produzir, além dos compostos dirigidos aos microorganismos, substâncias para o combate a predadores.

A classe *Amphibia* compreende três ordens atuais (Figura 53), todos com adaptações gerais para a vida na terra. No entanto, os anfíbios enfrentam apenas em parte os problemas da vida na terra.

²⁶Sistemática

Filo *Chordata*

(animais com notocorda em algum estágio da vida)

Subfilo *Vertebrata*

(animais craniados com vértebras).

Classe *Amphibia*

Ordem *Gymnophiona*

(Apoda)

(cecílias)

Ordem *Caudata* (Urodela)

(salamandras)

Ordem *Anura* (Salientia)

(sapos, rãs e pererecas)

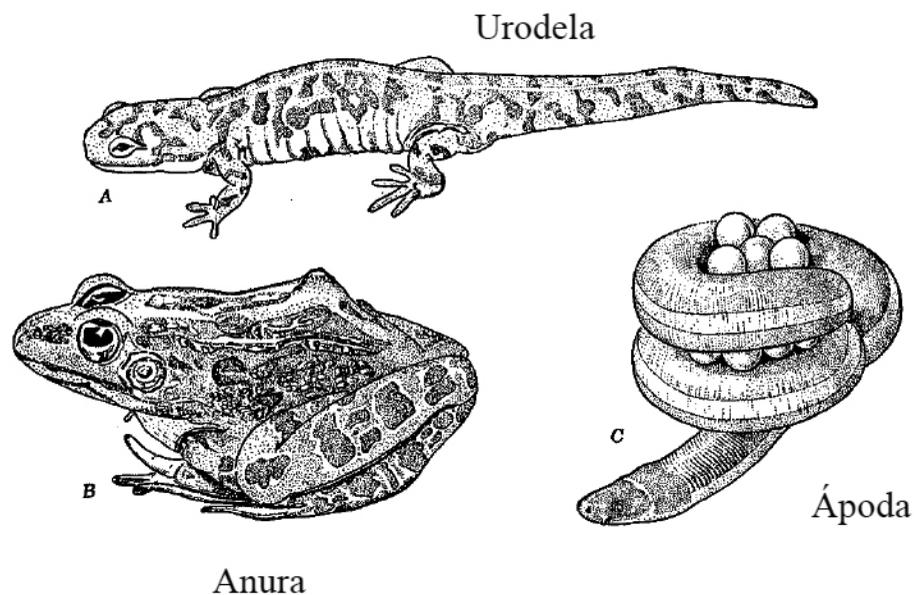


Figura 53 – Representantes da classe Amphibia.

Fonte: Pough; Heiser; McFarland (2008).

Durante a vida dos anfíbios ancestrais, os ovos eram aquáticos e deles eclodiam larvas que respiravam através de brânquias; seguia-se então uma metamorfose em que as brânquias eram perdidas, e os pulmões, presentes ao longo da vida larval, eram ativados. Diversos anfíbios atuais retêm essa ca-

racterística. Algumas salamandras não sofrem metamorfose completa, retraindo características larvais durante toda a vida. Outras são somente terrestres, faltando-lhes a fase larval aquática.

Alguns sapos também adquiriram uma vida estritamente terrestre. No entanto, alguns sapos, salamandras e cecílias, que apresentam o ciclo de vida metamórfico completo, permanecem dentro da água em sua fase adulta, em vez de abandoná-la após a metamorfose.

Mesmo aqueles anfíbios adaptados à vida estritamente terrestre continuam dependendo de ambientes aquáticos ou úmidos. Sua pele pouco espessa necessita de umidade para protegê-la contra o ressecamento. Sendo ectodérmicos, sua temperatura é determinada pelo ambiente, o que restringe os ambientes em que podem viver. Os ovos não são protegidos contra o ressecamento, tendo que ser postos na água ou em superfícies úmidas.

2.1. Caracterização

De modo geral, os anfíbios atuais apresentam as seguintes características:

1. esqueleto em grande parte ósseo, com número variável de vértebras e costelas; notocorda persiste;
2. forma do corpo variável;
3. geralmente apresentam quatro membros (tetrápodes), embora alguns sejam desprovidos deles; membro anterior geralmente com quatro dígitos;
4. pele lisa e úmida, com diversas glândulas, algumas podem ser venenosas; possuem cromatóforos; sem escamas, exceto as escamas dérmicas em poucos representantes;
5. boca geralmente grande, com pequenos dentes na maxila superior ou em ambas; duas narinas se abrem na parte anterior da cavidade oral (coanas);
6. respiração através de pulmões, pele e brânquias em alguns, separadamente ou combinados; as brânquias podem ser externas em algumas formas, podendo persistir durante toda a vida;
7. coração com três cavidades, dois átrios e um ventrículo, circulação dupla através do coração; pele abundantemente vascularizada;
8. ectotérmicos;
9. sistema excretor constituído por pares de rins metanéfricos; a ureia é o principal resíduo nitrogenado;
10. dez pares de nervos cranianos;
11. sexos separados, fecundação interna nas salamandras e nas cecílias e externa nos sapos; predominantemente ovíparos; alguns ovovivíparos ou vivíparos, metamorfose geralmente presente; ovos moderadamente providos de vitelo, recobertos por uma membrana gelatinosa.

²⁷Chama-se de **pedomorfose** a retenção de características larvais na fase adulta.

²⁸Espécies não metamórficas são ditas perenibrânquiatas. As salamandras do gênero *Necturus* são um exemplo extremo. Esta e muitas outras são obrigatoriamente perenibrânquiatas, e nunca fazem metamorfose sob qualquer condição.

2.2. Ordens

Ordem *Gymnophiona*

Das três ordens de anfíbios a *Gymnophiona*, é a menos conhecida em todos os aspectos biológicos.

O grupo *Gymnophiona* contém 160 espécies de animais alongados, desprovidos de membros e fossoriais, comumente chamados cecílias (Figura 54). Esses vertebrados são encontrados em florestas tropicais da América do Sul, na África e no sudeste da Ásia. Segundo a Sociedade Brasileira de Herpetologia, o Brasil tem 27 espécies de *Gymnophiona*, o que representa 15% da fauna mundial. A distribuição atual das cecílias sugere que esse grupo deve ter surgido durante a existência do supercontinente Gondwana.

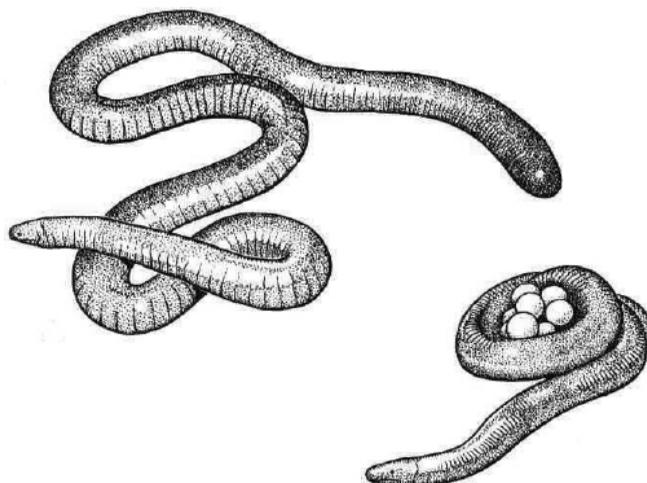


Figura 54 – Cecílias.

Fonte: Pough; Heiser; McFarland (2008).

Em contraposição a essa distribuição, explica-se a exiguidade de espécies no grupo como uma consequência da sua adaptação ao ambiente fossório que, em comparação com o terrestre, o aéreo ou o aquático, parece ser muito restritivo em relação à especiação. Assim, apesar de existirem espécies que também habitam os ambientes aquáticos e semi aquáticos, os *Gymnophiona* (figura 5.3) são considerados anfíbios primariamente fossórios. São cegos, pelo menos para a formação de imagens, pois, apesar de apresentarem olhos diminutos e possivelmente pouco funcionais, há possuem células que reconhecem luz.

Os olhos das cecílias são recobertos por tegumento ou mesmo por osso; algumas espécies são totalmente desprovidas de olhos. No entanto, compensando a falta de visão – perfeitamente dispensável no ambiente em que vivem – são os únicos vertebrados munidos de tentáculos, órgãos mecânicos e quimiotácteis, estruturas fundamentais para retirada de pele do corpo

materno. Combinada com secreção rica em lipídios, a pele do útero é fonte de alimento durante estágio inicial da vida.

Alguns naturalistas já os chamaram, de maneira apropriada, de “mineiros cegos”. Assim, pelo que se depreende, o mundo desses animais é formado por sensações de cheiros e de vibrações, com todo o corpo atuando como um grande ouvido, já que são extremamente sensíveis ao mínimo toque.

Em relação à reprodução, é o único anfíbio com órgão copulador, constituído pela eversão do final do intestino, que se transforma em um tipo de “pênis”, chamado phalloseum. Essa deve ser uma adaptação à falta de patas, já que esse tipo de pênis funciona também como órgão para a apreensão da fêmea. São conhecidas espécies de cecílias vivíparas e ovíparas, sendo que estas últimas desenvolvem um intenso cuidado parental, já descrito desde meados do século 19. Algumas espécies guardam os ovos em uma dobra do corpo. A viviparidade é bastante difundida, e cerca de 75% das espécies são vivíparas e matrotóficas. Ao nascer, uma cecília tem 23%-60% do corpo da mãe.

Os embriões das espécies terrestres têm brânquias longas e filamentosas, e os embriões das espécies aquáticas têm brânquias saculiformes.

Algumas espécies de *Gymnophiona* põem ovos, e a fêmea se enrola ao redor deles, ali permanecendo até a eclosão. Em espécies vivíparas, o crescimento inicial dos embriões é sustentado pelo vitelo contido no ovo no momento da fecundação, mas esse vitelo esgota-se antes que o desenvolvimento embrionário se complete. Assim, a energia para terminar o crescimento deve ser fornecida pela mãe.

Os embriões obtêm essa energia raspando material das paredes dos ovidutos com dentes embrionários especializados. À medida que os embriões consomem o suprimento de vitelo, essas camadas começam a secretar uma substância espessa branca e cremosa que tem sido denominada leite uterino.

A alimentação dos adultos consiste em minhocas e pequenos invertebrados que encontram no solo.

No Brasil encontramos as seguintes famílias:

- *Rhinatreumatidae* – 2 gêneros, 9 espécies - terrestres de pequeno porte, acredita-se que tenham larvas aquáticas - América do Sul.
- *Caeciliidae* – 26 gêneros, 99 espécies - terrestres e aquáticas, muito pequenas a muito grandes, vivíparas e ovíparas; sem estágio larval aquático - América do Sul e Central, África, Índia e ilhas Seychelles.

Ordem *Caudata*

Esta ordem consiste de anfíbios com cauda, conhecidos como salamandras; há cerca de 360 espécies. São encontradas nas regiões tropicais da América Central e norte da América do Sul. São animais pequenos, com cerca de 15 cm de comprimento, embora uma espécie gigante possa chegar a 1,5 m de comprimento.

As salamandras são carnívoras tanto na fase larval como na adulta. A maioria alimenta-se apenas de presas que se movem. Como seu alimento é rico em proteínas, não armazenam grandes quantidades de gordura ou glicogênio.

Algumas são aquáticas durante todo seu ciclo de vida, porém a maior parte realiza metamorfose. Os ovos das salamandras geralmente são fecundados internamente, em geral após a fêmea depositar em sua cloaca o pacote de espermatóforo previamente deixado pelo macho em uma folha ou ramo.

O ciclo de vida das salamandras (Figura 55) varia bastante dependendo da espécie. Espécies aquáticas colocam seus ovos em filamentos dentro da água. Desses ovos eclodem larvas com brânquias externas e cauda em forma de nadadeiras. Espécies completamente terrestres depositam seus ovos sob troncos e solos macios e úmidos, e muitas espécies permanecem guardando os ovos. As espécies terrestres apresentam desenvolvimento direto.

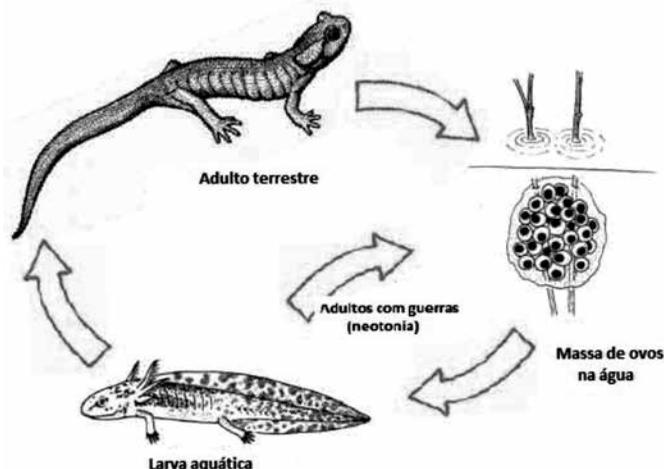


Figura 55 – Ciclo reprodutivo típico de uma salamandra.

Fonte: http://aknhp.uaa.alaska.edu/herps/amph_life.htm

As salamandras apresentam grande diversidade de mecanismos respiratórios e assim como todos os anfíbios, elas possuem pele altamente vascularizada, que realiza trocas respiratórias. Mas, em vários estágios de sua vida, as salamandras também podem ter brânquias externas, pulmões ou nenhum destes. As salamandras que possuem estágio larval aquático eclodem com brânquias, mas as perdem quando ocorre a metamorfose.

Várias espécies de salamandra que são permanentemente aquáticas e não sofrem metamorfose completa; retêm suas brânquias e a cauda em forma de nadadeira. Os pulmões estão presentes desde o nascimento nas salamandras que os possuem, tornando-se ativo após a metamorfose.

Ordem Anura

Essa ordem é composta por cerca de 4.800 indivíduos entre sapos, rãs e pererecas. É o grupo mais antigo, ocupando uma variedade de lugares. No entanto, sua reprodução e sua pele delgada o impedem de afastar-se muito da água, além disso, o fato de serem ectotérmicos o impedem de colonizar ambientes muito frios, como os polos do planeta.

A especialização do corpo para o salto é a característica mais evidente dos anura. Os membros traseiros e os músculos formam um sistema de alavancagem capaz de arremessar o animal no ar. Diversos aspectos da história natural dos Anuras parecem estar relacionados aos seus diferentes modos de locomoção. Em particular, espécies com pernas curtas que se movem aos pequenos saltos são frequentemente predadoras que, em seu longo raio de ação, cobrem grandes áreas em busca de alimento. Esse comportamento os expõe aos predadores, e suas pernas curtas os impedem de locomoção suficientemente rápida para a fuga.

Muitos desses Anuras têm potentes defesas químicas, liberadas por glândulas da pele quando são atacados. As espécies de anuros que se locomovem por saltos, ao contrário das que dão pequenos saltos, geralmente são predadoras sedentárias que ficam de tocaia esperando a presa passar por seu esconderijo. Em geral, essas espécies apresentam coloração típica e frequentemente não dispõem de defesas químicas. Quando são descobertas por um predador, dependem de uma série de saltos rápidos para fugir.

Os anuras aquáticos utilizam a sucção pra engolir o alimento na água, mas a maioria das espécies semi aquáticas e terrestres possui língua pegajosa que são protaídas para capturar a presa e trazê-la até a boca (figura 56). A maioria dos anuras usa um mecanismo tipo catapulta para projetar a língua. Quando a boca se abre, a contração dos músculos genioglossos causa o enrijecimento da ponta da língua.

²⁹O termo “sapo” é usado de forma geral para referir-se também aos demais anuros terrícolas de diversas outras famílias.



Figura 56 – Representantes da classe Amphibia. A. Anura B. Caudata C. Gimnophiona

Fonte: A - <http://snr.unl.edu/herpneb/images/>

Fonte: B - <http://www.herpnet.net/lowa-Herpetology>

Fonte: C - <http://nossobioma.blogspot.com/2010/05/qual-e-diferenca.html>

Ao mesmo tempo, a contração de um músculo curto na parte rostral das maxilas proporciona um ponto de apoio e, então, a língua enrijecida gira para frente, sobre o submentalis, e se arremessa para fora da boca. A inércia faz a parte caudal da língua se alongar à medida que sai e, como a língua fez uma rotação, sua face dorsal se abate sobre a presa. A língua é trazida de volta à boca pelo músculo hioglosso, que tem origem no aparelho hioideo e se insere dentro da língua.

Todos possuem cauda na fase larval, mas a perdem após a metamorfose. Os indivíduos desse grupo são adaptados para saltar. As larvas eclodem na forma de girinos com brânquias, sem membros, partes bucais especializadas para herbivoria e anatomia interna peculiar, diferindo completamente dos adultos.

Sapos e rãs são divididos em 21 famílias. As mais conhecidas são a Ranidae, que possuem a maior parte das rãs que conhecemos, e Hylidae, as pererecas arborícolas. Os sapos verdadeiros, a família Bufonidae, possuem pernas curtas, corpo robusto e pele grossa, usualmente com saliências robustas.

Durante os meses de inverno, a maior parte dos sapos de clima temperado hibernam na lama do fundo dos lagos e cursos de água. Seus processos vitais reduzem-se a níveis muito baixos durante o período de hibernação, e a energia de que necessitam é derivada do glicogênio e das gorduras armazenadas em seus corpos.

A morfologia dos anuros é única entre os anfíbios. Comparado com os outros dois grupos de anfíbios (salamandras e cecílias), os anuros são incomuns porque falta cauda nos adultos, e as pernas são mais adequadas para saltar do que andar. A fisiologia desse grupo é semelhante aos outros anfíbios (e difere de outros vertebrados terrestres), pois o oxigênio pode atravessar sua pele altamente permeável.

Essa característica única permite sapos "respirarem" em grande parte através da pele. Como o oxigênio é dissolvido em uma película aquosa sobre a pele e passa daí para o sangue, a pele deve permanecer úmida o tempo

³⁰Estudos recentes demonstram que diversas populações de sapos do mundo podem estar sofrendo declínio em número devido ao aquecimento global.

todo. Isso faz com que os sapos fiquem susceptíveis a muitas toxinas no meio ambiente, alguns dos quais podem igualmente dissolver-se na camada de água e passar para sua corrente sanguínea. Essa pode ser a causa do declínio das populações de sapos.

A pele do sapo é delgada, úmida e frouxamente ligada ao corpo. Histologicamente, a pele é composta por duas camadas: uma epiderme externa estratificada e uma derme interna esponjosa. A camada externa de células epidérmicas é periodicamente perdida e contém depósitos de queratina, que fornece proteção contra abrasão e perda de água.

Sapos e rãs, sendo ectodérmicos, alimentam-se e crescem apenas durante as estações quentes. Um dos primeiros instintos após a dormência é a reprodução (Figura 57). Os machos vocalizam para atrair as fêmeas. Quando seus óvulos estão maduros, as fêmeas entram na água e são seguradas pelos machos em um processo chamado “amplexo”. Enquanto a fêmea libera seus óvulos, o macho elimina espermatozoides sobre eles para fecundá-los. Após a fecundação, camadas gelatinosas absorvem água e incham. Os ovos são postos em massas ancoradas na vegetação. O zigoto, então, inicia seu desenvolvimento quase imediatamente e, entre seis e nove dias, dependendo da temperatura, um girino emerge.

O girino recém eclodido possui cabeça e corpo distinto, com uma cauda. Sua boca localiza-se na parte ventral da cabeça, equipada com maxilas cornificadas para se alimentar raspando a vegetação de objetos duros. Atrás da boca, situa-se um disco adesivo ventral para aderir a objetos. Na frente da boca, existem duas depressões, que posteriormente se desenvolverão em narinas.

Protuberâncias de cada lado da cabeça tornam-se três pares de brânquias externas, que posteriormente se tornarão brânquias internas, sendo recobertas por uma dobra de pele (opérculo) de cada lado. Do lado direito, o opérculo funde-se completamente com a parede do corpo, mas, do lado esquerdo, uma pequena abertura, o espiráculo, permanece. A água flui do espiráculo após penetrar na boca e atravessar as brânquias internas. Os membros posteriores aparecem primeiro durante a metamorfose, enquanto os membros anteriores permanecem temporariamente escondidos por dobras do opérculo. A cauda é reabsorvida, o intestino torna-se mais curto, a boca sofre uma transformação para a vida adulta, os pulmões se desenvolvem e as brânquias são reabsorvidas.

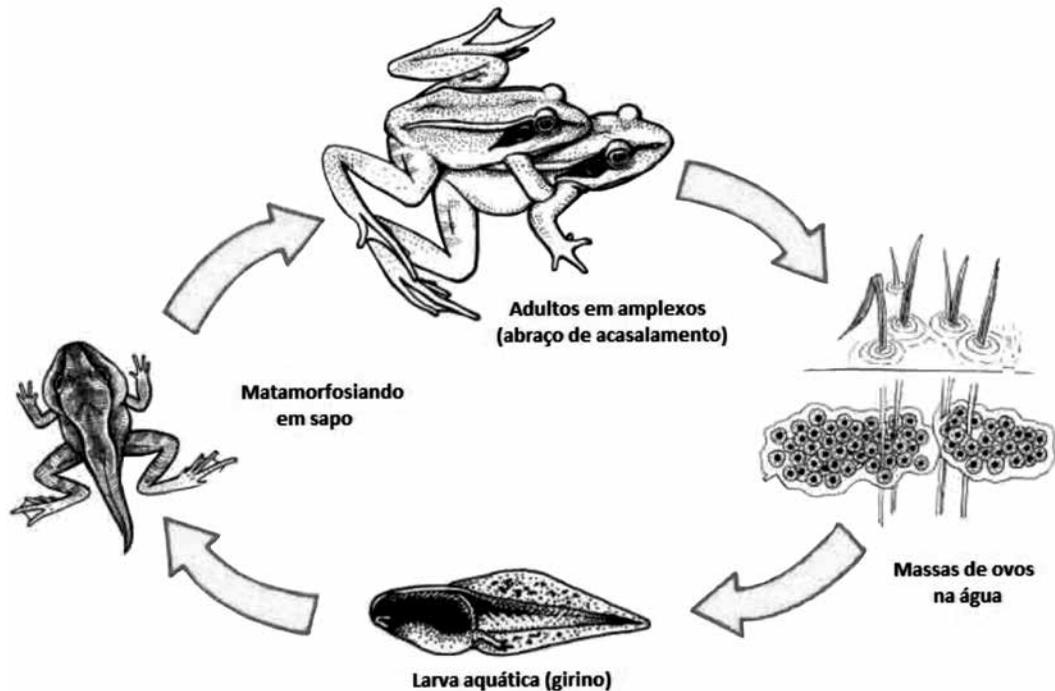


Figura 57 – Ciclo reprodutivo de um anura.

Fonte: http://aknhp.uaa.alaska.edu/herps/amph_life.htm

2.3. Tegumento e coloração

A pele do sapo é delgada e úmida, frouxamente ligada ao corpo. Histologicamente é formada por duas camadas: uma epiderme estratificada, que muda periodicamente e contém depósitos de queratina, e uma derme esponjosa. A camada mais interna da epiderme dá origem a dois tipos de glândulas que penetram na derme: a glândula mucosa, que secreta um muco à prova d'água, e a glândula serosa, que produz um veneno aquoso esbranquiçado altamente irritante.

O muco que recobre o tegumento de anfíbios possui várias propriedades. Em algumas espécies ele tem atividade antibacteriana. Esse mesmo muco, em algumas espécies, é extremamente adesivo.

Essas glândulas estão concentradas na superfície dorsal do animal, tanto nos anuros como nas salamandras. Nos anuros da família *Bufoidea* as glândulas de veneno se concentram em uma região atrás dos olhos, chamada de glândulas paratoides (Figura 58).

³¹Todos os anfíbios produzem veneno, mas seu efeito varia de uma espécie para a outra.

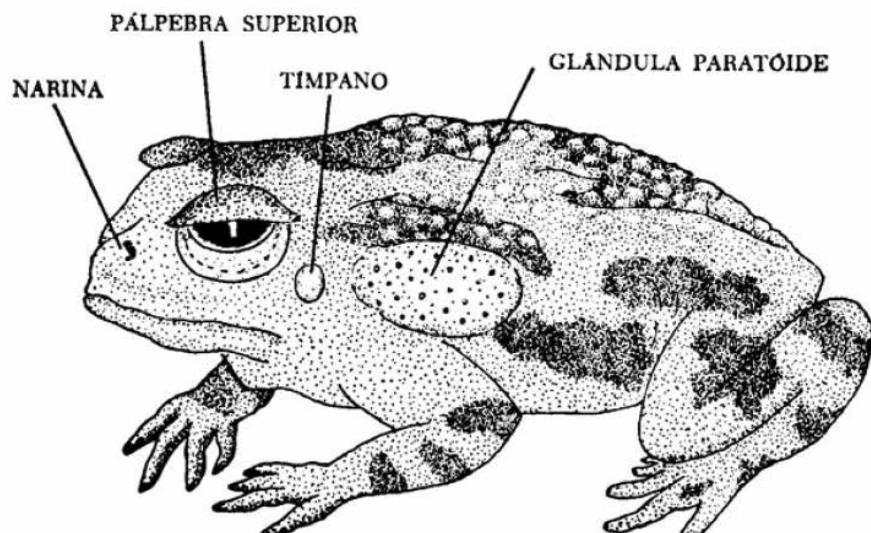


Figura 58 – Estruturas externas de um anura.

Fonte: Pough; Heiser; McFarland (2008).

A coloração da pele dos sapos é devido a células especiais chamadas cromatóforos, localizadas principalmente na derme.

Saiba mais



Estratégias de defesas dos anuros

Uma das estratégias de defesa comum entre os anuros é a liberação emergencial do conteúdo da bexiga urinária, quando se vê ameaçados. No caso desses animais, a bexiga não só se destina a recepção de excretos, mas também funciona como importante reservatório de água para manutenção do balanço hídrico. A urina apresenta-se como uma solução praticamente inerte, com baixas concentrações de sais minerais. Para demonstrar que ela não é nada tóxica ao ser humano pode citar-se o conhecido fato de que os aborígenes australianos que vivem no deserto, e em momentos de extrema sede podem recorrer a esses reservatórios naturais de água. Desenterraram anfibios em estivação do gênero *Cycloranus*, e os comprimem manualmente de modo a liberar o conteúdo aquoso em suas bexigas.

Por outro lado, é muito comum entre os anuros a liberação do conteúdo de suas bexigas nas formas de jato. Parece evidente que esse comportamento esteja naturalmente associado à defesa e visa confundir, mesmo por pouco tempo, o potencial predador, que recebendo um esguichado nos olhos, dá a possibilidade de fuga ao anfibio. Ainda é muito comum a ideia de que essa urina é um perigoso veneno que pode levar a cegueira. O sapo então é visto no imaginário popular como um animal terrível que é capaz de mirar os olhos de suas vítimas, espirando-lhes suas terríveis urinas. É bem possível que essa crença tenha origem na confusão criada pelo povo.

Fonte: Cardoso et al. (2009).

³²A queratina dos anfíbios é mais flexível, ao contrário da queratina rígida que forma as escamas, penas, cornos e pelos dos amniotas.

2.4. Sistema muscular e esquelético

A coluna vertebral dos anfíbios assume novo papel na sustentação do abdômen. Como os anfíbios movimentam-se utilizando seus membros locomotores, a coluna vertebral perdeu muito da flexibilidade original dos peixes, tornando-se uma estrutura rígida que transmite a força dos membros posteriores para o corpo (Figura 59).

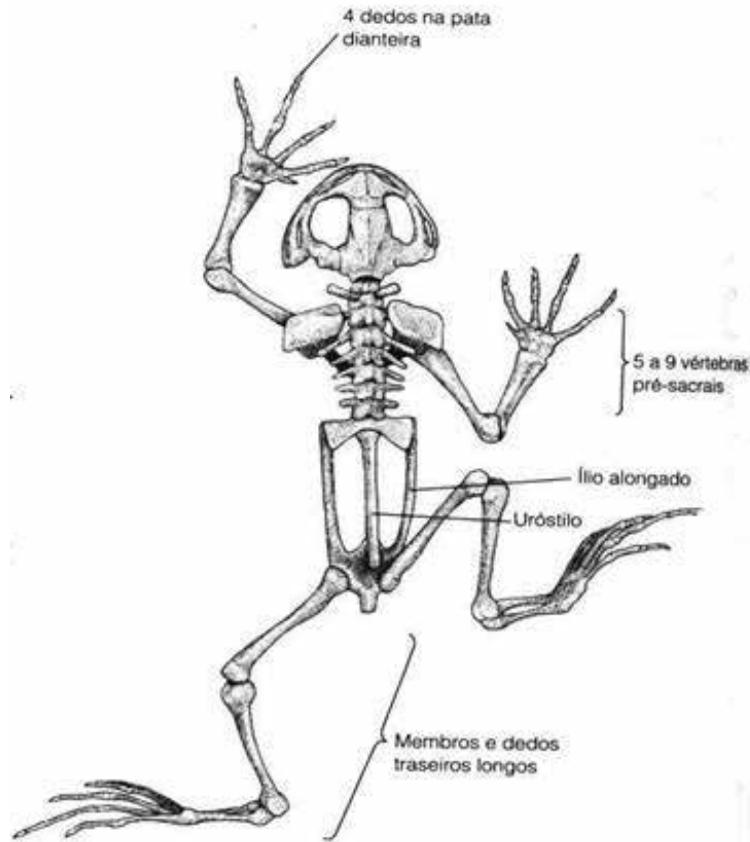


Figura 59 – Esqueleto de anuro.

Fonte: Pought; Heiser; McFarland (2008).

Os anuros são caracterizados por um encurtamento extremo do corpo. Sapos típicos possuem apenas nove vértebras e um uróstilo alongado, constituído por diversas vértebras caudais fusionadas. As cecílias não compartilham essas especializações de locomoção dos tetrápodes.

O crânio do sapo é mais leve, com perfil achatado, menos ossos e menor ossificação. A parte anterior do crânio, onde se localizam as narinas, os olhos e o encéfalo, é mais desenvolvida, enquanto a região posterior do crânio é muito reduzida.

Os ossos e os músculos dos membros locomotores apresentam três articulações principais em cada membro (quadril, joelho e tornozelo). O pé é pentadáctilo, e a mão tem quatro dígitos; ambos possuem diversas articulações entre os dígitos.

Podemos reconhecer dois principais grupos de músculos: **um grupo anterior e ventral**, que movimentam o membro para frente e para a linha mediana do corpo, e um segundo conjunto de **músculos posteriores e dorsais** que puxa o membro para trás e para longe do corpo. A musculatura do tronco é drasticamente modificada nos anfíbios quando comparado aos peixes. Os músculos dorsais estão dispostos de maneira a sustentar a cabeça e a envolver a coluna vertebral. Os músculos ventrais do abdômen são mais desenvolvidos, já que devem sustentar as vísceras no ar.

Entre os anuros, a estrutura dos pés e das pernas varia muito, dependendo em parte se eles vivem no solo, na água, nas árvores e em tocas. Os sapos devem ser capazes de mover-se rapidamente para capturar presas e fugir de predadores e, para tanto, possuem várias adaptações. Muitas rãs, especialmente aquelas que vivem na água, têm pés palmados. O grau em que os dedos são palmados é diretamente proporcional à quantidade de tempo que a espécie vive na água.

Anuros arborícolas (pererecas) têm “almofadas” nos dedos dos pés para ajudar a aderência em superfícies verticais. Essas almofadas localizadas nas extremidades dos dedos, não funcionam através de sucção. Pelo contrário, a superfície da almofada é constituída por células interligadas, com um pequeno intervalo entre células adjacentes. Assim quando o sapo aplica pressão para as almofadas, ocorre bloqueio de irregularidades nas células de aderência sobre o substrato.

2.5. Respiração e vocalização

Os anfíbios possuem três estratégias de respiração: a pele (respiração cutânea), a boca (respiração bucal) e os pulmões (Figura 60). Embora alguns anfíbios utilizem mais a respiração pulmonar, a pele fornece um caminho complementar importante para a troca de gases em anuros. Mesmo sob condições normais, quando a respiração pulmonar predomina, o gás carbônico é perdido principalmente pela pele, enquanto o oxigênio é absorvido principalmente pelos pulmões.

Os pulmões dos anfíbios são sacos elásticos ovais, com a superfície interna dividida em uma rede de septos que se subdividem em pequenas câmaras de ar terminais, os alvéolos. Os alvéolos dos sapos são muito maiores que o dos amniotas e, por isso, possuem uma menor capacidade relativa para trocas gasosas.

Parece improvável que o pulmão seja um órgão que possa ser abandonado por um vertebrado terrestre, mas, entre os Caudatas, a perda do pulmão foi bem sucedida. A família Plethodontidae se caracteriza pela ausência de pulmões e contém mais espécies e uma distribuição geográfica mais ampla do que qualquer outra linhagem de salamandras. Além disso, muitos Plethodontidae desenvolveram especializações do aparelho hiobranquial que permitem a protração da língua a distâncias consideráveis da boca para capturar a presa. Essa habilidade não evoluiu em salamandras pulmonadas, provavelmente porque, nessas formas, o aparelho hiobranquial é uma parte essencial do aparelho respiratório.

Os Caudatas não têm costelas e, portanto, não podem expandir e contrair a caixa torácica para fazer o ar entrar e sair dos pulmões. Em vez disso, empregam um bombeamento bucal que força o ar da boca para os pulmões.

As salamandras apresentam uma grande diversidade de mecanismos respiratórios. Assim como todos os anfíbios, elas possuem uma pele altamente vascularizada que realiza trocas respiratórias. Mas, em vários estágios de sua vida, as salamandras também podem ter brânquias externas, pulmões ou nenhum destes. As salamandras que possuem estágio larval aquático eclodem com brânquias, mas as perdem quando ocorre a metamorfose.

A vocalização em anfíbios anuros constitui um dos aspectos que mais se destacam durante a reprodução, uma vez que atua como um mecanismo de isolamento reprodutivo e interfere na organização social. Vários estudos têm mostrado que fatores sociais, assim como ambientais, influenciam em algumas características acústicas, tais como: frequência dominante, número de pulsos, duração e taxa de repetição da nota. Como esse comportamento vocal é observado na maioria das espécies, ele deve ter surgido no início da história evolutiva do grupo.

Diferentes funções são apresentadas para as vocalizações de anuros. Durante a época reprodutiva, a maioria das espécies tropicais ocupa uma grande diversidade de ambientes úmidos, formando agregados reprodutivos e, a partir daí, tem início a atividade de vocalização. Anuros podem ter atividade de vocalização contínua ou por um período curto de tempo, e essa atividade tem sido relacionada principalmente com chuva, temperatura e luminosidade. Tanto os machos quanto as fêmeas de sapos possuem cordas vocais, mas as dos machos são mais desenvolvidas. Elas localizam-se na laringe.

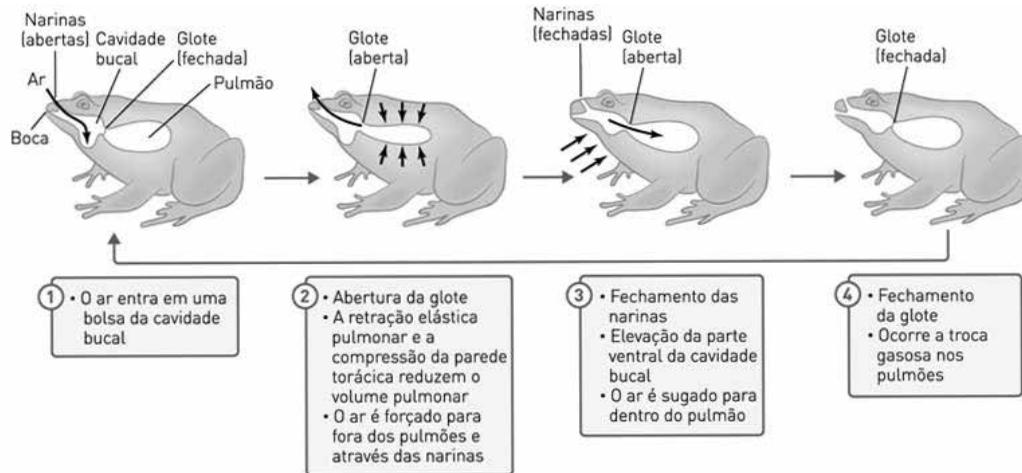


Figura 60 – O Ciclo ventilatório na rã.

