

Zoologia de Cordados



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA**

BIOLOGIA
licenciatura a distância

Zoologia de Cordados

Arno Blankensteyn



**UNIVERSIDADE
ABERTA DO BRASIL**

Ministério
da Educação

Governo
Federal

Florianópolis, 2010.

Governo Federal
Presidência da República
Ministério da Educação
Secretaria de Ensino a Distância
Universidade Aberta do Brasil

Universidade Federal de Santa Catarina

Reitor Alvaro Toubes Prata

Vice-Reitor Carlos Alberto Justo da Silva

Secretário de Educação à Distância Cícero Barbosa

Pró-Reitora de Ensino de Graduação Yara Maria

Rauh Müller

Pró-Reitora de Pesquisa e Extensão Débora Peres

Menezes

Pró-Reitora de Pós-Graduação Maria Lúcia Camargo

Pró-Reitor de Desenvolvimento Humano e Social Luiz

Henrique Vieira da Silva

Pró-Reitor de Infra-Estrutura João Batista Furtuoso

Pró-Reitor de Assuntos Estudantis Cláudio José Amante

Centro de Ciências da Educação Wilson Schmidt

Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas na Modalidade a Distância

Diretora Unidade de Ensino Sonia Gonçalves Carobrez

Coordenadora de Curso Maria Márcia Imenes Ishida

Coordenadora de Tutoria Leila da Graça Amaral

Coordenação Pedagógica LANTEC/CED

Coordenação de Ambiente Virtual Alice Cybis Pereira

Comissão Editorial Viviane Mara Woehl, Alexandre

Verzani Nogueira

Projeto Gráfico Material impresso e on-line

Coordenação Prof. Haenz Gutierrez Quintana

Equipe Henrique Eduardo Carneiro da Cunha, Juliana

Chuan Lu, Laís Barbosa, Ricardo Goulart Tredezini

Straiato

Equipe de Desenvolvimento de Materiais

Laboratório de Novas Tecnologias - LANTEC/CED

Coordenação Geral Andrea Lapa

Coordenação Pedagógica Roseli Zen Cerny

Material Impresso e Hipermídia

Coordenação Laura Martins Rodrigues,

Thiago Rocha Oliveira

Adaptação do Projeto Gráfico Laura Martins Rodrigues,

Thiago Rocha Oliveira

Diagramação Karina Silveira

Ilustrações Alexandre dos Santos Oliveira, Amanda Cristina

Woehl, Cristiane Amaral, Grazielle S. Xavier, Gregório

Bacelar Lameira, Guilherme Compagnoli Vasconcellos,

Jean Menezes, João Antônio Amante Machado, Liane

Lanzarin, Maiara Ornellas Ariño, Talita Ávila Nunes

Revisão gramatical Mirna Saily

Design Instrucional

Coordenação Vanessa Gonzaga Nunes

Design Instrucional João Vicente Alfaya dos Santos e

Cristiane Felisbino Silva

Copyright © 2010 Universidade Federal de Santa Catarina. Biologia/EaD/UFSC
Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada sem a prévia autorização, por escrito, da Universidade Federal de Santa Catarina.

B642z Blankensteyn, Arno.
Zoologia de cordados / Arno Blankensteyn. – Florianópolis :
BIOLOGIA/EAD/UFSC, 2010.
142p. : il.

ISBN 978-85-61485-36-8

1. Zoologia. 2. Cordado. 3. Vertebrado. I. Título.

CDU: 59

Catálogo na fonte elaborada na DECTI da Biblioteca Universitária da
Universidade Federal de Santa Catarina.

Sumário

Apresentação.....	9
1. Introdução aos Cordados	13
1.1 Introdução	15
1.2 Estrutura dos cordados	16
1.3 Evolução dos cordados	16
1.4 Os cordados invertebrados	18
Resumo.....	20
Referências	20
2. Filo Hemicordados	23
2.1 Plano corporal e diversidade	25
2.2 Organização dos sistemas vitais	25
2.3 Ciclos de vida.....	27
Resumo.....	28
Referências	28
3. Filo Cordados - Subfilos Cefalocordados e Urocordados	31
3.1 Os cefalocordados ou anfioxos.....	33
3.2 Os urocordados ou tunicados	35
Resumo.....	36
Referências	37
4. Filo Cordados - Subfilo Vertebrados	39
4.1 Introdução.....	41
4.2 Evolução dos vertebrados.....	42
4.3 Principais modificações estruturais	45

4.4 O meio terrestre e a reprodução.....	49
Considerações finais.....	50
Referências	51

5. Classe Agnatos 53

5.1 Introdução.....	55
5.2 Revestimento e sustentação.....	56
5.3 Locomoção	56
5.4 Sistemas de transportes internos	57
5.5 Sistemas sensoriais e endócrinos	57
5.6 Reprodução	59
Resumo sistemático	60
Resumo.....	60
Referências	60

6. Classe Condricties 63

6.1 Introdução.....	65
6.2 Revestimento e sustentação.....	66
6.3 Locomoção	68
6.4 Sistemas de transportes internos	68
6.5 Sistemas sensoriais e endócrinos	70
6.6 Reprodução	72
Resumo sistemático	73
Resumo.....	73
Referências	74

7. Classe Osteicties 77

7.1 Introdução	79
7.2 Revestimento e sustentação.....	81
7.3 Locomoção	82
7.4 Sistemas de transportes internos.....	83
7.5 Sistemas sensoriais e endócrinos	85
7.6 Reprodução.....	86
Resumo sistemático	87
Resumo.....	88
Referências	89

8. Classe Anfíbios	91
8.1 Introdução.....	93
8.2 Revestimento e sustentação.....	94
8.3 Locomoção	96
8.4 Sistemas de transportes internos	96
8.5 Sistemas sensoriais e endócrinos	97
8.6 Reprodução	98
Resumo sistemático	99
Resumo.....	100
Referências	100
9. Classe Répteis	103
9.1 Introdução.....	105
9.2 Revestimento e sustentação.....	106
9.3 Locomoção	110
9.4 Sistemas de transportes internos	111
9.5 Sistemas sensoriais e endócrinos	112
9.6 Reprodução	114
Resumo sistemático	114
Resumo.....	115
Referências	115
10. Classe Aves.....	117
10.1 Introdução	119
10.2 Revestimento e sustentação	120
10.3 Locomoção.....	123
10.4 Sistemas de transportes internos	123
10.5 Sistemas sensoriais e endócrinos.....	125
10.6 Reprodução	127
Resumo sistemático	128
Resumo.....	129
Referências	129
11. Classe Mamíferos	131
11.1 Introdução	133
11.2 Revestimento e sustentação	134



11.3 Locomoção	136
11.4 Sistemas de transportes internos	138
11.5 Sistemas sensoriais e endócrinos	139
11.6 Reprodução	140
Resumo sistemático	140
Resumo.....	142
Referências	142

Apresentação

Prezados estudantes do EAD: a sequência do ensino de zoologia nos leva ao contato com os grupos de “animais mais complexos”, os chamados cordados, que são os grupos zoológicos mais familiares, como os peixes, os sapos, os jacarés, as aves e os mamíferos. É preciso lembrar que o grande grupo dos cordados, nos quais se incluem os vertebrados, é também onde se classifica a nossa espécie, os humanos! E pode ser que seja por causa disso que nós tenhamos essa tendência de nos imaginar superiores ou mais complexos. Quando se fala em animais complexos, é para não falar em mais evoluídos. Isso porque, muito provavelmente, todos os grupos de seres vivos que estão presentes hoje na biosfera, desde bactérias até baleias, passaram pelo mesmo tempo de evolução! Por isso é errado falar que algum animal é mais ou menos evoluído, o que pode levar a alguma abordagem preconceituosa. Nós consideramos os mamíferos e as aves mais complexos, pois eles apresentam alguns elementos anatômicos, processos bioquímicos orgânicos e padrões comportamentais e de linguagens realmente muito elaborados. Entendemos assim, pois na verdade ainda não conhecemos tudo sobre os padrões comportamentais de insetos ou minhocas. No entanto, evidentemente, isso também não pode significar que o ciclo de vida e o comportamento social de alguns insetos sejam menos importantes para a natureza. Portanto, o estudo da evolução e diversificação dos cordados e, por extensão, algumas características da nossa própria espécie, segue a mesma lógica do estudo dos invertebrados. Ou seja, nós analisaremos os cordados como organismos animados, com elaborados sistemas de transporte interno e processos reprodutivos e alta sensibilidade para percepção das variações do ambiente circundante, que estão incluídos em comunidades biológicas compondo as cadeias alimentares.

Alguns cordados atuais apresentam a forma de seus ancestrais que só são conhecidos como fósseis, por exemplo, os tubarões e os crocodilos. Nesse caso, a evolução garantiu a eles a permanência na biosfera até os dias de hoje com

um mesmo tipo morfológico, devido ao sucesso das suas estratégias de vida. Nós somos frutos da evolução que estamos estudando nos cordados e já obtivemos algumas instruções na análise dos invertebrados.

*O assunto da história geológica do planeta Terra se relaciona muito com a história evolutiva de todos os seres vivos. Os fósseis, as pegadas, as resinas, as cinzas, enfim, vários tipos de materiais e marcas que são descobertos pelos paleontólogos e arqueólogos são analisados e comparados, permitindo aos cientistas produzir uma história e mapas, com os episódios naturais que vêm moldando a biosfera. No contexto da história geológica do planeta Terra, o processo da **Deriva Continental** fez com que alguns cordados tenham evoluído isoladamente das suas linhagens de ancestrais, durante milhões de anos, em diferentes continentes. É o caso da fauna da Austrália com o exemplo do ornitorrinco, um animal mamífero que possui um bico semelhante ao de um pato, diferente de qualquer outro tipo morfológico de outro continente. Os ornitorrincos, assim como os leões na África ou os pinguins na Antártica, são produtos da evolução, isto é, da seleção natural que eles sofreram ao longo de incontáveis gerações, nas suas áreas de distribuição geográfica. Sempre que necessário, serão indicadas as etapas geológicas que levaram a algum episódio evolutivo relevante de algum grupo de vertebrado.*

No presente livro, os cordados serão apresentados inicialmente através do estudo dos protocordados ou cordados invertebrados. Quanto aos vertebrados, as classes de peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos serão analisadas com base em modelos arquetípicos, mas eventuais variações importantes ou aquisição de algum órgão exclusivo para alguma função especial serão colocadas nos textos. A diversidade de cada grupo será apresentada mais detalhadamente em um resumo sistemático e em uma descrição dos nomes populares dos vertebrados das principais ordens. As particularidades anatômicas e fisiológicas estarão dispersas ao longo do livro-texto e, evidentemente, não é possível reunir todos os detalhes, pois o conteúdo teórico é imenso – são 699 páginas no livro de Pough et al. (2003) e só para os vertebrados! Portanto, o que será enfatizado no material impresso da disciplina e no AVEA deverá receber atenção prioritária para o cumprimento dos objetivos específicos da disciplina.

Arno Blankensteyn

CAPÍTULO 1



Introdução aos Cordados

Neste capítulo, enfocaremos que o estudo dos cordados significa analisar a biologia da nossa própria espécie. Você deverá ser capaz de descrever as características da origem e função da notocorda nos urocordados, cefalocordados e vertebrados; também deverá distingui-los dos hemicordados, que possuem a notocorda, mas de origem embrionária e posição diferentes.

1.1 Introdução

Os cordados constituem um filo extremamente diversificado quanto ao tamanho e ao aspecto geral de seus representantes. São animais que ocorrem nos oceanos, rios, lagos e ecossistemas terrestres. As ascídias e os anfioxos são considerados grupos de cordados primitivos e são menos familiares do que os grupos de animais vertebrados, como os peixes, os anfíbios, os répteis, as aves e os mamíferos. Esse agrupamento de animais tão diversos em um único filo baseia-se principalmente em aspectos do desenvolvimento embrionário.

Nêurula

Fase embrionária dos animais em que surgem os três folhetos embrionários – ectoderme, endoderme e mesoderme – a notocorda e o tubo digestivo.

Durante o desenvolvimento dos diferentes grupos de cordados, na fase de **nêurula**, que é o momento do surgimento do sistema nervoso, eles exibem o mesmo padrão básico de organização, sendo possível identificar as principais estruturas que caracterizam o grupo: a **notocorda**, o **tubo nervoso dorsal**, as **fendas branquiais** e uma **cauda pós-anal**. Com relação à origem da cavidade do corpo, os cordados são **enterocelomados** e quanto à origem e formação do tubo digestivo, são **deuterostômios** – o blastóporo torna-se o ânus, e a boca é uma abertura secundária. Por isso, possuem relações de parentesco com equinodermados, pois, apesar da simetria pentâmera das estrelas-do-mar, suas larvas são bilaterais e compartilham as demais características embrionárias dos cordados.

1.2 Estrutura dos cordados

Os cordados podem ser lembrados pela forma de peixes, pois, desde a suposta forma ancestral de *Pikaia*, a forma fusiforme (parecida com um fuso alongado) é a mais presente, como nos anfioxos, nas lampreias, nos tubarões e nas serpentes. As salamandras e os lagartos são alongados, mas apresentam apêndices locomotores. A forma alongada é adequada ao meio aquático e até as larvas de ascídias, semelhantes a girinos, são em forma de peixes. Mas a estrutura dos animais cordados é mais lembrada como os vertebrados, ou seja, os grandes tetrápodos com esqueletos ósseos.

O nome **cordados** vem da presença da **notocorda**, que é um bastão longitudinal de sustentação estrutural, derivado da mesoderme da parede dorsal do tubo digestivo embrionário. As células que formam a notocorda são exclusivas nessa estrutura e envolvidas por uma bainha de tecido conjuntivo que conecta o cérebro com a musculatura e outros órgãos. O **cordão nervoso dorsal**, derivado da ectoderme e suportado pela notocorda, é o tronco principal do sistema nervoso dos cordados. Nos vertebrados, o conjunto de notocorda e coluna vertebral forma o eixo central de sustentação do corpo.

A última característica comum a todos os cordados é a presença de **fendas branquiais com arcos arteriais**, que ocorrem na parte anterior do tubo digestivo ou da faringe, geralmente próximas ou logo a seguir da região da cabeça. A água que entra pela boca passa para o exterior através das fendas, banhando os filamentos branquiais ricamente irrigados de sangue e promovendo as trocas gasosas. Em alguns grupos, como nos peixes em geral, as fendas branquiais estão presentes até nos adultos; nos embriões humanos, elas aparecem apenas no início do desenvolvimento.

1.3 Evolução dos cordados

As linhagens evolucionárias dos diversos grupos de cordados devem ser consideradas derivadas de um único organismo aquático muito antigo. Acredita-se que o ancestral de todos os cordados modernos seja um pequeno animal com menos de 10 cm, o gênero

Pikaia (Figura 1.1), encontrado na fauna da “Explosão Cambriana” de diversificação de invertebrados marinhos. A organização dos blocos musculares, perceptíveis nos fósseis de *Pikaia*, como unidades que se repetem ao longo do corpo desses animais, mostra que, eventualmente, algum verme segmentado foi o ancestral de todos nós! Contudo, provavelmente esses animais já apresentavam a notocorda como bastão de sustentação incompressível, que permitiu a curvatura do corpo durante a contração da musculatura longitudinal (em oposição ao encurtamento ou à redução de diâmetro do corpo como em anelídeos, por exemplo). As contrações nas musculaturas longitudinais dos lados direito e esquerdo do corpo são alternadas, produzindo o movimento ondulatório, que é a natação típica dos peixes.

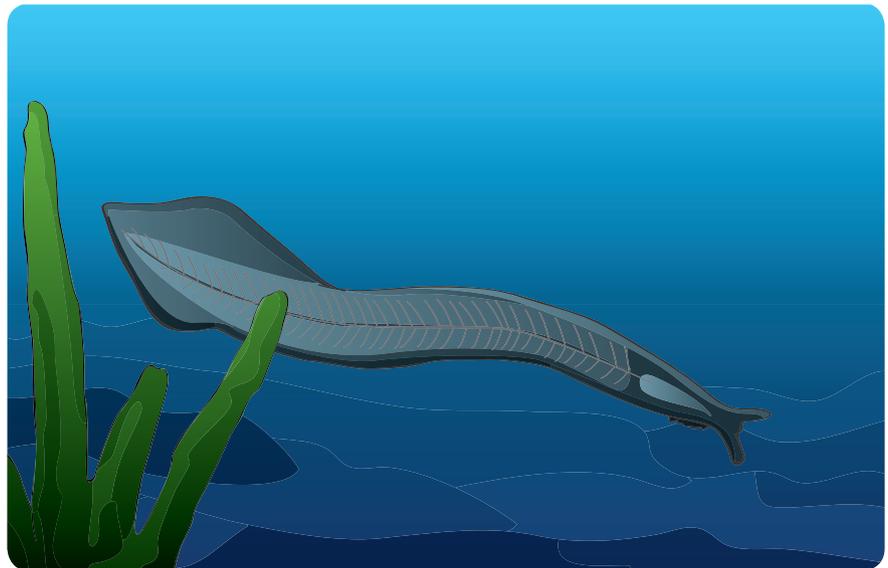


Figura 1.1 - Desenho esquemático de *Pikaia*, “cordado” ancestral de mares cambrianos.

A história evolutiva, conhecida através do registro fóssil de esqueletos ósseos, desde os peixes ordovicianos, passando pelos dinossauros e chegando aos mamíferos modernos, será sintetizada a seguir. Essa história tem um caminho bem conhecido, devido às **homologias** que eles apresentam considerando questões embriônicas, como a presença de **fendas branquiais** nos embriões de todos os grupos de cordados atuais. Outra questão anatômica que fornece homologias importantes são as estruturas ósseas dos apêndices locomotores, perceptíveis mesmo em baleias que, aparente-

Homologias

Termo usado como referência a estruturas anatômicas animais que têm a mesma origem filogenética.

mente para um leigo, não teriam nenhum parentesco com uma lagartixa terrestre! A Figura 1.2 exemplifica mais questões de homologies e analogias que podem ser verificadas nos vertebrados.

1.4 Os cordados invertebrados

O filo dos cordados reúne três subfilos: os **urocordados**, os **cefalocordados** e os **vertebrados**.

Os urocordados são organismos incríveis da natureza, especialmente as formas que colonizam os fundos marinhos, pois não lembram em nada um cordado, e sim uma esponja! Mas a forma larval é muito parecida com um girino de anfíbio ou algum peixinho, e apresenta uma cauda pós-anal com notocorda de sustentação bem aparente. No entanto os adultos como as ascídias são formas sedentárias sem nenhuma evidência de notocorda ou mesmo algum elemento esquelético. Os anfioxos, do grupo dos cefalocordados, são animais aquáticos e têm forma de peixes.

Mesmo para um leigo, a característica que chama a atenção é o fato de eles serem bentônicos, ou seja, vivem semienterrados nos sedimentos marinhos. A notocorda é bem evidente nos anfioxos, mas não há nenhum outro elemento esquelético interno. Os **urocordados** e os **cefalocordados** são organismos bentônicos comuns em mares rasos costeiros em todo o mundo e serão descritos em capítulo próprio.

Os **hemicordados** não são verdadeiros cordados devido à origem da “corda dorsal”, que se dá a partir de endoderme, e também porque está presente apenas em uma faringe eversível anterior. A “notocorda” dos hemicordados também não tem função de sustentação do corpo como esqueleto axial. Serão estudados aqui, pois compartilham outras características, como a formação do celoma por enterocelia e por serem deuterostomados.

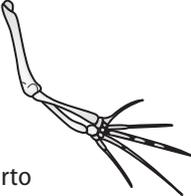
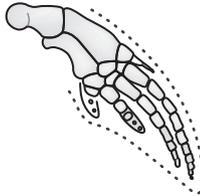
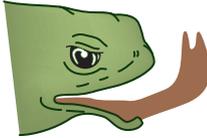
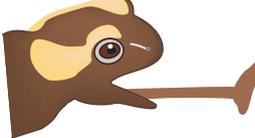
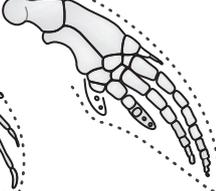
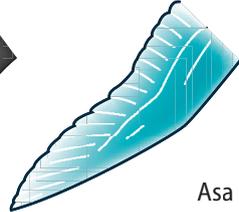
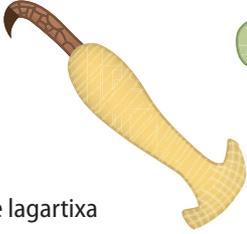
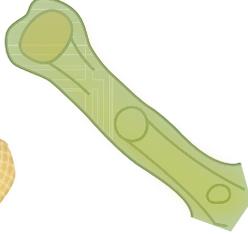
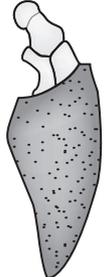
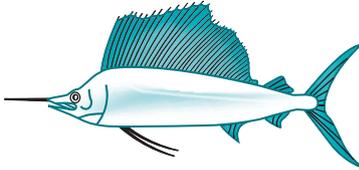
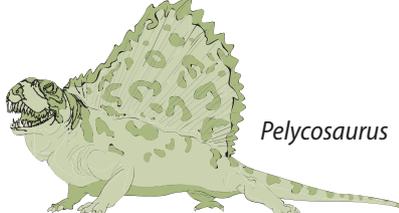
		Ancestralidade	Aparência	Função
		Comum (homologia)	Diferente	Diferente
		Comum (homologia)	Diferente	Igual
		Comum (homologia)	Semelhante	Igual
		Comum (homologia)	Semelhante	Diferente
		Diferente (do tegumento) (analogia)	Diferente	Igual (adesão)
		Diferente (analogia)	Semelhante	Igual
		Diferente (analogia)	Semelhante	Diferente

Figura 1.2 - Exemplos de analogias e homologias em vertebrados. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995).

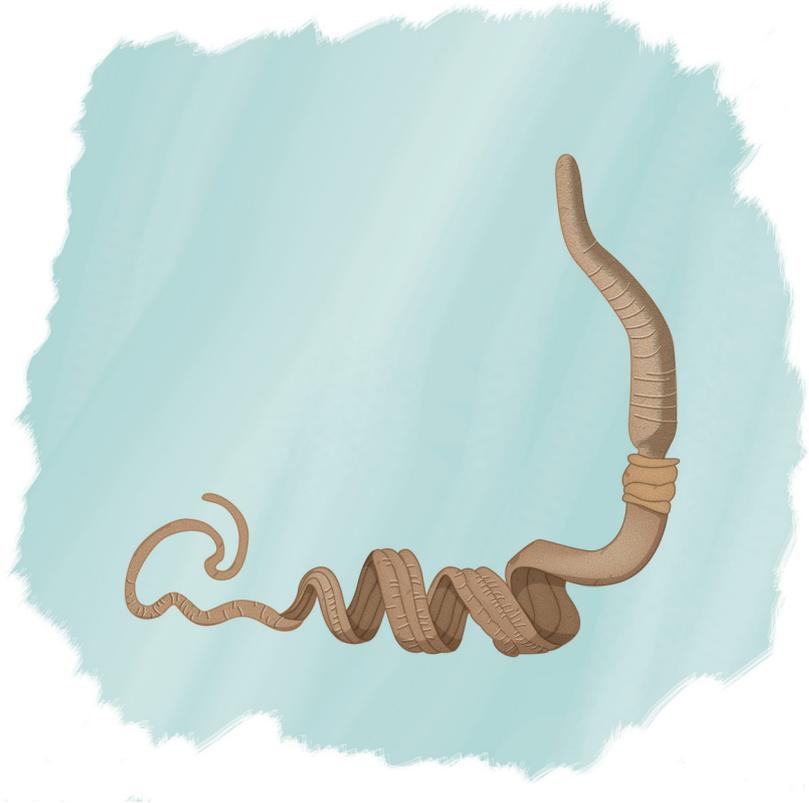
Resumo

Durante o desenvolvimento dos cordados, a fase de **nêurula** dos embriões exibe o mesmo padrão básico de organização, sendo possível identificar as seguintes características: a notocorda, o tubo nervoso dorsal, as fendas branquiais e uma cauda pós-anal. Com relação à cavidade do corpo, os cordados são enterocelomados e quanto à origem e formação do tubo digestivo embrionário, são deuterostômios, ou seja, o blastóporo torna-se o ânus e a boca é uma abertura secundária. Os cordados invertebrados reúnem dois grupos de animais marinhos, os cefalocordados e os urocordados. Os hemicordados também são marinhos e possuem uma estrutura análoga à notocorda. Os cordados vertebrados são os animais mais familiares, como peixes, rãs, jacarés, pardais e macacos. Desde os peixes sem mandíbulas até os homínídeos, todos apresentam complexidades progressivamente mais elevadas, tanto na anatomia quanto no funcionamento de sistemas vitais. Independentemente dessas variações estruturais, o que deve ser evidenciado é que todos esses grupos encontram-se perfeitamente adaptados às condições abióticas dos *habitats* que ocupam, e, devido às suas estratégias de vida, estão mantendo populações que interagem com outras espécies animais, vegetais e de microorganismos, formando as comunidades biológicas que observamos hoje na biosfera.

Referências

- HILDEBRAND, M. **Análise da estrutura dos vertebrados**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 1995. 699 p.
- POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A vida dos vertebrados**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. 700 p.
- RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional evolutiva**. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005. 1145 p.

CAPÍTULO 2



Filo Hemicordados

Neste momento, vamos descrever as características dos hemicordados e identificar os hábitos de vida de duas classes: os animais solitários, como os enteropneustos, e as formas coloniais, como os pterobrânquios.

2.1 Plano corporal e diversidade

Os hemicordados são invertebrados marinhos coloniais ou solitários, vermiformes ou em forma de saco, mas com corpo dividido em três regiões: prossoma, mesossoma e metassoma. Cada uma dessas regiões possui cavidades enterocelomáticas. As duas classes são: i) os enteropneustos, que são cavadores detritívoros (Figura 2.1A e 2.1B); ii) os pterobrânquios coloniais, em que cada indivíduo possui um prolongamento mesocélico, como braços e tentáculos, para a filtração de alimento na água do mar (Figura 2.2 A-D). São conhecidas cerca de 85 espécies de hemicordados marinhos, a maioria bentônicas e pertencentes aos enteropneustos.

2.2 Organização dos sistemas vitais

Os hemicordados não são considerados cordados verdadeiros, pois, apesar de possuírem fendas branquiais ciliadas, a maioria apresenta uma corda nervosa dorsal oca, a qual, como demonstrado por pesquisadores, não é homóloga à **notocorda** dos vertebrados. A sua origem é a partir de uma invaginação do tubo digestivo anterior, chamado **divertículo bucal**, por isso, trata-se de uma **estomocorda**, e não **notocorda**. A anatomia geral do grupo está apresentada na Figura 2.1 e na Figura 2.2. As particularidades do grupo são as trocas gasosas através de fendas ou poros e um glomérulo como órgão excretor. Nos pterobrânquios, os braços com tentáculos têm estrutura similar ao lofóforo, pois é derivado da protocele.