Fonte: Moyes e Schulte (2010).

2.6. Sistema circulatório

As larvas dos anfíbios dependem das brânquias e do tegumento para troca gasosa, enquanto os adultos de espécies que passam por metamorfose completa perdem as brânquias e desenvolveram pulmões. Os pulmões surgiram em estágios larvais diferentes nas diversas famílias de anfíbios e, à medida que se desenvolveram, foram cada vez mais usados na respiração. No final do desenvolvimento, girinos e larvas parcialmente metamorfoseados nadam em direção à superfície em busca de ar. Quando as brânquias perdem sua função respiratória, os arcos aórticos também mudam de papel e passam a desviar o sangue principalmente para o pulmão e para a pele.

O coração dos sapos possui dois átrios separados e um único ventrículo não dividido (Figura 61). O sangue que vem do corpo (circuito sistêmico) penetra no seio venoso, que força o sangue para dentro do átrio direito. O átrio esquerdo recebe sangue recém oxigenado dos pulmões. Ambos os átrios contraem-se quase simultaneamente para dentro do único ventrículo.

³³Embora o ventrículo não seja dividido, o sangue permanece separado, de maneira que, quando o ventrículo se contrai, o sangue pulmonar oxigenado penetra no circuito sistêmico, e o sangue sem oxigênio penetra no circuito pulmonar. Essa separação é ajudada pela válvula espiral, que divide os fluxos sistêmico e pulmonar no cone arterial.

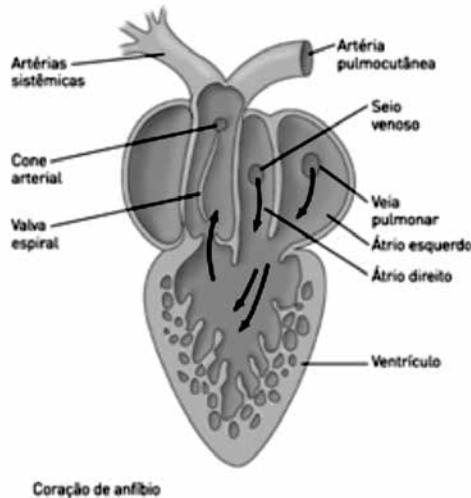


Figura 61 – Coração de anfíbios.

Fonte: Moyes e Schulte (2010).

2.7. Sistema nervoso e órgãos do sentido

O sistema nervoso é mais desenvolvido que o dos peixes, sendo constituído pelo sistema nervoso central (encéfalo e medula espinhal) e sistema nervoso periférico.

O sistema nervoso dos anfíbios é basicamente semelhante ao dos peixes. O centro da atividade encefálica permanece na região dorsal do mesencéfalo, onde as células cinzentas se concentram numa região chamada teto. O telencéfalo tem uma natureza predominantemente olfatória, mas, pela primeira vez em vertebrados, encontram-se células nervosas invadindo o pálio. Apesar de estas localizarem-se internamente, o resultado é um aumento dos hemisférios cerebrais.

Esses animais apresentam movimentos lentos e vagarosos por possuírem cerebelo pequeno. Existem 10 pares de nervos cranianos. As raízes dorsais e ventrais dos nervos espinhais unem-se na passagem do forame intervertebral, em vez de ocorrer fora desse forame, como na maioria dos peixes, ou dentro do canal neural, como nos amniotas.

O aparelho auditivo também é bastante desenvolvida, pois já há o aparecimento do ouvido médio ou caixa timpânica. Essa caixa é limitada externamente pela membrana do tímpano, que pode ser observada na superfície do corpo do animal.

A visão é o principal sentido dos anfíbios. No sapo, por exemplo, os olhos são grandes e situados em posição especial na cabeça, de modo que dá ao animal um ótimo campo visual. Eles são protegidos por duas pálpebras e uma membrana nictitante que mantem o olho constantemente limpo.

2.8. Controle comportamental da perda de água

Por possuírem tegumento muito permeável, diversos anfíbios apresentam comportamento complexo para reduzir a perda de água por evaporação durante seu período de atividade.

Os anuros repousam em uma postura de conservação de água, mantendo o corpo e o mento achatados contra a superfície de um substrato e os membros pressionados contra o corpo; assim ele só expõe ao ar metade de sua superfície corporal.

Como os anfíbios não bebem água, devido à permeabilidade da pele, as espécies que vivem em habitats aquáticos enfrentam um influxo osmótico contínuo de água, que devem equilibrar produzindo urina.

Várias adaptações dos anfíbios terrestres facilitam a reidratação a partir de fontes de água, uma dessas especializações é a mancha pelvina. Trata-se de uma área de pele altamente vascularizada na região pelvina, que é responsável por imensa parte da absorção cutânea de água dos anuros.

A bexiga urinária desempenha papel importante nas relações dos anfíbios terrestres, principalmente os anuros. O rim dos anfíbios produz uma urina que é hiposmótica em relação ao sangue, de modo que a urina na bexiga é diluída. Os anfíbios podem reabsorver a água da urina para substituir a água perdida por evaporação, e os anfíbios terrestres têm bexiga maior que as das espécies aquáticas.

2.9. Importância ecológica dos anfíbios

Os anfíbios apresentam ciclo de vida complexo e exibem a maior variedade de modos reprodutivos e de história da vida que qualquer outro grupo de vertebrados. Diversos fatores ambientais podem afetar o tamanho das populações de organismos, mas características específicas dos anfíbios, como permeabilidade da pele e ciclo de vida dependente tanto do ambiente aquático quanto do terrestre tornam esses vertebrados terrestres mais vulneráveis às variações ambientais. Conseqüentemente, a redução da população de anfíbios de uma determinada região é considerada um bioindicador da qualidade do ambiente.

Recentemente, vários estudos têm detectado um declínio mundial nas populações de anfíbios. Os principais fatores que podem estar desencadeando a diminuição das populações de anfíbios são: chuva ácida, decorrente da liberação de óxidos de nitrogênio e de enxofre pela queima de combustíveis fósseis, que altera o pH dos rios e lagos, afetando o desenvolvimento dos ovos; aumento da radiação ultravioleta, decorrente da destruição da camada de ozônio, que também afeta o desenvolvimento dos ovos; e o desmatamento, que ocasiona a redução da cobertura vegetal, eliminando os microambientes específicos dos anfíbios, diminuindo a taxa de indivíduos nas populações.

Apesar do declínio das populações e das espécies de anfíbios no planeta, muitas espécies novas estão sendo descritas. Essa proliferação de novas espécies reflete três aspectos: o primeiro é que vários lugares poucos conhecidos estão sendo mais explorados; o segundo está relacionado à aplicação da Genética e da Biologia Molecular na análise sistemática e taxonômica, que tem permitido o reconhecimento de espécies crípticas; o terceiro aspecto, que tem originado vários debates entre taxonomistas, é a mudança nas definições do conceito de espécie, com base na metodologia filogenética e em conceitos evolutivos.

Assim, embora o número de espécies de anfíbios esteja aumentando, é importante ressaltar que o número de indivíduos (biomassa) está diminuindo cada vez mais com o aumento das degradações ambientais causadas pela espécie humana os seguintes.

Além de interesses puramente científicos, a perda de diversidade de anfíbios pode acarretar muitos danos para a população brasileira e mundial, dentre os quais destacamos:

Prejuízos quantitativos e qualitativos na agricultura e poluição ambiental

Anfíbios se alimentam fundamentalmente de insetos e consomem uma quantidade massiva desses organismos por ano. A remoção dos anfíbios em um ambiente deve, portanto, acarretar um desequilíbrio ecológico, gerando surtos de pragas agrícolas. Essa situação já foi registrada na Índia, o que necessita de uso extensivo de inseticidas e causou prejuízos ao agronegócio e aumentando a poluição ambiental (Oza 1990). Um grande número de pessoas vem buscando cada vez mais produtos orgânicos, que só podem ser produzidos com auxílio de controle biológico feito pelos predadores, como os anfíbios.

Eutrofização de corpos d'água

Uma boa parcela dos girinos (fase larval dos anfíbios) se alimenta de algas, e a extirpação dessas larvas dos ambientes aquáticos pode levar à eutrofização de rios e, principalmente, de reservatórios de água. Isso pode prejudicar o abastecimento de água potável para a população, além de encarecer o valor do seu tratamento para o consumo humano.

Desequilíbrio de redes tróficas

Anfíbios muitas vezes correspondem à maior biomassa de vertebrados terrestres em um ambiente e constituem a base da dieta de diversos organismos terrestres e aquáticos. Ademais, se alimentam de uma grande quantidade de invertebrados, proporcionando seu controle. Logo, a extinção ou o declínio dos anfíbios de um ambiente deverá acarretar desequilíbrios em diversos níveis tróficos, prejudicando o ecossistema como um todo. Um dos possíveis efeitos é o aumen-

to de epidemias de doenças transmitidas por insetos vetores (Raghavendra et al. 2008), tais como dengue, malária, febre amarela, dentre inúmeras outras.

Indústria farmacêutica afetada

Anfíbios produzem uma miríade de substâncias por suas glândulas cutâneas para defesa contra predadores contra microorganismos e patógenos ou, mesmo, para permitir trocas gasosas adequadas (já que boa parte da respiração é cutânea). Muitos desses compostos químicos estão sendo utilizados para produção de fármacos no Brasil e no mundo. Sendo assim, a perda de biodiversidade de anfíbios implica diretamente a perda de inúmeros fármacos potenciais para benefício da humanidade.

Saiba mais



Defesa passiva e modo de ação do veneno dos anfíbios

Como vimos nos exemplos do sapo-cururu e da perereca-verde, o veneno é secretado pelas suas glândulas cutâneas, que, em geral, dependem do abocanhamento da própria vítima para a extrusão do seu conteúdo. O modo como o veneno desses animais penetra na vítima é bem peculiar: quase sempre via mucosa oral. O veneno em contato com a pele íntegra, de maneira geral, parece não causar nenhum tipo de problema. A via mucosa de penetração, utilizada por praticamente todos os anfíbios, advém diretamente da passividade do seu modo de defesa.

Por outro lado nos anfíbios, a apresentação de cores vivas, que servem como verdadeiros luminosos na indicação de toxicidade, é uma maneira eficiente de se evitar ser abocanhado. É o caso dos dendrobatídeos, que compõem uma família com 164 espécies, distribuídas pela América do Sul (principalmente Amazônia) e Central. São anfíbios que primam pela variedade de tons que, em geral, constroem fortemente com o meio que vivem. Trata-se de um sinal visual (ou apossemático) de perigo, muito semelhante àquele sonoro, emitido pelo guizo da cascavel que, traduzido para nossa linguagem, significa algo como “perigo, não se aproxime!”.

Já a via mais comum de entrada do veneno dos anfíbios é a boca; as características da mucosa, desprovida de extrato córneo e sempre úmida, devem facilitar a passagem rápida das toxinas à corrente sanguínea. Essa via de penetração deve dispensar a proteólise, ainda já que se tenha identificado atividade proteolítica no veneno de algumas espécies. No caso dos sapos, o jato de veneno leitoso das parotóides fixa-se na mucosa oral, facilitando sua passagem para o sangue. Os cães (em grande parte, os filhotes) são muitos suscetíveis a esse tipo de envenenamento. As caminhadas curtas e os pulinhos, características dos sapos ao se deslocarem, são verdadeiros convites à brincadeira. Quando mordem esses anfíbios e recebem o jato de veneno, normalmente tentam limpar a boca, ferindo-a com as patas, o que deve contribuir ainda mais para o envenenamento. Um dos sintomas mais relatados no caso de envenenamento de cães e gatos por sapos é a intensa salivação e reflexos de vômitos, cuja duração oscila entre de 8 a 12 horas. Em gatos, a intoxicação ocasionada por ingestão de sapos acarreta dor abdominal aguda, hipertermia, andadora vacilante e letargia. Em cães, pequenas doses de veneno de Bufo (atual Rhinella) provocam prostração, arritmia, edema pulmonar, hipertensão, convulsões e morte.

Quando se considera a ação desse veneno em serpentes, algumas delas predadoras naturais de anfíbios, existe um caso já bem conhecido da boi-peva (*Waglerophis merremii*), especia-

lizado em comer sapos. As jararacas e cascaveis, entretanto, são muitos sensíveis ao veneno de tais anfíbios, morrendo rapidamente quando este é introduzido por via oral.

O conhecimento da ação tóxica da secreção cutânea de sapos é bem antigo. O poeta romano Juvenal (60-140 d.C.) já relatava seu uso em mistura cuja finalidade era o envenenamento de pessoas. Entre os brasileiros, também há relatos bem antigos sobre tal utilização. Guilherme Piso (ou Willem Pies), médico holandês, veio ao Brasil durante a Segunda Invasão Holandesa, onde esteve com Maurício de Nassau, relata no seu clássico “*Historia Naturalis Brasiliae*” (1648) que os nossos índios torravam sapos-cururus e, em seguida, os pulverizavam. Com o pó faziam poções que davam de beber aos inimigos “às escondidas e em quantidade mínima”. Os sintomas desse envenenamento eram inflamação na boca e na garganta, soluços, vômitos, disenterias, desmaios, convulsões e delírios.

São também muito curiosas as informações ao emprego terapêutico do veneno das paratoides de sapos na China e em outros países asiáticos. Na medicina tradicional chinesa, o Ch’na Su (ou Senso), o veneno seco, principalmente das espécies *Bufo gargarizans* e *B. melanostictus*, já foi (e vem sendo) usado como agente cardiotônico, contra inflamações locais, sinusites, dor de garganta, dor de dente, hemorragia e resfriados. O veneno desses animais também vem sendo usado para a cicatrização de feridas da pele, no tratamento de doenças cardíacas, de menorragias, hemorragias e contra tumores malignos.

2.10. Anfíbios no Brasil

Atualmente são conhecidas no mundo entre 5000 e 5.465 espécies de anfíbios anuros, sendo que cerca de 44% delas ocorrem na América tropical.

O Brasil é o país com a maior biodiversidade de anfíbios do planeta, com mais de 875 espécies. Dessas espécies, 60% são endêmicas, o que enfatiza a necessidade de sua preservação.

No estado do Ceará, são encontrados representantes de duas ordens de anfíbios: *Anura* e *Gymnophiona*. A ordem Anura é muito mais abundante, com cerca de 180 espécies descritas no estado de São Paulo, correspondendo a 35% da diversidade brasileira e 5% da diversidade mundial. A ordem *Caudata* (salamandras) não é encontrada no Ceará, e a única espécie brasileira, *Bolitoglossa altamazonica*, está restrita à Amazônia.

Apresentamos a seguir alguns anfíbios encontrados na caatinga:



Figura 62 – sapinho-da-caatinga

Fonte: Freitas e Silva (2007).



Figura 63 – caçote

Fonte: Freitas e Silva (2007).



Figura 64 – cecília ou cobra-cega

Fonte: Freitas e Silva (2007).



Figura 65 – rã-chorona

Fonte: Freitas e Silva (2007).



Figura 66 – perereca-pequena

Fonte: Freitas e Silva (2007).



Figura 67 – sapo-boi ou sapo-de-chifres

Fonte: Freitas e Silva (2007).



Figura 68 – rã d'água

Fonte: Freitas e Silva (2007).



Figura 69 – rã-de-folhiço

Fonte: Freitas e Silva (2007).



Figura 70 – sapo-cururu

Fonte: Freitas e Silva (2007).

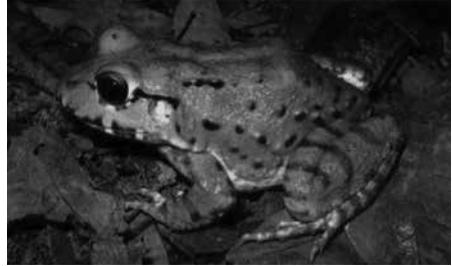


Figura 71 – rã-pimenta ou jia

Fonte: Freitas e Silva (2007).



Figura 72 – sapo-folha

Fonte: Freitas e Silva (2007).



Figura 73 – sapo-de-verrugas

Fonte: Freitas e Silva (2007).

Síntese da Capítulo



A classe *Amphibia* compreende três ordens (*Anura*, *Caudata* e *Gymniphiona*), todos com adaptações gerais para a vida na terra. As cecílias, representantes da ordem *Gymniphina* possuem corpo longo e delgado, algumas com pequenas escamas dérmicas na pele, um número grande de vértebras, costelas longas, ânus terminal, desprovido de membros e possuem hábitos fossoriais.

As salamandras da subordem *Caudata* são anfíbios com cauda que retiveram o plano corporal generalizado de quatro patas de seus ancestrais da era Paleozoica. Rãs e sapos da ordem *Anura* são o maior grupo de anfíbios, todos especializados para um modo de locomoção por saltos.

Os anfíbios possuem três estratégias de respiração: a pele (respiração cutânea), a boca (respiração bucal) e os pulmões. Embora alguns anfíbios utilizem mais a respiração pulmonar, a pele fornece um caminho complementar importante para a troca de gases em sapos e rãs.

A maioria dos anfíbios apresentam um ciclo de vida bifásico, incluindo uma larva aquática, posteriormente metamorfoseando-se em um adulto terrestre, que retorna para água para colocar ovos. Alguns sapos, salamandras e

cecílias evoluíram formas de desenvolvimento direto que não incluem o estágio larval aquático, e algumas cecílias evoluíram para a viviparidade.

Atividades de avaliação



1. Cite e descreva as principais contribuições evolutivas da classe *Amphibia*.
2. Descreva sucintamente as ordens: *Gymnophiona*, *Caudata* e *Anura*.
3. Quais os principais indícios morfológicos utilizados para diferenciar anfíbenas, o réptil conhecido como cobra de duas cabeças, de gimnofionas, o anfíbio também chamado de cobra-cega?
4. Quais adaptações permitiram sucesso evolutivo dos *Anura* em relação às demais ordens?
5. Quais são os mecanismos utilizados pelos anfíbios para a manutenção da vida em regiões áridas?

Leituras, filmes e sites



Leituras

CARDOSO, J. L. C.; FRANÇA, F. O de S.; WEN, F. H.; MALAQUE, C. M. S. M.; HADDAD, V. J. R. **Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica dos acidentes**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2009.540 p.

Sites

<http://www.youtube.com/watch?v=kT3hfgOLqtY&feature=fvst>

<http://www.youtube.com/watch?v=oKvVziN0yp0&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=zpQTQTOMrZw&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=Ja0-GlpMfGs&feature=related>

Referências



- CARDOSO, J. L. C.; FRANÇA, F. O de S.; WEN, F. H.; MALAQUE, C. M. S. M.; HADDAD, V. J. R. **Animais peçonhentos no Brasil**: biologia, clínica e terapêutica dos acidentes. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2009. 540 p.
- HICKMAN, C. P. H. J.; ROBERTS, L. R.; LARSON, A. **Princípios integrados de zoologia**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 856 p.
- HILDEBREND, M. **Análise da estrutura dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, 1995. 638 p.
- MOYES, C. D.; SCHULTE, P. M. **Princípios de fisiologia animal**. 2. ed. São Paulo: Artmed, 2010. 792 p.
- NIELSEN-SCHMIDT, K. **Fisiologia animal**: adaptação e meio ambiente. São Paulo: Santos, 2002. 611 p.
- POUGHT, F. H.; HEISER, J. B.; MCFARLAND, W. N. **A vida dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, 2008. 850 p.
- PURVES, W. K.; SADAVA, D.; HELLER, H. C. **Vida**: a ciência da biologia. São Paulo: Artemed, 2002. 1.126 p.
- RANDALL, D.; BURGGREN, W.; FRENCH, K. **Fisiologia animal**: mecanismos e adaptações. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 730 p.
- STORER, T. J.; USSINGER, R. L. **Zoologia geral**. São Paulo: Nacional, 1995. 757 p.

Capítulo

5

Os amniotas

Objetivos

- Apresentar os amniotas.
- Compreender as características evolutivas que levaram esse grupo a dominar o ambiente terrestre.
- Mostrar os grupos da linhagem amniotas e caracterizá-los.

1. Classe reptilia

Dois grupos principais de vertebrados, **os anápsidas** e **os diápsidas** se distinguem no que se refere a uma inovação do desenvolvimento embrionário, o aparecimento de três membranas extra embrionárias formadas por tecidos a partir do embrião. Uma dessas membranas, o âmnion, envolve o embrião, e animais com esta estrutura são chamados de amniotas. A divisão entre não amniotas e amniotas corresponde grosseiramente aos vertebrados aquáticos e terrestres, embora muitos anfíbios e uns poucos peixes botem ovos não amniotas em ninhos no solo.

Os répteis atuais compreendem duas das três linhagens de vertebrados amniota (Figura 73), que se originaram de tetrápodes semelhantes a anfíbios existentes no final da era Paleozoica. A primeira delas, os **anápsidos**, é caracterizada por animais que possuem crânio sem aberturas temporais, posteriores à região orbital, que é completamente recoberta por ossos dérmicos. Esse grupo é atualmente representado pelas tartarugas.

A segunda linhagem, os **diápsidos** caracterizam-se pela presença de duas aberturas temporais: um par localizado na região lateral inferior e outro par posicionado acima deste, separados por um par de arcos ósseos. Essa linhagem deu origem a todos os demais grupos reptilianos e às aves. Na sua definição tradicional, a classe Reptilia é um grupo parafilético, pois exclui as aves.

A terceira linhagem é a dos **sinápsidos**, ou répteis mamilíferos. O crânio dessa linhagem apresenta um único par de aberturas temporais, localizadas na região inferior e delimitadas por um arco ósseo. Esse grupo deu origem aos mamíferos.

³⁴Répteis

- Mundo: cerca de 8.073 espécies.
- Estimativa para o Brasil: 721 espécies.

³⁵Sistemática

Filo *Chordata*

(animais com notocorda em algum estágio da vida)

Subfilo *Vertebrata*

(animais craniados com vértebras).

Classe *Reptilia*

Subclasse *Anapsida*

Ordem *Testudines*

(cágados, tartarugas e jabutis)

Subclasse *Diapsida*

Superordem

Lepdosauria

Ordem *Squamata*

Subordem *Lacertillia*

(lagartos)

Subordem *Serpentes*

(cobras)

Subordem

Amphisbaenia

(cobra-de-duas-cabeças)

Ordem *Sphenodonta*

(tatuara)

Superordem

Archosauria

Ordem *Crocodylia*

(crocodilos, jacarés e gaviais)

ANAPSIDA – “Para-répteis”
Crânio sem abertura temporais
Condição primitiva
(Chelonia)



SYNAPSIDIA
Crânio com 1 abertura temporais
(Mammalia)



DIAPSIDIA – “Eurépteis”
Crânio com 2 abertura temporais



³⁶O **âmnion** protege o embrião da dessecação, aos choques mecânicos e das aderências, permitindo ainda o movimento do embrião. O **alantoide** é derivado do intestino posterior dos amniotas e participa da respiração e da excreção. O **córior** oferece proteção térmica e contra entrada de microorganismos patogênicos e, junto com o alantoide, auxilia nas trocas gasosas.

Figura 74 – Linhagens amniotas.

Fonte: http://livelikedirt.blogspot.com/2010_02_01_archive.html

1.1. Caracterização

Para conquistar definitivamente o ambiente terrestre, os répteis desenvolveram características que os permitiram viver longe do ambiente aquático. São elas:

- 1. Pele resistente, seca e revestida de escamas**, que oferece proteção contra o dessecação e agressões.
- 2. O ovo com casca (amniótico)** dos répteis contém alimento e membranas protetoras para manter o desenvolvimento embrionário no ambiente terrestre (Figura 75).



Figura 75 – Anexos embrionários dos répteis. Fonte: Moyes e Schulte (2010).

1. **As maxilas reptilianas são projetadas de forma eficiente** para aplicar força para apreender ou triturar suas presas.
2. Possuem sempre algum tipo de órgão copulatório, permitindo a **fecundação interna**.
3. São dotados de eficiente sistema circulatório, no qual o átrio direito, que recebe o sangue não oxigenado que vem do corpo, é completamente separado do átrio esquerdo, que recebe sangue oxigenado dos pulmões. Os crocodilianos têm ainda dois ventrículos completamente separados; nos demais répteis, o ventrículo não é completamente separado.
4. Pulmões mais *desenvolvidos* do que os dos anfíbios. Os répteis dependem quase exclusivamente dos pulmões para as trocas gasosas, complementadas pela respiração através das mucosas faríngeas em algumas tartarugas aquáticas.
5. Todos os répteis, exceto os ápodes, possuem melhor sustentação do corpo que os anfíbios e membros mais bem projetados para caminhar sobre a terra. Ainda assim, a maior parte dos répteis modernos caminha com os membros em ângulo horizontal com o corpo e o ventre próximo ao solo.
6. Desenvolveram **estratégias eficientes para a economia de água**. Muitos répteis possuem glândulas de sal localizadas perto das narinas ou aos

³⁷O sistema nervoso dos répteis é consideravelmente mais complexo que o dos anfíbios. Apesar do pequeno encéfalo dos répteis, o telencéfalo é maior em relação ao resto do encéfalo.

olhos, que secretam um líquido altamente hiperosmótico em relação aos fluídos corpóreos. Os resíduos nitrogenados são secretados sob a forma de ácido úrico, que possui baixa solubilidade, precipitando-se rapidamente, o que minimiza a perda de água.

7. Possuem diversas glândulas orais: palatinas, labiais, linguais e sublinguais, de onde originariam as glândulas de veneno.
8. Apresentam esôfago, estômago, intestino delgado, ceco, intestino grosso e cloaca.

1.2. Ordens reptilianas

Os répteis são separados em duas subclasses de acordo com o tipo de crânio: *Anapsida* e *Diapsida*.

Subclasse *Anapsida*

Ordem *Testudines* (Chelonia)

Pertencem a esse grupo as tartarugas (Figura 76). Elas são envoltas por uma carapaça dorsal e um plastrão ventral. O casco é composto de duas camadas: uma camada externa rígida de queratina e uma camada interna óssea. Novas camadas de queratina são acrescentadas abaixo das antigas. A camada óssea é uma fusão de costelas, vértebras e diversos elementos de ossificação dérmica. Apresentam os membros e as cinturas pélvica e escapular localizadas no interior das costelas. Desprovidas de dentes, as maxilas das tartarugas possuem placas córneas rígidas para a apreensão do alimento.



Figura 76 – Jabuti-tinga.

Fonte: Lima (2010).

Devido à sua armadura, as tartarugas são incapazes de expandir o tórax para respirar. A entrada de ar se dá através do aumento do volume da cavidade abdominal pela contração de músculos laterais. A movimentação dos membros durante a locomoção também ajuda a ventilar os pulmões (Figura 76).

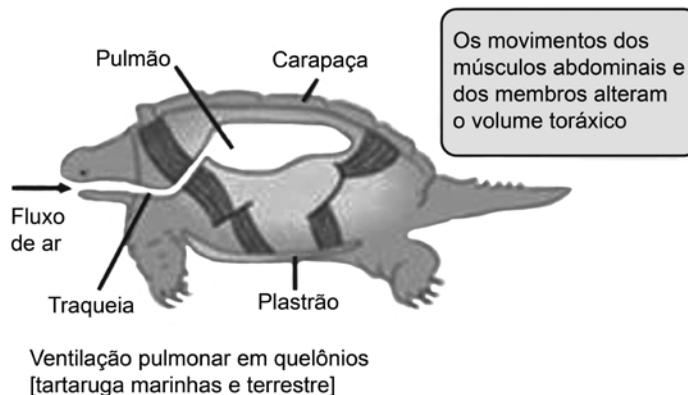


Figura 77 – Pulmão de quelônios.

Fonte: Moyes e Schulte (2010).

Dorsalmente, os pulmões estão ligados à carapaça e, ventralmente, a uma lâmina de tecido conjuntivo não muscular (lâmina diafragmática) que se prende às vísceras, cujo peso mantém os pulmões estendidos. Pressionando as vísceras para cima (comprimindo o pulmão) com o movimento das patas

³⁸Diferença de tartarugas, cágados e jabutis?

Os jabutis são terrestres, com patas grossas como de elefantes.

As tartarugas são marinhas e possuem nadadeiras ao invés de patas.

Já **os cágados** são de água doce, com pés palmados.

³⁹Diversas tartarugas aquáticas obtêm oxigênio suficiente apenas pelo bombeamento da água para dentro e para fora da cavidade bucal vascularizada, o que possibilita que permaneçam submersas por longos períodos. Quando ativas, necessitam utilizar os pulmões.

⁴⁰A viviparidade nos répteis está restrita aos escamados, usualmente associada aos climas frios e ocorre devido ao aumento do período de permanência dos ovos no interior do oviduto. Os filhotes em desenvolvimento respiram através de membrana extraembrionárias e retiram seus nutrientes de sacos vitelínicos (lecitotrofia) ou através da mãe (placentrofia), ou mesmo de combinação de ambos.

anteriores e da porção mole posterior, os jabutis conseguem respirar. Existe ainda a respiração faríngea (em tartarugas marinhas) e a respiração cloacal (tartarugas marinhas e dulcícolas).

As tartarugas são ovíparas, a fecundação é interna e todas enterram seus ovos no solo.

Subclasse Diapsida

Os diápsidos são classificados em três linhagens (superordens), duas delas possuem representantes na fauna atual, a superordem *Lepidosauria* e a superordem *Archosauria*. A primeira contém os lagartos, as serpentes, as anfisbenas e o tuatara. A segunda inclui os crocodilianos e as aves.

Ordem Squamata

Essa ordem inclui os lagartos, as serpentes e as anfisbenas. O crânio dos diápsidos é caracterizado pela perda de ossos dérmicos ventrais e posteriores à abertura temporal inferior. Essa modificação permitiu à maioria dos lagartos e serpentes a evolução de um crânio com articulações móveis, chamado crânio cinético. Essas modificações conferiram maior mobilidade especializada do crânio, assim, esses animais podem apreender e manipular suas presas, além de aumentar a força de fechamento efetiva da musculatura da mandíbula. Esta mobilidade craniana excepcional é considerada o principal fator na diversificação de lagartos e serpentes.

Os squamatas apresentam uma variedade de modos reprodutivos, desde a oviparidade (o desenvolvimento ocorre fora do corpo da fêmea e é sustentado inteiramente pelo vitelo – lecitotrofia) até a viviparidade (os ovos são retidos nos ovidutos e o desenvolvimento é sustentado pela transferência de nutrientes da mãe para os embriões – matrotrofia). Considera-se a oviparidade como uma condição ancestral e a viviparidade evoluiu pelo menos 45 vezes entre os lagartos e 35 vezes entre as das serpentes.

A viviparidade é, geralmente, uma estratégia reprodutiva de alto investimento. Em geral, as fêmeas de squamata vivíparos produzem números relativamente pequenos de jovens de grande porte, embora existam exceções a essa generalização. A viviparidade tem como vantagem a utilização do próprio comportamento de termorregulação dos squamatas para controlar a temperatura dos embriões durante o desenvolvimento.

Como desvantagem, a viviparidade diminui potencialmente o rendimento reprodutivo, uma vez que uma fêmea que está retendo uma ninhada de ovos não pode produzir outra ninhada. Em habitats quentes, os lagartos podem produzir mais de uma ninhada de ovos numa estação, o que não é possível para uma espécie vivípara, porque o desenvolvimento é muito demorado.

No entanto, em um clima frio, os lagartos não são capazes de produzir mais de uma ninhada de ovos numa estação reprodutiva, e a viviparidade não reduziria o rendimento reprodutivo anual da fêmea de um lagarto. Análises filogenéticas das origens da viviparidade sugerem que ela tenha evoluído com maior frequência em climas frios, como essa hipótese prevê. Entretanto, outras origens parecem ter ocorrido em climas quentes e parece provável que tenha ocorrido mais de uma situação favorecendo a viviparidade entre os Squamata.

A viviparidade tem outros custos. A agilidade de uma fêmea de lagarto fica substancialmente reduzida quando seus embriões são grandes. Experimentos mostraram que fêmeas grávidas não podem correr tão rápido quanto as que não estão grávidas e que as serpentes tem mais facilidade em capturar fêmeas grávidas.

Fêmeas de algumas espécies de lagartos tornam-se reservadas quando estão grávidas, talvez devido à sua vulnerabilidade à predação. Elas reduzem sua atividade e passam mais tempo em lugares escondidos. Esse ajustamento comportamental pode contribuir para a redução na temperatura corporal observada nas fêmeas grávidas de algumas espécies de lagartos e, provavelmente, também reduz sua taxa de captura de presas.

Geralmente, as espécies de squamata de grande porte produzem mais ovos ou embriões que as espécies de pequeno porte e, dentro de uma espécie, os indivíduos maiores, frequentemente, têm mais ovos/filhotes por ninhada que os menores. Contudo, tanto restrições filogenéticas quanto ecológicas, desempenham um papel na determinação do número de jovens reduzidos. Todas as lagartixas possuem um tamanho de ninhada de um ou dois ovos e todas as espécies de *Anolis* produzem um ovo de cada vez.

Os lagartos de corpo robusto geralmente realizam desovas que representam uma porcentagem maior da massa corpórea da mãe do que os lagartos delgados. A divisão entre corpo robusto e delgado coincide aproximadamente com a divisão entre caçadores de senta-e-espera e forrageadores ativos. É tentador inferir que um lagarto que se movimenta à procura de presas encontra maior obstáculo em uma desova volumosa do que lagarto que passa 99 por cento do tempo em repouso.

No entanto, por causa de alguma das divisões entre tipos de comportamento predatório, forma do corpo e massa relativa da ninhada também corresponde à divisão filogenética entre iguana e lagartos *Scleroglossa* e, como resultado, não é possível decidir quais características são ancestrais e quais podem ser derivadas.

Subordem *Lacertillia*

Engloba os lagartos (Figura 78). São animais extremamente diversificados, incluindo representantes terrícolas, fossórios, aquáticos, arborícolas e plana-

dores. Destacam-se as lagartixas, os iguanídeos (grupo dos iguanas), bibras e camaleões.

⁴¹Algumas espécies de lagartos possuem a língua bastante desenvolvida com a ponta espessa e pegajosa. Tartarugas e crocodilianos não podem estender a língua.



Figura 78 – Iguana.

Fonte: <http://iguanapets.org/my-aunt-has-a-pet-iguana-but-it-freaks-me-out-what-do-i-do.html>

A vasta maioria dos lagartos possui quatro membros e corpo relativamente curto. Porém, em algumas espécies, os membros são reduzidos como os lagartos-de-vidro.

Geralmente possuem pálpebras móveis, enquanto os olhos das serpentes são permanentemente recobertos por uma placa transparente. Muitos lagartos habitam regiões quentes e áridas do globo. Como sua pele não possui glândulas, a perda de água por essa via é bastante reduzida. Eles produzem uma urina semissólida com uma alta concentração de ácido úrico cristalino.

Subordem Amphisbaenia

O termo Amphisbaenia deriva-se da raiz grega "amphi"-duplo e "baenia" -caminhar referindo-se a essa capacidade peculiar de caminhar. Esses animais são relativamente pouco estudados, sendo conhecidas aproximadamente 170 espécies, amplamente distribuídas na América do Sul e na África. No Brasil, esse grupo é bem representado, com aproximadamente, 135 espécies.

Os anfisbênios (Figura 79) são animais especializados para a vida subterrânea. Possuem corpo cilíndrico e com diâmetro uniforme, desprovidos de membros locomotores, exceto algumas espécies do gênero *Bipes* encontrado no México, cujas patas superiores são bem desenvolvidas e funcionam para a penetração do solo. A pele é flexível, dividida em numerosos anéis, que, em conjunto com a ausência de olhos e ouvidos visíveis (recobertos pela pele), fazem com que as anfisbenas se assemelhem às minhocas. Esses animais se alimentam de minhocas, cupins e larvas de tenébrios.