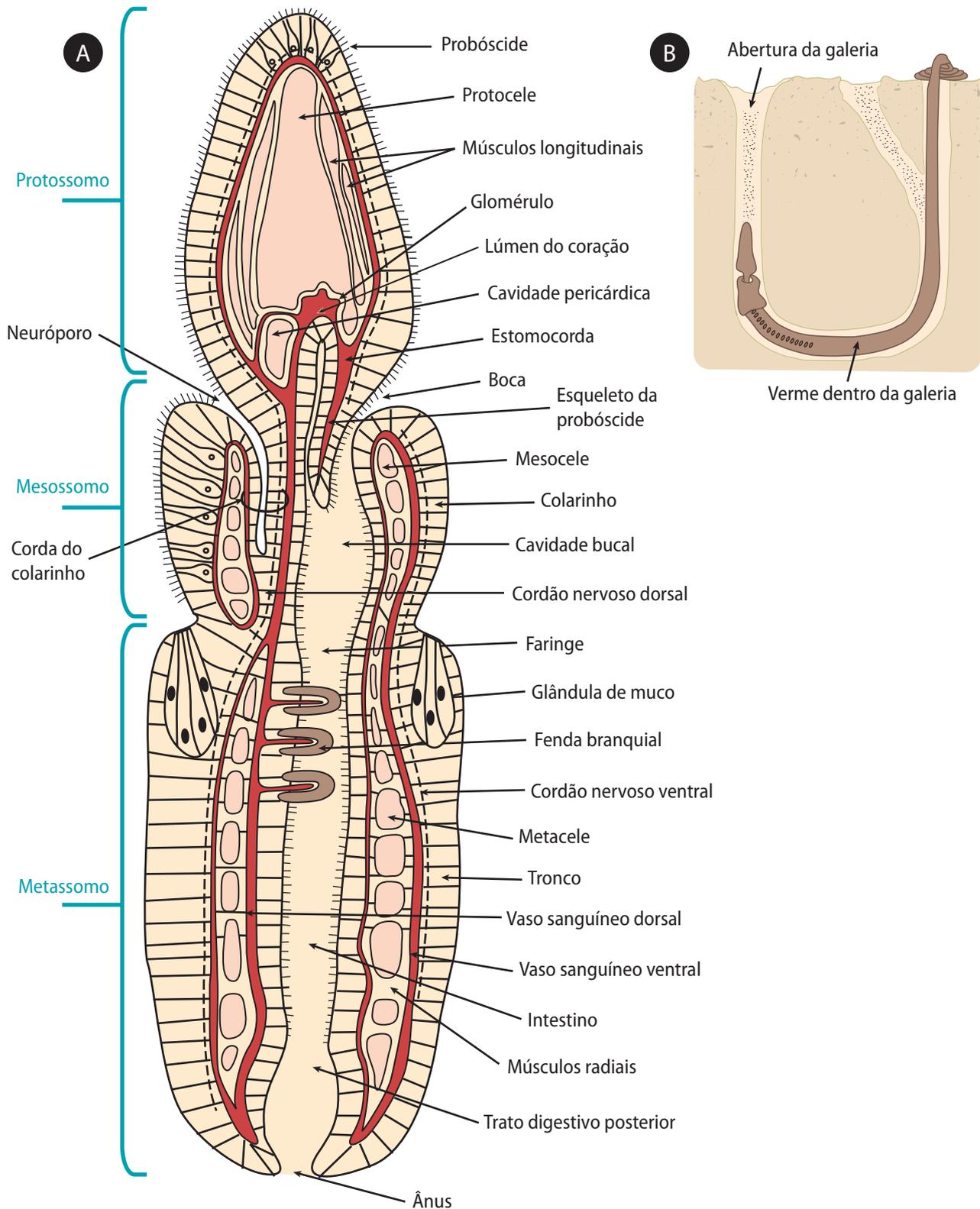


Figura 2.1- Figuras esquemáticas de um verme enteropneusto. (A) Descrição anatômica das regiões do corpo. (B) Na galeria construída na região entremarés de praias arenosas. (Adaptado de: RUPPERT et al., 2005).

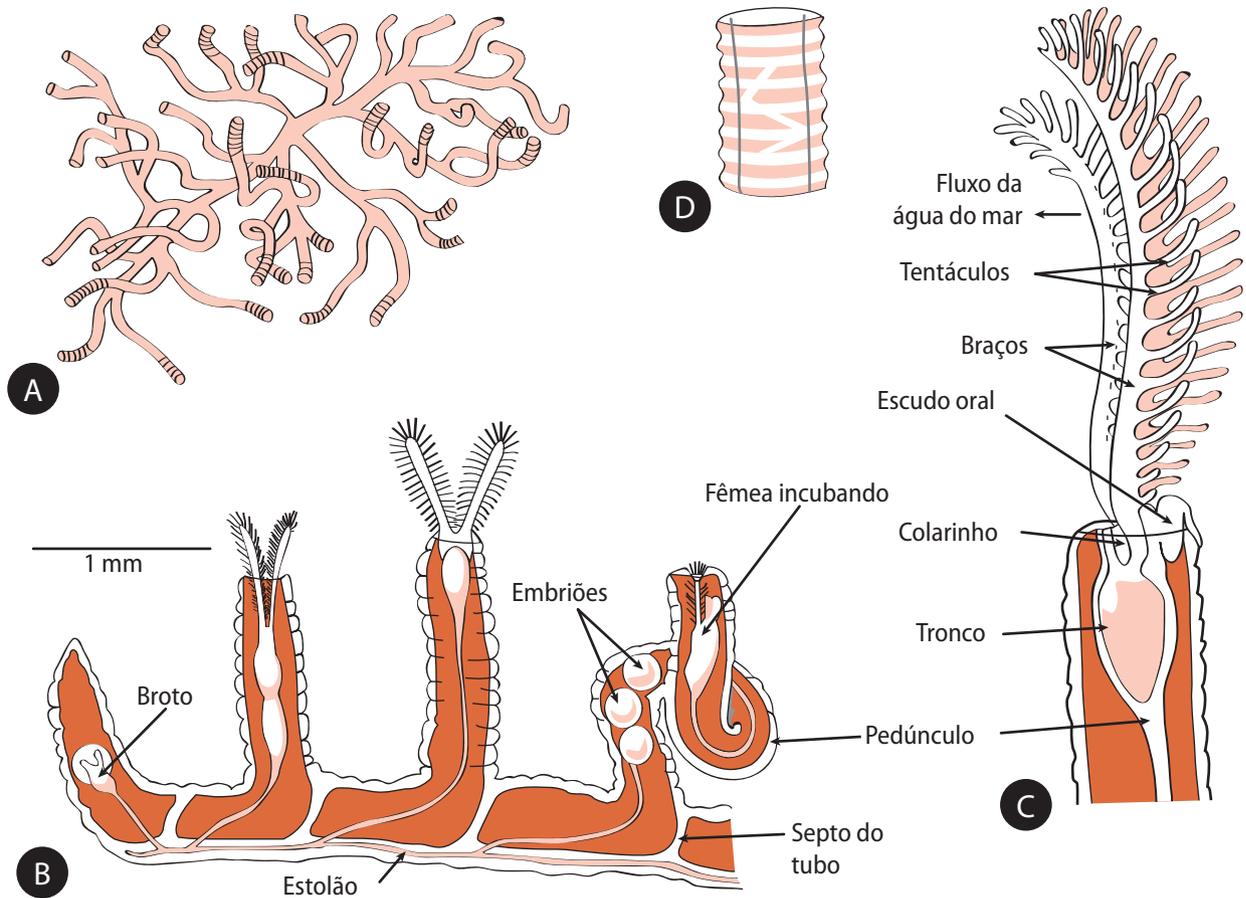


Figura 2.2- Figuras esquemáticas de pterobrânquios. (A) Vista da formação de tubos interligados de uma colônia. (B) Detalhe de uma extremidade da colônia com alguns zooides. (C) Anatomia de um zoide. (D) Detalhe do tubo. (Adaptado de: RUPPERT, et al., 2005).

2.3 Ciclos de vida

Os sexos são separados com fecundação externa e o grupo não apresenta dimorfismo sexual.

O ciclo de vida dos hemicordados apresenta desenvolvimento indireto, com formação de larva planctônica, chamada **tornaria**.

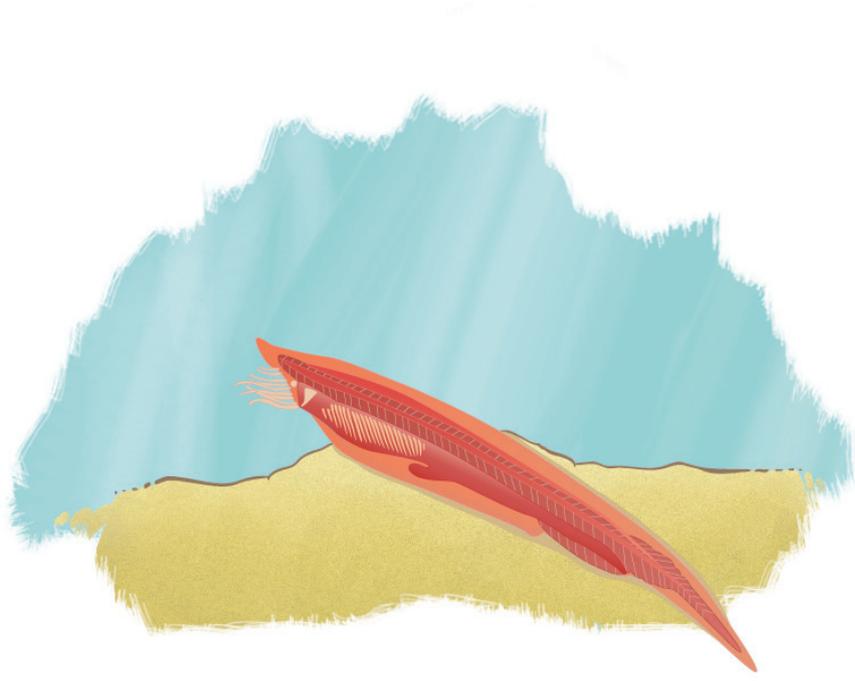
Resumo

Os hemicordados não são verdadeiros cordados devido à origem embriológica diferenciada da notocorda. São invertebrados marinhos, coloniais ou solitários, vermiformes ou em forma de saco, mas com corpo dividido em três regiões: prossoma, mesossoma e metassoma. Hemicordados são bentônicos de fundos marinhos inconsolidados, detritívoros e filtradores.

Referências

- BARNES, R. S. K.; CALOW, P.; OLIVE, P. J. W. **Os invertebrados: uma nova síntese**. São Paulo: Atheneu, 1995. 526 p.
- RIBEIRO-COSTA, C. S.; ROCHA, R. M. (Coord.). **Invertebrados: manual de aulas práticas**. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2006. 271 p.
- RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional evolutiva**. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005. 1145 p.

CAPÍTULO 3



Filo Cordados - Subfilos Cefalocordados e Urocordados

Neste capítulo, vamos observar as principais diferenças estruturais entre cefalocordados e urocordados. Ao final da disciplina, você deverá ser capaz de identificar um cefalocordado ou anfioxo; você também deverá ser capaz de identificar uma ascídia adulta e reconhecer que a notocorda só está presente nas suas fases larvais.

3.1 Os cefalocordados ou anfioxos

Os anfioxos são organismos semelhantes a peixes, de tamanho menor do que 10 cm e que habitam os sedimentos de fundo do mar, ou seja, são bentônicos. São cerca de 30 espécies que habitam os fundos moles de mares rasos tropicais em todo o mundo. São muito comuns em alguns locais da Baía Norte da Ilha de Santa Catarina, onde podem formar populações muito densas. Os anfioxos são sedentários bentônicos, mas fazem movimentos ondulatórios, provavelmente para manter o corpo enterrado no fundo marinho arenoso. Para coleta de alimentos, projetam a cabeça para fora do sedimento e filtram material orgânico em suspensão através de uma rede de cirros orais, ou seja, são animais filtradores.

Os detalhes da anatomia geral em vista lateral, em corte transversal e da parede do corpo estão ilustrados na Figura 3.1 A-D. Uma questão importante da anatomia desses animais é a presença de uma cavidade ou átrio que se inicia na boca e que segue ocupando boa parte do corpo. Dentro desse átrio ocorre outra cavidade; estas cavidades se ligam através de fendas em uma região chamada de faringe. O alimento mais a água do mar entram pela boca, e as partículas de materiais orgânicos seguem um caminho dorsal no átrio, auxiliados por material mucoso e dirigidos por movimentos ciliares, que levam ao estômago, intestino e ânus. A água que entra atravessa as fendas branquiais, onde ocorrem as trocas gasosas, e segue até ser expelida através de um atrióporo (Figura 3.1). Também é importante a cauda pós-anal e que está relacionada à movi-

mentação ondulatória (relembrando: o ânus dos anelídeos situa-se na extremidade posterior, ou seja, o tubo digestivo percorre toda a longitude do corpo).

Os anfióxos são dioicos e a fecundação é externa, após a liberação de gametas masculinos e femininos através do atrióporo, há a formação de uma larva planctônica ciliada com forma de girino.

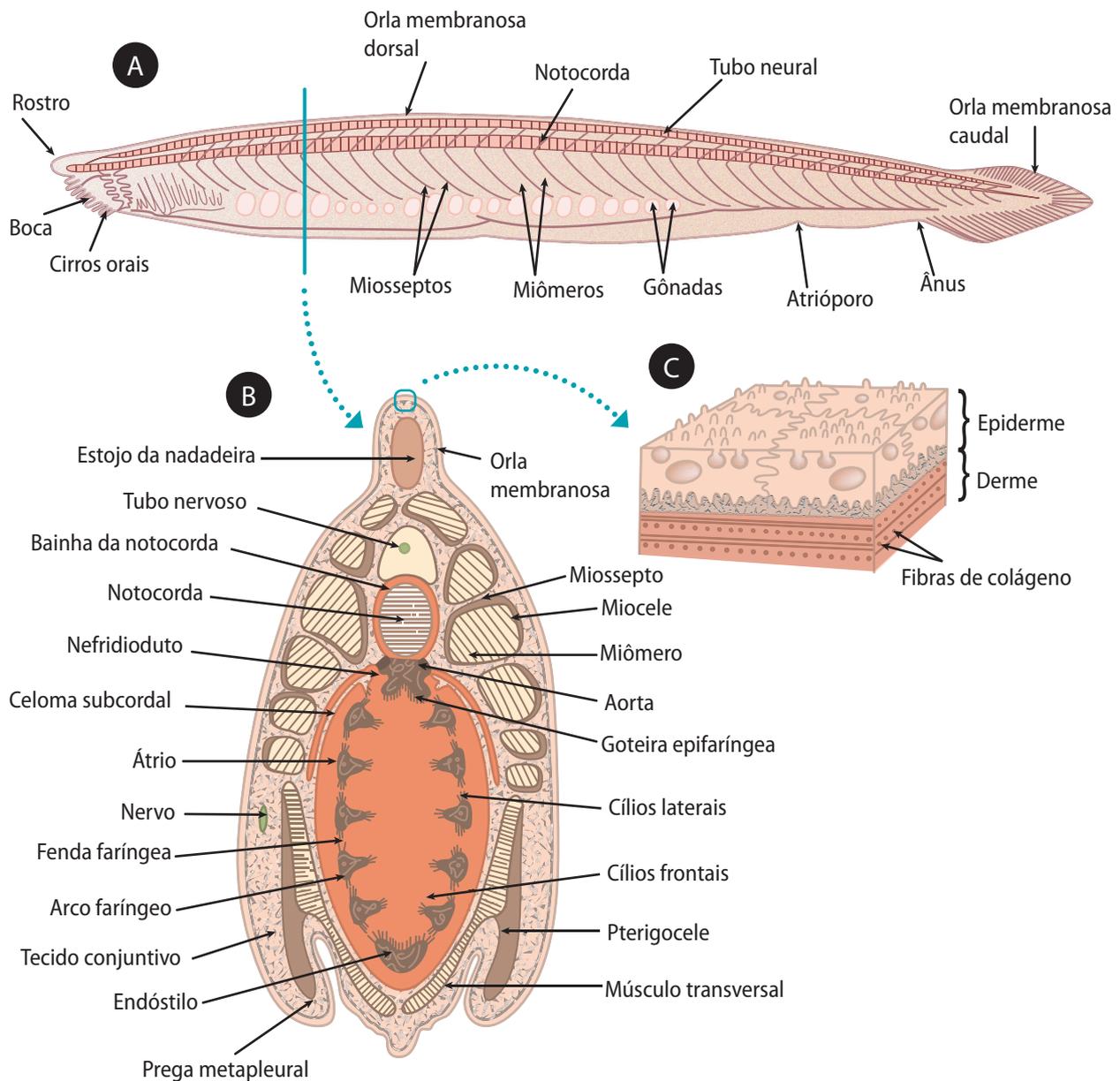


Figura 3.1 - Esquema de anfióxos. (A) Vista lateral do corpo. (B) Corte transversal do corpo. (C) Detalhe microscópico da parede do corpo. (Adaptado de: RUPPERT et al., 2005).

3.2 Os urocordados ou tunicados

O nome **tunicados** é devido à natureza do revestimento e da parede do corpo. Esses organismos também são conhecidos como ascídias, as quais constituem a classe com maior diversidade do grupo.

As ascídias são exclusivamente marinhas e com mais de 2.000 espécies, principalmente em mares rasos tropicais. São cordados curiosos, pois a notocorda ocorre apenas na fase larval, conhecida como larva girino. Essa larva é planctônica marinha e, quando se fixa em um substrato, perde a cauda com a notocorda, e seu corpo adulto transforma-se em uma estrutura como um vaso com duas aberturas superiores, uma para a água entrar e outra para a saída da água (Figura 3.2).

Esse formato é diversificado quanto às proporções de altura, textura e cores, mas sempre adaptado para o hábito sedentário; por isso são filtradoras de material orgânico em suspensão na água do mar. Podem ser ascídias solitárias ou coloniais, e nesse último caso os novos indivíduos surgem por reprodução assexuada, por brotamento, dando origem a milhares de novos zooides. As ascídias são hermafroditas (monoicas).

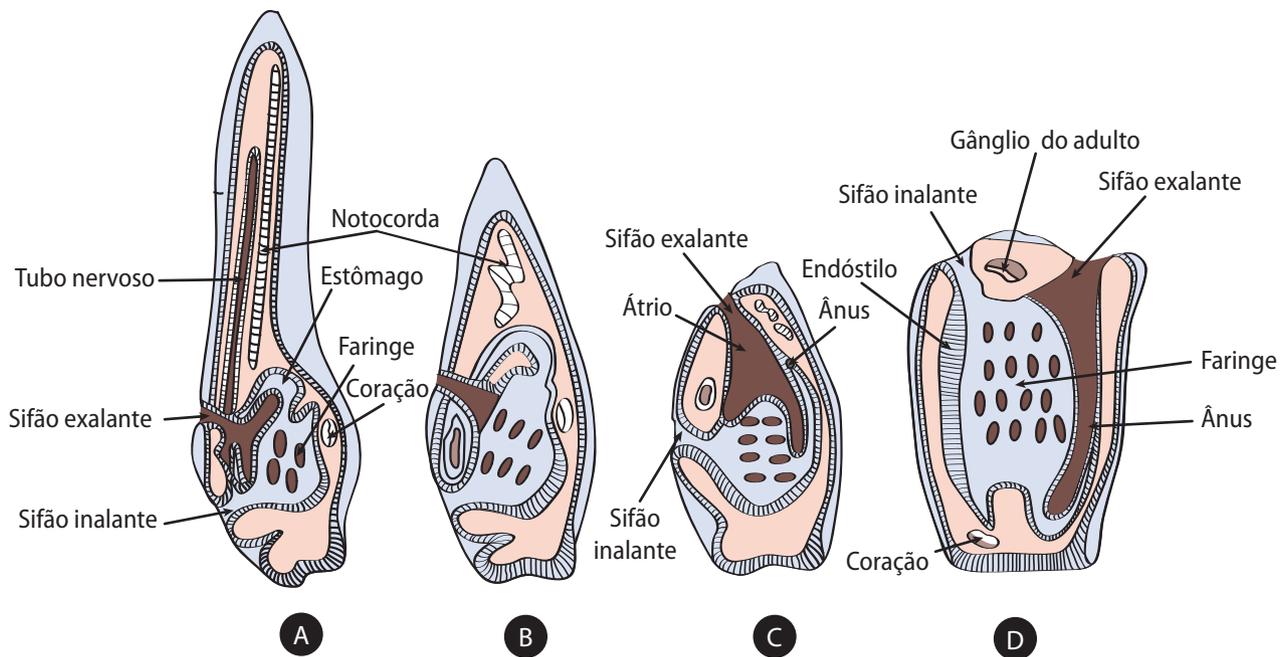


Figura 3.2 - Etapas do desenvolvimento das ascídias. (A) Vista lateral de todo o corpo da larva girino recém fixada ao substrato. (B - D) Etapas de transformação do corpo, com perda da cauda e da notocorda. (Adaptado de: RUPPERT et al., 2005).

Com relação ao funcionamento do organismo filtrador, a estrutura e os princípios são muito similares ao do anfioxo: a água entra pelo sifão inalante (“boca”) e a grande faringe faz as trocas gasosas e a filtragem do alimento. A água passa para o átrio e é expelida através do sifão exalante (Figura 3.3 A e B).

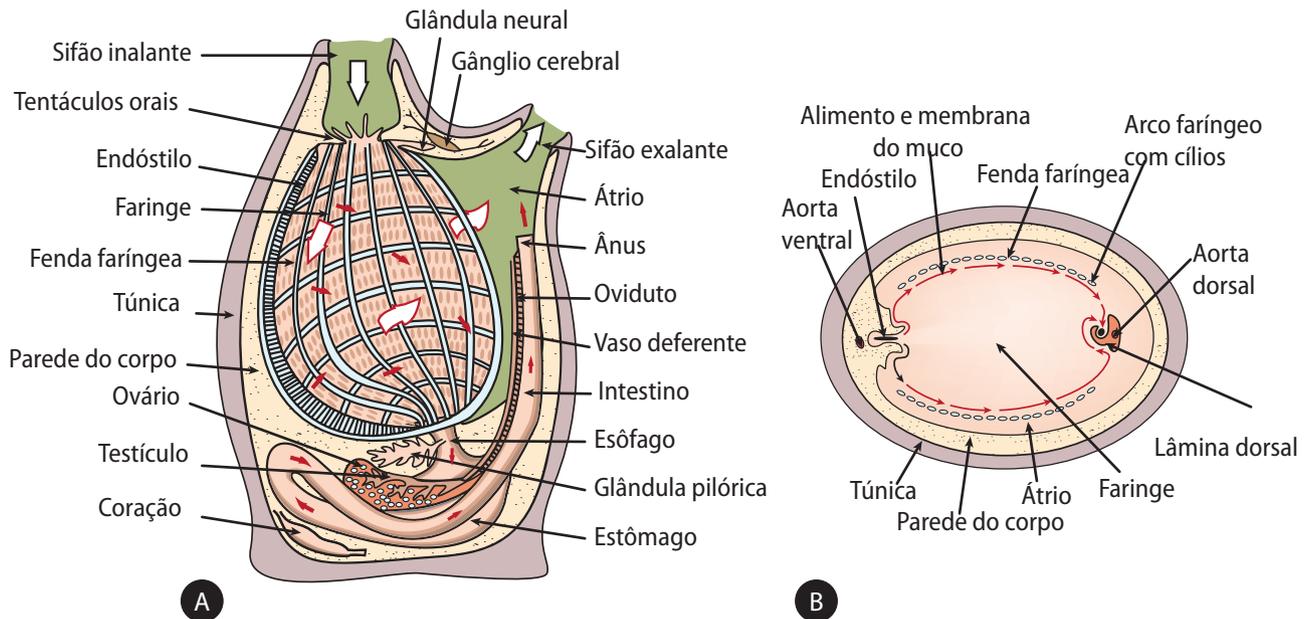


Figura 3.3 - Esquema de ascídias. (A) Vista lateral de todo o corpo com exposição da anatomia interna. (B) Corte transversal do corpo na altura da faringe. (Adaptado de: RUPPERT et al., 2005).

Resumo

Os adultos de cefalocordados ou anfioxos e as larvas dos urocordados possuem algumas similaridades anatômicas, pois parecem ser peixes. A notocorda é homóloga nos dois grupos. Possuem uma cavidade do corpo como um saco chamado átrio dentro da faringe. Essa estrutura recebe a água com alimento e processa as trocas gasosas e a seleção das partículas de alimentos. Os anfioxos são bentônicos de fundos marinhos inconsolidados e são detritívoros; os urocordados, como as familiares ascídias, ocupam substratos consolidados e são filtradores de suspensões da água do mar.

Referências

BARNES, R. S. K.; CALOW, P.; OLIVE, P. J. W. **Os invertebrados:** uma nova síntese. São Paulo: Atheneu, 1995. 526 p.

RIBEIRO-COSTA, C. S.; ROCHA, R. M. (Coord.). **Invertebrados:** manual de aulas práticas. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2006. 271 p.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados:** uma abordagem funcional evolutiva. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005. 1145 p.

CAPÍTULO 4



Filo Cordados - Subfilo Vertebrados

Você já parou para pensar na diversidade dos animais vertebrados? E que, apesar dessa grande diferença entre os grupos, todos eles encontram-se extremamente adaptados aos ambientes que habitam? Agora vamos identificar os diversos agrupamentos de vertebrados modernos e discorrer sobre o sucesso ecológico na biosfera. Também iremos reconhecer as principais etapas da história evolutiva dos vertebrados e descrever algumas características embriológicas e anatômicas que distinguem as classes.

4.1 Introdução

Os vertebrados modernos são animais muito familiares para nós, como as carpas, os sapos, as corruíras, os lagartos e as vacas. São animais que dominam as paisagens naturais devido aos seus eficientes movimentos e suas belíssimas cores. Os vertebrados são sempre consumidores nos ecossistemas e podem ser desde importantes herbívoros, como as manadas de zebras e gnus na África, capivaras e veados nas Américas, a carnívoros que ocupam o alto das pirâmides alimentares, como os tubarões e as onças.