Figura 79 – Amphisbaena Alba.

Fonte: <http://babareiki.no.sapo.pt/Xamanismo/Dinossaurios.html>

Devido ao seu modo fossorial, esses animais sofreram modificações externas e internas, principalmente na cabeça, originando formas especializadas e não especializadas relacionadas ao modo de escavação. Algumas espécies encontradas na superfície do solo apresentam a boca rombuda, ou o rostro quilhado verticalmente, enquanto as que habitam nos solos compactos e profundos possuem o rostro em forma de pá horizontal.

A presença de crânio bastante rígido e resistente a impactos constantes também é uma especialização adaptada aos hábitos de escavações dos anfisbênios. Embora a cabeça e a cauda se confundam, em uma observação mais apurada, essas extremidades podem ser distinguidas, afastando, assim, a idéia de que esses animais sejam denominados de cobra-de-duas-cabeças (Figura 80). Essa crença faz com que esses animais sejam mortos impiedosamente, acarretando, assim, prejuízo para a biodiversidade.

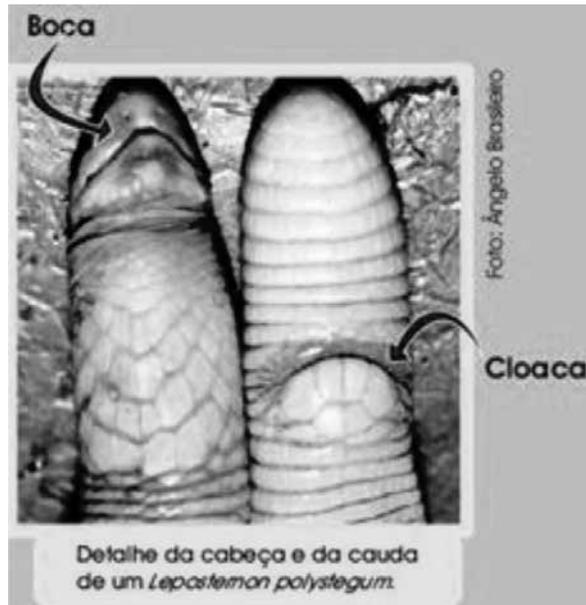


Figura 80 – Boca e cloaca de uma anfisbênia.

Fonte: www.uefs.br/porta1/downloads/outros/dcbio_cartilha.pdf

Esse pequeno réptil permanece com diversos aspectos de sua biologia desconhecidos em virtude de seus hábitos fossoriais que dificultam as observações de comportamento.

Subordem Serpentes

Esse grupo inclui os indivíduos denominados serpentes, que são inteiramente desprovidos de membros, de cintura pélvica e escapular. Suas vértebras são mais curtas e largas, o que proporciona movimentos ondulatórios.

Nas cobras, os ossos das mandíbulas estão soltos, podendo mover-se livremente uns em relação aos outros, o que permite uma ampla abertura. O céu da boca tem dentes inclinados para trás (Figura 81), tal como as mandíbulas, o que permite segurar a presa enquanto esta é engolida. Em cobras venenosas, existem as presas, dentes longos e ocos, capazes de injetar veneno ao morder. As presas podem ser fixas (*Naja* e cobras marinhas) ou estar recolhidas para trás quando não estão em uso (cascavéis e víboras), mas, em ambos os casos, existe sempre um par de substituição após as presas principais.

Uma variedade de serpentes possui dentes aumentados (presas inoculadoras) no maxilar. São reconhecidas três categorias de serpentes peçonhentas (Figura 81): opistóglifas, proteróglifas e solenóglifas. Essa classificação é descritiva e representa uma evolução convergente de diferentes linhagens filogenéticas.

As serpentes opistóglifas (Grego, *opistho* = atrás, *glyph* = sulcado) possuem um ou mais dentes aumentados, próximo à porção caudal do maxilar, com dentes menores na frente. Em algumas formas, as presas inoculadoras são maciças; em outras, há um sulco na superfície da presa que pode ajudar na condução da saliva para dentro do ferimento.

Várias serpentes opistóglifas da África e da Ásia podem desferir uma mordida perigosa ou até mesmo fatal em animais de grande porte, incluindo o homem, mas suas presas primárias são lagartos ou aves, que, frequentemente, são seguras na boca, até que parem de se debater e sejam engolidas.

As serpentes proteróglifas (Grego, *proto* = primeiro) incluem as najas, as mambas, as corais e as serpentes marinhas da família *Elapidae*. As presas inoculadoras canaliculadas dessas serpentes estão localizadas na porção cranial do maxilar e, muitas vezes, há vários dentes pequenos e maciços atrás das presas. Estas são permanentemente eretas e relativamente curtas.

As serpentes solenóglifas (Grego, *solen* = tubo) incluem as víboras com fosseta loreal do Novo Mundo e as víboras verdadeiras do Velho Mundo. Nessas serpentes, as presas inoculadoras canaliculadas são os únicos dentes do maxilar, que são articulados de modo a se dobrarem contra o teto da boca quando as maxilas são fechadas.

Esse mecanismo de dobramento permite que as serpentes solenóglifas possuam dentes inoculadores longos, que injetam o veneno profundamente nos tecidos da presa. O veneno, uma mistura complexa de enzimas e outras substâncias, em primeiro lugar, mata a presa e após a deglutição, acelera sua digestão.

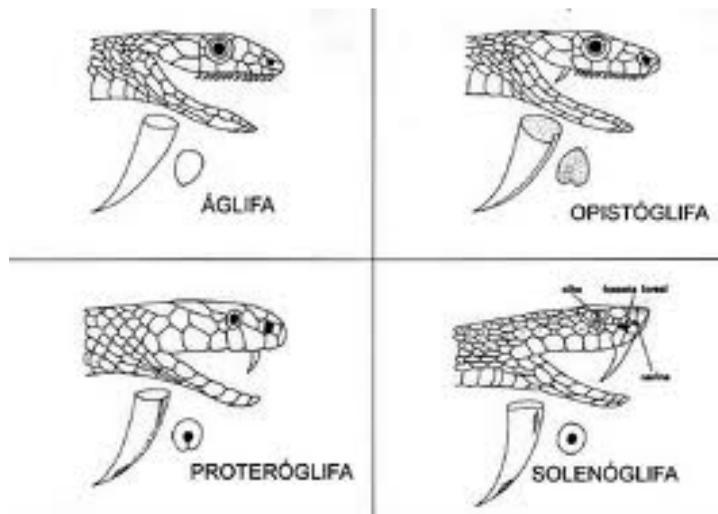


Figura 81 – Dentição de serpentes.

Fonte: <http://aquabiotech2.tripod.com/id26.html>

A córnea das serpentes encontra-se permanentemente protegida por uma escama transparente que, em conjunto com a mobilidade reduzida do globo ocular, dá às serpentes o olhar fixo e frio. A maioria das espécies possui visão deficiente. Não possuem ouvido externo ou membrana timpânica, no entanto possuem ouvido interno que, além de captar sons de baixa frequência, é importante para o equilíbrio.

A maioria das serpentes orienta-se por meio de quimiorrecepção para caçar suas presas. Juntamente com as áreas olfativas das narinas, que não são bem desenvolvidas, estão os órgãos de Jacobson (Figura 82), um par de reentrâncias localizadas no teto da boca, muito inervado por epitélio olfativo. A língua bifida é capaz de captar partículas odoríferas, trazendo-as para o interior da boca, que em contato com o órgão de Jacobson transmite a informação ao encéfalo.

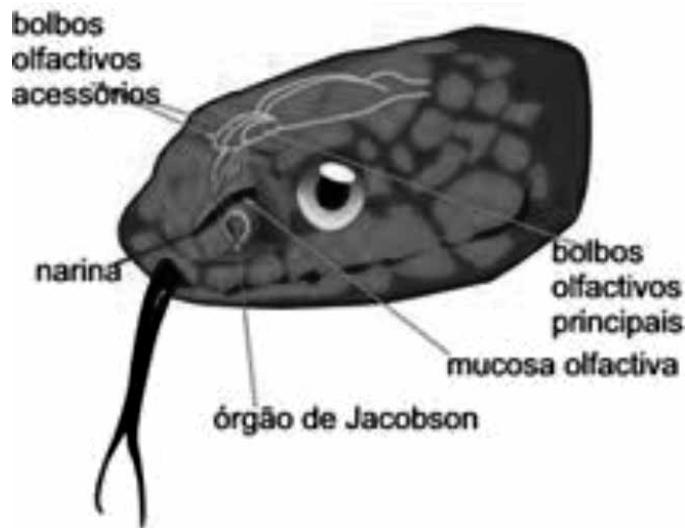


Figura 82 – Órgão de Jacobson em serpentes.

Fonte: <http://curlygirl.no.sapo.pt/repteis.htm>

As serpentes da subfamília *Crotalinae* da família *Viperidae* possuem órgãos especiais sensíveis ao calor, as fossetas loreais, localizadas entre as narinas e os olhos. Todas as serpentes venenosas mais conhecidas do continente americano fazem parte desse grupo, como várias espécies de jararaca, cascaveis e surucucus.

A maioria das serpentes é ovípara e coloca seus ovos de forma elíptica e com casca entre troncos podres, sob rochas ou em tocas no solo. Algumas espécies, como os viperídeos americanos, são ovovivíparos, dando a luz a filhotes bem formados. Poucas espécies são vivíparas, com formação de placenta primitiva que permite troca de substâncias entre as correntes sanguíneas do embrião e da mãe.

Saiba mais



Verdades e mitos sobre cobras gigantes

São muitas as histórias sobre serpentes gigantes, tanto no folclore como na mídia sensacionalista. Cobras gigantes povoam os pesadelos dos ribeirinhos em muitas partes do mundo, inclusive em algumas partes do Brasil.

Muito conhecida é a lenda da cobra grande, também denominada mãe d'água ou boiúna, e descrita como uma serpente enorme, tão grande como um barco, com olhos negros e esbugalhados. Ágil, ela desliza sobre as águas dos rios amazônicos com incrível rapidez, uivando de forma amedrontadora.

Essa lenda baseia-se na **sucuri** que também deve ter servido de inspiração para certos jornais que noticiaram o encontro, no interior da Amazônia, de cobras com 30 e até 40 metros de comprimento. Os produtores do cinema norte americano também se inspiraram na sucuri para criar o filme "Anaconda" que, recentemente, pôde ser apreciado no cinema e na televisão. Por sinal, "anaconda" é o nome em inglês da nossa **sucuri**. Mas será que tais monstros existem? Não, eles não existem. A maior serpente do mundo é a píton-reticulada (conhecida pelos cientistas como *Python reticulatus*), que vive nas florestas do sudeste asiático. Ela pode alcançar até 10 metros de comprimento.

A **sucuri** (conhecida pelos cientistas como *Eunectes murinus*), que vive na Floresta Amazônica, é a segunda maior em comprimento, podendo alcançar cerca de 9 metros. Mesmo sendo bem menores que as serpentes das lendas, seu tamanho certamente impressiona.

Um animal adulto, de grande porte, pode matar e engolir um jacaré, um veado e até mesmo um homem. Matam suas presas através da constrição, isto é se enrolam nela, apertando até que morram asfixiadas. Durante esse processo, é comum que alguns ossos sejam fraturados.

Não é verdade que elas possam engolir um boi, deixando os chifres para fora da boca até que apodreçam e caiam. Essas histórias fazem parte das lendas sobre serpentes gigantes. Mitos a parte, são animais belíssimos, com importante papel na cadeia ecológica e que hoje em dia correm sérios riscos devido à caça.

Fonte: www.zoologico.sp.gov.br/.../cobrasgigantes.htm

Ordem *Sphenodonta*

É representada por duas espécies do gênero *Sphenodon*, encontradas na Nova Zelândia. O tuatara (Figura 83) é o único sobrevivente da linhagem de esfenodontídeos originados na Era Mesozoica.

⁴²De onde vem a expressão “lágrimas de crocodilos”? Quando os crocodilos comem uma presa, eles engolem sem mastigar. Por isso abrem a boca de tal forma que ela comprime a glândula lacrimal, localizada na base da órbita, o que faz com que os répteis lacrimejem. A partir dessa observação, passou-se a dizer que as pessoas que choram sem razão, ou por fingimento, derramam lágrimas de crocodilos.



Figura 83 – Tuatara.

Fonte: <http://nzphoto.tripod.com/animal/tuatara.htm>

O tuatara é semelhante a um lagarto, com até cerca de 66 cm de comprimento e que vive em tocas comumente divididas com aves marinhas. São animais de crescimento lento e grande longevidade, existindo registros de um exemplar que chegou a viver 77 anos.

O tuatara chamou atenção dos zoólogos devido às características idênticas a fósseis mesozoicos de 200 milhões de anos, tais como crânio diápsido com duas aberturas temporais delimitadas por arcos completos. Possui também um olho pineal completo com elementos de córnea, cristalino e retina, que consegue captar mudanças na intensidade de luz.

Ordem *Crocodylia*

Os Crocodilos são os únicos sobreviventes da linhagem Archosauria, que deu origem à grande irradiação mesozoica de dinossauros e aves. Os crocodilos atuais dividem-se em três famílias: os **crocodilos** e **caimans**, comuns no Novo Mundo e os **gaviais**, representados por uma única espécie, encontrada na Índia e em Burma.

Todos os crocodilos possuem o crânio alongado e robusto, bastante resistente. A mandíbula possui uma forte musculatura que permite uma grande abertura e um fechamento rápido e poderoso. Os dentes são inseridos em cavidades ou tecas. Possuem palato secundário completo, característica pre-

sente somente nesse grupo e nos mamíferos. Os crocodilianos, assim como as aves e os mamíferos, possuem coração com quatro cavidades.

Crocodilos e jacarés são diferenciados com base na morfologia da cabeça. Crocodilos têm rostro relativamente estreito, a boca é fechada e o 4º dente inferior é visível. Os jacarés geralmente possuem rostro mais alargado, e o 4º dente inferior é recoberto por uma protuberância da maxila superior. Os gaviais possuem o rostro muito estreito, sendo, em sua maioria, piscívoros (Figura 84).

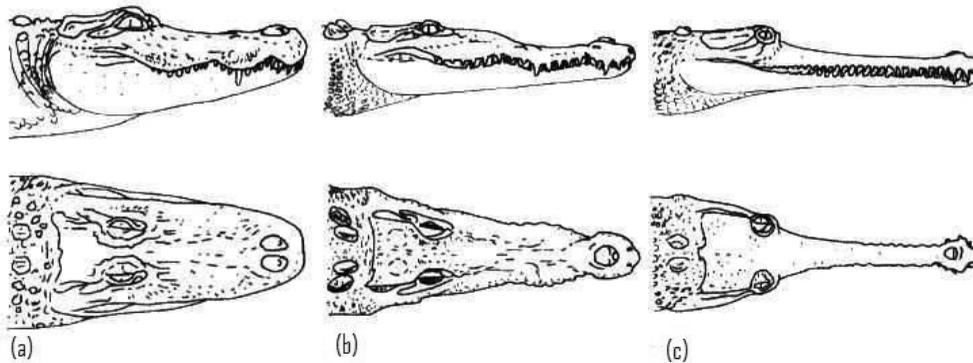


Figura 84 – Crocodilianos. (a) crocodilo cubano; (b) aligátor chinês, do mesmo grupo dos jacarés; (c) gavial.

Fonte: Pough; Heiser; McFarland (2008).

A maturidade sexual de um crocodilo depende mais do tamanho do que da idade. Ao contrário do ser humano, os crocodilianos não possuem cromossomos sexuais, os filhotes terão o sexo determinado não pela concepção, mas pela temperatura na qual os ovos foram incubados. Abaixo de 30°C produzem fêmeas; acima de 30°C produzem machos e, se a temperatura for fixada em 30°C, podem nascer ambos os sexos.

Os jacarés e crocodilos constroem ninhos diferentes (Figura 85), mas com o mesmo propósito: manter os ovos aquecidos até que eclodam.

A temperatura do ninho determina o sexo dos filhotes de crocodilos, de alguns lagartos e tartarugas. Baixas temperaturas durante a incubação produzem machos, enquanto altas temperaturas produzem fêmeas.



Figura 85 – Ninho de jacaré.

Fonte: <http://zooterra.wordpress.com>

Os crocodilianos são os répteis que mais apresentam cuidado parental com suas proles (Figura 86) . Os pais protegem seus filhotes até eles atingirem a maturidade suficiente para viverem sozinhos. Ensinam as crias a nadar e as carregam em sua boca para protegê-las de predadores. Os bebês crocodilianos são presas fáceis para aves de rapina e aquáticas, para mamíferos e até para outros répteis.



Figura 86 – Cuidado parental em crocodilos.

Fonte: <http://zooterra.wordpress.com>

1.3. Sistema locomotor dos répteis

As especializações locomotoras das serpentes refletem diferenças em sua morfologia, associadas a diferentes modos de predação e com as propriedades dos substratos sobre os quais se movem. Na ondulação lateral (Figura 87), também conhecida como locomoção serpentina, o corpo se move em uma série de curvas.

As curvas podem ser irregulares, como mostrado na ilustração de uma serpente rastejando através de uma prancha dotada de pinos fixos. Cada curva é pressionada pra trás; os pinos contra os quais a serpente está exercendo força estão indicados com pontos pretos. As linhas de 1 a 7 estão separados por intervalos de 3 polegadas (7,6 centímetros), e a posição da serpente está mostrada em intervalos de um segundo.

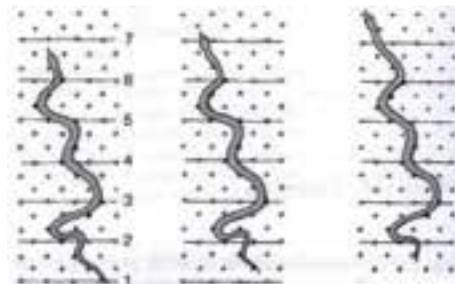


Figura 87 – Locomoção das serpentes por ondulação lateral.

Fonte: Pough et al. (2008)

A locomoção retilínea (Figura 88) é utilizada primariamente por serpentes de corpo pesado. Seções alternadas da superfície ventral são levantadas do solo e puxadas para frente por músculos que se originam nas costelas e se inserem nas escamas ventrais. As seções interpostas às primeiras repousam sobre o solo e suportam o corpo da serpente.

Ondas de contração deslocam-se da frente para trás, e a serpente se movimenta em linha reta. A locomoção retilínea é lenta, mas eficiente, mesmo quando na superfície não há irregularidades fortes o suficiente para resistir à força lateral exercida pela locomoção serpentina. Devido ao fato de locomover-se lentamente e em linha reta, a serpente torna-se inconspícua, e a locomoção retilínea é utilizada por algumas serpentes durante a aproximação da presa.



Figura 88 – Locomoção das serpentes retilínea.

Fonte: Pough et al. (2008)

A locomoção em concertina (Figura 89) é utilizada em passagens estreitas, como em toca de roedores, que não proporcionam espaço para as larvas curvas da locomoção serpentina. A serpente fixa a porção caudal do corpo, pressionando várias alças contra as paredes da toca e estende a porção cranial do corpo.

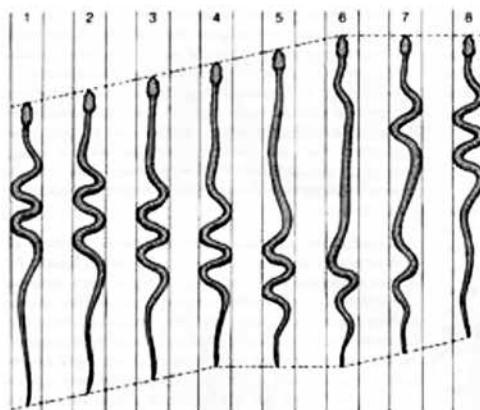


Figura 89 – Locomoção das serpentes em concertina.

Fonte: Pough et al. (2008)

Quando se acha totalmente distendida, a serpente forma novas alças anteriormente e se fixa por intermédio destas, enquanto movimenta a porção caudal do corpo para frente.

A locomoção por alças laterais (“sidewinding”) (Figura 90) é usada primariamente por serpentes que vivem em desertos, onde as dunas de areia proporcionam um substrato que se desfaz durante a locomoção serpentina. Uma serpente que se locomove desse modo eleva o corpo em alças, apoiando-se em dois ou três pontos que representam as únicas partes do seu corpo em contato com o substrato.

As alças são impulsionadas para frente pelo ar e posicionadas no substrato, os pontos de contato movendo-se suavemente ao longo do corpo. A força é exercida para baixo; sua componente lateral é tão pequena que o animal não desliza para os lados. A força dirigida para baixo é mostrada pela impressão das escamas ventrais nos rastros. Devido ao fato de o corpo da serpente ser estendido quase perpendicularmente à linha de deslocamento, a locomoção por alças laterais é um meio efetivo de locomoção apenas para animais pequenos que vivem em habitats com pouca vegetação ou outros obstáculos.

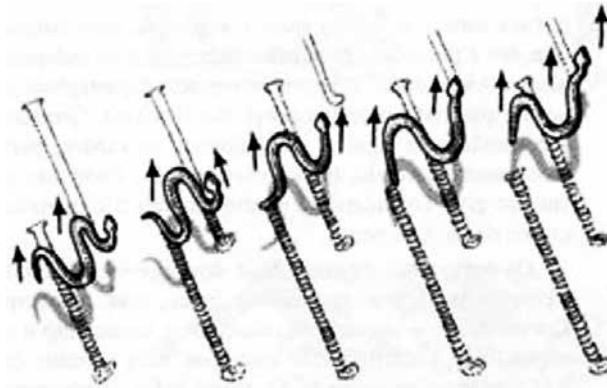


Figura 90 – Locomoção das serpentes por alças laterais.

Fonte: Fonte: Pough et al. (2008)

Os esqueletos das serpentes são estruturas delicadas que não se fossilizam facilmente. Na maior parte dos casos, temos apenas vértebras e o registro fóssil tem fornecido poucas informações sobre a origem das serpentes. Os mais antigos fósseis conhecidos são dos depósitos do Período Cretáceo e parecem estar relacionados às jibóias. As primeiras serpentes da família Colubridae são conhecidas do Oligoceno e os Elapidae e Viperidae surgiram durante o Mioceno.

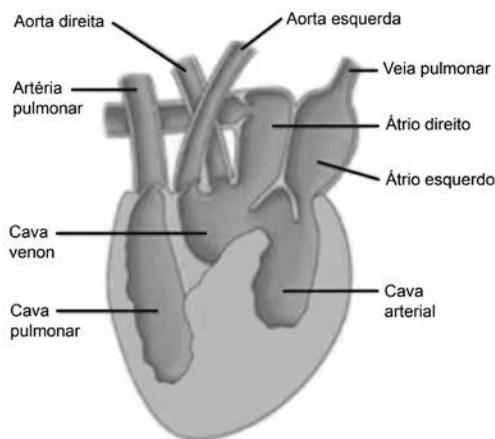
As especializações das serpentes, em comparação aos lagartos ápodas, parecem refletir duas pressões seletivas – locomoção e predação. O alongamento do corpo é característico das serpentes. A redução do diâmetro

do corpo, associada ao alongamento, foi acompanhada por alguns rearranjos na anatomia interna das serpentes. O pulmão esquerdo está reduzido ou inteiramente ausente; a vesícula biliar é caudal ao fígado; o rim direito é cranial ao esquerdo, e as gônadas podem apresentar um deslocamento semelhante.

Os lagartos ápodos enfrentam problemas para engolir as presas. A dificuldade primária não é a perda dos membros, pois poucos lagartos utilizam-nos para capturar ou manipular o alimento. A dificuldade origina-se do alongamento, uma característica generalizada das formas ápodas. À medida que o corpo se alonga, a massa é redistribuída em um tubo com diâmetro menor.

A boca, tornando-se menor, o tamanho máximo da presa que pode ser ingerida também diminui, e um animal alongado enfrenta a dificuldade de alimentar um corpo grande através de uma boca pequena. A maioria dos lagartos ápodos está limitada a ingerir presas relativamente pequenas, enquanto as serpentes possuem especializações morfológicas que permitem engolir presas consideravelmente maiores que o diâmetro de seu próprio corpo. Essa diferença pode ser um elemento no grande sucesso evolutivo das serpentes, em contraste com o limitado sucesso dos lagartos ápodos e dos Amphisbaenia.

1.4. Sistema circulatório



Anatomia cardíaca de répteis não crocodilianos

Figura 91 – Anatomia cardíaca de répteis não crocodilianos.

Fonte: Moyes e Schulte (2010).

O sistema circulatório dos tetrápodes pode ser visto como dois circuitos: o circuito sistêmico e o circuito pulmonar, que operam em série, ou seja, o sangue flui do coração para o resto do corpo. No entanto, os répteis possuem um coração capaz de trocar sangue entre os dois circuitos. Isso acontece porque suas câmaras ventriculares possuem continuidade anatômica, com exceção dos crocodilianos, em que o coração possui quatro câmaras separadas.

Os átrios esquerdo e direito estão completamente separados e três subcompartimentos podem ser distinguidos no ventrículo: a cava venon, a cava pulmonar e a cava arterial (Figura 91).

O sangue flui do átrio direito para a artéria pulmonar e do átrio esquerdo para as aortas direita e esquerda. Durante o desvio “direita para esquerda” algum sangue do átrio direito entra nas aortas, sem passar pelo pulmão. Du-

rante o desvio “esquerda para direita” algum sangue do átrio esquerdo entra na artéria pulmonar, sem passar pelos tecidos.

1.5. Sistema respiratório

A maioria dos répteis apresenta dois pulmões, apesar de, nas cobras (serpentes), um dos pulmões ser reduzido ou ausente. O pulmão mais simples, que é o unicameral, é similar a um saco com uma parede em forma de favo de mel, semelhante ao mais complexo dos pulmões dos anfíbios. Em espécies ativas, como o lagarto monitor, tartarugas e crocodilos, os pulmões são divididos em várias câmaras, aumentando a área de superfície para as tocas gasosas.

Os pulmões multicamerais apresentam um tundo endurecido denominado brônquio, que permite o fluxo de ar dentro das câmaras pulmonares. Em alguns répteis, a parte posterior dos pulmões é pouco vascularizada, podendo atuar como um fole para ajudar na ventilação pulmonar.

Os répteis contam com uma bomba de aspiração (sucção) para ventilar seus pulmões. Essa importante inovação evolutiva separou os músculos utilizados na alimentação dos músculos usados na ventilação.

O ciclo ventilatório é dividido em duas fases. Durante a inspiração, o volume da caixa torácica aumenta, reduzindo a pressão e levando a entrada de ar nos pulmões. Durante a expiração, o volume da caixa torácica reduz, aumentando a pressão e forçando o ar a sair dos pulmões.

Os répteis usam um dos vários mecanismos para mudar o volume da cavidade torácica durante a respiração; cobras e lagartos usam músculos intercostais, os quais estão localizados entre as costelas. Contrações de um grupo de músculos intercostais levantam as costelas para frente e para fora, aumentando o volume da cavidade torácica, sugando ar para dentro dos pulmões.

Em lagartos, os músculos intercostais também são necessários para locomoção: quando o lagarto corre, move a parte de trás de seu corpo para fora e lateralmente em um padrão de S, um movimento que envolve os músculos intercostais. Assim, as contrações musculares necessárias para a locomoção podem comprometer a ventilação dos pulmões em algumas espécies. Contudo, sabe-se que alguns lagartos suplementam a ventilação com a força de uma bomba similar à usada por anfíbios, particularmente durante a locomoção.

Em tartarugas e jabutis, a caixa torácica é fundida em uma carapaça rígida, não podendo mover-se para ventilar os pulmões. Em vez disso, esses animais têm um par de músculos abdominais finos que expandem e comprimem os pulmões. Além disso, movimentos dos membros podem auxiliar na ventilação. Contudo, assim como para os lagartos, durante a locomoção pode haver conflitos entre os movimentos necessários para a ventilação e aqueles necessários para a locomoção. Não se sabe se as tartarugas usam força de uma bomba bucal para auxiliar na ventilação dos pulmões.

Nos crocodilianos, uma lâmina de tecido conectivo chamado “septo hepático” está ligada fortemente ao lado anterior do fígado e divide a cavidade visceral em espaço anterior e posterior. Os músculos diafragmáticos pareados partem do septo hepático até a cintura pélvica. Quando esses músculos se contraem, eles puxam o septo hepático e o fígado, reduzindo o volume da cavidade abdominal e aumentando o volume dos pulmões. Esses aumentos do volume reduzem a pressão nos pulmões, e a sucção resultante direciona o ar para dentro dos pulmões. Em essência, o fígado atua como um pistão que auxilia a comprimir e expandir os pulmões de forma alternada.

1.6. Sistema urinário dos répteis

Os répteis modernos reduzem a necessidade de água produzindo ácido úrico com resíduo nitrogenado. Como o ácido úrico é insolúvel, a água não é desperdiçada como um solvente, embora um pouco de água seja utilizada para conduzir o ácido úrico ao longo do lúmen tubular. Essa água pode ser reabsorvida pela cloaca. O rim dos répteis possui glomérulos muito reduzidos, e, em algumas espécies, eles não estão presentes. Assim como nos anfíbios, os néfros dos répteis não possuem alça de Henle e, portanto, não são capazes de produzir urina hiperosmótica.

1.7. Autotomia caudal

A autotomia (autoamputação) de apêndices é um mecanismo comum de fuga de predadores entre os invertebrados e os vertebrados. A cauda é o único apêndice conhecido que os vertebrados autotomizam e a capacidade para autotomia caudal está desenvolvida em algum grau entre salamandras, tuatara, lagartos e em poucas espécies de *Amphisbaenia*, serpentes e roedores (Arnold, 1988). Na maioria dos casos, a autotomia é seguida pela regeneração de nova cauda.

A autotomia caudal dos Squamata ocorre em planos especiais de fratura, encontrados em todas as vértebras caudais, exceto da quarta a nona vértebras mais craniais. Os músculos caudais são segmentares, e os processos afilados de segmentos adjacentes interdigitam-se. As artérias caudais possuem esfíncteres musculares imediatamente anteriores a cada plano de fratura, e as veias possuem válvulas.

A autotomia parece ser um processo ativo que requer a contração dos músculos da cauda, flexionando-a fortemente para o lado e iniciando separação. O centro vertebral se rompe e os processos dos músculos caudais se separam. Os esfíncteres musculares arteriais se contraem e as válvulas venosas se fecham, evitando a perda de sangue (Figura 92). Uma cauda autotomizada agita-se rapidamente, por vários minutos, e esse violento estremeamento pode distrair a atenção do predador enquanto o próprio lagarto põe-se em segurança.

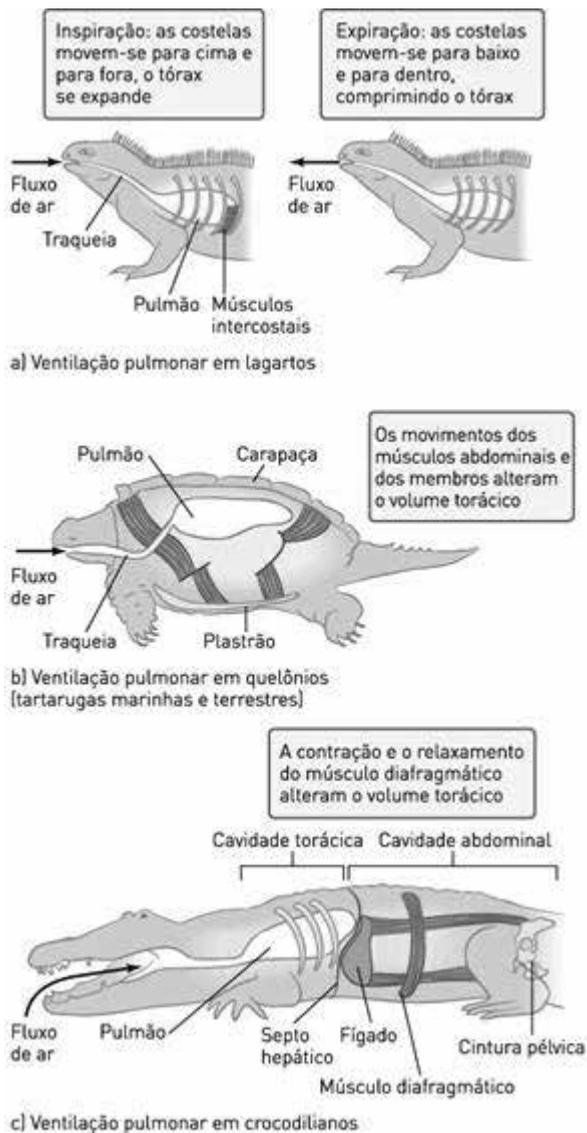


Figura 92 – Ventilação pulmonar nos répteis. (a) Lagartos ventilam seus pulmões usando os músculos intercostais. (b) Quelônios ventilam seus pulmões usando movimentos de músculos abdominais especializados e membros. (c) Crocodilianos ventilam seus pulmões usando músculos diafragmáticos.

Fonte: Moyes e Schulte (2010)

As caudas de alguns juvenis da família Scincidae são azuis e brilhantes e, em experimentos, lagartos com essas caudas coloridas foram mais eficientes no uso da autotomia para escapar de serpentes predadoras, do que lagartos cujas caudas foram pintadas de preto. Obviamente, uma cauda autotomizada não recebe fluxo sanguíneo, e sua atividade muscular é sustentada por metabolismo anaeróbico. A capacidade metabólica anaeróbica dos músculos da cauda dos lagartos parece ser substancialmente maior que a dos músculos dos membros.

O ponto de autotomia é, normalmente, tão caudal na cauda, quanto possível. Quando a cauda de um lagarto é segura com uma pinça, a autotomia geralmente ocorre no plano da vértebra imediatamente anterior ao ponto onde a cauda foi presa, minimizando, assim, a porção de cauda perdida. Quando a cauda se regenera, as vértebras são substituídas por um bastão de cartilagem que não contém planos de fratura. Conseqüentemente, a futura autotomia deve ocorrer cranialmente à porção regenerada.

Algumas lagartixas ajustam o ponto de autotomia de acordo com sua temperatura corporal: a autotomia ocorre mais próxima ao corpo quando o lagarto está frio do que quando está aquecido. Quando um lagarto está frio, ele não consegue correr tão rápido como quando está aquecido e, provavelmente, o longo segmento de cauda deixado para trás por um lagarto frio, ocupa a atenção de um predador por tempo suficiente que permite ao lagarto alcançar segurança.

Deixar a cauda na posse de um predador é, certamente, melhor do que ser devorado, mas isso não está livre de custos. A cauda funciona como um sinal de “status” entre algumas espécies de lagartos, e um lagarto que autotomiza uma grande porção de sua cauda, pode cair para uma posição inferior na hierarquia de dominância.

A perda da cauda também afeta o balanço energético de um lagarto: a taxa de crescimento de lagartos juvenis que autotomizaram a cauda permanece reduzida enquanto suas caudas estão sendo regeneradas. Muitos lagartos armazenam gordura na cauda, e as fêmeas mobilizam essa energia quando depositam vitelo nos ovos. Sessenta por cento do total de gordura armazenada pelas fêmeas da lagartixa *Coleonyx brevis* estava localizada na cauda.

A autotomia da cauda por fêmeas grávidas de lagartixas resultou na produção de posturas menores do que em fêmeas com cauda. Alguns lagartos, especialmente o pequeno Scincidae norte-americano *Scincella lateralis*, ingerem suas caudas autotomizadas quando podem, recuperando, assim, a energia perdida.

2. Répteis da caatinga

A diversidade réptil no bioma caatinga é bem significativa, havendo um número proporcionalmente maior de espécies que as de anfíbios e também uma maior taxa de endemismos, o que reflete uma maior complexidade adaptativa a esse ambiente semi-árido.