Os vertebrados são os animais que possuem um esqueleto interno de base cartilaginosa e óssea, e as partes principais são a coluna dorsal composta de vértebras e um crânio ósseo. A coluna dá a sustentação ao corpo, e o crânio protege o cérebro, que é o centro nervoso do animal. Nos vertebrados, observa-se um aumento do volume cerebral com a presença de um cerebelo, um teto ótico e um bulbo; com isso ganharam um grande aperfeiçoamento dos mecanismos sensoriais para perceber o ambiente com alta precisão (visão, olfato e audição). Nos mamíferos, particularmente no caso dos primatas, o volume do cérebro aumentou muito à medida que a evolução levou ao desenvolvimento das capacidades intelectuais. Evidentemente, ao longo da evolução dos vertebrados, também ocorreram especializações dos processos fisiológicos, reprodutivos e comportamentais.

4.2 Evolução dos vertebrados

A partir do primeiro registro fóssil de um “peixinho” dos mares cambrianos, a *Pikaia* (Figura 1.1), um possível cefalocordado ancestral, a evolução dos vertebrados levou aos peixes **conodontes**.

Outro grupo de animais abundantes nos mares do Ordoviciano, há quase 500 milhões de anos, foram os ostracodermos (Figura 4.1). Esses animais iniciaram a longa jornada evolutiva dos vertebrados e, em geral, não ultrapassavam 4 cm de comprimento.

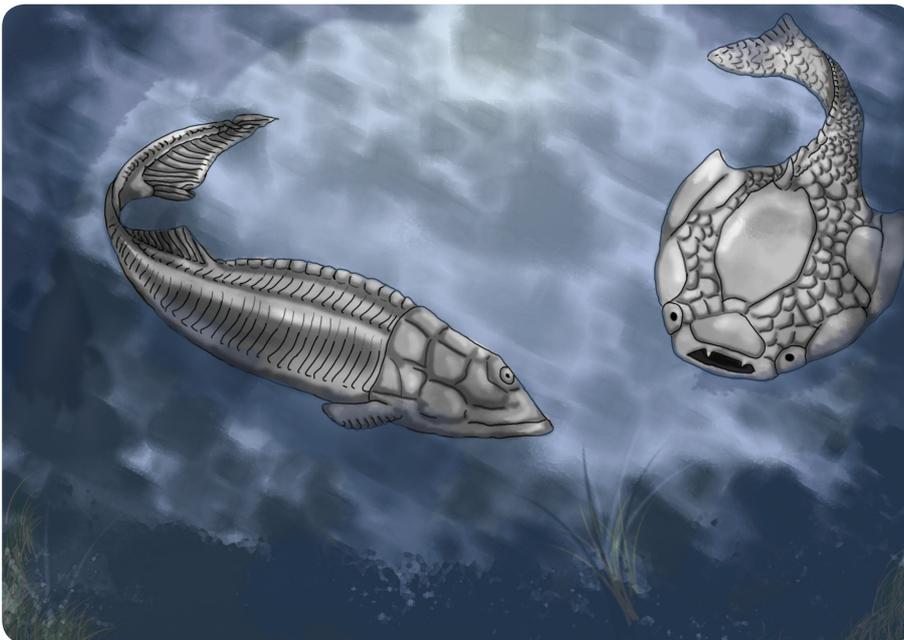


Figura 4.1- Desenhos esquemáticos dos peixes primitivos, os agnatos ostracodermos, conhecidos apenas como fósseis.

Juntamente com os demais filos de animais invertebrados que coexistiam nos paleoecossistemas, sua história evolutiva na biosfera terrestre não foi contínua. Houve interrupções, as chamadas **extinções em massa**, que foram processos de perda de biodiversidade por vários motivos cataclísmicos, como vulcanismos e choques de asteroides na crosta terrestre.

Essas extinções ocorreram por causa de catástrofes climáticas, geológicas e astronômicas de escala global. Mas sempre se mantiveram vivas pequenas quantidades de espécies que devem ser consideradas estoques genéticos de fauna e flora e micro-organismos

Conodontes

Os conodontes formaram um grupo de animais abundantes nos mares do Ordoviciano, há quase 500 milhões de anos. Em geral, esses animais não ultrapassavam 4 cm de comprimento e eram similares às lampreias (Figura 5.1).

Foram cinco as grandes extinções em massa:

- i) **Ordoviciano-Siluriano**, há 438 milhões de anos;
- ii) **Devoniano**, há 387 milhões de anos;
- iii) **Permiano-Triássico**, há 248 milhões de anos;
- iv) **Triássico-Jurássico**, há 208 milhões de anos;
- v) **ao final do Cretáceo**, há 65 milhões de anos, a extinção dos dinossauros (Figura 4.2).

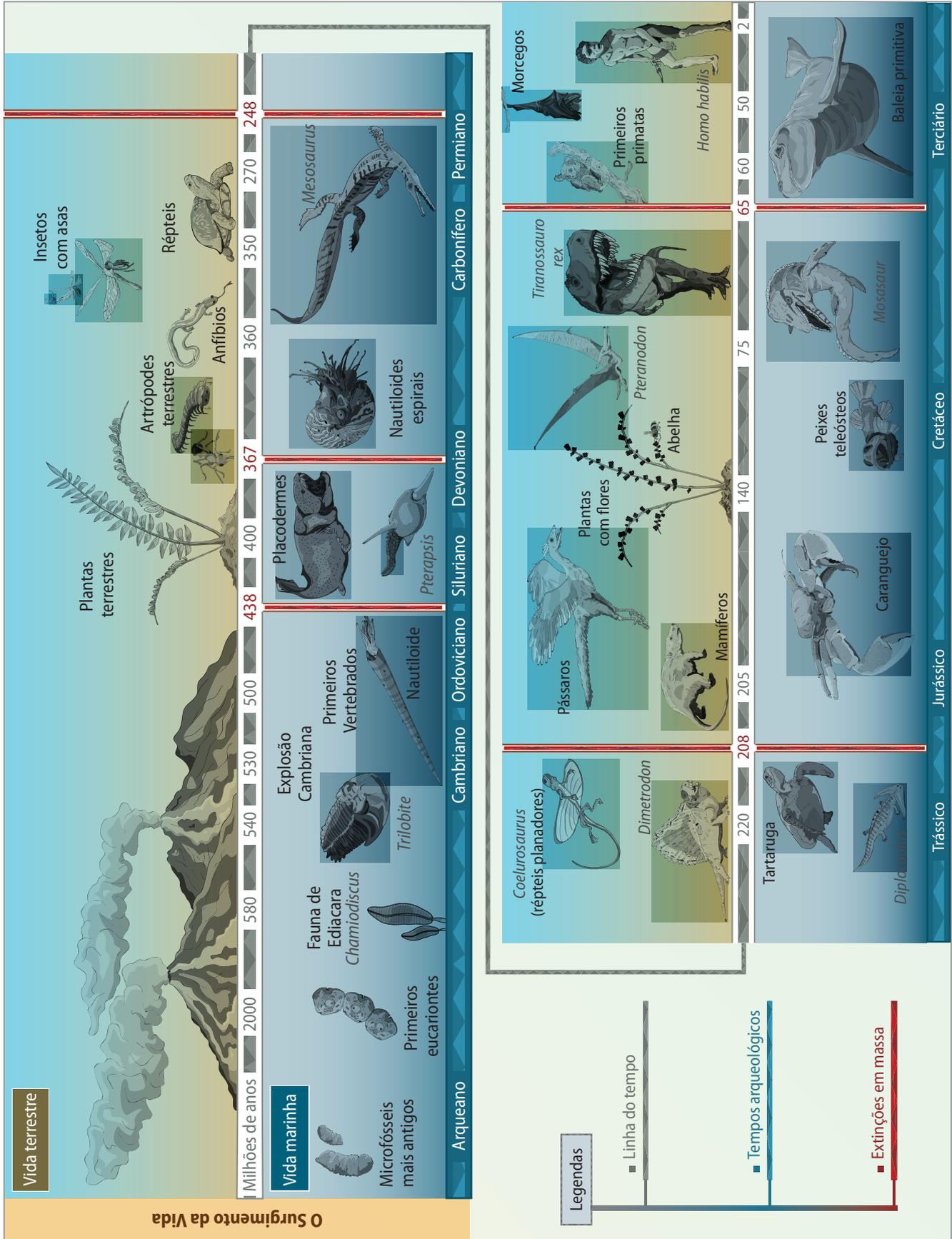
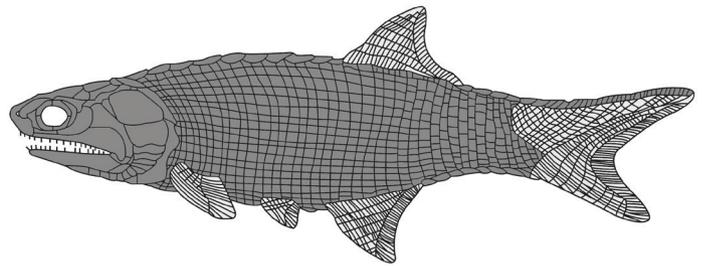


Figura 4.2 - Linha do tempo geológica com episódios evolutivos e de extinção em massa.

que promoveram o seguimento do caminho de diversificação biológica, até chegar aos ecossistemas dos tempos modernos. A história evolutiva dos vertebrados é relativamente bem sustentada devido a um registro fóssil muito rico, e que continua rendendo troféus aos pesquisadores zoológicos e paleontólogos que os encontram. É possível traçar os passos da diferenciação das classes de vertebrados a partir de peixes primitivos, e que culminou com a dominação dos mamíferos nas paisagens terrestres atuais. É necessário enfatizar que há alguns “elos perdidos”, ou seja, espécies de fósseis que relacionam as grandes linhagens de vertebrados. Por exemplo, as feiticieras e os peixes-bruxa, da classe dos agnatos modernos (Figura 4.5), não têm relação de parentesco direta com os ostracodermos do Ordoviciano. Ainda não foi encontrado o fóssil considerado “elo perdido” entre os dois grupos. O que chama a atenção nesses peixes primitivos, como os agnatos ostracodermos, é que havia um exoesqueleto formado de ossos dérmicos e já havia evidências da formação do endoesqueleto a partir de tecidos cartilagosos (Figura 4.3).

Para a análise da evolução a partir de peixes ancestrais (Figura 4.7), o cenário ambiental que deve ser imaginado são as margens de regiões alagadas, provavelmente estuários tropicais e com muita vegetação. A vida anfíbia deve ter surgido como alternativa para buscar recursos além dos limites do meio aquático, e foi o primeiro passo para a conquista dos ecossistemas terrestres. A saída do meio aquático também pode ter sido consequência de crises ambientais, como secas prolongadas que teriam obrigado os vertebrados aquáticos a explorar novos nichos ecológicos, e o que havia eram os espaços emersos, ou terrestres. Dois temas da biologia dos ancestrais vertebrados são cruciais nesse ponto: a origem da mandíbula com surgimento do grande grupo dos gnatostomados (boca com mandíbula) (Figura 4.4) e a questão da reprodução devido ao fato de que os anfíbios ainda mantêm um vínculo forte com o meio aquático para liberação e desenvolvimento de seus juvenis. Esses

O esqueleto dérmico ou exoesqueleto



O esqueleto endodérmico ou endoesqueleto

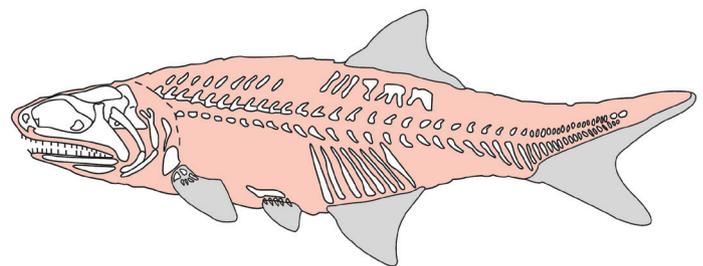
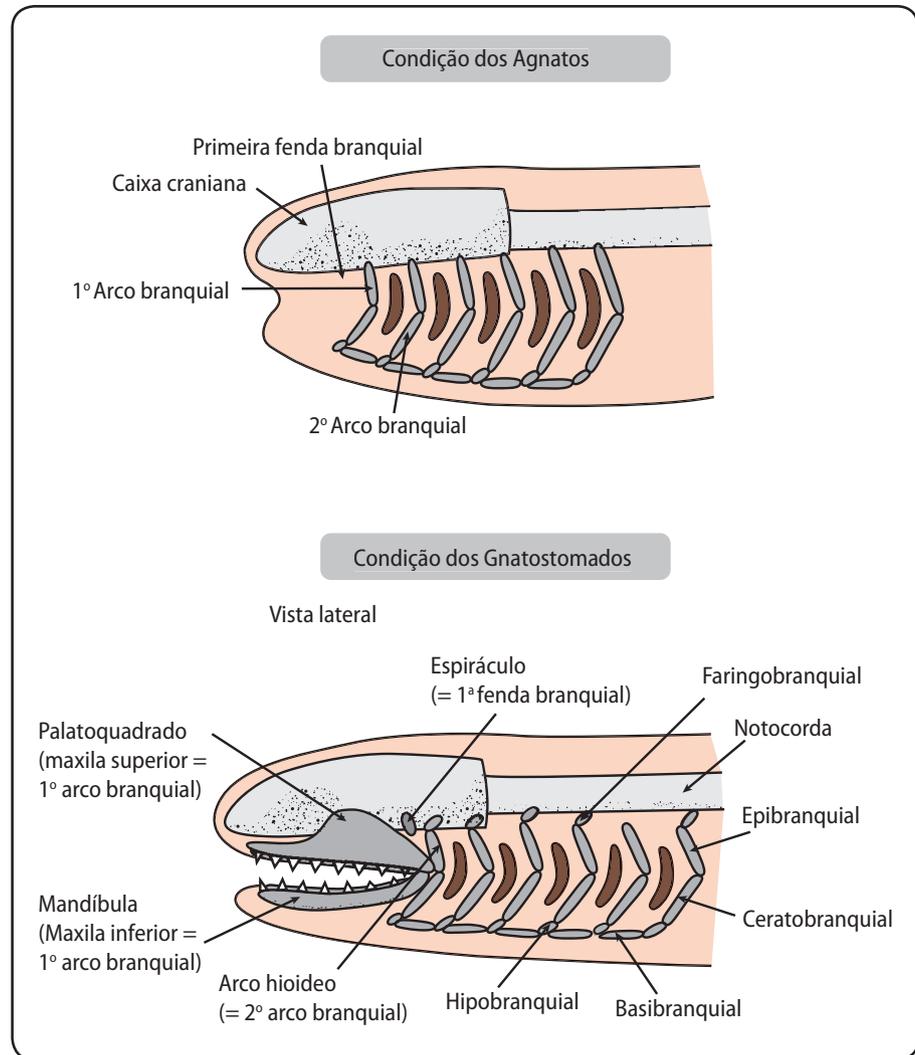


Figura 4.3 - Desenhos esquemáticos que mostram os esqueletos dos peixes primitivos. (Adaptado de: POUGH et al., 2003. p. 30)

Figura 4.4 - Desenhos esquemáticos que mostram a transformação da boca dos peixes agnatos para a boca com mandíbula dos gnatostomados. (Adaptado de: POUGH et al., 2003, p. 66).



passos evolutivos que ocorreram na história dos vertebrados permitiram a evolução de animais maiores e cada vez mais adaptados às condições ambientais da Terra.

4.3 Principais modificações estruturais

Tradicionalmente, usa-se iniciar o estudo dos vertebrados através de um grupo de peixes que ainda tem representantes vivos, mas que carregam uma característica dos seus prováveis ancestrais, que é a ausência da mandíbula na boca (agnatos). São os peixes-bruxa ou lampreias, chamados de **ciclóstomos** ou **clicotomados**, pois sua boca é circular, com dentes dispostos em círculo como uma ventosa (Figura 4.5). As lampreias formam uma classe dos

vertebrados e são peixes que não mordem, como é muito comum no processo de alimentação de praticamente todos os demais vertebrados. Os peixes ciclóstomos são considerados primitivos, pois há fósseis de peixes muito antigos, como os ostracodermos, que apresentavam esse tipo de formação da região bucal.

Desses peixes agnatos devem ter surgido os primeiros com mandíbulas que ainda eram peixes placodermos (Figura 4.3), isto é, com escudo ósseo, dividido em porção cefálica e corpo. As mandíbulas, que surgiram primeiro nos acantódios (peixes já extintos, com espinhos robustos, situados na frente das nadadeiras), são os ossos que originariamente faziam parte dos suportes ou arcos das fendas branquiais (Figura 4.4). O novo modelo anatômico de aparato bucal “mordedor”, que representou um avanço para as estratégias de alimentação, está presente nos demais vertebrados, desde os herbívoros mais especializados até os maiores predadores. Aqui é necessário falar dos dentes, pois eles desempenharam e desempenham o papel mais importante, que é cortar e triturar os alimentos que os vertebrados ingerem. Os dentes são derivados epidérmicos que se especializaram juntamente com o surgimento da mandíbula e são muito variáveis nos grupos modernos. As bordas serrilhadas das mandíbulas dos gnatostômios ancestrais devem ter gerado séries de cones individuais, chamados conodontes. Lampreias possuem dentes córneos dispostos em círculos; tubarões possuem fileiras de dentes acrodontes, que são substituídos ao longo do tempo por causa do desgaste. Alguns actinoptérgios e anfíbios possuem dentes pedicelados (quando a coroa e a base são compostas de dentina). Os mamíferos e alguns répteis possuem os dentes tipo tecodonte, com raízes verdadeiras e colocados em alvéolos na mandíbula.

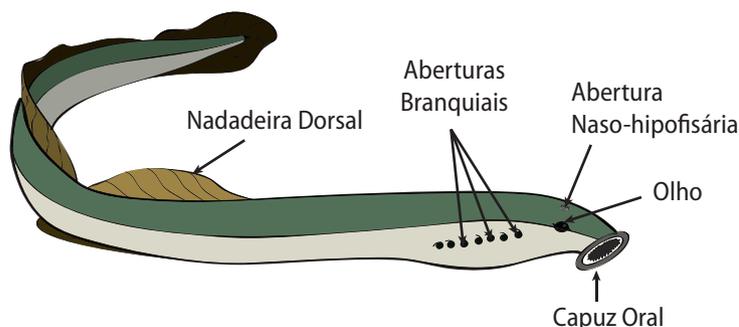


Figura 4.5 - Peixes agnatos: vista geral da lampreia com a boca circular. (Adaptado de: POUGH et al., 2003. p. 56).

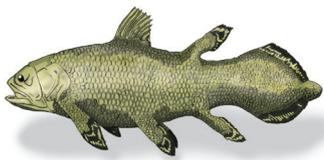


Figura 4.6 - O peixe sarcopterígeo celacanto, um fóssil vivo; note que a base das nadadeiras são lobadas.

Em paralelo na história evolutiva dos vertebrados ocorriam as transformações do esqueleto axial ou coluna vertebral e formação dos apêndices pares. A evolução dos apêndices pares de locomoção dos tetrápodes é produto da elaboração complexa de sistemas musculares e ósseos, inicialmente com as cinturas peitorais dos primeiros peixes ósseos. Possivelmente, os peixes que evoluíram nos períodos de estiagem prolongadas usavam as nadadeiras para rastejar de uma poça a outra. Essas nadadeiras eram fortes e lobadas, e alguns raios de nadadeiras formaram os ossos. Não importam os detalhes anatômicos, o que realmente deve ser enaltecido é que essas etapas são bem conhecidas do registro fóssil e inclusive com um fóssil vivo, o **celacanto** (Figura 4.6). Na década de 80 do século passado, foi capturado um peixe no Oceano Índico e que representa a maior surpresa dos fósseis vivos. Esse peixe, chamado celacanto, apresenta lobos carnosos nas nadadeiras, que são evidências da ancestralidade dos membros pares responsáveis pela locomoção de todos os tetrápodos modernos (Figura 4.7).

A cintura pélvica tem uma estrutura uniforme nos vários grupos de tetrápodes. Mas, a respeito da possibilidade de caminhar que os apêndices pares forneceram, vale chamar a atenção para dois modelos que ainda são observados hoje: i) modelo com patas laterais ao corpo, como nos crocodilianos, que fornece base para caminhar, mas com mais esforço do animal; ii) modelo com patas sob o corpo, como nos lagartos, que fornece sustentação e menos esforço para caminhar.

A partir do momento em que o modelo de locomoção tetrápode surgiu, o sucesso para colonizar o meio terrestre foi grande, e a melhor forma de se locomover levou a uma radiação adaptativa explosiva! Foi tamanho o sucesso ecológico, que eles conseguiram, mais adiante na evolução, levantar voo, ou seja, ocupar o espaço aéreo dos ecossistemas, como no grupo das aves. Em outros grupos, o grande sucesso os fez retornarem ao mar, onde estão extraordinariamente bem adaptados, como as baleias.

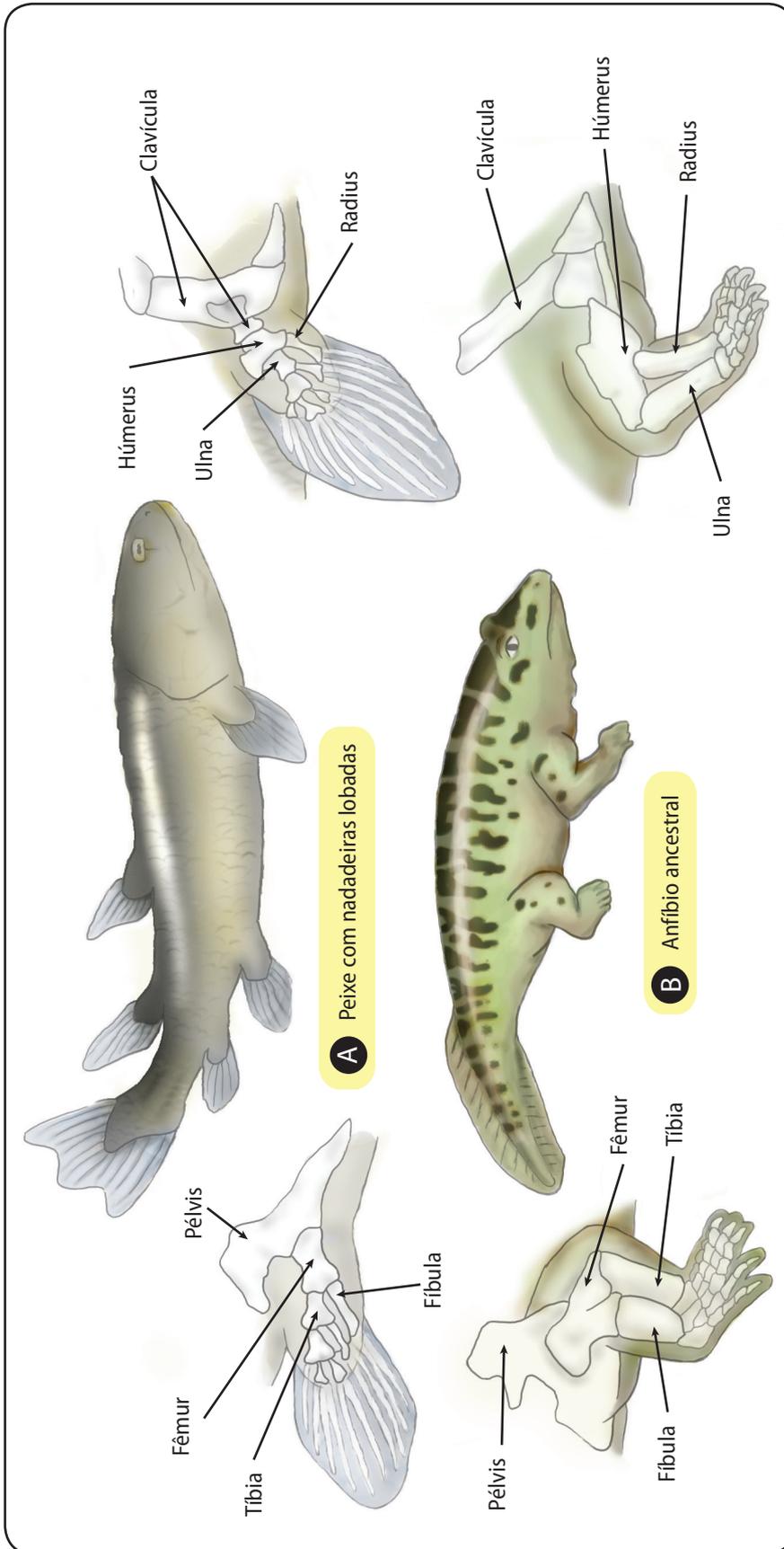


Figura 4.7 - O peixe fóssil sarcopterígeo (A) deve ser o ancestral dos primeiros tetrápodes que foram espécies extintas do grupo dos anfíbios (B). Nas figuras estão mostrados esquemas das estruturas ósseas dos apêndices e que são homólogas nos dois grupos.

4.4 O meio terrestre e a reprodução

Os peixes liberam seus gametas na água, onde ocorre a fecundação e o desenvolvimento dos embriões no próprio ambiente. Os anfíbios modernos ainda necessitam muito do meio aquático para completar seu ciclo de vida. Eles liberam os ovos na água, com envoltórios gelatinosos nas margens de rios e lagos; os seus embriões são desprovidos da proteção das membranas, ou seja, não apresentam anexos embrionários, que são âmnio, córion e alantoide (Figura 4.8), dos demais tetrápodes. Essas membranas originam a casca dura, contra a desidratação que pode acontecer no meio terrestre. Por isso, peixes e anfíbios são classificados como **não amniotas**. Os embriões de anfíbios iniciam seu desenvolvimento na água e posteriormente migram para o meio terrestre. Os répteis crocilianos e as tartarugas, apesar de viverem em muito contato com meios aquáticos, são ovíparos. Os ovos, ainda nos ovidutos, serão providos de membranas adicionais, que secretam a casca que se forma lentamente com deposição dos cristais de cálcio; posteriormente, depositam seus ovos em terra, e o revestimento protege os embriões contra a desidratação.

As membranas que envolvem o embrião são as seguintes: i) o âmnio envolve o embrião dentro de uma cavidade amniótica; ii) a camada córion é a mais externa e juntamente com a camada alantoide forma a cavidade corioalantoideana, que envolve embrião e o vitelo. Em répteis, aves e mamíferos, o ovo possui a água e os nutrientes que são necessários para o desenvolvimento do embrião.