2.1. Serpentes

Família Elapidae

Essa família se distribui de forma ampla por todo o globo. São conhecidas mais de 40 espécies para a América do Sul. Possui dentição do tipo proteróglifa, com a peçonha mais forte e letal entre todas as famílias de serpentes no mundo. No Brasil, as espécies dessa família geralmente se apresentam em coloridos de tríades completas pelo corpo de cores contrastantes (aposemático): amarela, branca, preta e vermelha com disposições bem variadas (Figura 93). São semi fossórias e alimentam-se geralmente de pequenas serpentes e anfíbios. Essa família é ovípara, colocando seus ovos sob folhagem e troncos em decomposição. O tempo de incubação é de aproximadamente dois meses.



Figura 93 – Serpente da família Elapidae

Fonte: Freitas e Silva (2007)

Coral-verdadeira (*Micrurus* sp)

Essa serpente peçonhenta possui a dentição proteróglifa e hábitos semi fósforiais. Exibe colorido disposto em tríades de vermelho, preto e branco (Figura 94). Espécie pequena que pode atingir 1,0 m de comprimento total. Alimenta-se de outras serpentes e anfisbênios.



Figura 94 – Coral-verdadeira

Fonte: Freitas e Silva (2007)

Família Viperidae

Integrantes dessa família caracterizam-se por apresentar a dentição do tipo solenóglifa que, entre as serpentes, são os melhores aparatos para inoculação de peçonha que se conhece (embora a peçonha não seja a mais letal) (Figura 95). Distribuem-se amplamente por todo o globo, participando de milhares de acidentes humanos em todo o mundo.

Geralmente essa família possui coloração discreta ou se camuflam de acordo com o ambiente em que vivem. Alimentam-se de pequenos vertebrados, e a maioria das espécies é de hábitos terrestres. A reprodução das serpentes dessa família é por viviparidade, com as fêmeas podendo parir até mais de 50 filhotes (*Bothrops leucurus*), porém sendo mais comum ninhadas em torno de 20 filhotes, com uma gestação que pode ultrapassar seis meses. A exceção dessa família é a surucucu (*Lachesis*), que realiza posturas de ovos que podem ultrapassar mais de 15 por postura.



Figura 95 – Serpente da família Viperidae

Fonte: Freitas e Silva (2007)

Jararaca-malha-de-cascavel (*Bothrops erythromelas* Amaral, 1923)

Serpente peçonhenta com dentição solenógifa. Porte pequeno que raramente atinge 1,0 m de comprimento (Figura 96). É encontrada em toda a caatinga nordestina, mas também ocorre em áreas litorâneas do Rio Grande do Norte e do Ceará, além dos cerrados de altitude nos Gerais de Mucupê, na Chapada Diamantina, na Bahia, a 1.200 metros, nos cerrados de altitude na Chapada do Araripe em Pernambuco, a cerca de 700 metros de altitude.

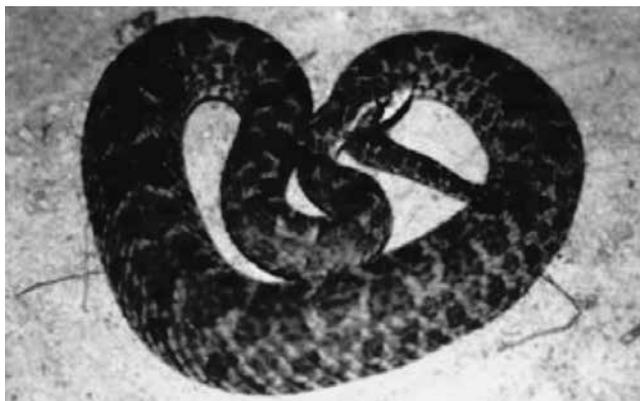


Figura 96 – Jararaca-malha-de-cascavel

Fonte: Freitas e Silva (2007)

2.2. Lagartos

Família *Iguanidae*

Essa família é caracterizada por lagartos de médio e de grande porte, que podem ultrapassar 1,5 m. Possui ampla distribuição pela América do Sul, Central e ilhas do Pacífico. Algumas espécies, quando adultas, são exclusivamente



Figura 97 – Lagarto da família Iguanae

Fonte: Freitas e Silva (2007)

vegetarianas. Uma das características mais marcantes é a linha de cristas dorsais que se inicia no pescoço e seguem até a cauda, além de serem predominantemente de vida arbórea (Figura 97). Podem colocar até mais de 20 ovos quase redondos enterrados no solo, que levam mais de dois meses de incubação.

Camaleão ou iguana (*Iguana iguana* Linnaeus, 1758)

Lagarto que pode alcançar 1,6 m de comprimento total. Tem hábitos terrestres e arborícolas com corpo e membros robustos dotados de dedos longos adaptados para escalar as árvores e possui uma crista que vai da nuca à cauda (Figura 98). A coloração é verde intenso nos jovens, que vão adquirindo manchas escuras e claras ao se tornarem adultos. Habita toda a região Nordeste, preferencialmente matas ciliares.



Figura 98 – Camaleão

Fonte: Freitas e Silva (2007)

Família Teiidae

Teiú, Têju, Tiú (*Tupinambis merianae* Dumeril e Bribon, 1839)

Lagarto de grande porte que pode atingir 1,4 m de comprimento total. Habita todo o Nordeste brasileiro, em todos os ambientes. Na fase adulta a coloração é negra com manchas indefinidas brancas ou amareladas (Figura 99). Os filhotes nascem com cor esverdeada no dorso na parte anterior. Possui hábitos terrestres, abrigado-se em tocas; a língua é bifida, de cor rosada.



Figura 99 – Teiú

Fonte: Freitas e Silva (2007)

Calango verde ou bico-doce, bebiô, bebe-ovo (*Ameiva ameiva* Linnaeus, 1758)

Os machos dessa espécie são maiores que as fêmeas, podendo alcançar 60 centímetros de comprimento total. O colorido é quase inteiramente verde, com desenhos azuis nos flancos na base da cauda, bem acentuados nos machos (Figura 100).



Figura 100 – Calango verde

Fonte: Freitas e Silva (2007)

Família Geckkonidae

Briba-de-casa (*Hemidactylus mabuia* Moreau de Jones, 1818)

Habita toda a região nordestina, sempre associada a construções ou estruturas de origem humana (Figura 101). Foi introduzida no Brasil, tendo origem no continente africano.



Figura 101 – Briba-de-casa

Fonte: Freitas e Silva (2007)

Briba-das-caatingas (*Hemidactylus agrius* Vanzolini, 1978)

Essa espécie possui cerca de 10 centímetros de comprimento total. O colorido de fundo é cinza-claro ou amarronzado com desenhos dorsais que lembram “escamas” grandes (Figura 102). O corpo e a cauda são dotadas de inúmeros grânulos dérmicos bem característicos. Habita as caatingas do Nordeste brasileiro, mas somente na região central do domínio, desde a Bahia até Ceará.



Figura 102 – Bribas-caatingas

Fonte: Freitas e Silva (2007)

Família Leosauridae

Papa-vento (*Enyalius bibronii* Boulenger, 1885)

É a espécie mais bem distribuída no Nordeste brasileiro. É uma espécie mediana, que atinge 25 centímetros de comprimento total. O colorido predominante é o marrom ou o cinza uniforme com manchas bem variadas pelo corpo (Figura 103).



Figura 103 – Papa-vento

Fonte: Freitas e Silva (2007)

Família Scincidae

Bribas-brilhante (*Mabuya heathi* Schmidt e Inger, 1951)

Distribui-se por toda a região de caatinga do Nordeste, além de áreas abertas de restinga litorânea do sul da Bahia até o Ceará. Espécie pequena, que atinge 12 centímetros de comprimento total. Possui uma linha branca de cada lado do corpo, que nasce na cabeça e atravessa todo o seu flanco até a cauda (Figura 104). Constitui os poucos gêneros de lagartos vivíparos que existem no Brasil, podendo parir quatro filhotes de 4,0 centímetros de comprimento total.



Figura 104 – Briba-brilhante

Fonte: Freitas e Silva (2007)

Briba-brilhante (*Mabuya dorsivittata* Cope, 1862)

Espécie que alcança cerca de 10 centímetros de comprimento total. A característica mais marcante nesta espécie é possuir quatro linhas dorsais claras e bem estreitas sobre o dorso (Figura 105).



Figura 105 – Briba-brilhante

Fonte: Freitas e Silva (2007)

Família Anguidae

Cobra-de-vidro (*Ophiodes striatus* Spix, 1824)

Corpo serpentiforme, apresentando apenas vestígios de pernas traseiras. Pode alcançar 30 centímetros de comprimento total. Possui colorido marrom com estrias escuras que seguem por todo o corpo (Figura 106). Vive em áreas abertas e borda de mata do sul da Bahia até Pernambuco.



Figura 106 – Cobra-de-vidro

Fonte: Freitas e Silva (2007)

2.3. Anfisbênias

Família Amphisbaenidae

Cobra-cega (*Amphisbaena vermicularis* Wagler, 1824)

Distribuição ampla pelo Nordeste brasileiro, exceto na Mata Atlântica do sul da Bahia. Atinge cerca de 35 centímetros de comprimento total. Essa espécie apresenta quatro poros pré-cloacais (Figura 107).



Figura 107 – Cobra-cega

Fonte: Freitas e Silva (2007)

Cobra-cega (*Amphisbaena alba* Linnaeus, 1758)

Espécie que pode alcançar 70 centímetros de comprimento total. O dorso pode ser inteiramente amarelo-queimado ou marrom com o ventre branco (Figura 108). Possui ampla distribuição pelo Nordeste brasileiro. Alimenta-se de minhocas, insetos e formigas.



Figura 108 – Cobra-cega

Fonte: Freitas e Silva (2007)

3. Classe Ave

As aves são animais singulares, pois possuem penas que revestem e isolam o corpo tornando possível a relação da temperatura e colaboram no voo.

Sua capacidade de voar possibilita que se desloquem do polo norte ao polo sul. A coloração distintiva e o canto chamam a atenção dos olhos e ouvidos humanos. Muitas espécies são de importância econômica por causa de nossos hábitos alimentares. Esses vertebrados são bastante diversificados quanto ao tamanho e peso como, por exemplo, o beija-flor de 6 cm de comprimento e 20 g e o avestruz de 2,5 m de altura e 160 kg.

A classe ave reúne aproximadamente 9 mil espécies distribuídas em 28 ordens, que fazem parte de dois grandes grupos, **os Paleognatas** representados pelas aves não voadoras frequentemente chamadas de ratitas e **as Neognatas**, as aves voadoras.

3.1. A origem das aves

As aves surgiram no planeta na época em que os dinossauros dominavam a Terra e foi a partir de um grupo de dinossauros que as aves se originaram. Mas, ao contrário do que se pode pensar, não foi a partir dos Pterodáctilos, répteis voadores, que elas surgiram. Na verdade, sua origem se deve a um grupo que caminhava no solo.

Foram descobertos na Baviera, Alemanha, restos fossilizados de cerca de 147 milhões de anos de um animal estranho, aproximadamente do tamanho de um corvo, com crânio semelhante ao das aves modernas, exceto pelo fato de estarem impressas inconfundíveis marcas de penas. Assim, foi considerado como uma ave, que recebeu o nome de *Archaeopteryx* (Figuras 109 e 110), o que significa “asa antiga inscrita sobre pedra”. Essa descoberta foi valiosa porque o registro fóssil das aves é raro. No entanto, também deixa dúvida sobre as relações filogenéticas entre as aves e os répteis.

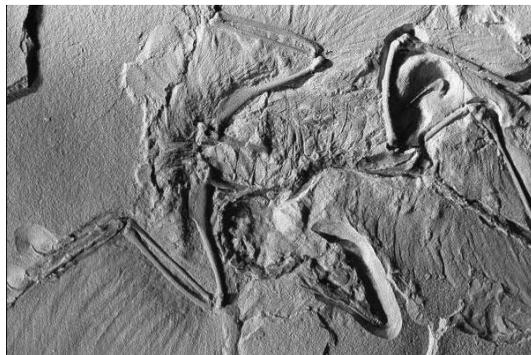


Figura 109 – Fóssil de *Archaeopteryx*.

Fonte: <http://www.fossilmuseum.net/fossilpictures-wpd/Archaeopteryx/Archaeopteryx.htm>

Sistemática

Filo *Chordata*

(animais com notocorda em algum estágio da vida)

Subfilo *Vertebrata*

(animais craniados com vértebras).

Classe Ave

Subclasse *Achaeonithes*

(aves do final do Jurássico, muitas características primitivas; *Archaeopteryx*)

Subclasse *Neornithes*

(aves modernas)

Superordem

Paleognathae

(aves sem quilha, 5 ordens. Exemplos: emu, ema e kiwis)

Superordem *Neognathae*

(aves voadoras, 23 ordens. Exemplos: galinha, beija-flor, harpia e outros.)

Aves

- Mundo: cerca de 9.600 espécies.
- Brasil: cerca de 1.500 espécies.

Nem todas as aves voam; algumas espécies como a ema e o avestruz, correm com muita velocidade. Já o ganso e o cisne têm a capacidade de nadar. A menor ave conhecida é o Besourinho de Cuba, um colibri que pesa 1,6 gramas e a maior é o Avestruz que chega a pesar até 125 quilos.



Figura 110 – Representação de *Archaeopteryx*.

Fonte: <http://babareiki.no.sapo.pt/Xamanismo/Dinossauros.html>

Os zoólogos, há muito tempo, reconheciam similaridades entre aves e répteis. Os crânios das aves e dos répteis conectam-se com a primeira vértebra cervical por uma única articulação, o côndilo occipital (os mamíferos possuem dois côndilos). As aves e os répteis têm um único osso no ouvido médio, o estribo (os mamíferos possuem três ossos no ouvido médio).

As aves e os répteis possuem mandíbula composta por cinco ou seis ossos, enquanto os mamíferos têm apenas um osso mandibular - o dentário. As aves e os répteis excretam seus resíduos nitrogenados na forma de ácido úrico, enquanto os mamíferos excretam ureia. As aves e os répteis põem ovos semelhantes com muito vitelo, e o embrião desenvolve-se, inicialmente, por clivagem superficial.

O renomado zoólogo inglês Thomas Henry Huxley classificou as aves em grupo de dinossauros chamado de terópodes, que exibiam muitas características semelhantes às das aves. Os dinossauros terópodes compartilham muitas características derivadas com as aves, sendo a mais óbvia delas o pescoço alongado, móvel, em forma de “S”. Os terópodes pertencem a uma linhagem de répteis diápsidos, os arcossauros, que incluem os crocodilos e os pterossauros, bem como os dinossauros.

Há, atualmente, grande evidência de que Huxley estava certo: as aves têm maior afinidade filogenética com os dinossauros terópodes. A única característica anatômica necessária para ligar o ancestral das aves com os dinossauros terópodes seria a possível presença de penas, e isso foi possível com a descoberta da *Archaeopteryx*.

Durante a evolução do grupo das aves, foram surgindo adaptações específicas para o voo, tornando-as mais leves. A principal característica desses

animais é a presença de penas, que protegem o corpo contra perdas de água e calor e permitem o voo. Um famoso ornitólogo chamado Oliver Austin disse uma vez: “Se um animal tiver penas, é uma ave. Se não tiver, não é!” Apesar de óbvia, tal afirmativa é verdadeira. A presença de penas no corpo é a mais marcante característica das aves.

3.2. Caracterização

1. As aves possuem o corpo coberto por penas (Figura 111), que protegem o corpo da perda de calor e auxiliam o voo.

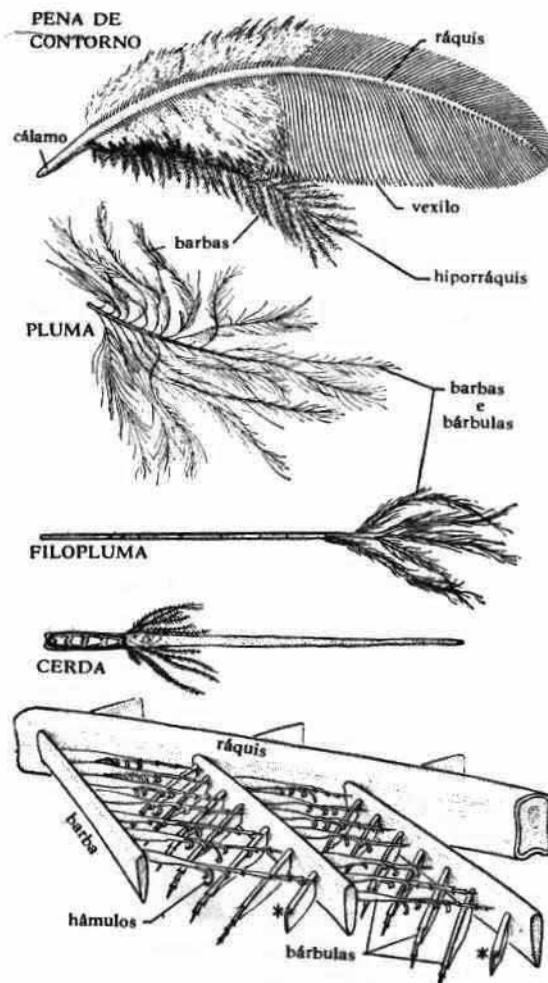


Figura 111 – Tipos e estrutura da pena.

Fonte: Storer e Ussinger (1995).

2. Aumento na potência e diminuição do peso, como ossos ocos (pneumáticos) e maxilas modificadas em um bico córneo.

3. O esterno é modificado em quilha, facilitando o corte do ar e fixando a musculatura peitoral.
4. Endotermia e uma alta taxa metabólica, coração grande e alta pressão sanguínea
5. Possuem apenas a glândula uropigiana, que serve para impermeabilizar as penas.
6. Migrações possibilitam que as aves assegurem habitats sazonais melhores para a procriação.

As aves atuais são divididas em dois grupos: a superordem *Paleognathae* e a superordem *Neognathae*. Essa divisão se originou do ponto de vista que as aves não voadoras representam uma linhagem separada de descendentes que nunca conseguiram voar. No entanto, hoje essa ideia é completamente rejeitada. Os paleognatas descendem de ancestrais voadores. Além disso, nem todas as aves neognatas podem voar e, em muitas delas, não existe a quilha.

3.3. Superordens

Superordem *Paleognathae*

São as grandes aves não voadoras que perderam parcialmente ou totalmente a capacidade de voar locomovendo no solo. Pertencem a esse grupo os avestruz, kiwis e emas, frequentemente chamadas de aves de ratitas, as quais têm o esterno achatado com músculos peitorais pouco desenvolvidos, além dos tinamiformes. As asas dessas aves são atrofiadas, possuindo pequenas dimensões proporcionalmente ao resto do corpo.

Enquanto, nas aves que voam, as penas possuem uma raque robusta e formato aerodinâmico para cortar o ar durante o vôo, as penas das aves terrestres não possuem raques desenvolvidas nem simetria adequada entre o vexilos das penas, não apresentando, assim, o formato adequado para o vôo; porém possuem membros posteriores bem desenvolvidos, com grandes massas musculares, tornando-as excelentes corredoras. Essa superordem possui cinco ordens.

Ordem *Struthioniformes*

Essa ordem é composta pelas maiores aves não voadoras; muitas espécies estão extintas. Como espécie viva, podemos citar o avestruz (*Struthio camelus*) (Figura 112), membro da família *Struthionidae*. Aves que possuem somente dois dedos nos pés, de tamanhos desiguais, o que possibilita que se movam rapidamente. Seu habitat natural são as planícies e prados abertos áridos e semi áridos da África, mas



Figura 112 – Detalhe da pena de ratitas.

Fonte: http://www.uece.br/uece/zootecnologia/aves_terrestres.pdf

por serem aves de elevada rusticidade, vêm sendo criadas em cativeiro em vários locais do mundo. O avestruz é bastante resistente a doenças e pode viver até 70 anos.

O avestruz é a maior ave ratita existente: o macho pode chegar a 3 metros de altura e atingir até 135 kg, enquanto a fêmea alcança de 1,7m a 2m. Seus pés apresentam uma conformação diferente, pois possuem apenas dois dedos voltados para frente, com o formato semelhante a um casco. Possuem pescoço longo e cabeça pequena.

Apresentam pernas robustas e longas, que lhes permitem correr até 65 quilômetros por hora, cobrindo aproximadamente 4 metros por passada. Suas penas são macias com finalidade para isolamento térmico. São aves não migratórias que vivem em bandos. São onívoros, se alimentando de frutas, sementes, plantas, insetos, pequenos mamíferos e répteis.

Ordem Rheiformes

Duas espécies de aves não voadoras, frequentemente chamadas de avestruzes americanas. Possuem duas famílias *Rhea* e *Pterocremia* principal representante é a ema (*Rhea americana*), que vive na América do Sul. Não apresentam cauda, pigostilo e glândula uropígonia.

Ordem Casuariformes

Quatro espécies de aves não voadoras. Ex.: casuares e emus.

Ordem Apterygiformes

Aves não voadoras com tamanho similar ao da galinha doméstica. Ex.: kiwis.

Ordem Tinamiformes

Aves de aparência galinácea com quilha no esterno, asas bem desenvolvidas, mas que habitam o solo. Possuem bastante carne, sendo muito caçadas. Ex.: inambus, perdizes, codornas.

Superordem Neognathae

São as aves voadoras que possuem o esterno em forma de quilha de onde se originam os poderosos músculos de voo. É o grupo mais numeroso e diversificado de aves, que conseguiu conquistar vários ambientes. Algumas aves pela sua capacidade de voo e habilidade de orientação são utilizadas como meio de transporte de pequenos volumes, como é o caso do pombo-correio (*Columba livia*).

Ordem Sphenisciformes

Nadadores marinhos com pés palmados dos oceanos ao sul, da Antártida até as Ilhas Galápagos. Ex: pinguins.

Ordem Gaviiformes

Nadadoras e mergulhadoras com pernas curtas e corpos pesados. Grupo das gaivotas.

Ordem Podicipediformes

Mergulhadores de pernas curtas com dedos lobados.

Ex.: mergulhões.

Ordem Procellariiformes

Aves marinhas com bicos curvos e narinas tubulares. Ex.: albatrozes, petréis, pardelas, bobos, andorinhas-do-mar.

Ordem Pelecaniformes

Aves coloniais, comedoras de peixes, com garganta em forma de saco e todos os quatro dedos em cada pé unidos pela membrana. Ex.: pelicanos, biguás, atobás.

Ordem Ciconiiformes

Aves de pescoço longo, a maioria vadeadora colonial. Ex.: garças, socós, cegonhas, guarás, colheireiros, flamingos e urubus.

Ordem Anseriformes

Aves com o bico largo com sulcos filtradores em suas margens, uma membrana natatória restrita aos três dedos frontais e um esterno longo com uma quilha baixa. Ex.: cisnes, gansos, patos.

Ordem Falconiformes

Aves de rapina diurnas, são voadoras potentes, com visão aguçada, cerca de 720 espécies, com ampla distribuição. Ex.: águias, gaviões, falcões e condores.

Ordem Galliformes

Semelhantes a galinhas, nidificam no solo, são herbívoros com bicos fortes e pés pesados. Ex.: codorna, faisão, perus, e galo-doméstico.

Ordem Gruiformes

Procriam em padarias e pântanos. Ex.: grou, frangos-d'água, saracuras e carquejas.

Ordem Charadriiformes

Quase todas as aves desse grupo são litorâneas, são voadoras potentes e normalmente coloniais. Ex.: maçarico, gaivotas, quero-queros.

Ordem Columbiformes

Todos possuem pescoços pequenos, pernas curtas e um delgado bico. Ex.: pombos e rolas.

Ordem Psittaciformes

Aves com a parte superior do bico articulável, língua carnosa. Ex.: papagaios, periquitos.

Ordem Musophagiformes

Aves de médio e de grande porte, de florestas densas ou borda de mata, com uma conpíscua mancha carmesim na asa, bico brilhante colorido, asas curtas e arredondadas. Ex.: turacos.

Ordem Cuculiformes

Põem ovos em ninhos de aves menores. Ex.: cucos, anus.

Ordem Strigiformes

Predadores noturnos com olhos grandes, bicos e pés fortes e voo silencioso. Ex.: corujas.

Ordem Caprimulgiformes

Comedores noturnos ou crepusculares, com membros posteriores pequenos e fracos, bocas grandes e com cerdas na borda. Ex.: bacuraus e curiangos.

Ordem Apodiformes

Aves pequenas, de pernas curtas, com batimento rápido de asas. Ex.: beija-flor, andorinhões.

Ordem Coliiformes

Aves pequenas de parentesco incerto. Ex.: colídeos.

Ordem Trogoniformes

Ricamente coloridos, são aves de caudas longas. Ex.: surucuás.

Ordem Coraciiformes

Aves com fortes e proeminentes bicos, que nidificam em cavidades. Ex.: Martins-pecadores, calaus.

Ordem Piciformes

Aves com bicos altamente especializados e que possuem dois dedos direcionados para frente e dois para trás. Todos nidificam em cavidades. Ex.: pica-paus, tucanos, joões-bobos.

Ordem Passeriformes

Essa é a maior ordem das aves, contendo 56 famílias. A maioria possui a siringe altamente desenvolvida, seus pés são adaptados para empoleirar em troncos e galhos finos. Os jovens são altriciais. Ex.: pássaros.

3.4. O surgimento da endotermia

A classificação dos vertebrados em pecilotermos e homeotermos foi amplamente utilizada até a metade do século XX, mas essa terminologia se tornou menos apropriada conforme o conhecimento sobre as capacidades reguladoras da temperatura de uma grande variedade de animais que se tornou mais sofisticada.

A pecilotermia e a homeotermia descrevem a variabilidade da temperatura corpórea, e esses termos não podem ser aplicados facilmente aos táxons. Por exemplo, os mamíferos foram chamados de homeotérmicos e os peixes de pecilotérmicos, mas alguns mamíferos, por exemplo, os ursos polares, permitem que sua temperatura baixe em 20°C ou mais em relação aos níveis normais, à noite e no inverno, enquanto muitos peixes vivem em águas que alteram suas temperaturas em menos de 2°C durante todo ano. Esse exemplo apresenta a situação contraditória de um homeotermo, que tolera variação de temperatura de dez vezes maior que um pecilotermo.

A maioria dos cientistas que trabalham com termorregulação preferem os termos ectotérmicos e endotérmicos. Esses termos não são sinônimos de pecilotérmicos e homeotérmicos, pois não se referem à variação da temperatura corpórea, e sim, às fontes de energia utilizadas na regulação da temperatura.

Os animais ectotérmicos (grego: ecto = de fora) conseguem calor principalmente de fontes externas aquecendo ao sol, por exemplo, ou repousando sobre uma rocha aquecida; já os endotérmicos (grego: endo = de dentro), dependem da produção metabólica de calor para aumentar a temperatura corpórea.

Por exemplo, ectotérmicos terrestres, como lagartos e tartarugas, e endotérmicos, como as aves e os mamíferos, têm temperatura de atividade que varia de 30° a 40°C.

3.5. O voo

O que propiciou a evolução do voo das aves, ou a habilidade de elevar-se livremente como quase todo ser humano sonha fazê-lo?

O ar era um hábitat relativamente não explorado, com um estoque de insetos voadores para se alimentar. O voo também permitiu fugir de predadores terrestres, além da oportunidade de mover-se rápido e extensamente, estudando novas áreas de reprodução e beneficiando-se do clima favorável ao longo do ano, migrando nas diferentes estações de norte ao sul.

A evidência fóssil é muito escassa para nos proporcionar o registro histórico da origem do voo das aves, mas ele deve ter ocorrido em uma dessas direções: as aves começaram a voar escalando para um local alto e planando para baixo ou atingindo seu caminho no ar, batendo as asas, a partir do solo. A hipótese cursora defende que as aves eram corredoras terrícolas com asas primitivas usadas para capturar insetos. Com o aumento contínuo das asas, o animal corredor bateu asas e atingiu seu caminho no ar.

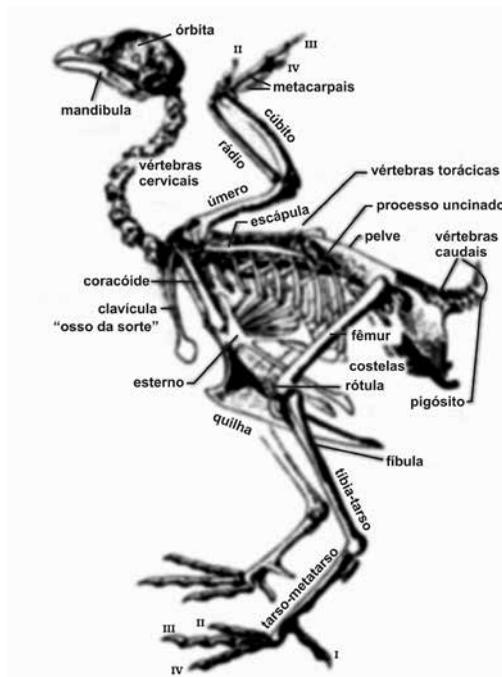
A hipótese arborícola, mais amplamente aceita, sugere que as aves passaram por um aprendizado arborícola de escalar, saltar através das árvores, cair, planar e, finalmente, atingir o vôo potente pleno. Uma coisa parece certa: as penas foram absolutamente necessárias para o voo. A origem evolutiva das penas precede o voo; elas se originaram com função termorreguladora e tornaram possível a subsequente evolução do voo.

Certamente não existe suporte para a opinião que os ancestrais das aves tenham sido voadores com asas membranosas, similares às dos morcegos, que, posteriormente, desenvolveram penas.

O movimento das asas durante o voo é devido principalmente aos grandes músculos peitorais, de onde se origina a parte externa da quilha do osso esterno.

3.6. Esqueleto

Os ossos (Figura 113) das aves são extremamente leves, delicados e entremeados por cavidades aéreas. Porém, esses ossos pneumáticos são resistentes.



A conexão da maxila superior com o crânio é flexível, permitindo que ela se mova levemente, aumentando a abertura do bico. Em algumas aves, como papagaios, a maxila superior é especialmente móvel porque ela é articulada com o crânio.

Figura 113 – Esqueleto de um galo doméstico.

Fonte: Storer e Ussinger (1995).

Como os arcossauros, as aves evoluíram de ancestrais com crânios diápidos. Entretanto, os crânios das aves modernas são tão especializados que é difícil observar traços da condição original diápsida. Os crânios das aves modernas são levemente construídos e, na maioria das vezes, fusionados em uma única peça. A caixa craniana e as órbitas são amplas para acomodar um encéfalo protuberante e olhos grandes, necessários para uma coordenação motora rápida e uma visão superior.

As aves modernas são completamente desprovidas de dentes; possuem apenas um bico córneo (queratinizado) moldado ao redor dos ossos das maxilas. A mandíbula é um complexo de vários ossos articulados, para proporcionar a ação da dupla articulação que permite ampla abertura da boca.

A característica mais distinta da coluna vertebral das aves é a sua rigidez. A maioria das vértebras, exceto as cervicais, são fusionadas e formam, com a cintura pélvica, uma firme estrutura para sustentar as pernas e proporcionar rigidez para o voo. Para auxiliar nessa rigidez, as costelas são, na maioria das vezes fundidas com as vértebras com a cintura escapular e com o esterno, além de apresentarem estruturas ósseas adicionais, os processos uncinados.

Os ossos dos membros anteriores são modificados para o voo, sendo reduzidos em número e muitas vezes fusionados. Os membros posteriores formam as pernas ou patas (Figura 114). As patas também são adaptadas ao tipo de ambiente em que a ave vive. Cada pé geralmente com quatro dedos, canela e dedos envolvidos por pele cornificada.

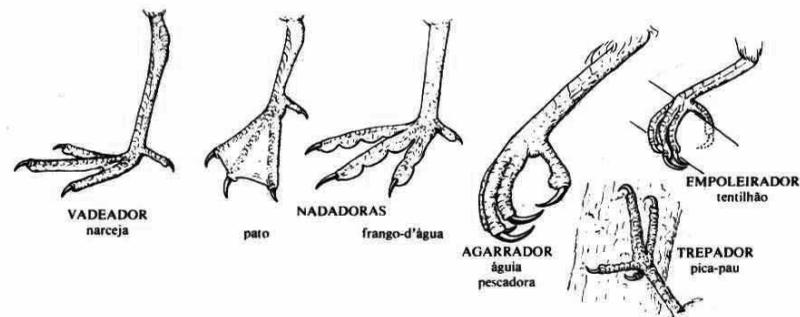


Figura 114 – Diversos tipos de patas em aves.

Fonte: Storer e Ussinger (1995).

3.7. Sistema muscular

Os músculos locomotores das asas são relativamente maciços para suprir as demandas do voo. O maior deles é o peitoral, que abaixa as asas durante o voo. Seu antagonista é o músculo supracoracoideo, que eleva a asa. Surpreendentemente, este último músculo não se localiza na coluna vertebral

(qualquer pessoa que já comeu a parte posterior de uma galinha sabe que ela oferece pouca carne), mas sim, posicionado sob os músculos peitorais. Ele é ligado por um tendão na porção superior do úmero e puxa a asa para cima por um engenhoso sistema de cabo e roldana. Os dois músculos, o peitoral e supracoracoideo, ancoram-se (originam-se) na quilha. A estabilidade aerodinâmica é aperfeiçoada com a principal massa muscular situada abaixo do corpo.

Na perna, a principal massa muscular localiza-se na coxa, ao redor do fêmur. Os pés são quase destituídos de músculos. As aves perderam a longa cauda reptiliana, que foi substituída por coxim muscular, no qual estão inseridas as penas da cauda.

3.8. Alimentação e sistema digestivo

O sistema digestivo dito das aves está dividido nos seguintes compartimentos: bico, esôfago, papo, proventrículo, moela, intestino e cloaca.

Os bicos podem variar significativamente em tamanho e forma de espécie para espécie (Figura 115), sendo composto de uma mandíbula superior o chamado maxilar, e uma parte inferior chamado de mandíbula. A mandíbula é feita de osso, normalmente oco ou poroso para manter o peso ideal para voar. A superfície exterior do bico é coberta por uma fina bainha de esporões córneos. Entre a dura camada exterior e os ossos há uma camada vascular contendo vasos sanguíneos e terminações nervosas.



Figura 115 – Diversos tipos de bico de aves.

Fonte: Storer e Ussinger (1995).

Em algumas aves, a ponta do bico é rígida, sendo utilizada para tarefas como quebrar nozes ou matar presas. Em outras aves, como patos, a ponta do bico é sensível e contém nervos, para localizar objetos pelo toque. Diferentemente dos maxilares com dentes, bicos não são usados para mastigar.

O esôfago é um órgão oco que, com suas contrações através dos movimentos peristálticos, fazem com que o bolo alimentar avance até o papo (em 2 segundos, aproximadamente). Nas aves, o esôfago apresenta uma dilatação em forma de saco designada por papo.

Os alimentos são aí armazenados temporariamente, permitindo uma diminuição da frequência de refeições porque os alimentos permanecem no papo e só depois é que passam a um ritmo adequado para o pro ventrículo. No papo ocorrem algumas fermentações, e os alimentos são recobertos por muco, preparando-os para a digestão gástrica posterior. O papo também permite a regurgitação de alimentos previamente digeridos para os filhotes.

O proventrículo é uma das partes constituintes do estômago composto das aves. Como é responsável pela digestão química dos alimentos, também é designado como “estômago químico”. Nas aves granívoras, depois de os grãos serem amolecidos com água no papo, a digestão continua no proventrículo, onde os sucos digestivos, com as suas enzimas, iniciam o processo digestivo químico.

A moela (Figura 116) também faz parte do sistema digestivo das aves (principalmente das aves granívoras) e realiza a digestão mecânica dos alimentos. Na boca das aves, não há dentes, mas um bico que é adaptado ao tipo de alimentação mais comum de cada espécie. À boca, segue-se o esôfago, onde é encontrada uma bolsa chamada papo. Nele o alimento vai sendo amolecido para depois avançar até o estômago químico, que solta enzimas digestivas para que se inicie o processo de digestão, que terminará na moela. A moela é um compartimento muito musculado do tubo digestivo, onde, com a ajuda de pequenas pedras e areia, os nutrientes são esmagados.