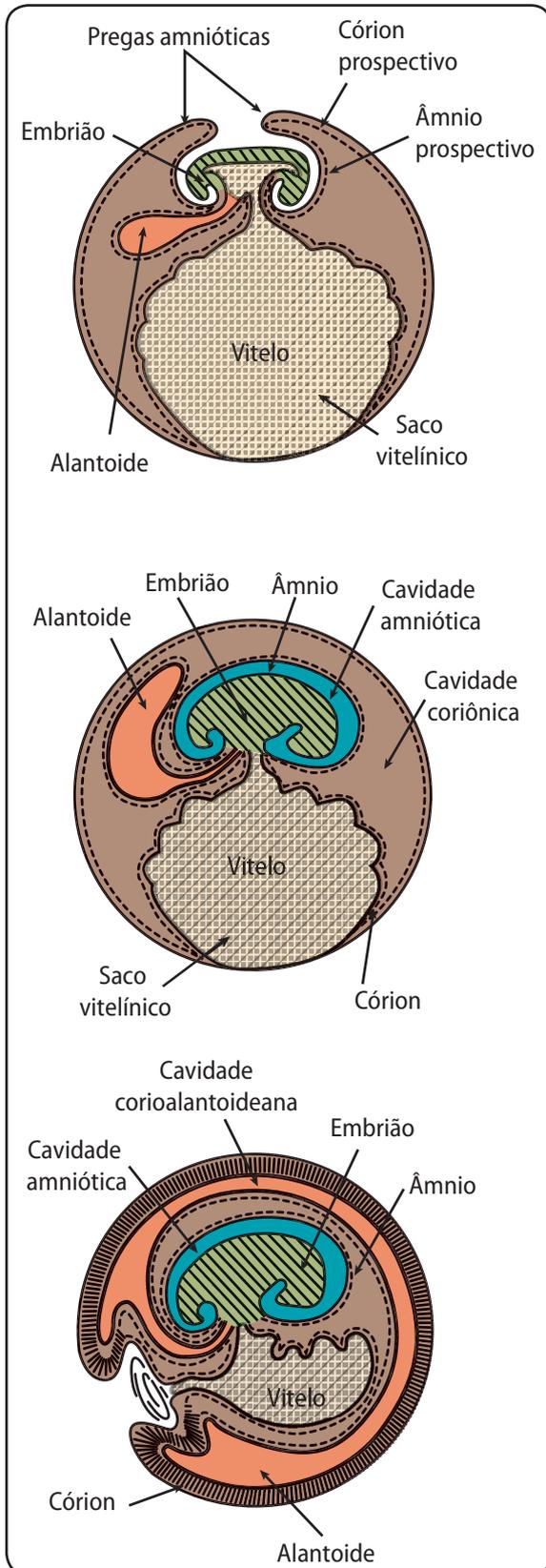


Figura 4.8 - Etapas distintas com estágios progressivos de desenvolvimento do ovo amniótico. (Adaptado de: POUGH, et al., 2003. p. 213).

Considerações finais

Analisando a história fóssil dos vertebrados, o que chama mais a atenção foi a existência dos dinossauros, que dominaram a paisagem pré-histórica por cerca de 150 milhões de anos (Figura 4.9). Os esqueletos compostos de ossos gigantes dos halossauros ou dos tiranossauros são a evidência de que os ecossistemas terrestres já foram relativamente diferentes daqueles que observamos hoje. Nos oceanos também havia formas gigantes de dinossauros aquáticos, assim como formas gigantes de alguns artrópodos. Durante os últimos 600 milhões de anos da Terra, os processos de extinção em massa foram responsáveis por vários episódios de perda de biodiversidade, e os dinossauros desapareceram em um desses episódios.

Provavelmente, a queda de um asteroide mudou as condições ambientais gerais na biosfera, levando à morte aquelas espécies que não tinham recursos para sobreviver, e os dinossauros, com seus gigantes requerimentos ambientais, sucumbiram.

O fim da idade dos dinossauros foi cerca de 65 milhões de anos atrás e, depois disso, a evolução permitiu a continuidade de quase todos os grupos animais, e as aves são os atuais descendentes dos verdadeiros dinossauros. Provavelmente devido à possibilidade do voo, as aves atingiram o grande sucesso ecológico que demonstram até hoje. A grande novidade é que a paisagem, antes dominada pelos dinossauros, após a catástrofe permitiu a diversificação e dominação dos mamíferos. Mamíferos e aves, juntamente com os insetos, foram os grupos que melhor se associaram às plantas com flores que também surgiram e ganharam força para diversificação e dominação das paisagens terrestres (vale lembrar que, em boa parte da vida dos dinossauros, as florestas eram dominadas por plantas coníferas e pteridófitas, que eventualmente eram menos palatáveis por causa das resinas). Da interação ecológica entre animais e plantas com flores, surgiram os ecossistemas florestais tro-

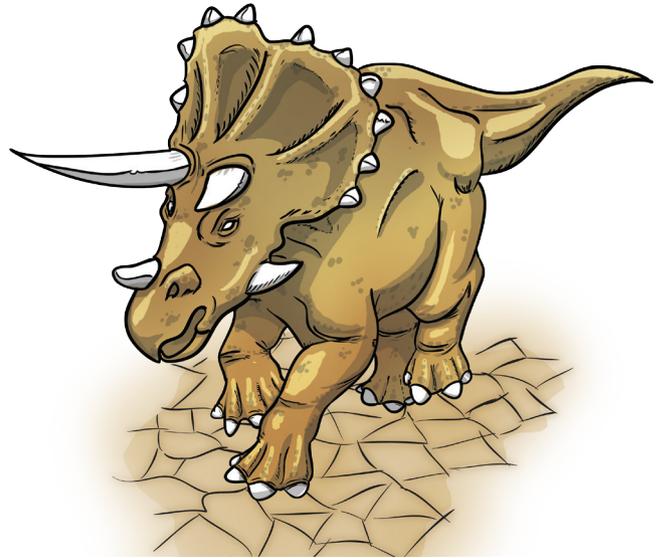


Figura 4.9 - Os dinossauros foram os maiores vertebrados terrestres de todos os tempos e dominaram as paisagens durante milhões de anos na Era Mesozoica.

picais cada vez mais complexos, pois as flores e os frutos tornaram-se alimentos progressivamente mais interessantes. Nesse mesmo raciocínio, o pólen e as sementes que estão juntos nessas dietas são dispersos para novas áreas geográficas, mostrando assim como a interação estava fadada ao sucesso ecológico, mais uma vez devido à **cooperação entre os seres vivos**. Podemos perceber essa interação positiva claramente nos dias de hoje, quando muitas plantas são beneficiadas pela ação dos insetos polinizadores. Sabemos também que muitas sementes só se tornam viáveis após passarem pelo tubo digestório de alguns animais vertebrados.

Nos oceanos, as plantas desenvolveram-se como uma fração microscópica que flutua nas correntes oceânicas usando a densidade da água do mar. São conhecidas como fitoplâncton, ou seja, um conjunto de seres unicelulares autótrofos que, devido à elevada produtividade de matéria orgânica viva através da fotossíntese, forma a base das cadeias alimentares aquáticas. Muitos cardumes de sardinhas e manjubas ou mesmo manchas de salpas ou tubarões-baleia consomem toneladas de fitoplâncton todos os anos.

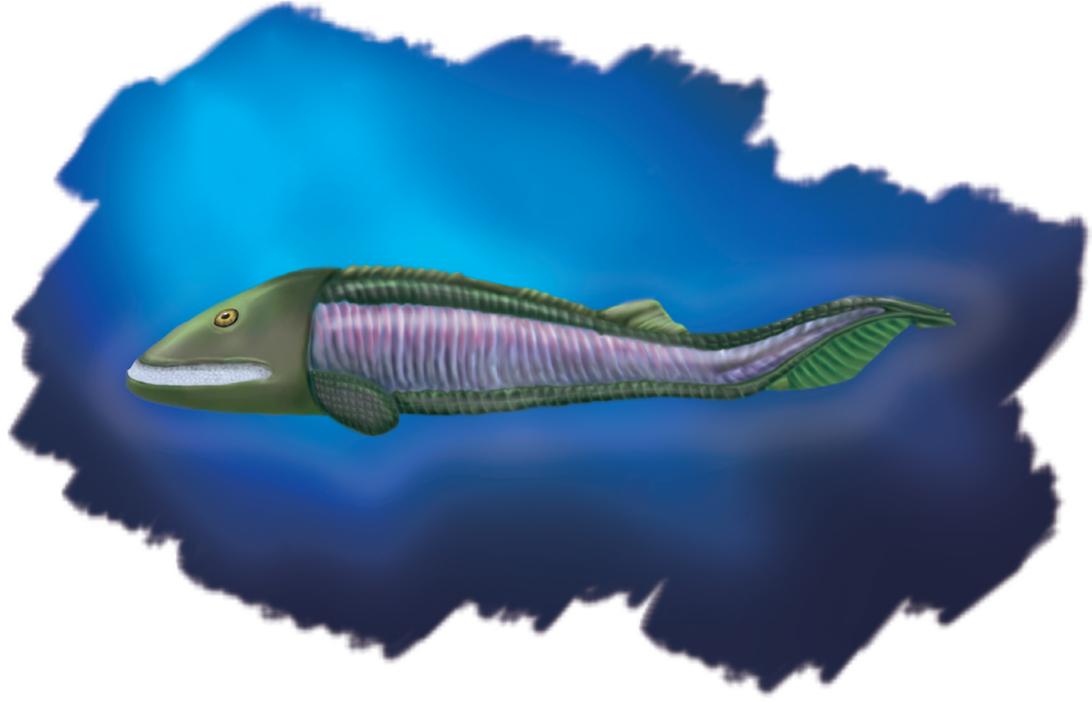
Animais gigantes, como as baleias, especializaram-se na coleta ou filtragem do zooplâncton como única fonte de alimento.

Concluindo, ainda poderíamos chamar a atenção para a evolução da pele e seus derivados e para as adaptações da fisiologia da excreção! Mas a história evolutiva que está sendo descrita cada vez mais detalhadamente mostra que, nesses últimos 600 milhões de anos, os animais em comunidades biológicas com os vegetais e micro-organismos vêm sofrendo as pressões ambientais e especializando-se progressivamente mais nos seus mecanismos neurosensoriais e ecofisiológicos.

Referências

- HILDEBRAND, M. **Análise da estrutura dos vertebrados**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. 699 p.
- POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A vida dos vertebrados**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 1995. 700 p.

CAPÍTULO 5



Classe Agnatos

Os primeiros vertebrados representaram um importante avanço em relação aos cordados não vertebrados. Você imagina como eram esses animais? E como se deram as transições desses peixes “primitivos” para os peixes atuais? Neste momento vamos contextualizar a evolução dos vertebrados baseado no fato de que os peixes sem mandíbulas ou agnatos modernos compartilham essa característica com os primeiros vertebrados, os ostracodermos, por isso acredita-se que a condição de agnatos é ancestral. Vamos descrever também as questões anatômicas que distinguem as lampreias dos peixes-bruxa ou feiticeiras.

5.1 Introdução

Os **agnatos** ou **ciclostomados** são considerados peixes, pois são animais aquáticos cujo sangue é frio e que possuem brânquias para trocas gasosas. Como diz o nome, agnatos significa sem mandíbulas, ou seja, possuem a boca circular como uma ventosa e que não podem morder e nem mastigar (Figura 4.5). As poucas espécies viventes dividem-se em dois grupos com estratégias alimentares diferentes: ectoparasitas e carniceiros. Em ambos os casos, uma boca parecida com uma ventosa é eficiente para a obtenção dos alimentos. São peixes alongados pequenos e não apresentam nadadeiras pares.

Os ciclostomados são bem conhecidos no período Ordoviciano, há cerca de 480 milhões de anos, e esses primeiros vertebrados eram peixes agnatos. Esses agnatos ancestrais, os **ostracodermos** (Figura 4.1), possuíam o corpo coberto por placas ósseas e desapareceram no Devoniano. Acredita-se que esses ancestrais dos peixes eram filtradores de materiais orgânicos do fundo do mar, e a água mais materiais entravam pela boca e somente a água saía pelas fendas branquiais. Apesar de se reconhecer que os peixes ostracodermos eram agnatos, não há nenhuma evidência de parentesco direto deles com os agnatos modernos, ou seja, ainda não foi encontrado o “elo perdido”, aquela espécie fóssil que reuniria características dos agnatos ancestrais e dos ostracodermos. Os primeiros fósseis de agnatos semelhantes às formas modernas

datam do período Carbonífero, mas especula-se se eles poderiam ter algum ancestral comum ainda mais antigo. Existem evidências morfológicas que favorecem a relação de parentesco entre as lampreias e os primeiros peixes com mandíbulas, os gnatostomados.

Os dois grupos de agnatos, embora pouco se conheça sobre os seus desenvolvimentos, são especialmente importantes para nossa compreensão da estrutura primordial dos vertebrados. Em especial as feiticeiras, pois estas retêm mais caracteres primitivos do que qualquer vertebrado conhecido, vivente ou fóssil!

5.2 Revestimento e sustentação

As lampreias e peixes-bruxa ou feiticeiras têm corpo cilíndrico, alongado, pele lisa – sem escamas e viscosa – e não possuem nadadeiras pares. Podem apresentar espinhos e dobras peitorais, mas nunca nadadeiras pélvicas. Os peixes-bruxa apresentam glândulas mucosas dispostas em linha lateral.

Os ciclostomados têm esqueleto cartilaginoso, formado por uma coluna vertebral incompleta, e o encéfalo e o crânio são rudimentares (nos peixes-bruxa o crânio é completo). Há musculatura bombeadora na faringe e músculos segmentares longitudinais ao longo do tronco (Figura 5.1).

5.3 Locomoção

Os agnatos nadam através de movimentos ondulatórios laterais do corpo. Não possuem nadadeiras pares, e a nadadeira caudal é **protocerca** (Figura 5.1) e dá a propulsão. Lampreias podem deslocarem-se por grandes distâncias quando presas aos hospedeiros (ectoparasitas); por outro lado, peixes-bruxa podem ficar muitos meses em torno de um grande cadáver de baleia (carniceiras), em planícies abissais.