Figura 116 – Sistema digestivo de uma ave.

Fonte: Moyes e Schulte (2010).

O intestino é a parte final do tubo digestivo dos animais, responsável pela absorção de nutrientes e água e pela excreção dos resíduos. Em animais ovíparos, o canal pelo qual o ovo passa dos ovários para fora do corpo é conhecido como oviduto.

A cloaca é uma câmara onde se abrem o canal intestinal, o aparelho urinário e os ovidutos das aves e dos répteis. Nas aves, ocorre fecundação interna: o macho inocula o esperma na cloaca da fêmea; quando essa operação ocorre juntando as duas aberturas cloacais, denomina-se “beijo-cloacal”.

3.9. Sistema circulatório

Nas aves o sistema circulatório é do tipo fechado, duplo e completo. Há uma separação completa entre o sangue venoso e o arterial. Além disso, o coração tem quatro câmaras. A aorta sistêmica deixa o ventrículo esquerdo e leva o sangue para a cabeça e para corpo, através do quarto arco aórtico direito. Existem variações consideráveis no que se refere às artérias carótidas.

Geralmente, as carótidas comuns são pares. Entretanto, nos alcara-vões, os dois ramos se unem logo depois de emergirem das artérias e formam um único tronco. Em outros grupos, pode haver uma redução do tamanho tanto da carótida comum esquerda como da direita antes da fusão e, nas aves passeriformes, só a carótida comum esquerda permanece.

Existem duas veias pré-cavas funcionais e uma veia pós-cava completa. As primeiras são formadas pela união da veia jugular e da subclávia de cada lado. A veia pós-cava drena o sangue dos membros através do sistema porta-renal, que passa pelos rins, mas que não se ramifica em capilares; conseqüentemente, não pode ser comparado ao sistema porta-renal dos vertebrados inferiores. Os eritrócitos das aves são nucleados e maiores do que os dos mamíferos.

O sistema de circulação permite a conservação da temperatura da ave. A circulação é bastante intensa e, conseqüentemente, as trocas gasosas que se processam ao nível das células também são intensas e desenrola-se uma notável combustão celular. Isso acontece porque o deslocamento durante o voo constitui uma atividade muscular muito grande, que exige o consumo de grande quantidade de energia.

3.10. Sistema respiratório

A respiração das aves é extremamente eficiente e, conseqüentemente, mais complicado que em outros vertebrados de respiração aérea. Como, nos mamíferos, a glote localiza-se no assoalho posterior da faringe e abre-se na laringe ou na parte superior expandida da traqueia.

A laringe das aves, entretanto, não é um órgão produtor de som, mas funciona para modular os tons que se originam na siringe, que está localizada na extremidade inferior da traqueia, no local onde esta se bifurca para formar os brônquios direito e esquerdo. A câmara expandida da siringe é chamada de tímpano e, na maioria das vezes, é rodeada por anéis traqueais e brônquicos.

Os pulmões são proporcionalmente menores e incapazes de grande expansão e ligados a nove sacos aéreos (Figura 117), situados em várias partes do corpo. Estes são: um saco interclavicular único, um par de sacos cervicais, um par de sacos torácicos anteriores, um par de sacos torácicos

Um peru em repouso tem uma taxa cardíaca de cerca de 93 batimentos por minuto; uma galinha em repouso tem uma taxa de 250 batimentos por minuto; e o pássaro *Parus atricapillus* tem 500 batimentos cardíacos por minuto enquanto dorme, os quais podem chegar a 1000 batimentos por minuto em exercício.

posteriores e um par de sacos abdominais. Os sacos aéreos não são revestidos de epitélio respiratório e servem, essencialmente, de reservatório de ar.

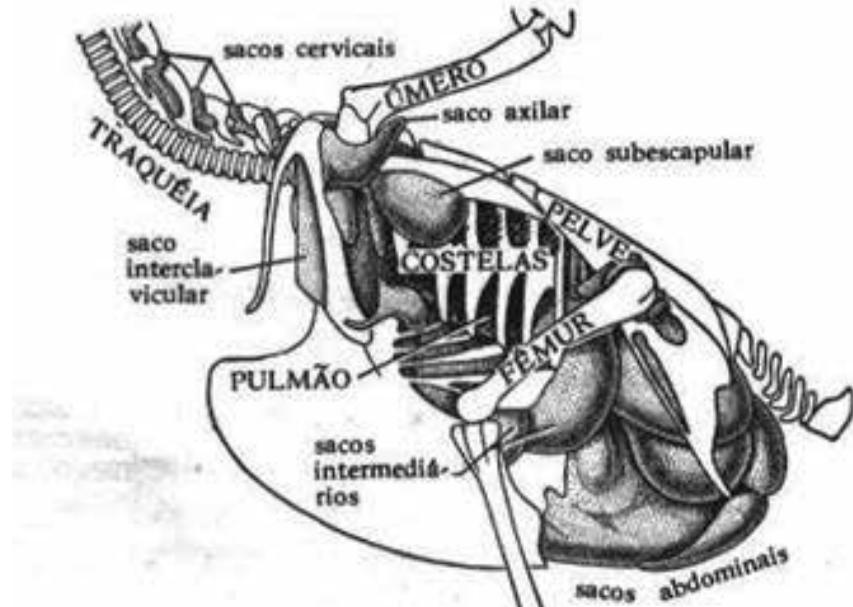


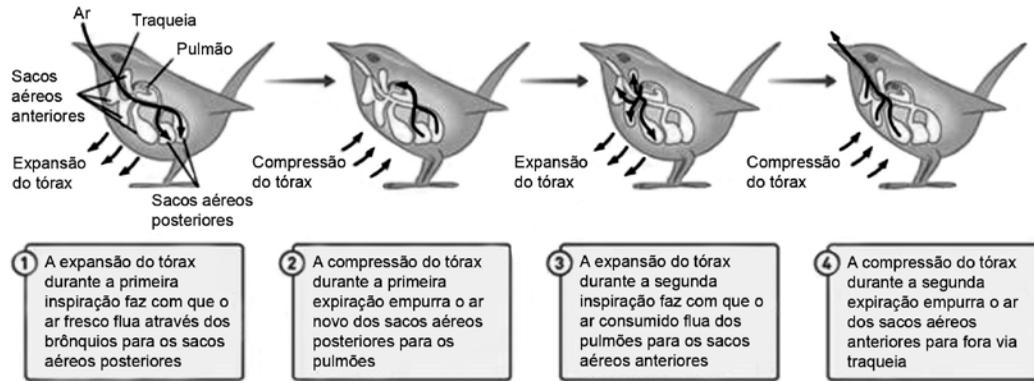
Figura 117 – Sacos aéreos de uma ave.

Fonte: Storer e Ussinger (1995).

Nos membros da família Anatidae (patos, gansos e cisnes), a traqueia serve de tubo de ressonância para os sons produzidos na siringe. As espécies com traqueia longa são capazes de apresentar ressonâncias de frequências mais baixas do que as espécies em que a traqueia é mais curta.

O ar passa do circuito brônquico para os sacos aéreos e retorna, geralmente, por brônquios separados, para os capilares aéreos, nos pulmões. Muitos pesquisadores concordam que, durante a inspiração, apenas o ar puro passa para os sacos aéreos posteriores. Por outro lado, há evidências de que uma pequena quantidade de ar, que entra nos sacos aéreos anteriores, tenha passado previamente pelos pulmões.

Durante a expiração, o ar é forçado a passar dos sacos aéreos para os pulmões. Sugeriu-se que os sacos aéreos posteriores e anteriores atuem alternadamente (Figura 118). Apesar de ainda existir alguma confusão sobre os mecanismos exatos da respiração das aves, não há dúvidas de que existe um movimento constante de ar pelos capilares aéreos, o que assegura trocas gasosas eficientes. Como as aves não possuem diafragma, a respiração se faz às custas de movimentos das costelas e do esterno.



O ciclo ventilatório em uma ave

Figura 118 – O ciclo ventilatório em uma ave.

Fonte: Moyes e Schulte (2010).

A respiração parece ser sincronizada com os movimentos das asas, durante o voo. Muitas aves possuem espaços aéreos em alguns ossos, que são ligados aos sacos aéreos. Os ossos pneumáticos principais são o úmero, o esterno e as vértebras, ainda que, em algumas espécies, outros ossos também possam ter espaços aéreos. Uma ave com a traqueia oclusa e um úmero quebrado, pode respirar através de uma abertura desse osso.

Tem havido uma especulação considerável sobre as possíveis funções dos sacos aéreos na respiração. Algumas das funções sugeridas são diminuir o peso específico do corpo; reduzir a fricção das partes em movimento durante o voo; auxiliar a redução da temperatura do corpo, particularmente, durante os períodos ativos; facilitar a espermatogênese, por meio da redução da temperatura dos testículos; aumentar a flutuação das aves aquáticas; e servir como almofadas pneumáticas para a absorção do impacto nas aves, que mergulham a partir do ar. Entretanto, nenhuma dessas sugestões tem sido comprovada satisfatoriamente.

3.11. Sistema excretor

Os rins das aves são metanéfricos pareados, relativamente grandes, composto de milhares de néfrons. A urina é formada pela filtração glomerular e passa pelos ureteres até a cloaca, pois as aves não possuem bexiga urinária, e a sua excreção é rica em ácido úrico. O ácido úrico, entretanto, cristaliza-se fora da solução e pode ser estocado inofensivamente no interior da casca do ovo durante o desenvolvimento embrionário.

São muito menos eficientes que os rins dos mamíferos na remoção de solutos, como íons de sódio, potássio e cloreto. Para compensar a baixa capacidade de concentração de solutos nos rins, algumas aves, principalmente

As aves não possuem bexiga urinária.

Os ossos pneumáticos ocorrem, com maior frequência, nas aves voadoras de grande porte, ainda que sua função fisiológica não seja totalmente conhecida.

as marinhas, devem excretar grande quantidade de sal proveniente do alimento que elas comem e da água marinha que bebem. Elas usam mecanismos extrar renais para remover o sal do corpo, as glândulas de sal (Figura 119), localizadas acima de cada olho de aves marinhas.

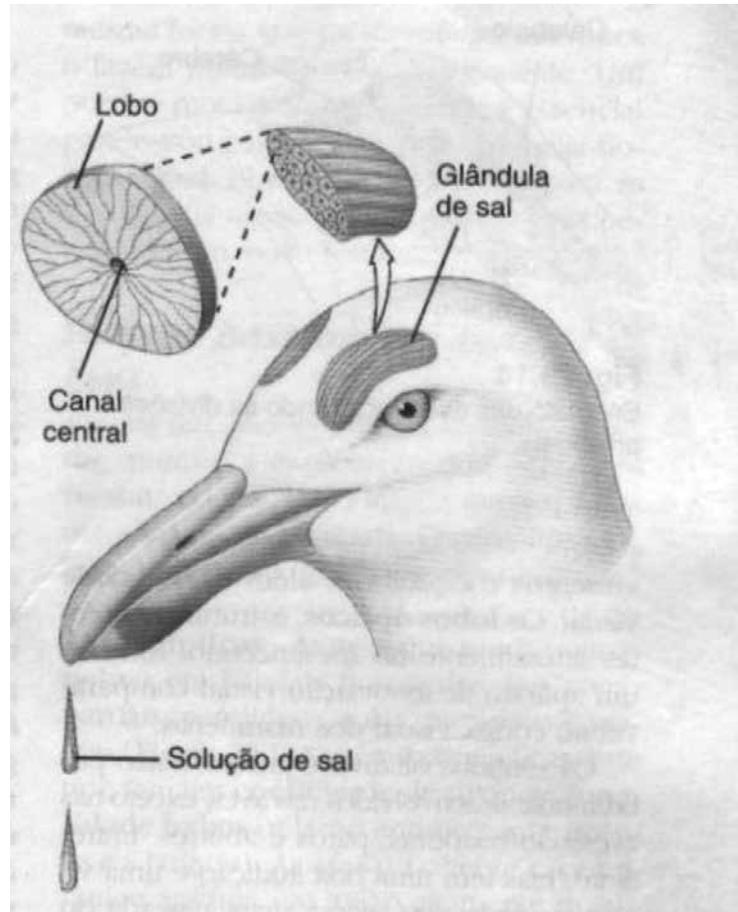


Figura 119 – Glândula de sal.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004).

3.12. Sistema nervoso e sensorial

É consideravelmente mais desenvolvido que o dos répteis. Os lobos olfativos do cérebro são pequenos e responsáveis pelo olfato, notavelmente pobre. O cérebro é grande e recobre o diencéfalo e os lobos ópticos. Entretanto, seu tamanho resulta mais do crescimento do corpo estriado do que do córtex cerebral que é liso.

Os lobos ópticos são excepcionalmente grandes, o que parece estar relacionado à visão aguçada que as aves possuem. O cerebelo é maior do que nos répteis e apresenta fissuras profundas, apesar de não ser tão grande

como nos mamíferos. Ventralmente ao cerebelo, o encéfalo das aves mostra o começo do desenvolvimento de uma ponte.

O sistema nervoso é bastante desenvolvido, principalmente as suas estruturas relacionadas ao equilíbrio e à orientação espacial, como o cerebelo. Em algumas aves, já foram encontrados cristais de magnetita nos músculos do pescoço. Provavelmente, esses cristais devam estar associados com alguma forma de orientação magnética, como “bússolas internas”, importantes para as aves que executam longos voos migratórios. O paladar e o olfato são um pouco sensíveis, ao contrário da visão e da audição.

Os olhos das aves são relativamente maiores para um mesmo tamanho corpóreo, menos esféricos que em outros vertebrados e quase imóveis; para varrer o campo visual, em vez de girar os olhos, as aves giram suas cabeças com seus pescoços longos e flexíveis. Os olhos das aves possuem uma região chamada pécten (Figura 120), que é altamente vascularizada e ligada à retina, próximo ao nervo óptico e saliente no humor vítreo, sendo uma estrutura distintas das aves. Acredita-se que o pécten promova a nutrição e a oxigenação do olho.

Na maioria das aves fêmeas, somente o ovário e o oviduto esquerdo desenvolvem-se; aqueles do lado direito reduzem-se a estruturas vestigiais.

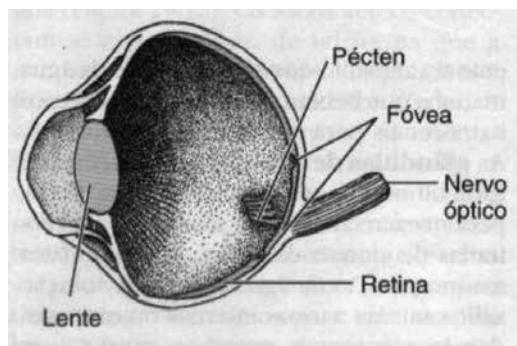


Figura 120 – Olho de gavião.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004).

As aves possuem 12 pares de nervos cranianos.

3.13. Reprodução e comportamento social

As aves apresentam dimorfismo sexual, isto é, o macho e a fêmea são muito diferentes. Têm sexos separados e são ovíparas.

Os ovócitos liberados pelo ovário são conduzidos até a porção final expandida do oviduto, o infundíbulo. O oviduto continua caudalmente até a cloaca. Enquanto os ovos estão descendo pelo oviduto, a albumina, proveniente de glândulas especiais é adicionada a eles. Além disso, na descida pelo oviduto, a membrana da casca, a casca e os pigmentos da casca também são secretados sobre os ovos.

A fecundação é interna e ocorre no oviduto, antes da formação da casca calcária, e os ovos são então eliminados pela cloaca. Os espermatozoides permanecem vivos no oviduto da fêmea por muitos dias após um único acasalamento. Os ovos apresentam âmnio, córion, saco vitelino e alantoide e, ao eclodir os filhotes, são alimentados e vigiados pelos pais.

Os dois tipos mais comuns de sistemas de acasalamento nos animais são: monogamia, no qual os indivíduos se acasalam com somente um companheiro a cada estação reprodutiva; e a poligamia, em que os indivíduos copulam com dois ou mais companheiros a cada período reprodutivo. Na maioria das aves, o macho não tem pênis. O macho copula encostando-se no dorso da fêmea, pressionando sua cloaca contra a da fêmea.

A monogamia é rara na maioria dos animais, mas nas aves ela é regra geral, pois mais de 90% delas são monogâmicas. Uma razão para que a monogamia seja mais comum entre as aves do que nos mamíferos é que as aves fêmeas possuem um suplemento alimentar embutido para os filhotes. Assim é necessária a participação de ambos os sexos para garantir a sobrevivência desse filhote. A monogamia nas aves é também encorajada pela necessidade do macho assegurar e defender um território, antes que ele possa atrair uma fêmea.

A forma mais comum de poligamia nas aves é a poliginia, na qual o macho acasala-se com mais de uma fêmea.

A maioria das aves constrói alguma forma de ninho, no qual cria seus filhotes. Algumas aves simplesmente põem seus ovos em solos descobertos ou em rochas, não tendo a pretensão de construir ninho, outras aves. No entanto, constroem ninhos bem elaborados. As aves recém eclodidas são de dois tipos: precoce e altricial (Figura 121). Os filhotes precoces, tais como codorna, galinha, são recobertos com plumas e podem correr ou nadar. Os filhotes altriciais nascem sem penas e desamparados. Os filhotes dos dois tipos necessitam de cuidados parentais por algum tempo após a eclosão, devendo ser alimentados e protegidos.

Em poucas espécies de aves, tais como cisnes e gansos, os companheiros são escolhidos para a vida toda e, frequentemente, permanecem juntos ao longo do ano.

Algumas aves são parasitas de ninho de outras aves, como por exemplo, os chupins, que não constroem ninhos, mas simplesmente põem seus ovos naqueles menores que eles próprios. Quando os ovos eclodem, os pais adotivos cuidam do jovem chupim, o qual compete com os filhotes do próprio hospedeiro.

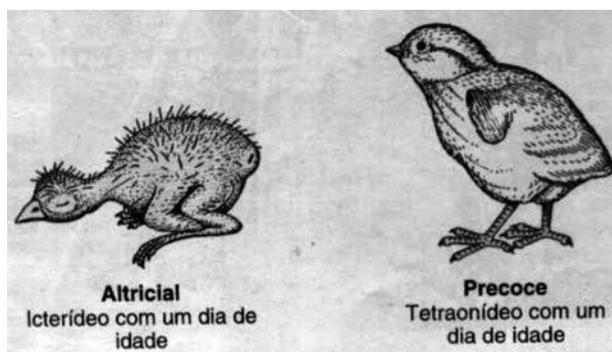


Figura 121 – As recém eclodidas.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004).

O sucesso da nidificação é baixo em muitas espécies de aves, especialmente entre as altriciais. Das muitas causas de falha na nidificação, a predação por guaxinins, gambás, entre outros, em especial em áreas de matas suburbanas e rurais, além do parasitismo de ninho por chupins, são os mais importantes fatores.

Saiba mais



Você sabe qual é a única ave venenosa do mundo?

Pitohui é um gênero de aves canoras peculiar da sub-família *Pachycephalinae*, encontrado nas florestas tropicais da Nova Guiné.

Esse pássaro é incomum, pois é o único em todo o planeta que possui um tipo de toxina, presente na pele e nas penas, chamado de batracotoxina, os mesmos compostos presentes nas rãs *Dendrobatidae*.

Foi descoberto recentemente, e pouco se sabe sobre sua vida, sendo diurno, alimentando de besouros da família *Meliridae*, onde consegue, de alguma forma, absorver o veneno e depositá-lo em seu próprio corpo.

Os nativos das ilhas onde a ave habita não a comem, pois sabem que o veneno provoca uma sensação de dormência e paralisação da boca. Pode-se saber a toxicidade conhecendo a coloração das espécies, o *Pitohui* marrom é pouco venenoso, ao contrário do *Pitohui* de penacho, com suas penas vermelhas e pretas, é o mais venenoso deles.



Fonte: <http://planetadobem.blogspot.com/2009/05/voce-sabe-qual-e-unica-ave-venenosa-do.html#ixzz17j7200bH>

A altitude recorde para um pássaro foi atribuída a uma espécie de abutre africano (*Gyps rueppellii*), obtida quando um desses, foi sugado por uma turbina de avião a jato a 11.500m de altura, sendo esta mais de 2 quilômetros mais alta que o cume do Monte Everest.

3.14. Migração das aves

A migração de aves é um fenômeno extraordinário que ocorre sazonalmente. As aves migram nos períodos mais frios para regiões mais quentes do planeta, em busca de maior oferta de comida e retornam na primavera ao local de origem para reprodução.

Quando está próximo do período de migração, há alterações no foto-período que causam mudanças fisiológicas nas aves, deixando-as agitadas e modificando os níveis hormonais, além do armazenamento de grande quantidade de gordura, que será consumida durante longa viagem.

A maioria das espécies tem rotas de migrações estabelecidas e viaja mais ou menos no mesmo período do ano, respeitando o seu ciclo: reprodução, muda, migração. Algumas migram perto do solo e outras em altitudes de até 900 ou 1500 metros. Tendo em vista que muitas espécies migratórias e que retornam a locais específicos são capazes de adotar rotas diretas para seus destinos em áreas por onde nunca passaram, elas devem possuir mecanismos de navegação.

Algumas aves jovens inexperientes usam uma técnica de navegação chamada distância-e-direção, que requer o conhecimento da direção do destino e sua distância (figura 122). Como os animais determinam a distância e a direção? Em muitas situações, a determinação da distância não é um problema, desde que o animal reconheça o seu destino. Animais que retornam a locais específicos reconhecem marcos referenciais e podem pilotar quando alcançam áreas familiares.

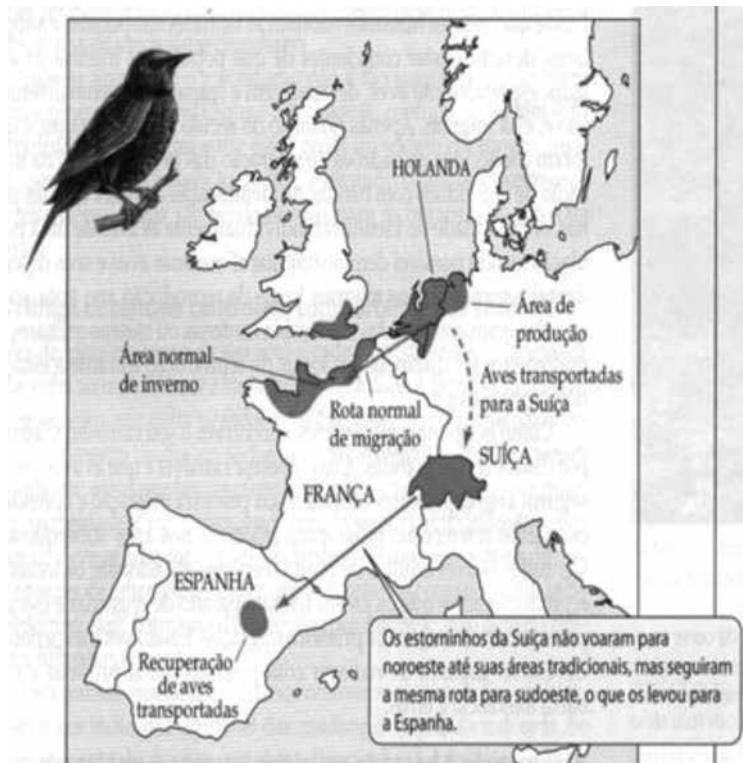


Figura 122 – Rota de migração de aves.

Fonte: Purves et al(2002)

As migrações podem ser apenas a descida de uma montanha até viagens intercontinentais de distâncias bem consideráveis. O migrante mais impressionante é a andorinha-do-mar ártica, que procria no norte do Círculo Ártico, mas voa quase 18 mil quilômetros para o sul, em direção à Antártica, quando chega o inverno no norte.

Muitas espécies de patos, gansos e cisnes migram da Região Ártica para a Europa, Ásia e América do Norte durante o inverno, retornando para o norte novamente, durante a primavera, para procriar. O beija-flor-de-pescoço-vermelho (*Archilochus colubris*) voa mais de 800 quilômetros, do litoral sul da América do Norte à Península Yucatan no México, onde ele se alimenta de flores durante os meses mais frios do inverno.

As aves migratórias desenvolveram várias estratégias adaptativas para a realização da migração, que exige muito esforço metabólico por parte da ave. Algumas espécies migram de noite, evitando os predadores e a ação solar. Muitas delas acumulam reservas de gordura que lhes permitem efetuar longos trajetos sem necessidade de parar para se alimentar. Algumas aves preferem percorrer curtas distâncias diárias, parando com frequência para se alimentarem e repousando em abrigos à noite.

As aves de rapina e outras espécies de grande envergadura, como as cegonhas, tiram partido das correntes térmicas ascendentes que se formam sobre as massas continentais e que lhes permitem deslocar-se gastando pouca energia. A dependência da força impulsora criada pelo ar quente varia de espécie para espécie e está relacionada à sua superfície da asa. Assim, aves com uma grande superfície de asa, como é o caso dos abutres ou das cegonhas, estão mais bem adaptados para realizar o voo planado do que espécies que possuem asas de dimensões mais reduzidas, como os gaviões ou os falcões.

Alguns estudos sugerem que, nas migrações, as aves se orientam pelo sol e pelas estrelas para navegar, contando também com detalhes da paisagem, como rios e montanhas. Os animais podem saber a hora do dia por meio dos seus relógios circadianos, influenciados pela luz solar, determinando a direção a partir da posição do sol (Figura 123).

Acredita-se que algumas aves se orientem pelos campos magnéticos da Terra, o que os ajudaria a se orientar em paisagens monótonas e em alto mar. Os cientistas acreditam que o conhecimento da rota migratória é hereditário, pois aves que nunca migraram são capazes de migrarem sem o acompanhamento de outra ave mais experiente.

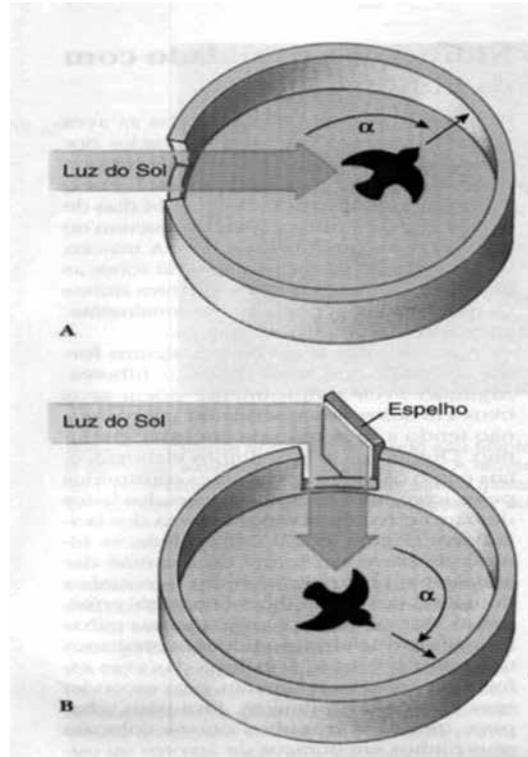


Figura 123 – Aves são capazes de usar seu relógio circadiano para determinar a direção a partir da posição do sol.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004).

3.15. Importância biológica

Como todos os animais, as aves também são imprescindíveis para o equilíbrio do meio ambiente. As aves, além de serem excelentes bichinhos de estimação, são animais de extrema importância biológica.

As aves são muito importantes no controle de pragas, pois são importantes consumidoras de insetos. As aves insetívoras alimentam-se de insetos, e a maioria das aves com outros hábitos alimentares alimenta seus filhotes com adultos, larvas ou pupas de insetos, contribuindo para o controle de pragas. Elas são úteis na eliminação de espécies prejudiciais à agricultura e as pastagens, sendo citado como um controle de pragas tecnologicamente avançado, extremamente eficiente e sem custos.

Existem várias espécies de aves que se alimentam de insetos, dentre as quais podemos citar: andorinhas, andorinhões, papa-moscas, curianguos, bacuraus, o pica-pau, que se alimenta de insetos em troncos de árvores (Figura 124), o anu preto e a garça vaqueira, que acompanham bovinos no pasto, capturando insetos por eles afugentados; o anu branco se alimenta de lagartas que atacam pessegueiros e laranjeiras; sabiás e saíras auxiliam na

captura de pequenos insetos encontrados no chão ou próximo aos frutos; o gavião carrapateiro, que, como diz o nome, é excelente predador de carrapatos encontrados nos bovinos, da mesma forma, a garça carrapateira; gaviões, corujas e seriemas podem ser citados ainda como consumidores de roedores e cobras, efetuando, dessa forma, controle biológico das populações desses animais; as aves também controlam as populações de outros animais peçonhentos, como: escorpiões, lacraias, aranhas e vespas. O gavião caramujeiro, a curicaca e o carão, que se alimentam de moluscos, são vetores de doenças transmissíveis ao homem, como a esquistossomose.



Figura 124 – Pica-pau, ave insetívora.

Fonte: http://www.uece.br/uece/zootecnologia/importancia_biologica.pdf

Por serem muitos sensíveis às condições adversas do meio ambiente, as aves são bioindicadoras das condições ambientais, pois elas podem nos indicar quando uma área está preservada como deveria estar ou não. Por exemplo, a mortalidade de aves consumidoras de peixes como biguás, garças e a águia pescadora, que podem nos indicar a contaminação de um rio por mercúrio, pois esse poluente se acumula em longo prazo e pode causar danos à avifauna ribeirinha.

O derramamento de petróleo no oceano causa danos a toda a fauna local, principalmente às aves que têm suas penas impregnadas pelo petróleo, causando danos ao seu sistema de impermeabilização, além de causar uma possível intoxicação. O bem-estar das aves de uma ambiente pode ser então um forte indicativo das condições de preservação de um ambiente.

Devido a sua sensibilidade, algumas aves, como os pássaros, são utilizadas em laboratórios ou em minas de carvão como alarme, pois a morte dessas aves pode ser um indicativo de vazamento de gás.

Polinização é o processo que envolve o transporte de grãos de pólen da antera ao estigma. As aves contribuem bastante para esse processo através

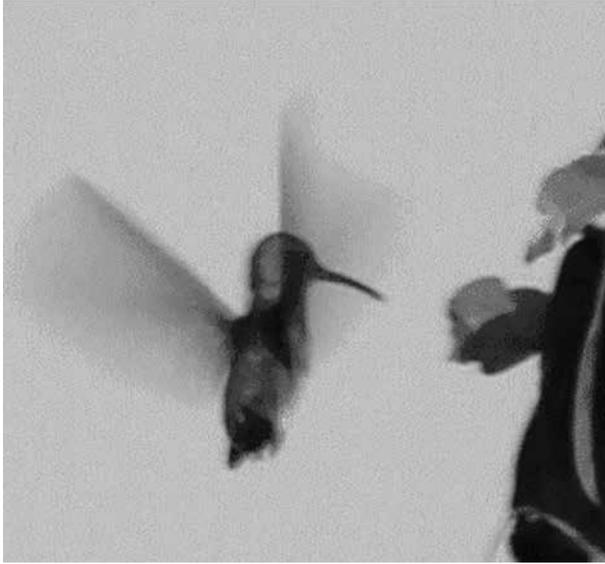


Figura 125 – Beija-flor (*Amazilia sp.*)

Fonte: http://www.uece.br/uece/zootecnologia/importancia_biolgica.pdf



Figura 126 – Gralha azul (*Cyanocorax caeruleus*), como dispersora de sementes.

Fonte: <http://www.wvc2011.ufpr.br/lenda.htm>

da chamada polinização ornitófila. As aves nectarívoras, como exemplo, os beija-flores (Figura 125) ou coerebríneos, ao se alimentarem do néctar carregam consigo o pólen, no bico ou na plumagem, de uma flor para outra, fertilizando as flores que são da mesma espécie, auxiliando, assim, na reprodução desta.

Já foi observado que algumas plantas somente existem até hoje em função da colaboração dessas aves. Por outro lado, também foi observada a extinção de certas espécies de plantas, depois que certas espécies de aves polinizadoras desapareceram de determinados locais, destacando, enfim, a importância da preservação desses animais. Destaca-se também a importância que várias espécies de beija-flor têm no controle de doenças, pois são os principais predadores de mosquitos transmissores de doenças como a filariose, a febre amarela, a malária e a leishmaniose.

Outra função biológica importante realizada pelas aves é a dispersão de sementes. Nas florestas tropicais, um terço das espécies de aves são frugívoras, contribuindo com grande parte desse processo de dispersão. As aves, ao se alimentarem dos frutos, lançam as sementes em regiões distantes do local de origem.

Algumas aves ingerem as sementes, liberando-as depois intactas nas fezes ou por regurgitação. Outro exemplo de dispersão de sementes que pode ser observado é o caso da gralha-azul (figura 126), do sul do país, que leva no bico o pinhão da araucária e pode deixá-lo cair acidentalmente, disseminando então essa espécie. A gralha-azul também esconde sementes no solo para procurá-las depois, mas muitas vezes essas aves esquecem o local onde esconderam permitindo que uma planta germine da semente enterrada.

As aves de rapina, como o gavião, o carcará e o urubu (Figura 127), contribuem com a reciclagem do lixo biológico; elas se alimentam de restos de animais mortos deixados nas imediações das cidades e evitam o acúmulo de matéria orgânica, como carcaças e restos de alimentos que seriam atrativos para ratos e uma potente fonte de contaminações para o homem.

3.16. Extinção

Estudos realizados por biólogos de Stanford alertam que, em 2100, cerca de 10% das espécies de aves existentes hoje estarão extintas na natureza, e 15% estarão em risco de extinção (Figura 128).

Segundo o estudo publicado *Proceedings of the National Academy of Science*, a destruição do habitat, doenças, mudanças climáticas, competição devido à introdução de novas espécies, redução do alimento e o tráfico de animais serão os principais motivos para o declínio das populações de aves na natureza.

As aves com alimentação mais especializada estão predispostas a sofrerem mais facilmente o risco de extinção. Estima-se que um terço ou até 50% das aves oceânicas vão estar extintas ou em risco de extinção até 2100.

Segundo um relatório da *BirdLife International*, o Brasil lidera o *ranking* das espécies de aves em extinção: dos 1.211 tipos de pássaros sob risco de extinção, 119 estão no Brasil, de acordo com o relatório, intitulado O Estado do Mundo, Pássaros 2004.

Em um estudo realizado, demonstrou-se que a diminuição das florestas primárias (isto é, florestas que não sofreram muita intervenção humana) tem contribuído significativamente para o declínio das populações de aves, sendo que das 174 espécies endêmicas de aves encontradas no Brasil, 44 (25,29% das espécies do Brasil) são endêmicas do estado de Santa Catarina e das quais 36 são endêmicas da Mata Atlântica remanescente nesse estado.

Cerca de 60% das espécies de animais ameaçadas de extinção no Brasil estão restritas aos 8% remanescentes desse importantíssimo ecossistema, confirmando a necessidade urgente de preservação dessas áreas, bem como de todas as áreas preservadas de florestas, para garantirmos uma maior biodiversidade no futuro.



Figura 127- Urubu rei (*Sarcoramphus papa*)

Fonte: http://www.uece.br/uece/zootecnologia/importancia_biologica.pdf



Figura 128 – Ave brasileira em extinção.

Fonte: http://www.uece.br/uece/zootecnologia/importancia_biologica.pdf

3.17. Principais doenças

As aves podem ser acometidas por doenças causadas por microrganismos, por deficiências nutricionais e até mesmo por problemas comportamentais.

Os agentes etiológicos como também as doenças que ocorrem nas aves normalmente são bastante específicas. Entretanto, alguns podem causar doenças também em outras classes de animais, como os mamíferos e inclusive nos seres humanos.

Podem-se citar as seguintes.

Influenza Aviária

A influenza aviária (AI) inclui síndromes que se manifestam desde infecção subclínica, doença suave respiratória das vias superiores ou doença fatal generalizada em aves domésticas ou silvestres.

Etiologia

A Influenza aviária é uma doença viral causada por um vírus da família Orthomyxoviridae.

Epidemiologia

Embora o vírus da Influenza aviária possa infectar enorme diversidade de espécies das classes de aves e de mamíferos, são tidas como reservatórios naturais as aves aquáticas, aves habitantes das praias e gaiotas, sendo consideradas aberrantes as infecções em galinhas, perus, suínos, equinos e humanos (Figura 129).

Transmissão

A transmissão da Influenza entre as aves ocorre principalmente a partir de secreções respiratórias e digestórias, direta ou indiretamente, essa última especialmente por equipamentos contaminados com fezes (insetos, veículos de transporte, bebedouros, água, comedouros, ração, gaiolas, pessoal por roupas, calçados e botas etc).

As aves de vida livre podem transmitir diretamente a infecção ao inadvertidamente compartilharem o ambiente de criação. A transmissão mecânica é também importante, principalmente trabalhadores e técnicos ao transferir fezes infectadas para lotes susceptíveis.

Sinais Clínicos

A infecção pelo vírus da influenza aviária (AIV) em aves resulta em quadro clínico muito variável, dependendo da espécie, da idade e do sexo da ave, da estirpe e da dose de vírus e de infecções oportunistas ou concomitantes.

Os sinais clínicos são consequências de alterações geralmente dos sistemas respiratório, digestório, nervoso e reprodutivo, com decréscimo do con-

sumo de alimento e produtividade (ganho de peso e produção de ovos), emagrecimento, quadro respiratório de leve a grave, com lacrimejamento, edema da face e cabeça, cianose, alterações nervosas e diarreia. A doença pode ser superaguda e resultar em mortes fulminantes sem quadro clínico prévio.

Tratamento e Controle

A doença é de difícil controle, pois novas estirpes de influenza vírus estão constantemente emergindo nas populações humana e animal. O controle ideal deve incluir prevenção da exposição, biossegurança, vigilância epidemiológica e diagnóstica, educação, quarentena de população.

Algumas tentativas de vacinação foram integradas a programas de controle e erradicação do vírus da influenza aviária. Atualmente, hidroclorato de amantadina e a rimantadina estão autorizados para uso na profilaxia e na terapêutica da influenza aviária nos EUA.

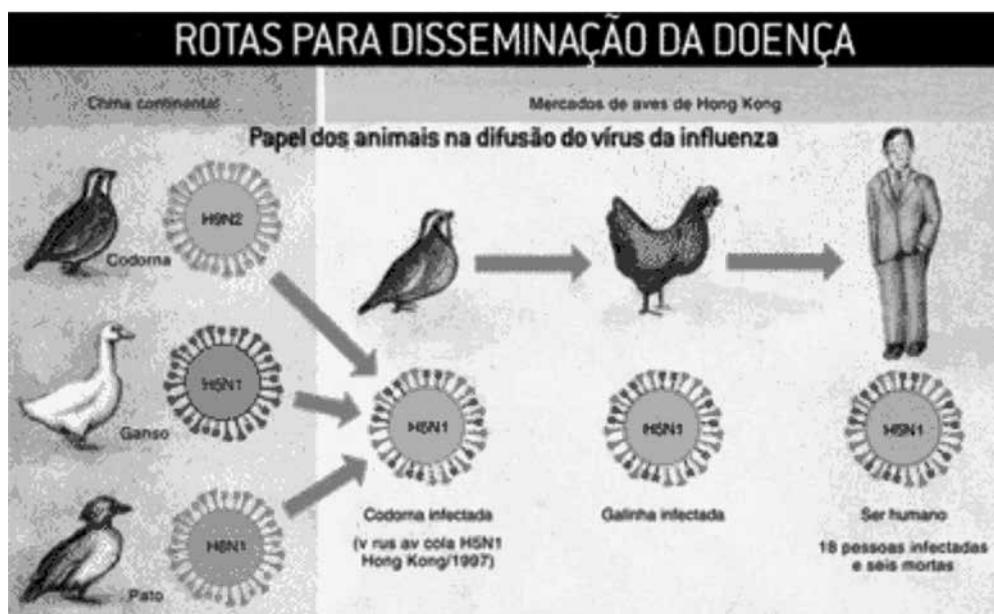


Figura 129 – Rotas para disseminação da influenza aviária.

Fonte: <http://www.grogbrasil.com.br/novo/gripe-aviaria.aspx>

Salmonelose

As salmoneloses aviárias são doenças causadas por bactérias do gênero *Salmonella*. Algumas espécies acometem apenas as aves, mas outras ocorrem nas mais diversas classes, dentre elas, aves, mamíferos, répteis e peixes.

Etiologia

A infecção é causada por bactérias da família Enterobacteriaceae, gênero *Salmonella* sp.

Epidemiologia

A *Salmonella* pode infectar a maioria das espécies de animais, dentre elas, mamíferos, répteis e peixes. Contudo, é mais frequentemente encontrada em aves domésticas e silvestres.

Transmissão

A transmissão geralmente pela via oral; entretanto, a infecção pelas vias respiratória também é possível.

A contaminação pode ser vertical, através da via do ovo, ou através da contaminação externa da casca e, conseqüentemente, penetração da bactéria através dos poros dos ovos.

Sinais clínicos

Os sinais clínicos variam bastante dependendo da idade e espécie da ave e da espécie de *Salmonella* infectante. As aves podem apresentar sonolência, fraqueza, anorexia, diarreia e redução da produção de ovos.

Tratamento e Controle

A terapia de suporte é o principal tratamento para a forma entérica de salmonelose. O uso de agentes antimicrobianos é controverso. Alguns estudos mostram que antibióticos não alteram o curso da doença.

A doença é controlada por atenção estrita aos protocolos delineados para restringir a disseminação de qualquer agente contagioso encontrado nas fezes de animais suscetíveis (Figura 130). A imunização artificial com produtos vivos modificados mostrou-se promissora.



Figura 130 – Dicas para evitar salmonelose.

Fonte: <http://www.pernambuco.com/ultimas/nota.asp?materia=20090618154326&assunto=31&onde=VidaUrbana>

Saiba mais



Algumas curiosidades – Aves

Matheus Magalhães

Os pássaros constroem seus ninhos de muitos modos diferentes e com todo tipo de material: palha, capim, gravetos, barro etc. Usam o bico como ferramenta para construir. Escolhem os materiais e depois juntam tudo, fazendo um ninho bem aconchegante.

Um pássaro da orla marítima chamado Fulmar é capaz de cuspir um óleo amarelo e fedorento contra os intrusos no seu ninho. Este pássaro tem uma pontaria fenomenal até cerca de 1,5 metros do intruso. Os Fulmares até cheiram tão mal como o óleo que cospem. Os ovos de um Fulmar que se encontram num museu a mais de 100 anos, ainda contêm o seu cheiro. Os Fulmares vivem no Ártico, Inglaterra, Califórnia e no Japão.

O joão-de-barro aprende a identificar a direção do vento ao longo de sua vida. Na época de reprodução, o pássaro constrói seu ninho na direção contrária ao vento para que a fêmea e os filhotes fiquem protegidos da chuva e das ventanias. Constrói o seu ninho em 3 a 5 dias com barro e saliva, chegando a realizar de 500 a 2000 viagens para carregar o material necessário.

Foram os porcos que mataram e extinguiram o pássaro Dodo. O último Dodo morreu em 1681.

O pica-pau não fica com dor de cabeça de tanto bicar as árvores, pois a cabeça dessa ave tem pequenas bolsas de ar que amortecem o impacto das batidas no crânio. É capaz de dar 100 bicadas por minuto numa árvore e a velocidade do impacto alcança até 21 quilômetros por hora. Ele coloca a língua no buraco aberto para apanhar larvas de insetos embaixo da casca da árvore. Como seu ouvido é muito apurado, na maior parte das vezes localiza as larvas pelo som, furando a árvore no ponto certo.

Os pardais provavelmente foram trazidos de Portugal para o Brasil em 1908, pois nessa época havia uma epidemia de febre amarela no Brasil e acreditava-se que essas aves comeriam os mosquitos transmissores da doença. Ainda não se sabia que eles comem apenas grãos e sementes. O pássaro se adaptou às cidades porque era onde havia mais comida.

As corujas são os únicos pássaros que conseguem ver a cor azul, e também são os únicos com visão estereoscópica (capacidade de focar os dois olhos ao mesmo tempo num alvo).

No Pantanal existem cerca de 714 espécies de aves. Sendo considerado o ecossistema mais diversificado em aves no mundo. A Amazônia contém cerca de 25% das espécies de pássaros existentes no mundo.

Fonte: <http://tecomputerblog.blogspot.com/2007/08/algumas-curiosidades-aves.html>

4. Origem e irradiação dos mamíferos

Os mamíferos ocupam quase todos os habitats, ocorrendo em todas as partes do globo, de polo a polo, em ambientes terrestres, nos rios e nos mares. Existem cerca de 4.800 espécies de mamíferos reconhecidas, que apresentam enorme diversidade de formas e de tamanhos.

Mamíferos marinhos, como as baleias, podem chegar a mais de vinte metros de comprimento, enquanto que certos mussaranhos, como o *Microsorex hoyi*, pesam pouco mais que dois gramas. Existem mamíferos voadores como os morcegos, com os membros anteriores modificados para o voo; ma-

O palato secundário foi importante na evolução dos mamíferos, ao permitir que os filhotes respirem enquanto mamam.

O padrão cinodente difere marcadamente do padrão amniota primitivo de reposição contínua dos dentes durante a vida.

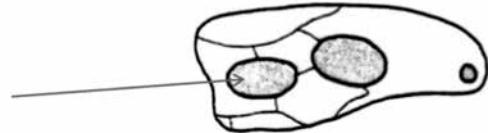
míferos aquáticos como as baleias, os botos e as focas, que desenvolveram os membros em nadadeiras, bem como diversas outras formas que adaptaram estruturas para determinados fins.

A linhagem evolutiva dos mamíferos, desde seus primeiros amniotas, é talvez a trajetória mais bem documentada. A estrutura do teto craniano permite-nos identificar três grandes grupos de amniotas que divergiram durante o Período Carbonífero, na Era Paleozoica: sinápsidos, anápsidos e diápsidos (Figura 131). O grupo sinápsido, que inclui os mamíferos e seus ancestrais, apresenta um par de aberturas laterais no crânio, onde se prendem os músculos da mandíbula. Os sinápsidos foram os primeiros amniotas a expandir-se sobre habitats terrestres.

ANAPSIDA – “Para-répteis”
Crânio sem aberturas temporais
Condição primitiva
(Chelonia)



SYNAPSIDA
Crânio com 1 abertura temporal
(Mammalia)



DIAPSIDA – “Eurépteis”
Crânio com 2 aberturas temporais

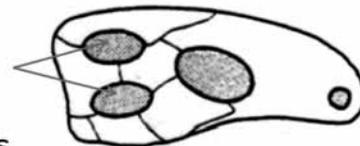


Figura 131 – Linhagens amniotas.

Fonte: http://livelikedirt.blogspot.com/2010_02_01_archive.html

Dentição difiodonte é aquela em que os dentes são trocados apenas uma vez.

Os primeiros sinápsidos irradiaram amplamente, dando origem a diversas formas herbívoras e carnívoras que são frequentemente chamadas de pelicossauros. Esses primeiros sinápsidos eram os amniotas mais comuns no início do Permianiano.

De um dos primeiros grupos de sinápsidos carnívoros surgiram os terápsidos, o único grupo de sinápsidos que sobreviveu após a Era Paleozoica. Nesse grupo vemos pela primeira vez um andar ereto sobre as quatro patas, com os membros verticalmente posicionados abaixo do corpo. Os terápsidos irradiaram-se originando numerosas formas carnívoras e herbívoras. No entanto, diversas dessas formas desapareceram durante a grande extinção que teve lugar no final do Permianiano.

Apenas o último subgrupo de terápsidos a evoluir, os cinodentes sobreviveram até a Era Mesozoica. Os cinodentes desenvolveram diversos novos caracteres, incluindo uma alta taxa metabólica, condizente com um estilo de vida mais ativo; o aumento da musculatura da mandíbula, permitindo uma mordida mais forte; diversas modificações no esqueleto, resultando em maior agilidade; e um palato ósseo secundário, que permite ao animal respirar enquanto se alimenta.

Os primeiros mamíferos do final do Período Triássico eram pequenos animais, do tamanho de um rato ou de um musaranho, com crânio avantajado, maxilas redesenhadas com o propósito de cortar e um novo tipo de dentição, denominada difiodonte.

Os pelos foram essenciais para o isolamento térmico, e sua presença implica a evolução conjunta de glândulas sebáceas e sudoríparas, para lubrificar a pelagem e promover a dissipação do calor.

Durante o Período Cretáceo, especialmente no Eoceno, que teve início há cerca de 54 milhões de anos, os mamíferos modernos começaram a expandir-se rapidamente. A grande irradiação de mamíferos da Era Cenozoica é, em parte, atribuída aos numerosos habitats vagos deixados pela extinção dos diversos grupos de amniotas ao final do Cretáceo (Figura 132).

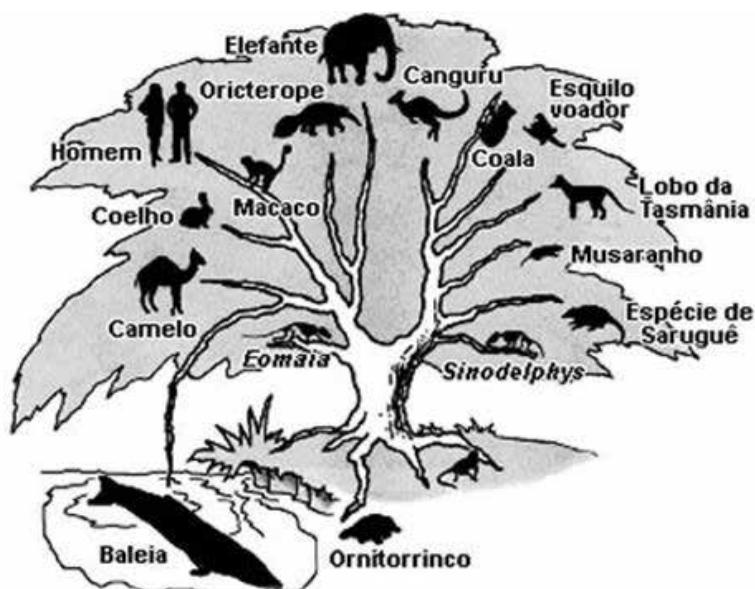


Figura 132 – Diversidade dos mamíferos.

BLOND, Olivier; MUIZON, Christian de (Col.); GHEERBRANT, Emmanuel (Col.), D'inattendus mammifères, *Les Dossiers de la Recherche*, Paris, n. 19, mai. juil. 2005. p.86.

Sistemática**Filo *Chordata***

(animais com notocorda em algum estágio da vida)

Subfilo *Vertebrata*

(animais craniados com vértebras).

Classe *Mammalia***Subclasse *Prototheria*****Infraclasse*****Ornithodelphia*****Ordem *Monotremata***

(ornitorrinco e equidina)

Subclasse *Theria***Infraclasse *Metatheria*****Ordem *Marsupialia***

(gambás, cangurus, coalas e outros)

Infraclasse *Eutheria*

(22 ordens de mamíferos placentários vivíparos)

5. Classe *Mammalia*

Os mamíferos constituem o táxon animal mais estudado. Muitas pesquisas foram e continuam sendo feitas para saber a origem dos primatas, ordem que inclui os humanos.

O termo *Mammalia* (do latim, *Mamma*, mama, feros, portador) refere-se à presença de glândulas mamárias, mais desenvolvidas nas fêmeas, devido à sua importância na alimentação dos filhotes, característica que não ocorre em nenhum outro animal. Assim como as penas nas aves, a presença de glândulas mamárias é uma das características mais marcantes desse táxon. Apresentam também glândulas sebáceas e sudoríparas e polos durante algum período da vida.

5.1. Caracterização

Dentre as principais características que os mamíferos apresentam, podemos citar

1. mamíferos compartilham com as aves tanto endotermia como homeotermia, o que lhes permite um alto nível de atividade noturna, além de poder viver em habitats de baixas temperaturas.;
2. presença de pelos, tecido adiposo relativamente espesso, respiração e circulação intensas;
3. presença de palato secundário, que separa o trajeto do ar e do alimento;
4. a placenta que permite que os filhotes obtenham nutrientes durante o período de desenvolvimento e cresçam em um ambiente protegido durante o período mais vulnerável de sua vida;
5. presença de glândulas mamárias, as quais fornecem o alimento aos seus filhotes. Possuem também glândulas sebáceas e glândulas sudoríparas, presentes em outras regiões do corpo;
6. especialização dos dentes para exercer diferentes funções permitiu uma especialização alimentar;
7. pálpebras móveis e orelhas carnudas;
8. quatro membros adaptados a diversas formas de locomoção: terrestre, aquática e aérea;
9. encéfalo e órgãos do sentido altamente desenvolvidos.

5.2. Subclasses

Na classe *Mammalia*, existem cerca de 4.800 espécies, enquadradas em 19 ordens. Estas, por sua vez, são agrupadas em duas subclasses, de acordo com o padrão reprodutivo apresentado; as subclasses *Prototheria* e *Theria*.

Subclasse *Prototheria* (Adelphia)

São os mamíferos ovíparos.

Ordem Monotremata: são muito primitivos, põem ovos e vivem na Austrália.

Exemplo: ornitorrinco e équidna (Figura 133).

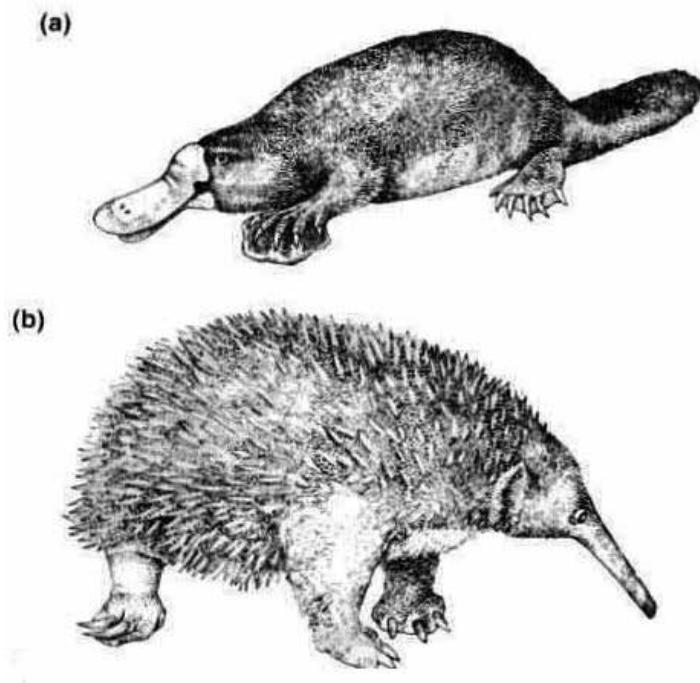


Figura 133 – Monotremados. (a) ornitorrinco; (b) équidna de focinho longo.

Fonte: Pough; Heiser; McFarland (2008).

O menor mamífero do mundo Morcego-nariz-de-porco (*Craseonycteris tonglongyai*) é encontrado somente na Tailândia; é o menor mamífero do mundo atualmente; pode pesar entre 1,5-2 g., ter entre 22 e 26 mm de comprimento do antebraço e 29 a 33 mm de cabeça e corpo.

Subclasse *Theria*

São mamíferos placentários.

Infraclasse *Metatheria* (Didelphia): placentados com útero e vagina duplos. Possui uma ordem.

Ordem *Marsupialia* a fêmea geralmente com bolsa ventral (marsúpio) ou dobras marsupiais circundando tetas no abdome. Ex.: canguru, gambá, cuíca, coala.

Infraclasse *Eutheria* (Monodelphia): verdadeiros placentados, com um útero e vagina única; vivíparos; sem cloaca. As principais ordens são:

***Insectivora* (insetívora):** mamíferos que se alimentam principalmente de insetos. Ex.: ouriços, toupeiras e musaranhos.

Macroscelidea: mamíferos discretos, com pernas longas, grandes olhos e focinho pontudo, que apresentam características primitivas e passam grande parte de sua vida sob o solo. Ex.: musaranhos-elefantes.

Peixes

Não possuem glândula mamária.

Normalmente respiram o oxigênio da água por meio de brânquias.

A temperatura do corpo é regulada pelo ambiente.

CETÁCEOS

Possuem glândula mamária.

Respiram o oxigênio do ar por meio de pulmões.

A temperatura do corpo é regulada pelo próprio corpo.

Dá-se o nome de ungulados aos animais portadores de cascos. Os unguiculados são os portadores de garras (quirópteros, e dentados, carnívoros, roedores e lagomorfos).

Dermoptera: são relacionados aos morcegos verdadeiros e consistem em um único gênero, *Galeopithecus*. Ex.: lêmures-voadores ou colugos.

Chiroptera (quirópteros): mamíferos voadores verdadeiros, com membros anteriores modificados. Ex.: morcegos.

Scandentia: pequenos mamíferos semelhantes a esquilos que habitam as florestas tropicais do sul e do sudeste asiático. Ex.: musaranhos-arborícolas.

Xenarthia (anteriormente Edentada): mamíferos com dentes reduzidos aos molares ou ausentes. Ex.: tamanduás, preguiças, tatus.

Pholidota: grupo de mamíferos cujo corpo é recoberto por escamas córneas, originadas da fusão de tufo de pelos. Ex.: pangolins.

Lagomorpha (lagomorfos): mamíferos com 3 pares incisivos longos, de crescimento constante como os roedores. Ex.: lebres e coelhos.

Rodentia (roedores): mamíferos com 2 pares de dentes incisivos que crescem continuamente. Ex.: ratos, camundongos, esquilos, castores.

Cetacea (cetáceos): mamíferos aquáticos com membros anteriores modificados em grandes nadadeiras, e os membros posteriores são ausentes. Ex.: baleias, golfinhos e botos.

Carnivora (carnívoros): dentes caninos muito desenvolvidos. Ex.: cão, gato, leão, lobo, hiena, coiote, urso, tigre, quati, lontra, foca, jaguatirica.

Tubulidentata: animais semelhantes a um porco, encontrado na África. Ex.: aardvark.

Hyracoidea: semelhantes a coelhos de orelhas curtas, mas seus dentes parecem com os de rinocerontes, possuem cascos nos dígitos e almofadas nas solas das patas e possuem quatro dedos nas patas anteriores e três artelhos nas posteriores. Ex.: daimão-das-rochas.

Perissodactyla: mamíferos ungulados de dedos ímpares. Ex.: cavalo, rinoceronte, anta, asno, zebra.

Artiodactyla: mamíferos ungulados de dedos pares. Ex.: boi, porco, camelo, girafa, hipopótamo, búfalo, alce, cabra.

Proboscidea (proboscídeos): maiores animais terrestres atuais que possuem dois incisivos superiores alongados, formando presas e molares bem desenvolvidos e um nariz em forma de tromba. Ex.: elefantes.

Sirenia (sirênios): mamíferos grandes e aquáticos, com a cabeça avantajada, ausência de membros posteriores e membros anteriores modificados em nadadeiras. Ex.: peixe-boi.

Primates (primatas): cabeça formando ângulo reto com o pescoço; ossos das pernas separados; olhos dirigidos para frente; onívoros. Ex.: lêmures, macacos, homem.

5.3. Adaptações estruturais e funcionais dos mamíferos

Tegumento e seus derivados

Dentre as principais características dos mamíferos; o tegumento é um dos mais importantes. Uma de suas principais funções está relacionada à retenção do calor metabólico, ou melhor, à redução da perda de calor para o ambiente, o que caracteriza a endotermia desses animais. Isso é possibilitado pela presença de pelos na maioria das espécies, de tecido adiposo nas formas marinhas como as baleias, e por um espessamento da epiderme em mamíferos terrestres, como no caso dos elefantes.

O tegumento dos mamíferos apresenta pelos, glândulas sebáceas e sudoríparas, além de vasos sanguíneos e terminações nervosas sensoriais.

Pelo

Pelos são características de mamíferos, ainda que alguns os possuam em pouquíssimas quantidades. Os pelos têm origem dérmica e são constituídos por queratina, mesma proteína que compõe unhas, garras, cascos e penas. São constituídos pelo folículo piloso (Figura 134), que, mesmo sendo de origem epidérmica, está imerso na camada dérmica, e possuem diversas funções, como, por exemplo, a de fornecer proteção mecânica e térmica.

Os mamíferos apresentam dois tipos de pelos: **os pelos lanosos**, densos e macios, que proporcionam isolamento térmico, e **os pelos de cobertura**, mais ásperos e longos, que protegem contra o desgaste e fornecem coloração.

Quando o pelo atinge determinado comprimento, seu crescimento cessa. Normalmente, permanece no folículo piloso até que o crescimento de um novo pelo tem início e então cai. Em muitos mamíferos, há trocas periódicas da pelagem inteira.

Os pelos dos mamíferos sofreram diversas especializações, tais como as cerdas do porco selvagens, os espinhos dos porcos-espinhos e as vibrissas nos focinhos de quase todos os mamíferos que servem a diversos propósitos. As vibrissas são prolongamentos de pelos queratinosos entre os mamíferos e transmitem vibrações aos órgãos sensoriais situados na base. Ligados às raízes dos pelos existem músculos eretores que se eriçam aprisionando o ar.

Nos mamíferos a derme tornou-se muito mais espessa do que a epiderme. A epiderme é mais fina nas partes em que é bem protegida por pelos, mas em locais sujeitos a muito atrito, como a palmas das mãos ou a sola dos pés, suas camadas mais externas tornam-se espessas e cornificadas.

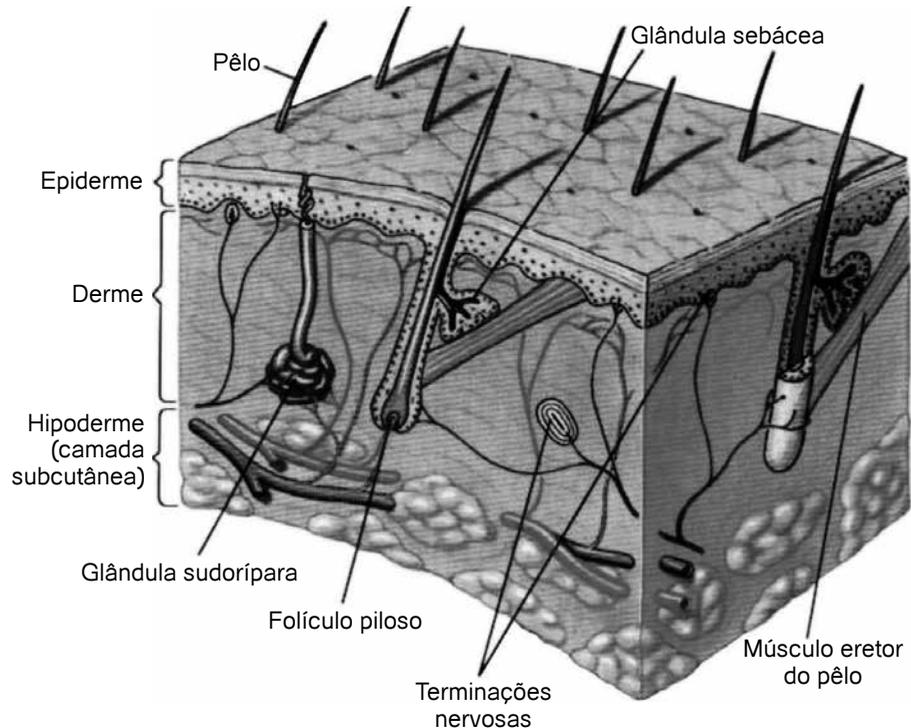


Figura 134 – Estrutura da pele humana (epiderme e derme) e da hipoderme, mostrando os pêlos e glândulas.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004).

Glândulas

Os mamíferos apresentam grande variedade de glândulas do tegumento, tais como: sudoríparas, sebáceas, odoríferas ou mamárias.

As **glândulas sudoríparas** estão localizadas na pele (derme) e são produtoras de suor. São constituídas por uma zona tubular, por onde o suor é libertado na superfície da pele, e uma extremidade mais profunda em forma de novelo. As glândulas sudoríparas participam na termorregulação e na eliminação de determinadas excreções, como, por exemplo, sais minerais, ureia, ácido úrico e outras substâncias provenientes do sangue.

A evaporação da água contida no suor contribui para a redução da temperatura do organismo, sendo, por essa razão, um dos mecanismos que intervêm na termorregulação. Embora as glândulas sudoríparas se distribuam por todo o corpo, encontra-se em maior número nas axilas e nas palmas dos pés e das mãos. Há dois tipos de glândulas sudoríparas: as glândulas écrinas, que são distribuídas por toda a superfície do corpo e produzem suor que é composto em sua maior parte de água com vários sais, essas glândulas são usadas para a regulação da temperatura do corpo; e as glândulas apócrinas, que produzem o suor que contém materiais gordurosos, estando presente principal-

Nos seres humanos, o cabelo cai e é repostado durante toda a vida. No caso das raposas, a pelagem é trocada uma vez a cada verão.

No homem, as vibrissas designam os pelos localizados no interior das narinas.

mente nas axilas e em volta da área genital. Sua atividade é a principal causa do odor do suor, devido às bactérias que quebram os compostos orgânicos no suor dessas glândulas.

As **glândulas sebáceas** são glândulas secretoras de uma substância oleosa chamada de sebo. Normalmente, seus dutos desembocam nos folículos pilosos. Porém, em certas regiões, como lábio, glândula peniana e pequenos lábios da vagina, os ductos se abrem diretamente na superfície da pele. A pele localizada na palma das mãos e na sola dos pés não possui esse tipo de glândula.

Cada glândula sebácea é constituída por vários alvéolos, encarregados da produção das secreções, que afluem num tubo ou num canal excretor, eliminando o produto elaborado para a superfície do corpo ou para um folículo piloso. Cada alvéolo secretor é formado por várias camadas de células sobrepostas em camadas concêntricas com um espaço livre no centro. As células da camada mais externa encontram-se em constante replicação e, ao longo da sua divisão, vão empurrando as que estão por cima para o centro do alvéolo.

À medida que vão sendo deslocadas, essas células vão sintetizando e acumulando gorduras no seu interior; ao chegarem ao centro do alvéolo, estão tão carregadas que perdem o seu núcleo e os restantes elementos intracelulares, o que provoca a sua morte e desunião e, conseqüentemente, a libertação do seu conteúdo para que seja eliminado através do tubo excretor.

As **glândulas odoríferas** estão presentes em quase todos os mamíferos, tendo função e localização bastante variável. São utilizadas para comunicação com membros da mesma espécie, para marcar territórios, para aviso ou para defesa. Podem encontrar-se na área genital da maioria dos mamíferos e em outras partes do corpo, como nas axilas dos humanos. Produzem um fluído semiviscoso que contém feromônios.

As **glândulas mamárias** (Figura 135) são provavelmente glândulas apócrinas modificadas. Ocorrem em todas as fêmeas, existindo de forma muito rudimentar nos machos. Elas se desenvolvem através do espessamento da epiderme, formando no embrião uma região chamada linha de leite ao longo de cada lado do abdômen.

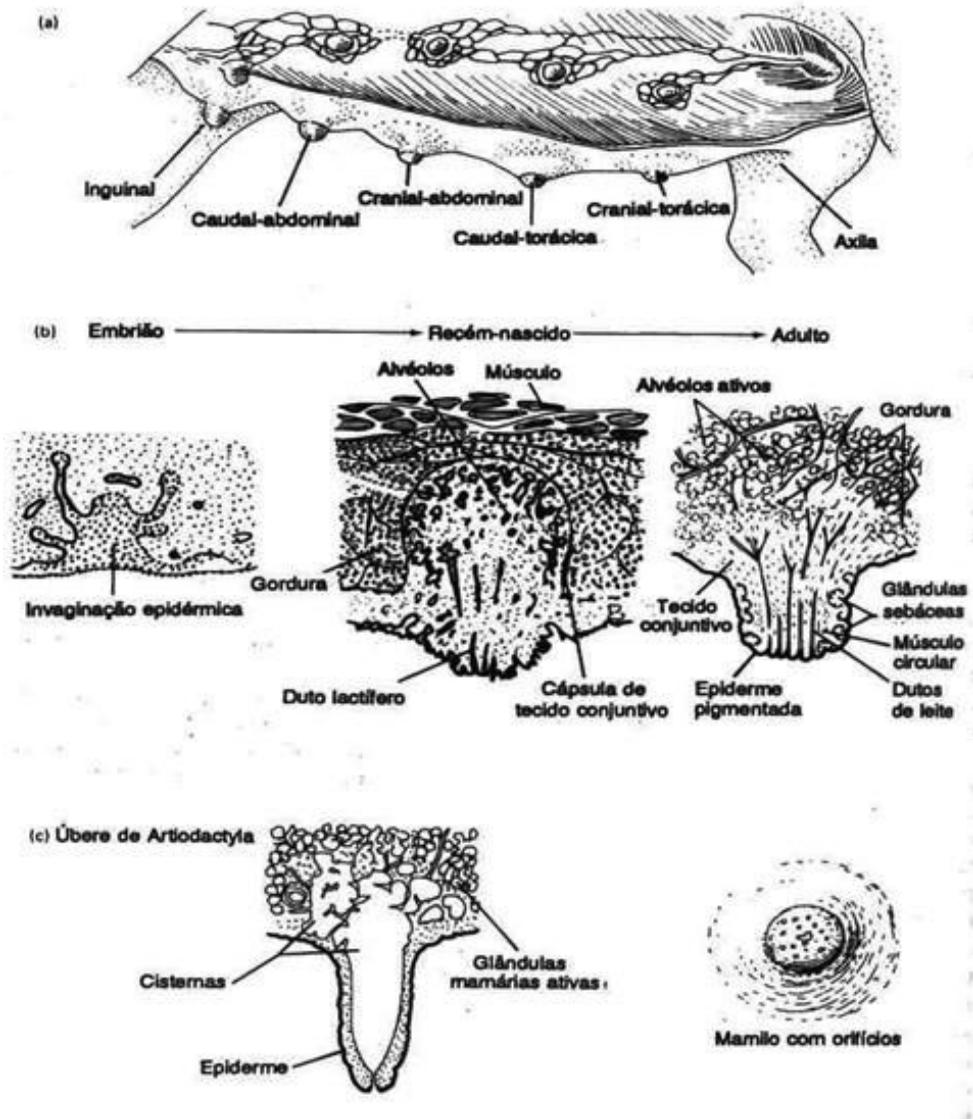


Figura 135 – Glândulas mamárias. Posição dos mamíferos de um cachorro.

Fonte: Pough; Heiser; McFarland (2008).

Cornos e chifres

Outras estruturas derivadas dos tegumentos dos mamíferos são as garras, os cascos, os cornos e os chifres (Figura 136). Tais estruturas estão relacionadas à apreensão de presas, com a defesa e com a exibição nas épocas de acasalamento. As garras e os cascos são acúmulos de queratina formados na falange terminal dos dígitos, com a função de proteção, e apreensão de presas. As garras estão geralmente expostas, embora, nos felinos, elas sejam retráteis.

Os cascos caracterizam os ungulados como o cavalo. Os cornos podem ser constituídos inteiramente por tecidos epidérmicos, como no caso dos rinocerontes, ou por uma pequena protuberância óssea recoberta pela epiderme queratinizada, como nos cornos ocos dos bovídeos. Já os chifres são bem característicos nos cervídeos e são constituídos por uma estrutura óssea recoberta por um “veludo”, podendo ser substituídos anualmente.

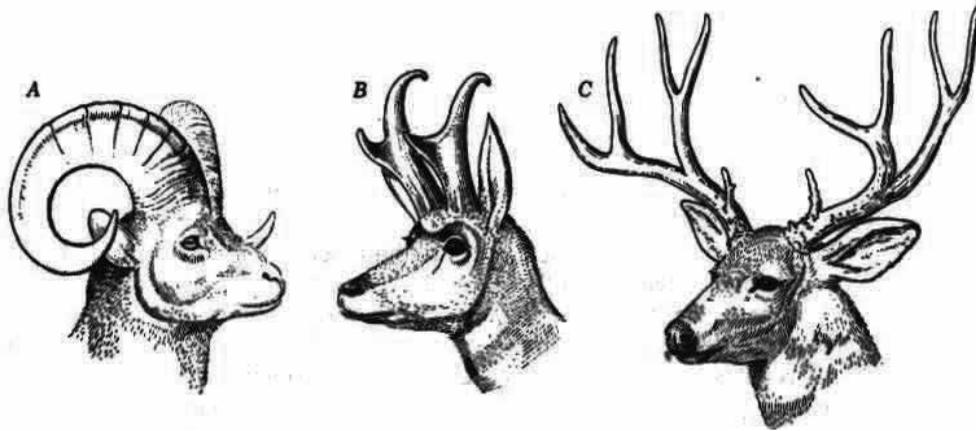


Figura 136 – Cornos e chifres. (A) carneiro-montê, com cornos ocos e grossos, permanentes. (B) Antilocapra, com cornos finos, ocos e sobre bases ósseas, cornos mudados anualmente. (C) Veado, com chifres sólidos calcificados que caem e crescem de novo a cada ano.

Fonte: Storer e Ussinger (1995).

Dentição

A dentição nos mamíferos é outra característica muito importante e que está intimamente relacionada aos seus hábitos alimentares (Figura 137). A estrutura básica do dente é formada pela dentina, pelo esmalte e pelo cimento. A dentina é a parte mais interna, semelhante ao osso, porém mais rígida. Nela há vasos sanguíneos e nervos. Superficialmente está o esmalte, formado unicamente por cristais de fosfato de cálcio. O esmalte é o tecido mais duro e mais resistente ao atrito que evoluiu entre os vertebrados. Na base do dente, encontra-se o cimento que faz a junção deste com o alvéolo da gengiva.

A dentição dos mamíferos é diferenciada em incisivos, caninos, pré-molares e molares, estando intimamente relacionada com o tipo de dieta desses animais. Por exemplo, os insetívoros possuem dentes com cúspides perfuradoras. Os onívoros possuem dentes anteriores, capazes de perfurar e rasgar, bem como dentes posteriores achatados e largos com função esmagadora.

Os mamíferos herbívoros, como os ruminantes, possuem uma dentição especializada para cortar e triturar a matéria vegetal, com modificações no aparato bucal relacionadas a cada tipo de digestão. Os carnívoros desenvolve-

ram uma dentição mais especializada para perfurar, como os caninos, e para rasgar a carne da presa, com o quarto pré-molar superior e o primeiro molar inferior em forma de lâminas, e que atuam como tesouras.

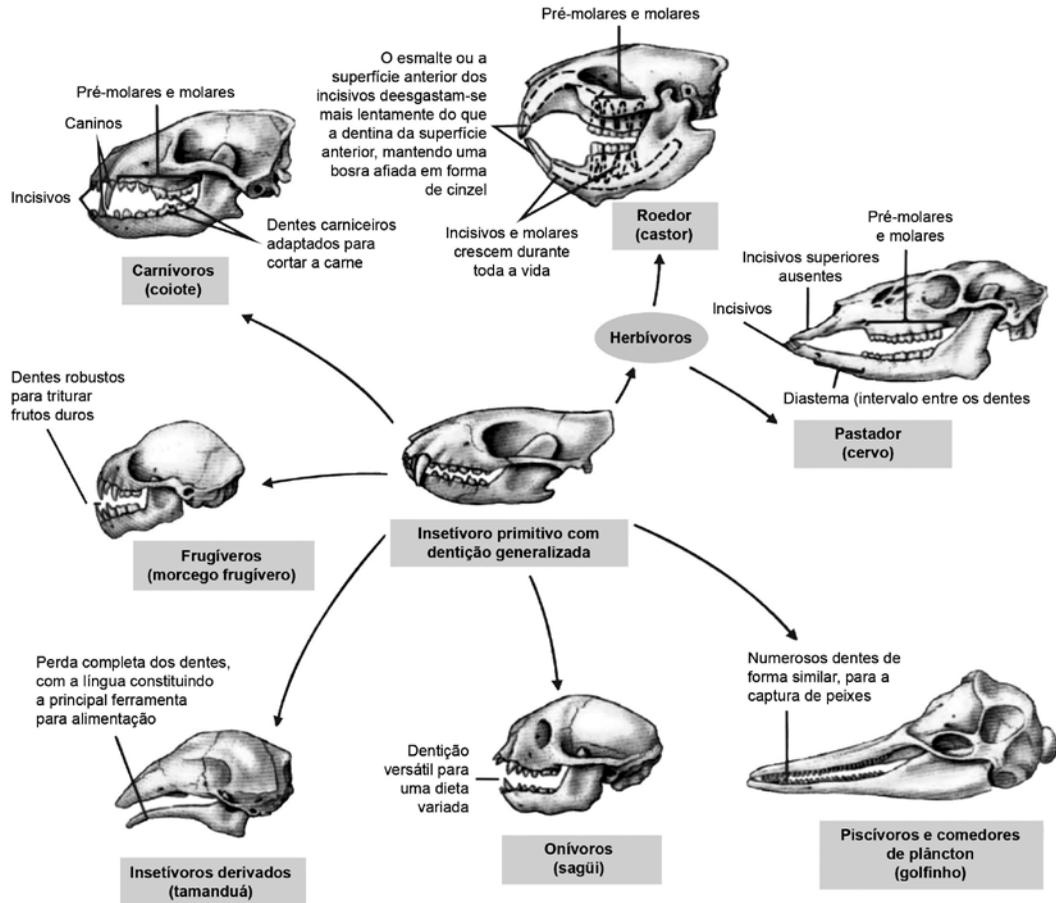


Figura 137 – Especializações ligadas à alimentação nos principais grupos de mamíferos eutérios. Os primeiros eutérios eram insetívoros e todos os demais tipos descendem deles.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004).

Sistema digestivo

A maioria dos mamíferos possui lábios móveis e glândulas orais que secretam saliva, auxiliando a decomposição do amido. Existe uma língua bem desenvolvida na maioria das espécies, com exceção das baleias. Essa estrutura apresenta movimentos de extensão e de retração. Na língua existem vários tipos de papilas gustativas. O esôfago é bem diferenciado do estômago e não apresenta glândulas. O estômago apresenta diversas formas e padrões, relacionados aos hábitos alimentares.

Tais formas podem variar desde sacos simples até estruturas mais complexas formadas por diversos compartimentos. O morcego-vampiro (*Desmodus rotundus*), por exemplo, alimenta-se de sangue. Seu estômago evoluiu na forma de um grande saco para armazenar o alimento.

Os ruminantes apresentam um tipo de estômago mais complexo, que está dividido em quatro câmaras: rúmen, retículo, omaso e abomaso. Na digestão dos **ruminantes** (Figura 138) o alimento é rapidamente mastigado e engolido, indo para o rúmen. Neste compartimento a matéria vegetal é temporariamente armazenada e misturada com os microrganismos simbiotes, que auxiliam na digestão da celulose.

O alimento é transformado, então, numa massa vegetal que irá para o segundo compartimento, o retículo. Aí o alimento é comprimido e transformado em bolos alimentares, que serão regurgitados para a cavidade bucal, onde serão novamente mastigados (ruminação). Logo após, esse material retorna ao rúmen para ser triturado. Depois vai para o terceiro compartimento, o omaso, em que será mais uma vez misturado. Daí vai para o quarto compartimento, o abomaso, onde ocorre a ação de enzimas digestivas. Do abomaso o alimento vai para o intestino delgado, onde ocorre a absorção dos nutrientes.

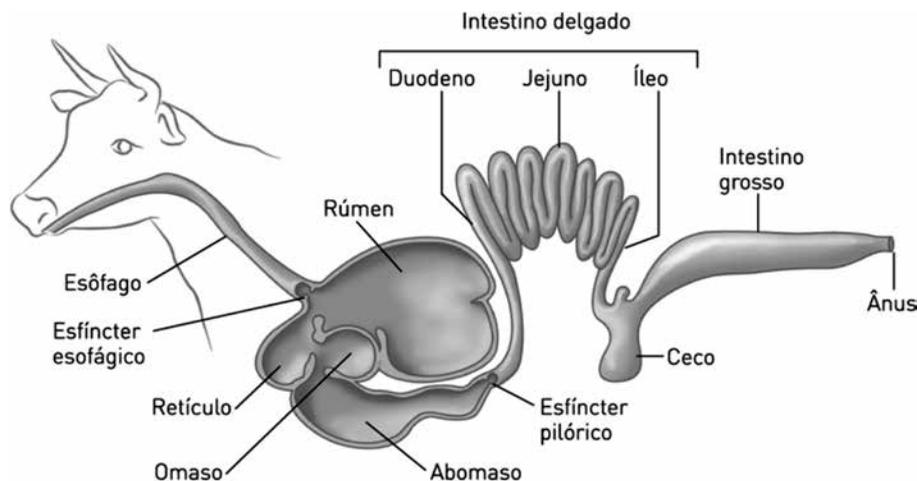


Figura 138 – Ruminantes: vários mamíferos possuem câmaras derivadas trato GI onde vivem bactérias que podem fermentar celulose. Ruminantes, incluindo a vaca mostrados na figura, possuem quatro câmaras.

Fonte: Moyes e Schulte (2010).

O intestino delgado é longo e convoluto, na maioria dos mamíferos. Nos herbívoros, pode chegar a cinco metros. Os mamíferos não apresentam cloaca, salvo os monotremados.

O maior mamífero

As baleias azuis (*Balaenoptera* sp.) são os maiores animais da Terra, podendo chegar ao peso de 145 a 160 toneladas. Seu antepassado direto foi o maior animal já existente na Terra, chegando a 175 toneladas de peso.

Nos mamíferos não existe um sistema porta-renal, ocorrendo um sistema venoso porta-hepático. Os glóbulos vermelhos (eritrócitos) dos mamíferos não têm núcleo.

Sistema esquelético

O sistema esquelético dos mamíferos apresenta maior ossificação e um número mais reduzido de elementos ósseos, bem como fusões entre estes. O crânio dos mamíferos é relativamente grande, pois abriga um encéfalo que, nesse grupo, é proporcionalmente maior. Os mamíferos apresentam um palato secundário (palato duro) totalmente formado, que desloca as coanas para uma posição mais posterior. A mandíbula articula-se diretamente com o esquamosal do crânio, sem a presença do quadrado, como nos répteis.

O quadrado, o articular e a columela dos répteis, nos mamíferos se desenvolveram respectivamente em bigorna, martelo e estribo, formando, assim o ouvido médio. O crânio dos mamíferos articula-se com a primeira vértebra cervical por meio de dois côndilos occipitais. Quanto ao modo como os mamíferos se apoiam no solo (Figura 139), podemos classificá-los em

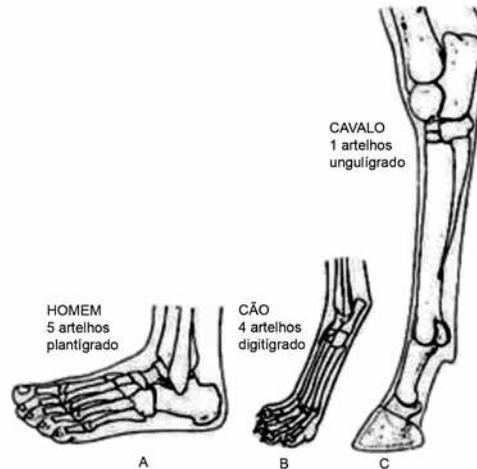


Figura 139 – Pés de mamíferos.

Fonte: Storer e Ussinger (1995).

Plantígrados: apoiam-se sobre toda a planta do pé (homem).

Digitígrados: apoiam-se sobre os dedos (felinos).

Ungulígrados: apoiam-se sobre os cascos (cavalos).

Sistema circulatório

O sistema circulatório dos mamíferos é formado por um coração com quatro câmaras, duas atriais e duas ventriculares. Nestas existem septos interatriais e septos interventriculares que separam o sangue venoso do sangue arterial de maneira completa. O átrio direito está separado do ventrículo esquerdo pela válvula tricúspide, enquanto que o átrio esquerdo está separado do ven-

trículo esquerdo pela válvula bicúspide ou mitral. A aorta sistêmica origina-se, em parte, do quarto arco aórtico esquerdo (Figura 140).

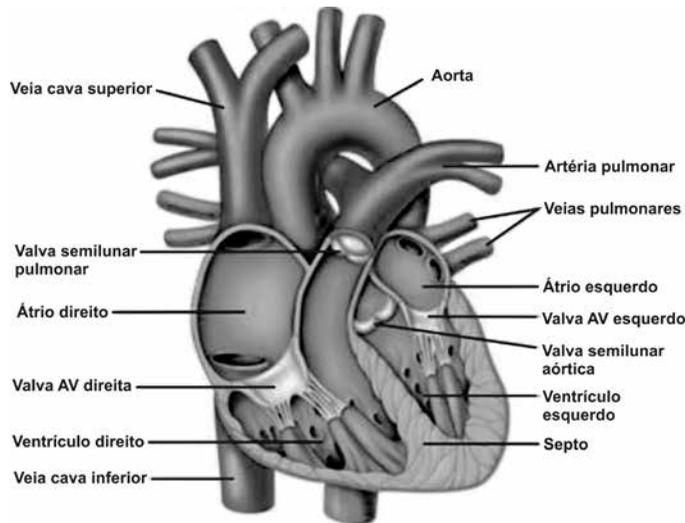


Figura 140 – Anatomia interna do coração de mamífero.

Fonte: Moyes e Schulte (2010).

Os mamíferos, como as aves e crocodilos, apresentam dois tipos de circulação: a circulação sistêmica e a circulação pulmonar. Na circulação pulmonar, o sangue sai do coração pelo ventrículo direito, daí para as artérias pulmonares e para o pulmão, onde é oxigenado. O sangue, então, sai dos pulmões pelas veias pulmonares e destas entra no coração pelo átrio esquerdo e depois para o ventrículo esquerdo.

Na circulação sistêmica, o sangue sai do ventrículo esquerdo pelo arco aórtico; daí o fluxo é bifurcado para a região da cabeça através das artérias carótidas e para o resto do corpo através da aorta dorsal. Após irrigar todos os tecidos, o sangue retorna ao coração pelas veias cavas penetrando no coração pelo átrio direito.

Algumas adaptações importantes do sistema circulatório são encontradas nos mamíferos marinhos. Os cetáceos, por exemplo, apresentam uma maior capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue. A frequência cardíaca é bem reduzida, e grande parte do sangue é desviada da pele, da musculatura do corpo e da região da cauda, para assegurar um rico suprimento para o encéfalo e para o coração.

Nos mamíferos marinhos, ocorre uma grande quantidade de mioglobina no tecido muscular, responsável, da mesma maneira que a hemoglobina, pelo armazenamento de oxigênio.

Sistema nervoso

O sistema nervoso dos mamíferos é bem mais complexo que o dos demais vertebrados. Tal complexidade está associada à formação da camada de substância cinzenta e sua subsequente especialização para formar o neopálio. Os dois hemisférios cerebrais resultantes dessa evolução são originários do telencéfalo e possuem muitas circunvoluções na sua superfície, caracterizando a maior complexidade dos cérebros dos mamíferos. Esses dois hemisférios estão ligados entre si pelo corpo caloso.

O neopálio é o local da memória e de construção e reconstrução do passado, sendo considerado o centro da inteligência dos mamíferos.

O diencéfalo consiste de um epitélamo dorsal, um tálamo lateral e um hipotálamo ventral. É o mais importante centro de “relés” entre as áreas sensoriais de diversas modalidades e dos centros cerebrais superiores. O diencéfalo também contribui para a formação da glândula pituitária (hipófise) e da glândula pineal.

O mesencéfalo é menos importante do que o dos outros vertebrados. Essa região está subdividida em quatro tubérculos quadrigêmeos. Os dois tubérculos superiores estão relacionados à visão, enquanto que os dois inferiores estão relacionados à audição.

O cerebelo dos mamíferos é o mais desenvolvido entre todos os vertebrados e é o centro de controle dos movimentos e do equilíbrio. Outra estrutura típica do cérebro dos mamíferos é a *ponte*.

O sistema nervoso central (cérebro mais a medula espinhal) está recoberto por três camadas protetoras ou meninges: a *pia-máter* (a mais interna e em contato direto com sistema nervoso), a segunda meninge ou *aracnoide*, e a mais externa, a *dura-máter*. A *aracnoide* está separada da *pia-máter* por um espaço cheio de um líquido denominado líquido cérebro-espinhal. A *dura-máter* está separada da *aracnoide* pelo espaço *sub dural*, contendo uma pequena quantidade de líquido.

Os mamíferos possuem 12 pares de nervos cranianos e quatro plexos, resultantes do intercruzamento das fibras dos ramos ventrais dos nervos espinhais (plexo cervical, braquial, lombar e sacral).

Sistema respiratório

Os mamíferos respiram por pulmões. O ar entra pela laringe, passa para a traqueia, que é sustentada por anéis cartilagosos, e daí para os brônquios primários e secundários. Esses últimos se dividem em bronquíolos de calibre bem menor, terminando nos alvéolos altamente irrigados, que é o local das trocas gasosas (Figura 141).

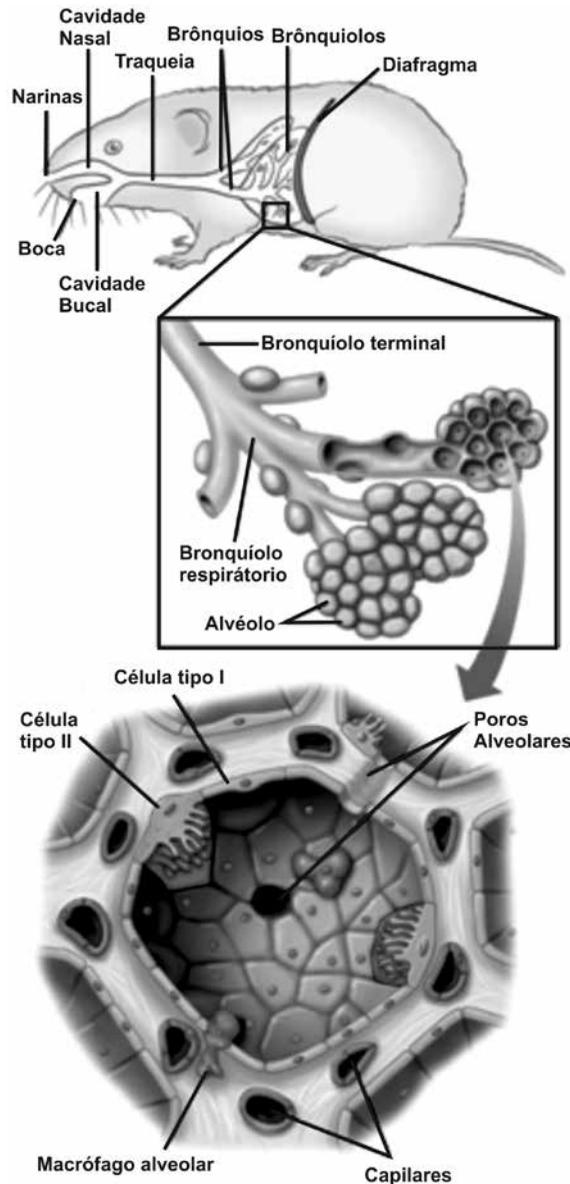


Figura 141 – Estrutura dos pulmões dos mamíferos.

Fonte: Moyes e Schulte (2010).

Existem adaptações de partes do sistema respiratório, como, por exemplo, nos mamíferos marinhos, os quais desenvolveram válvulas para fechar as narinas externas quando vão mergulhar. Os cetáceos e os pinípedos podem mergulhar a grandes profundidades, podendo chegar a 900 metros, no caso dos cachalotes. A explicação para isso vem de estudos em golfinhos que, ao mergulharem, sofrem um colapso alveolar completo, impedindo qualquer troca gasosa durante mergulhos mais profundos, evitando, assim, a narcose pelo nitrogênio.

Sistema excretor

A excreção dos mamíferos é realizada por um rim do tipo opistonéfrico que, além da eliminação de excretas nitrogenadas sob a forma de ureia, também controla o equilíbrio hídrico. Esse equilíbrio depende, em grande parte, do ambiente em que vive o animal. Mamíferos marinhos, que ingerem muito sal com o alimento, precisam eliminar o excesso através do rim. Já mamíferos do deserto, como muitas espécies de roedores, preservam a água secretando uma urina muito concentrada.

5.4. Padrões reprodutivos

A reprodução dos mamíferos é uma característica muito importante que está relacionada à sociabilidade desses animais. Os mamíferos jovens dependem de seus pais por períodos que variam de semanas a meses após o seu nascimento. Tal dependência está intimamente relacionada ao tipo de reprodução desse grupo.

Existem três diferentes padrões de reprodução em mamíferos (Figura 140):

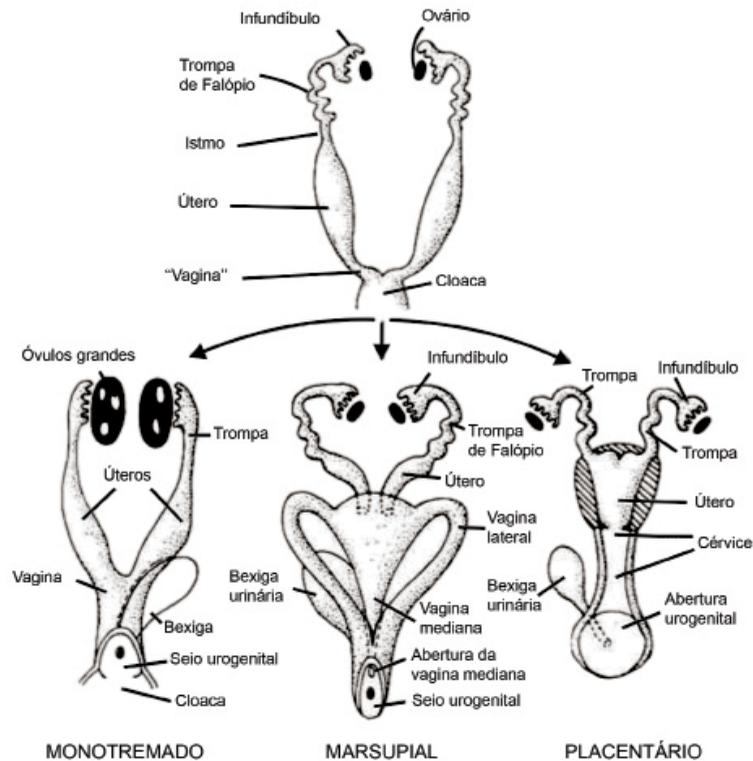


Figura 142 – Trato reprodutivo de fêmea do ancestral e principais grupos viventes.

Fonte: Pought; Heiser; McFarland (2008).

Prototheria ou monotremados (ornitorrinco e equidnas).

Metatheria ou marsupiais.

Eutheria ou placentários.

Os *Prototheria*, ou monotremados, são os únicos mamíferos ovíparos. Possuem os ovários bem desenvolvidos em relação aos demais mamíferos e vagina dupla. Os óvulos são fecundados antes de sua entrada no útero, e recobertos por uma casca coriácea e mineralizada. O ornitorrinco põe dois ovos que são incubados num ninho. As equídnas põem apenas um, que é transportado numa bolsa como a dos marsupiais.

Os *Metatheria*, ou marsupiais, possuem um aparelho reprodutor que é semelhante ao dos monotremados, porém com três vaginas. A fecundação ocorre nas tubas uterinas. O período de gestação é curto, e os filhotes são paridos num estado praticamente embriônico. O recém-nascido arrasta-se anteriormente da abertura urogenital até os mamilos, que se expandem nas suas bocas, assegurando uma fixação firme.

Nos *Eutheria* ou placentários, os ovidutos pareados estão fundidos, formando uma vagina e um grande útero comum. A fecundação, como nos marsupiais, ocorre na trompa de falópio. O óvulo fecundado é então impelido para dentro do útero, onde será implantado, criando conexões entre o embrião e a mãe, denominadas de placenta.

A duração da gestação é maior entre os placentários do que entre os marsupiais e, em mamíferos maiores, a gestação é muito longa. Porém o período de lactação nos marsupiais é bem maior do que nos placentários (Figura 143).

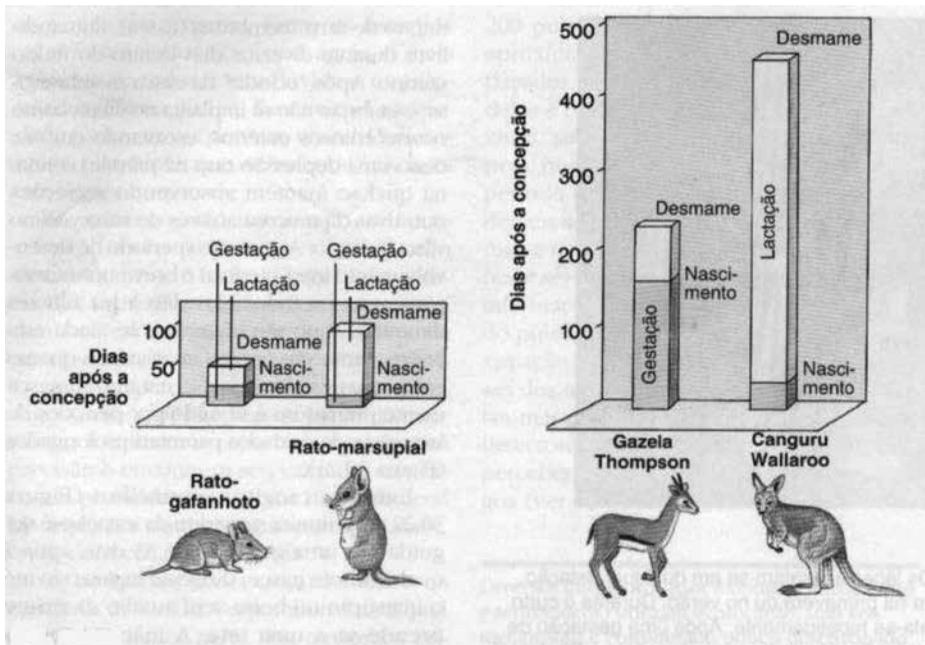


Figura 143 – Comparação dos períodos de gestação e de lactação entre pares de espécies ecologicamente similares de mamíferos marsupiais e placentários.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004).

5.5. Mamíferos aquáticos

Os principais mamíferos aquáticos são representados pelos pinípedes, cetáceos e sirênios. Os pinípedes são representados pelos leões-marinhos, pelas morsas e pelas focas. Os cetáceos e os sirênios são os únicos que passam toda a sua vida dentro d'água. Ao contrário dos pinípedes, que usam principalmente os pelos como isolante térmico, os cetáceos possuem uma espessa camada de gordura.

Os cetáceos atuais se dividem em duas subordens: Odontoceti e Mysticeti. Os misticetos incluem as baleias verdadeiras atuais, caracterizadas por seu aparato alimentar altamente diferenciado, das quais foram perdidos os dentes e houve o surgimento de placas de tecido epitelial cornificado (barbatanas) que ficam suspensas do céu da boca e servem para filtrar o alimento da água (Figura 144).

Os odontocetos apresentam dentes simples e cônicos, que aparecem em número variável (Figura 145). Existem cerca de 60 espécies de baleias com dentes, sendo provavelmente os golfinhos, os mais conhecidos e admirados de todos os cetáceos. Nesse grupo incluem-se ainda o cachalote, a orca, entre outras, conhecidas popularmente por golfinhos ou botos.

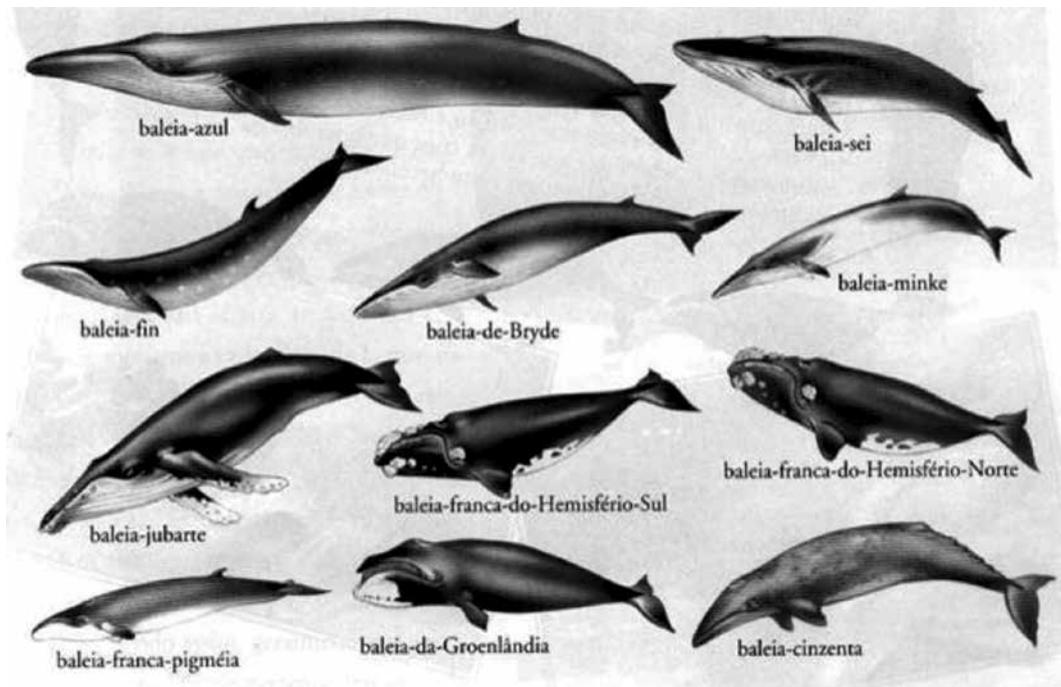


Figura 144 – Mamíferos misticetos.

Fonte: Santos (1996)

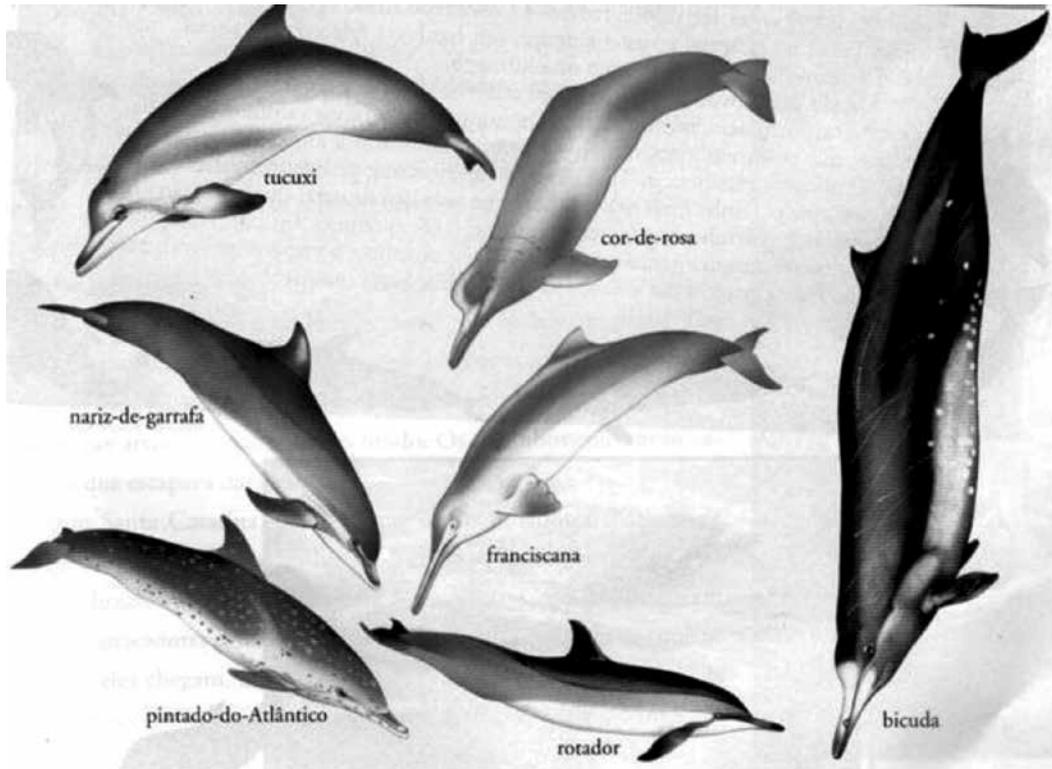


Figura 145 – Mamíferos odontocetos.

Fonte: Santos (1996)

Tegumento

A pele dos cetáceos e dos sirênios se distingue dos outros mamíferos pela ausência de glândulas e de pelagem. A pelagem dos pinípedes, da lontra marinha e do urso-polar consiste de pelos de guarda longos e espessos, com uma camada inferior de pêlos menores e mais finos. Esses últimos são os principais responsáveis pelo isolamento térmico.

Sistema nervoso e sentidos

Um dos aspectos mais discutidos do sistema nervoso dos mamíferos marinhos é o relativamente grande tamanho cerebral de alguns odontocetos e sua suposta relação com a inteligência. Comparações entre o quociente de encefalização (relação entre peso do corpo e peso do cérebro-QE de diversos mamíferos marinhos mostram que os golfinhos têm a maior relação entre peso do cérebro e peso do corpo e que isso está provavelmente relacionado com padrões de história de vida, tais como estratégias alimentares e comportamento social. O QE de sirênios está entre os mais baixos de todos os mamíferos e foi relacionado à sua baixa taxa metabólica e ao seu longo período de crescimento pós-natal.

Os cetáceos dormem?

Acredita-se que os cetáceos realizem períodos de descanso durante o dia ou durante a noite. São períodos curtos em que os cetáceos reduzem todas as suas atividades, a respiração e os batimentos cardíacos diminuem.

Em alguns golfinhos em cativeiro, foi observado, durante um período de descanso, que as espécies estudadas chegavam a apresentar atividade em apenas um dos dois hemisférios cerebrais. Em outro período de descanso, era utilizado o outro, havendo um revezamento entre os dois hemisférios.

Em regiões de procriação, muitas vezes as fêmeas dos cetáceos ficam com a nadadeira caudal fora da água para que os machos não as copulem. Já as batidas na nadadeira caudal podem servir para a comunicação entre indivíduos de um mesmo grupo, para atordoar presas e também para se livrar de alguma irritação.

Com exceção da audição, a visão é o sentido mais desenvolvido e estudado. O olho dos mamíferos aquáticos é caracterizado por um tapetum lucidum bem desenvolvido, que funciona para aumentar a sensibilidade do olho a baixos níveis de luminosidade, e por glândulas de Harderian, que produzem um muco oleaginoso para proteger o olho.

O sistema de acomodação (i.e. musculatura ciliar), que serve para alterar o poder de refração da lente, é especialmente bem desenvolvido em pinípedes e na lontra-marinha quando comparado com cetáceos e sirênios. A demonstração da presença de percepção de cores em pinípedes, cetáceos e sirênios tem sido difícil, apesar da existência de estudos comportamentais e a presença tanto de cones como bastonetes na retina ter sido documentada para várias espécies. Os bulbos olfativos são pequenos nos pinípedes e ausentes nos odontocetos. Em contraste, os peixes-boi e as lontras-marinhas possuem relativamente grandes órgãos olfativos e presumivelmente uma maior sensibilidade olfativa.

Controle osmótico

Por serem hiposmóticos com o meio, os mamíferos marinhos estão em constante risco de perder água para o ambiente. Entre as estratégias desenvolvidas pelos mesmos, está a presença de rinículos nos rins. O epitélio nasal possui sistemas de contracorrente, que, além de servirem para reter o calor, também absorvem o vapor d'água do ar exalado.

O hábito de beber água salgada é maior em pinípedes de climas quentes, e pode ser um modo de eliminar nitrogênio. Apesar de os cetáceos beberem pequenas quantidades de água do mar, esta não é essencial para sua sobrevivência.

Locomoção

Os mamíferos aquáticos locomovem-se utilizando movimentos das nadadeiras pares (pinípedes e lontras-marinhas) ou movimentos verticais da nadadeira caudal (cetáceos e sirênios).

Apesar de se basear nas nadadeiras, a movimentação dos pinípedes é feita diferentemente entre os otarídeos e focídeos. Os otarídeos se valem das nadadeiras dianteiras, enquanto que focídeos e odobenídeos utilizam as traseiras. Devido à impossibilidade de rodar as nadadeiras traseiras para frente, os focídeos se locomovem em terra por ondulações do corpo (ondulação sagital), enquanto que os otarídeos (lobos e leões-marinhas) e odobenídeos utilizam uma locomoção ambulatorial.

Respiração

Como sua respiração é pulmonar, os mamíferos aquáticos necessitam constantemente ir a superfície capturar oxigênio. Dessa forma, eles aumentam o conteúdo de oxigênio não apenas em seus pulmões, mas também no sangue e nos músculos.

Durante o tempo em que ficam sem respirar, as suas reservas de oxigênio começam a se exaurir. Depois, devido à ausência de ventilação, o CO₂ e lactato aumentam no sangue e nos músculos, causando uma acidificação do soro sanguíneo e do meio intracelular (Figura 146). Com o aumento da profundidade, a pressão da água passa a comprimir os tecidos com espaços cheios de ar, podendo colapsá-los.

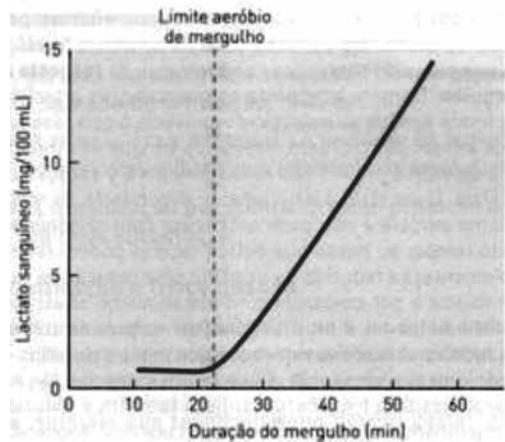


Figura 146 – Acúmulo de lactato durante o mergulho em focas Weddell.

Fonte: Moyes e Schulte (2010)

Ecolocalização

Os cetáceos e os pinípedes produzem uma grande variedade de sons, enquanto que os sirênios produzem sons de baixa frequência. Tais sons servem para comunicação, ecolocalização e captura de presas, como já foi visto anteriormente.

Reprodução

Os cetáceos apresentam ciclos reprodutivos multianuais, com nascimento e cópula separados por pelo menos um e, algumas vezes, dois ou mais anos. A gestação, na maior parte dos mamíferos marinhos, é de aproximadamente um ano. Comparativamente com outros mamíferos, os pinípedes (especialmente focídeos) e misticetos produzem um leite com alto conteúdo energético, rico em gordura.

Os grandes misticetos geralmente se alimentam em altas latitudes durante o verão e migram longas distâncias para regiões mais quentes durante o inverno para se reproduzir. Isso permite que eles aproveitem a maior produtividade das altas latitudes, mas também aumentem a sobrevivência dos filhotes, que possuem uma menor resistência às baixas temperaturas.

Em muitos casos um animal encontra o seu caminho usando meios simples: ele sabe e lembra a estrutura de seu ambiente. Usa marcos referenciais para encontrar o seu ninho, um local seguro para se esconder ou uma fonte de alimento. A navegação com ousos de marcos referenciais é chamada de “pilotação”. As baleias cinzentas, por exemplo, migram sazonalmente entre o Mar de Bering e as lagoas costeiras do México. Elas encontram o caminho seguin-

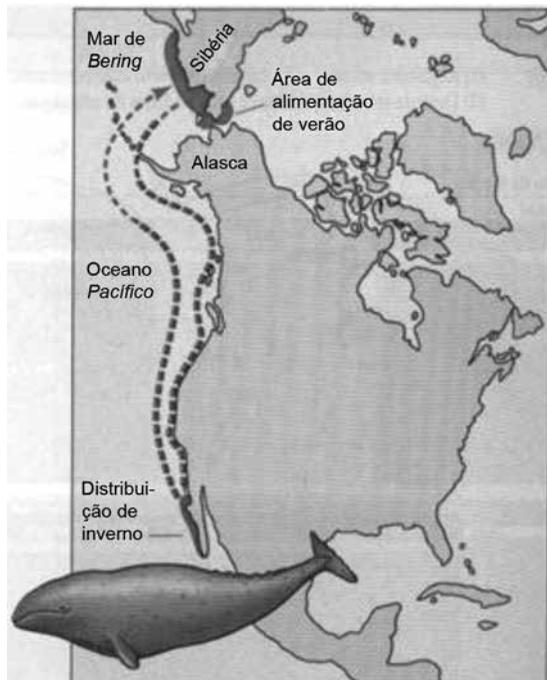


Figura 147 – Pilotagem. As baleias cinzas migram de Mar de Bering para o sul (costa da Baja Califórnia) no inverno acompanhando a costa da América do Norte.

Fonte: PURVES et al.

do a costa oeste da América do Norte (Figura 147). Linhas costeiras, cadeias de montanhas, rios, correntes de água e padrões de vento podem servir como pistas para pilotagem.

5.6. Origem dos marsupiais

No início da Era Cenozoica, todos os mamíferos eram pequenos e pouco especializados. Os marsupiais parecem ter sido onívoros e arborícolas, como os gambás modernos, enquanto os eutérios eram, na maioria, formas insetívoras primitivas e terrestres.

A origem dos marsupiais parece ter ocorrido na América do Norte, enquanto a dos eutérios, na Ásia. Durante a era Cenozoica, os marsupiais se dispersaram não somente pelos continentes do sul, mas também pelos do norte.

A fauna de mamíferos australiana sempre foi composta, quase que inteiramente, por marsupiais e por monotremados. A Austrália era, provavelmente, habitada por marsupiais que se moveram para a América do Sul pela Antártica, a qual era quente e úmida até cerca de 35 milhões de anos. Os fósseis de marsupiais são conhecidos do Eoceno do oeste da Antártica e, na realidade, a maior barreira para a dispersão

para a Austrália foi o cruzamento da cadeia montanhosa, no centro do continente, entre o leste e o oeste antárticos.

Uma vez que os marsupiais chegaram à Austrália, eles aproveitaram as vantagens do isolamento em longo prazo, evoluindo a uma variedade de nichos, com hábitos alimentares desde a herbivoria completa até a carnívora. A figura 148 ilustra alguns marsupiais australianos e nota suas convergências com os eutérios do norte. Perceba que os gambás e os falangerídeos são uma radiação diversificada de mamíferos arborícolas, os quais são convergentes não somente com os esquilos, mas com os primatas.

Um exemplo particularmente interessante de convergência existe entre o aye-aye de Madagascar (um lêmur, um tipo de primata primitivo) e o gambá-listado da Península de Iorque, no nordeste australiano. Ambos retiram insetos de ocos de árvores, ambos apresentam incisivos em cinzel e ambos alongaram um de seus dedos formado um gancho.

Certos insetívoros (apatemyídeos), do início da Era Cenozoica da Holarctica, possuíam especializações similares, mas se extinguiram no início do Mioceno, quando os pica-paus evoluíram - aves que também se alimentavam de insetos na madeira. Madagascar e Austrália são os únicos locais no mundo,

atualmente, que não apresentam pica-paus, o que sugere que essas aves, nas demais localidades, competiram com os mamíferos.

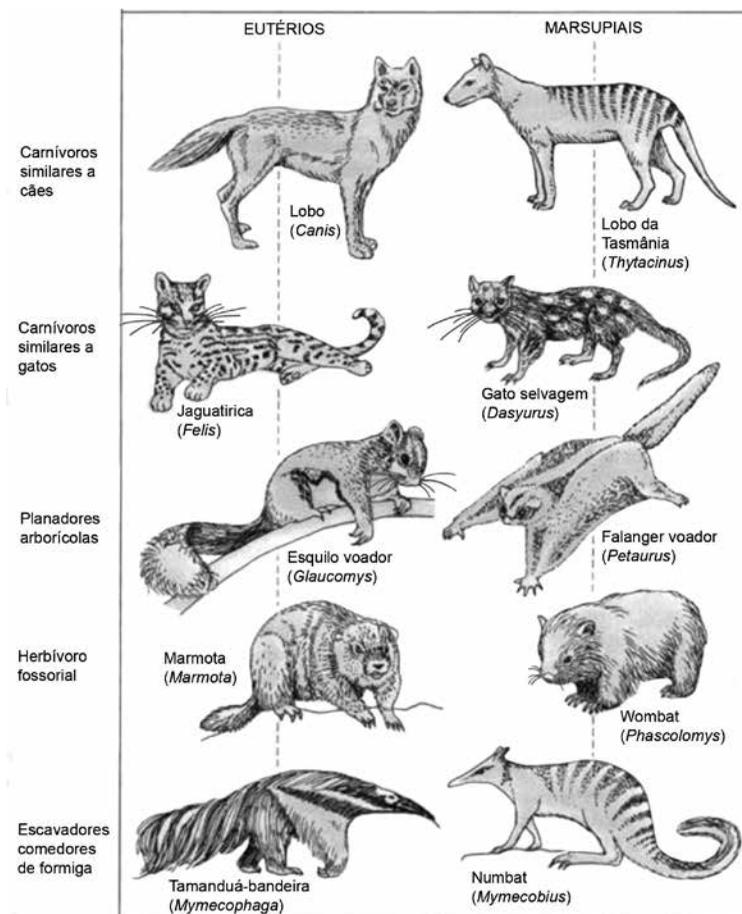


Figura 148 Convergências da forma corpórea e de hábitos entre os mamíferos eutérios e marsupiais.

Fonte: Pough et al.

Saiba mais



Morcegos. Quem são, afinal, estas estranhas criaturas?

São os únicos mamíferos que voam, e saem à procura de alimentos ao entardecer e à noite.

Vivem em média 15 anos e, a partir de 2 anos, tem início a vida reprodutiva, com um período de gestação de 2 a 7 meses, de acordo com a espécie, gerando normalmente um filhote ao ano.

Os morcegos desempenham importante papel na natureza, podendo ser responsáveis pela dispersão de sementes, polinização de flores e controle da população de insetos. Apesar destes benefícios, geralmente estão associados a símbolos de terror, mistério e antigas crenças, como a de que são “ratos velhos que criaram asas”. Obviamente, morcego e rato são animais diferentes.

Existem somente três espécies que são hematófagas, alimentando-se exclusivamente de sangue. Nas cidades, os morcegos mais comuns são os insetívoros (alimentam-se de insetos) e os fitófagos (alimentam-se de frutos, néctar, partes florais e folhas), devido à grande oferta de alimentos e à presença de abrigos.

Os abrigos mais utilizados pelos insetívoros são as edificações. A falta de conservação, falhas na construção e até detalhes arquitetônicos, criados para embelezamento, acabam constituindo verdadeiras “cavernas artificiais” para alojá-los.

A presença de morcegos fitófagos nas cidades ocasiona manchas de fezes nas paredes, entre outros transtornos.

A principal doença que os morcegos podem adquirir e transmitir para o homem e outros mamíferos é a raiva. Esta doença letal pode ser causada pela mordedura, arranhadura ou até mesmo lambedura de qualquer espécie de morcego, portanto, nunca o manipule!

Animais encontrados durante o dia exigem maior atenção, pois há grande possibilidade de estarem doentes e infectados com o vírus da raiva.

Fonte: www.pasteur.saude.sp.gov.br/morcego/morcego_01.htm

5.7. Ordem Primates

Os primatas são mamíferos placentários bem adaptados ao ambiente arborícola e a escolha por esse ambiente forçou-os a uma série de adaptações, como por exemplo, a visão tornar-se o sentido mais desenvolvido, já que o olfato, no ambiente arbóreo, era ineficiente para seguir rastros ou procurar alimentos, sendo utilizado principalmente para reconhecimento intra específico. Essa visão estereoscópica binocular, com órbitas totalmente circundadas por ossaturas, permitiu uma boa noção de distância, indispensável à locomoção no ambiente arbóreo. A percepção de cores, também presente nos primatas, facilita a procura de alimentos e ajuda a explicar a razão de os primatas serem os mamíferos mais coloridos.

Os mamíferos possuem suas glândulas mamárias posicionadas ao longo de uma linha que se estende das axilas às virilhas, passando pelo tórax e pelo ventre. Normalmente, em outras ordens, essas glândulas localizam-se na região ventral e são em número variável, chegando a 10 ou 12, porém, nos primatas, estas estão posicionadas no tórax e são sempre em número de 2, pois a quantidade de filhotes excepcionalmente ultrapassa esse número.

O tipo de dentição permitiu grande avanço evolutivo, já que, não sendo especializada, é capaz de trabalhar uma grande variedade de alimentos. Uma característica marcante dos primatas são os molares providos de quatro tubérculos arredondados, chamada dentição bunodonte, que permite caracterizar também os prossímios, como primatas verdadeiros.

Na verdade, os primatas perderam o terceiro incisivo e tendem, como grupo, a perder um dos molares. A fórmula dentária dos primatas é: um ou dois incisivos superiores e de um a três inferiores, nenhum ou um canino tanto superior quanto inferior, de um a três pré-molares superiores e de zero a três inferiores, dois ou três molares inferiores e o mesmo número no maxilar superior.

Alimentação

Dos aspectos anatômicos relacionados à alimentação, o mais marcante talvez sejam as diferenças dentárias encontradas entre os primatas neotropicais. O aspecto básico mais perceptível é a diferença do número de dentes, que denota uma clara diferenciação entre os mais insetívoros e os mais vegetarianos. Os mais insetívoros/gumívoros, como os *Callitrichidae* (Figura 149), utilizam menos os molares, pois esse tipo de dieta necessita de pouca mastigação e, conseqüentemente, possuem somente dois molares, enquanto os *Cebidae* (Figura 150) e os *Atelidae* possuem três molares, que são imprescindíveis para a trituração do material vegetal que constitui a base de sua dieta (Figura 151).

Ainda, nos gêneros *Callithrix* e *Cebuella*, percebe-se que seus incisivos inferiores são estreitos e compridos, como cinzel, para facilitar a perfuração de troncos de árvores gumíferas.

Nos Pitheciinae, os caninos apresentam-se em ângulo aberto, propiciando a quebra de sementes duras, e os incisivos juntaram-se na frente das arcadas, agindo como uma lâmina raspadora para a retirada do endosperma das sementes.

Outra adaptação, agora no aparelho digestivo, se refere à especialização em herbivoria, em que, necessariamente, o aparelho digestivo precisa ter um maior comprimento para que seja possível uma melhor ação química e atuação da flora intestinal sobre as fibras vegetais.

Já nos onívoros, ou mais insetívoros, não é necessário um intestino tão longo, já que proteínas são mais facilmente processáveis do que outras substâncias polissacarídicas, como o amido e a celulose. A massa corpórea do animal também possui relação com o aparelho digestivo, já que, para que um animal se especialize em herbivoria, ele necessita de um corpo maior que possa conter tal intestino.

Nos primatas sul-americanos, assim como em todos os outros grupos de animais, nota-se que existe uma regra básica: quanto mais o animal afasta-se de uma dieta carnívora (insetívora), maior é seu volume corpóreo.

Os pequenos primatas tem sua dieta baseada em invertebrados e goma (resina liberada por algumas espécies de árvores, rica em sais minerais), ambos ricos em proteínas. Seus filhotes crescem muito mais rápido do que os filhotes daqueles de grande porte, necessitando, portanto, de uma dose maciça de proteínas logo no início da vida. Os de médio, como *Cebus* e *Aotus* são onívoros com uma

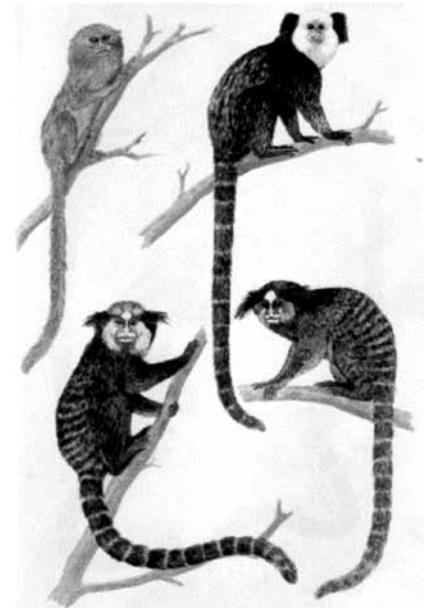


Figura 149 – Alguns representantes da família Callitrichidae.

Fonte: Auricchio

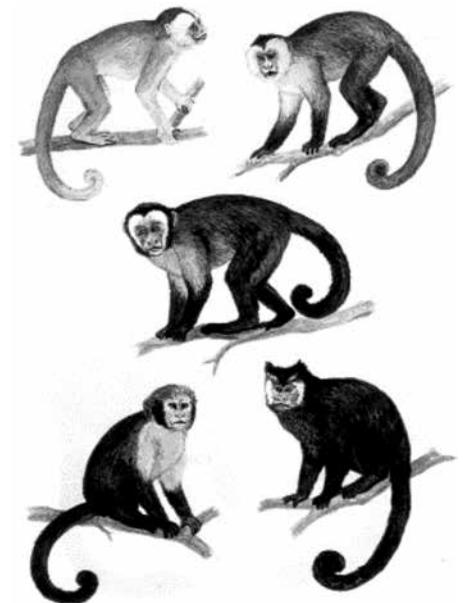


Figura 150 – Alguns representantes da família Cebidae.

Fonte: Auricchio (1995)

gama muito variada de alimentos, ao passo que os de grande porte baseiam suas dietas principalmente em matéria vegetal.

Para melhor utilização de fontes alimentares, cada espécie adaptou o tamanho médio de seus grupos para que chegasse a um máximo de aproveitamento desses recursos. Seria impossível um grupo de grandes macacos, que geralmente juntam-se em duas ou mais dezenas de indivíduos, utilizarem exclusivamente frutas, já que estas nem sempre estão disponíveis em quantidade suficiente.

A oferta é definida de acordo com a distribuição do alimento no espaço e no tempo. A procura relaciona-se às necessidades nutricionais e morfofisiológicas do animal, portanto, cada gênero possui uma preferência alimentar que está diretamente relacionada ao ambiente onde vive. Assim, as espécies que vivem em borda de mata possuem maior preferência por folhas jovens, já que este meio é tomado por trepadeiras e outras plantas que tem grande produção.

Esse ambiente também é de estrutura delicada, não permitindo o seu aproveitamento por animais corpulentos. Por serem pequenos, animais e grupos, estes podem aproveitar as quantidades menores de frutos que o ambiente produz. Esse tipo de ambiente pode também comportar espécies de animais com hábitos insetívoros, já que onde há grande produção de folhas há também maior quantidade de insetos. Fica fácil perceber aqui que espécies de tamanho semelhante competem mais entre si.

Grandes macacos, por outro lado, não são ágeis o suficiente para serem insetívoros ou generalistas (onívoros), mesmo porque, para pertencer a essa primeira classe, deveriam conseguir uma média de captura de 1 inseto a cada 10 segundos para suprir suas necessidades nutricionais.

Os primatas são importantes dispersores de sementes em uma floresta tropical, sendo, portanto, elementos vitais para ela. A diminuição de sua biomassa certamente pode alterar a estrutura vegetal de uma floresta.

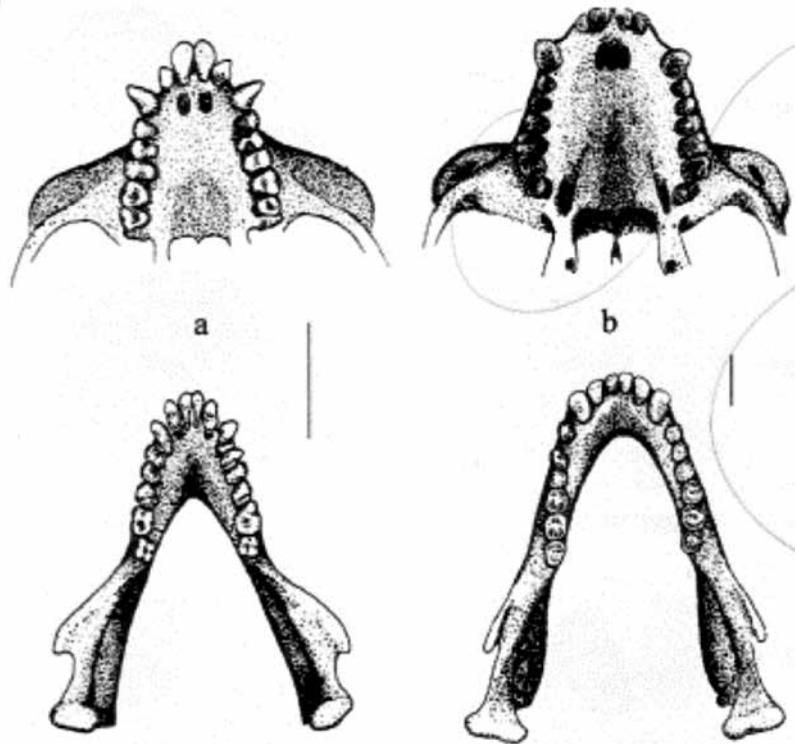


Figura 151 Comparação entre as dentições de (a) Callitrichidae (*Callithrix*) e (b) Cebidae/Atelidae (*Ateles*). Notar (em a) a especialização dos incisivos para a perfuração dos troncos para a procura de goma.

Fonte: Auricchio (1995)

Vida social e reprodução

Os primatas, devido a suas atribuições físicas e mentais, possuem também variações de estrutura social que são respostas evolutivas ao meio ambiente.

Quanto ao aspecto reprodutivo, os primatas podem apresentar várias estruturas de união. Podem viver em casais monogâmicos fixos, cuidando da prole por um tempo razoavelmente curto, ou em pequenos grupos familiares, e outros ainda (*Callitrichidae*) constituem grupos poliândricos, com uma fêmea dominante. Esse tipo de agrupamento tem a vantagem de permitir uma grande variabilidade genética no grupo e funciona como uma estratégia para aumentar o sucesso reprodutivo, lembrando que ocorre em espécies cujo tamanho do grupo gira em torno de seis. Ainda pode haver casos de poligamia.

Também existem os agrupamentos de dezenas de animais nas quais não existe formação de casais ou ternos. Existe, na verdade um relacionamento sexual aleatório, em que as fêmeas permitem a cópula com mais de um macho.

Nesses grupos pode-se notar a baixíssima taxa de comportamentos agonísticos (luta), pois não existe competição por fêmeas.



Figura 152 Postura comumente adotada pela maioria dos primatas para catação.

Fonte: Auricchio (1995)

Na formação de grandes grupos, apesar das vantagens já expostas, ao mesmo tempo em que vários animais encontram mais facilmente o recurso alimentar, este pode escassear antes de todos terem comido suficientemente. A resposta social a essa competição intra específica é que, durante as horas de alimentação, os animais dividem-se em subgrupos, aproveitando, dessa forma, os recursos menos ricos também.

Cuidado parental

Todos os primatas possuem um comportamento de cuidado com a prole que se desenvolveu do fato de serem constituídos por animais gregários, que não constroem ninhos. Isso os obrigou a carregarem suas crias, aproximando mais os pais de seus filhotes, somando aos cuidados de alimentação, outros, como o comportamento de divisão de tarefas familiares e o de catação, em que ocorre a retirada de parasitos e fragmentos de pele morta, por outro componente do grupo, que obedece a certas regras

Quando dois animais se preparam para a catação, sempre o dominante é examinado primeiro, invertendo-se as posições posteriormente. Esse comportamento provavelmente originou-se entre mãe e filhote e posteriormente passou a ocorrer entre adultos. Um indivíduo pode aproximar-se de outro e abaixar-se convidando para ser catado sem nenhuma comunicação aparente. O catador geralmente começa pela cabeça e pescoço catando através do pelo, repartindo-o e ocasionalmente catando com a boca (Figura 150).

Síntese da Capítulo



As mais de 9.600 espécies de aves atuais põem ovos, são vertebrados endotérmicos recobertos de penas e possuem membros anteriores modificados em asas.

As aves são filogeneticamente mais próximas dos terópodes, um grupo de dinossauros da Era Mesozoica, com muitas características semelhantes as das aves. As adaptações das aves para o vôo são as penas, derivados complexos das escamas dos répteis e combinam leveza com força, repelência a água e alto valor isolante.

O bico córneo e leve substitui as maxilas pesadas e os dentes dos répteis, se adaptando para os mais diferentes hábitos alimentares. O sistema respiratório altamente eficiente contendo um sistema de sacos aéreos arranjados para passar o ar através dos pulmões tanto na inspiração quanto na expiração, fortes músculos do voo e das pernas dispostos para situar o peso muscular próximo ao centro de gravidade e uma circulação eficiente e de alta pressão.

As aves possuem uma visão aguçada, boa audição, órgão olfativo pouco desenvolvido e uma coordenação motora excelente. A migração das aves refere-se a movimentos regulares entre os locais de nidificação no verão e regiões de invernada.

Muitos artifícios são utilizados para encontrar a direção durante a migração, incluindo um senso inato de orientação e habilidade para navegar pelo Sol, pelas estrelas ou pelos campos magnéticos da Terra. O comportamento social altamente desenvolvido das aves é manifestado em exibições ativas de cortejamento, comportamento territorial, incubação dos ovos e cuidado com os filhotes.

A estrutura do teto craniano permite-nos identificar três grandes grupos de amniotas que divergiram durante o Período Carbonífero, na Era Paleozóica: sinápsidos, anápsidos e diápsidos. Os répteis atuais compreendem duas das três linhagens de vertebrados amniota, os nápsidos e os diápsidos. As tatarugas da subordem anápsida com seus cascos característico mudaram muito pouco desde o Triássico.

Esses animais formam um pequeno grupo de animais terrestres, semi-aquáticos e marinhos. Sua vida é muito longa e não possuem dentes. Os diápsidos são classificados em três linhagens, duas delas representada pelos lepidossauros e arcossauros.

A primeira contém os lagartos, as serpentes, as anfisbenas e o tuatara e a segunda inclui os crocodilianos e as aves. As aves surgiram no planeta na época em que os dinossauros dominavam a Terra e foi a partir de um grupo de dinossauros que as aves se originaram. De todo reino animal, as aves são as mais bem conhecidas e as mais facilmente reconhecidas porque são comuns e ativas durante o dia. As aves e os répteis têm vários aspectos em comum como possuem mandíbula composta por cinco ou seis ossos, excretam seus resíduos nitrogenados na forma de ácido úrico, põem ovos semelhantes com muito vitelo. E ambos são diápsidos.

As aves atuais são divididas em dois grupos: a superordem *Paleognathae* (aves não voadoras) e a superordem *Neognathae* (aves voadoras). As aves não voadoras similares os avestruz e kiwis, frequentemente chamadas de aves de rati-tas, as quais têm o esterno achatado com músculos peitorais pouco desenvolvidos.

As aves voadoras possuem o esterno em forma de quilha onde se originam os poderosos músculos de voo. É o grupo mais numeroso de aves e mais diversificado, que conseguiu conquistar diversos ambientes. Os ossos ocos das aves, um caráter ancestral da linhagem dos coleuossaros, combinam leveza e resistência; algumas partes do esqueleto das aves são leves em relação ao tamanho de seus corpos e essa leveza tem alcançado pela modificação do crânio. Muitos ossos cranianos são separados, mas são fundidos nas aves e os dentes ausentes.

A migração é a manifestação mais expressiva da mobilidade das aves, e algumas espécies viajam dezenas de milhares de quilômetro em um ano. As aves migratórias utilizam uma variedade de recursos de navegação, incluindo a posição do sol, a luz polarizada, o campo magnético da terra e o infrason.

O grupo sinápsido, que inclui os mamíferos e seus ancestrais, apresenta um par de aberturas laterais no crânio, onde se prendem os músculos da mandíbula. Os sinápsidos foram os primeiros amniotas a expandir-se sobre habitats terrestres. Os principais grupos de mamíferos vivos podem ser distinguidos por seu modo de reprodução.

Os térios marsupiais e eutérios são mais derivados do que os monotrematas, dando à luz jovens vivíparos em oposição a botarem ovos. Os marsupiais dão à luz jovens imaturos os quais completam seu desenvolvimento usualmente presos aos mamilos nem sempre fechados em uma bolsa. Os eutérios dão luz a jovens mais maduros e possuem um período de lactação mais curto do que os marsupiais.

O nome “mamífero” deriva dos órgãos glandulares secretores de leite presentes nas fêmeas e rudimentares nos machos. Essa adaptação única, combinado com o cuidado parental prolongado protege os jovens, facilitando a transição para a fase adulta.

O pelo que cresce a partir de tegumento, recobrendo quase todos os mamíferos, funciona como proteção mecânica, isolamento térmico, coloração protetora e impermeabilização contra água. A pele dos mamíferos é rica em glândulas.

Os hábitos alimentares dos mamíferos influenciam fortemente na forma do corpo e na fisiologia. Alguns mamíferos marinhos, terrestres e aéreos realizam migrações, sendo algumas delas bastante longas, como as dos cetáceos. As migrações usualmente são feitas em direção a melhores condições climáticas, de disponibilidade de alimento ou de reprodução, ou para os sexos, permitindo o acasalamento.

Atividades de avaliação



1. Descreva as maneiras pelas quais os répteis são mais adequados funcionalmente ou estruturalmente para a vida terrestre do que os anfíbios.
2. Que modificações no padrão geral dos ovos permitiram que o réptil colocasse seus ovos na terra? Porque esse ovo é frequentemente chamado ovo “amniótico”? O que são “amniotas”?
3. Como é a respiração dos quelônios?
4. Comente a respeito da importância da fosseta loreal e os órgão vomeronasal para as serpentes, descrevendo o funcionamento de cada um desses órgãos dos sentidos.
5. Explique uma característica relacionada à estrutura morfológica que diferencie uma ave voadora (ex.: urubu) de uma ave terrestre (ex.: ratitas).
6. Cite e explique uma adaptação evolutiva que possibilitou às aves a capacidade de voar.
7. Comente as particularidades que ocorreram na evolução das aves, descreva essas características e suas funções.
8. Como as aves marinhas liberam o excesso de sal?
9. Mais de 90% das aves são monogâmicas. Explique por que a monogamia é muito mais comum entre as aves que entre os mamíferos.
10. Filogeneticamente classifique um *Sinapsida*.
11. Quais foram os caracteres que ocorreram na evolução dos mamíferos? Descreva-os detalhadamente.
12. Quais foram as adaptações dos mamíferos aquáticos que o permitiram colonizar esse ambiente.
13. Descreva as estratégias reprodutivas que ocorreram nos mamíferos para dividi-los em três grupos. Quem são esses três grupos? Além das estratégias reprodutivas como esses grupos diferenciam?
14. Descreva a localização e as principais funções de cada uma das seguintes glândulas da pele: glândulas sudoríparas, odoríferas, sebáceas e mamárias.

Leituras, filmes e sites



Leituras

CARDOSO, J. L. C.; FRANÇA, F. O de S.; WEN, F. H.; MALAQUE, C. M. S. M.; HADDAD, V. J. R. **Animais peçonhentos no Brasil**: biologia, clínica e terapêutica dos acidentes. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2009. 540 p.

REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. **Mamíferos do Brasil**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2006. 437p.a

REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. **Morcegos do Brasil**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2007. 253 p.

Sites

<http://www.rppnmorrinhos.arq.br/artigo7.htm>

http://www.uefs.br/portal/downloads/outros/dcbio_cartilha.pdf

http://www.uefs.br/portal/downloads/outros/dcbio_cartilha.pdf

<http://www.youtube.com/watch?v=1jBa7Ne5zrQ&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=1rrXvSEZ3Eg&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=4Dyo0w9XFnE&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=am0Ef2NR9nI&NR=1>

<http://www.youtube.com/watch?v=FLEv643r8zo>

<http://www.youtube.com/watch?v=FNr0fw3FhWo&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=KW5UVTI5esg>

<http://www.youtube.com/watch?v=njdrwkKdfAE&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=PH0NIJwD7-E>

<http://www.youtube.com/watch?v=TWN-SZ0BFJc&feature=related>

Referências



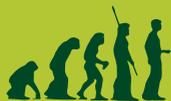
- BLOND, O.; MUIZON, C. (Col.); GHEERBRANDT, E (Col.). Dinattendus mammifères. Les Dossiers de la Recherche, Paris, n. 19, mai-jun. 2005. p. 86.
- CARDOSO, J. L. C.; FRANÇA, F. O de S.; WEN, F. H.; MALAQUE, C. M. S. M.; HADDAD, V. J. R. **Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica dos acidentes**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2009. 540 p.
- HICKMAN, C. P. H. J.; ROBERTS, L. R.; LARSON, A. **Princípios integrados de zoologia**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 846 p.
- HILDEBREND, M. **Análise da estrutura dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, 1995. 638 p.
- MOYES, C. D.; SCHULTE, P. M. **Princípios de fisiologia animal**. 2. ed. São Paulo: Artmed, 2010. 792 p.
- NIELSEN-SCHMIDT, K. **Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente**. São Paulo: Santos, 2002. 611 p.
- POUGHT, F. H.; HEISER, J. B.; MCFARLAND, W. N. **A vida dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, 2008. 850 p.
- PURVES, W. K.; SADAVA, D.; HELLER, H.C. **Vida: a ciência da biologia**. São Paulo: Artemed, 2002. 1.126 p.
- RANDALL, D.; BURGGREN, W.; FRENCH, K. **Fisiologia animal: mecanismos e adaptações**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 730 p.
- STORER, T. J.; USSINGER, R. L. **Zoologia geral**. São Paulo: Nacional, 1995. 757 p.

Sobre a autora

Maria Goretti Araujo de Lima: Graduada em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará, mestre em Fitossanidade pela Universidade Federal de Lavras em Minas Gerais e Doutora em Entomologia pela Universidade Estadual de São Paulo. Desde 2000 é Professora Adjunta do Curso de Ciências Biológicas, em que ministra aulas de Zoologia. Desenvolve pesquisas tanto básicas como aplicada sobre Biodiversidade de Insetos e Interação Insetos Plantas.



A não ser que indicado ao contrário a obra **Zoologia dos Cordados**, disponível em: <http://educapes.capes.gov.br>, está licenciada com uma licença **Creative Commons Atribuição-Compartilha Igual 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0)**. Mais informações em: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pt_BR>. Qualquer parte ou a totalidade do conteúdo desta publicação pode ser reproduzida ou compartilhada. Obra sem fins lucrativos e com distribuição gratuita. O conteúdo do livro publicado é de inteira responsabilidade de seus autores, não representando a posição oficial da EdUECE.



Ciências Biológicas

Fiel a sua missão de interiorizar o ensino superior no estado Ceará, a UECE, como uma instituição que participa do Sistema Universidade Aberta do Brasil, vem ampliando a oferta de cursos de graduação e pós-graduação na modalidade de educação a distância, e gerando experiências e possibilidades inovadoras com uso das novas plataformas tecnológicas decorrentes da popularização da internet, funcionamento do cinturão digital e massificação dos computadores pessoais.

Comprometida com a formação de professores em todos os níveis e a qualificação dos servidores públicos para bem servir ao Estado, os cursos da UAB/UECE atendem aos padrões de qualidade estabelecidos pelos normativos legais do Governo Federal e se articulam com as demandas de desenvolvimento das regiões do Ceará.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