- **Protocerca**
- Protocerca ou difercerca:
- diz-se da nadadeira
- caudal dos peixes que é
- aproximadamente simétrica
- e que possui a coluna
- vertebral estendendo-se até
- sua extremidade.

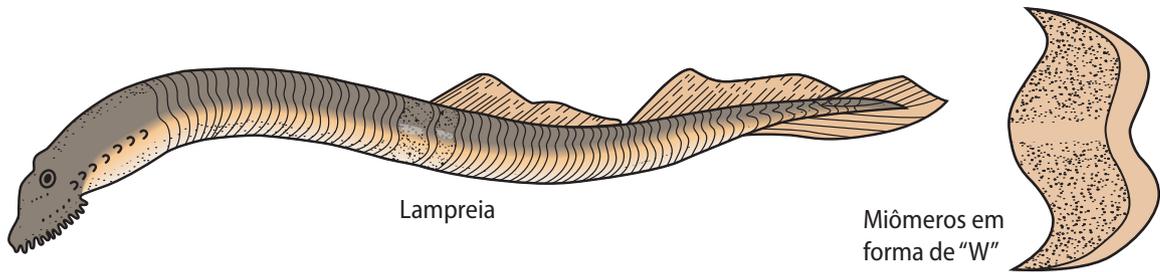


Figura 5.1 - Os peixes agnatos: lampreia em vista geral e detalhe da disposição dos miômeros ou segmentos musculares da parede do corpo. (Adaptado de: POUGH et al., 2003. p.35)

5.4 Sistemas de transportes internos

A boca das ectoparasitas apresenta dentes córneos que servem para raspar, e depois o animal suga o sangue do peixe hospedeiro. As feiticeiras são carniceiras e possuem apenas dois pares de dentes sobre uma língua musculosa. A água entra pela boca e para as trocas gasosas banha as brânquias que se situam em câmaras isoladas, em número de sete pares nas lampreias e doze nos peixes-bruxa.

O coração situa-se em cavidade pericárdica (não separada da cavidade geral do corpo) e tem o plano geral dos peixes, com duas cavidades e um seio venoso que desemboca no átrio; a partir do ventrículo parte a aorta ventral, que leva o sangue para as brânquias, onde ocorrem as trocas gasosas. O sangue oxigenado é então enviado para todos os órgãos e sistemas do corpo. As feiticeiras e lampreias possuem uma cloaca como abertura urogenital, similares às dos peixes. As larvas possuem **holonefros**

Holonefros :
Rim ancestral hipotético que :
se desenvolve a partir de :
todo o nefrótomo. :

Nos adultos, muitas espécies marinhas migram para água doce, e os mecanismos de osmorregulação e a estrutura dos rins não são bem conhecidos. As lampreias, quando na água doce, podem absorver sais pela pele e eliminam grandes volumes de água com a urina.

5.5 Sistemas sensoriais e endócrinos

O sistema nervoso dos ciclóstomos é composto de encéfalo, medula espinal e muitos nervos (em números romanos na figura) que atendem a todos os órgãos e regiões sensoriais (Figura 5.2).

Possuem botões gustativos, com quimiorreceptores na boca e na faringe (Figura 5.3).

Como são habitantes das profundezas marinhas, os olhos nas feiticeiras encontram-se degenerados ou rudimentares, pois nes-

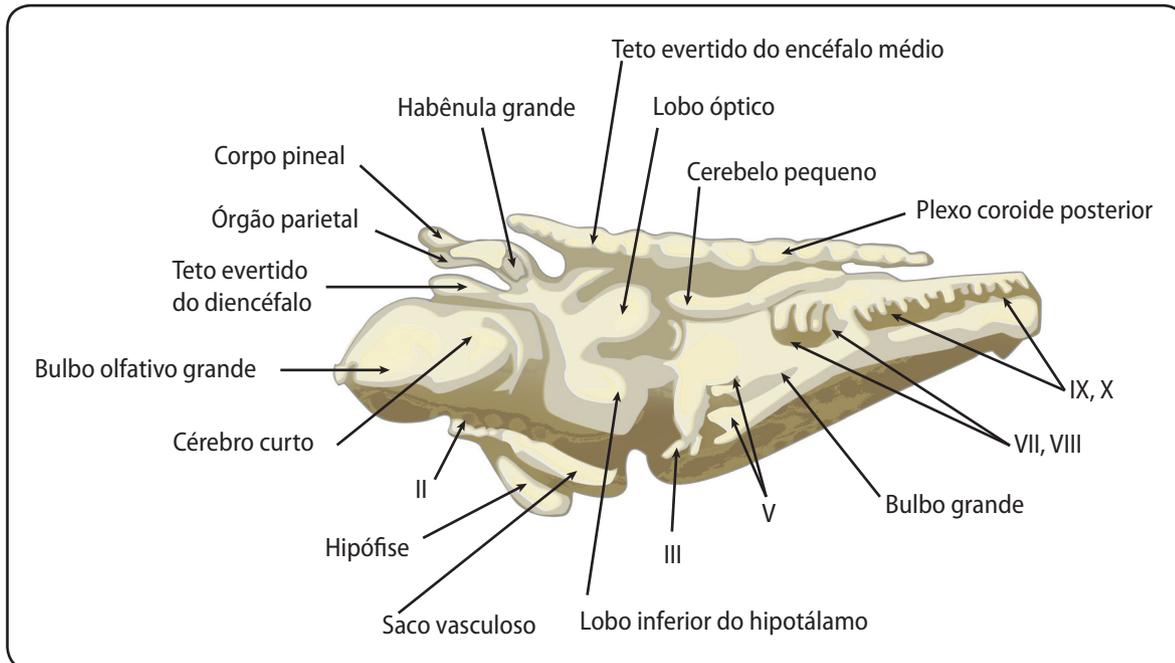


Figura 5.2- O encéfalo dos peixes agnatos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 374).

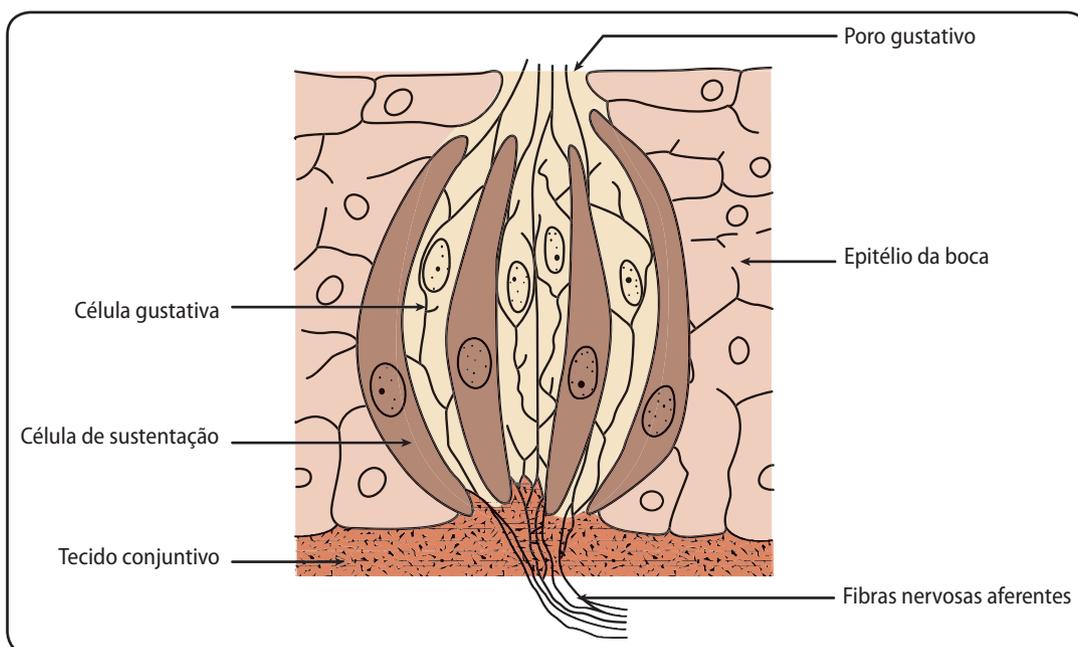


Figura 5.3- Seção de um botão gustativo. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 386).

ses ambientes a visão torna-se um sentido secundário. No ouvido interno, o labirinto é o órgão do equilíbrio; como nos demais peixes, a audição não é o melhor sentido de orientação.

Ocorre a linha lateral, como sistema mecanorreceptor, similar aos tubarões (Figura 6.11). As lampreias possuem um par de olhos primitivos, pois a conjuntiva não está fundida à córnea, e a camada **ependimária** é retida na região central do nervo ótico; as feiticeiras são quase cegas, mas apresentam um olho pineal. Possuem tentáculos e narinas sensoriais na cabeça, para a vida em profundidades abissais. Um epitélio olfativo localiza-se em fossas nasais.

Como em todos os “bichos” do reino animal, o padrão comportamental animado é comandado por complexas interações entre sistema neurossensorial e liberação dos hormônios (independentemente da estrutura da glândula endócrina ou do tecido que o secreta). A hipófise está presente junto ao cérebro (Figura 5.2); a tireoide está presente, mas paratireoides ainda não foram descritas.

Ependimário
Relativo às células que revestem as cavidades do sistema nervoso central.

5.6 Reprodução

Tanto as feiticeiras quanto as lampreias não possuem ductos reprodutivos especializados; óvulos e espermatozoides são liberados no celoma, saindo do corpo por meio de poros que se abrem na cloaca. São produzidos ovos que são fixados no substrato.

As lampreias são animais marinhos quando adultos e na época de reprodução retornam para águas continentais e por isso são chamadas de anádromas. Pouco se sabe sobre os hábitos das lampreias adultas porque, geralmente, são observadas somente em atividade reprodutiva ou quando são capturadas juntamente com seu hospedeiro. As larvas **amocetes** das lampreias surgem nos rios, são semelhantes aos anfioxos e são levadas para o mar, onde terminam a metamorfose e seguem na vida como adultos marinhos. As feiticeiras fecham todo o seu ciclo vital no meio marinho.

Resumo sistemático

Os ciclostomados compreendem duas famílias: i) os petromizontídeos ou lampreias, que são predadores ou ectoparasitas; ii) os mixinídeos ou peixes-bruxa ou feiticeiras, que são carniceiros.

Resumo

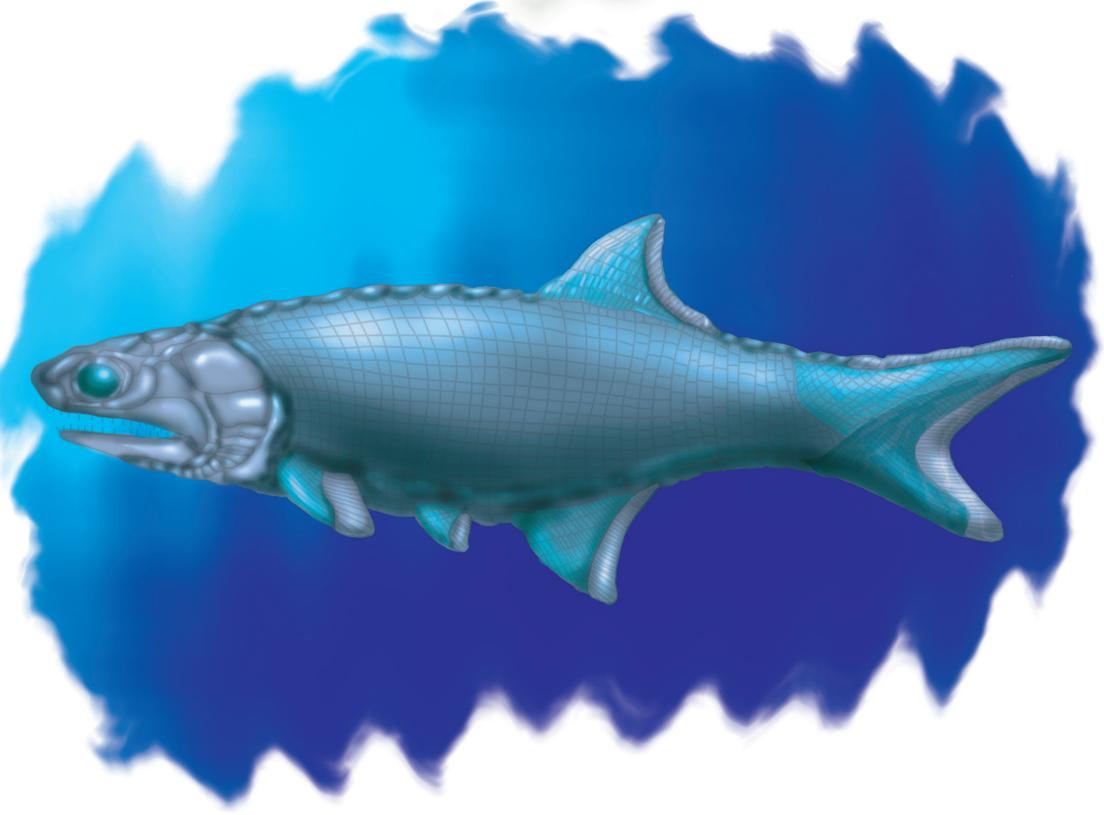
As lampreias e feiticeiras formam um pequeno grupo de peixes que apresentam uma característica que é considerada ancestral para todos os vertebrados, que é a ausência de mandíbulas na boca. Por isso, recebem o nome de peixes agnatos e, devido à forma circular da boca, também podem ser chamados de ciclóstomos.

A ausência de mandíbulas é característica de um grupo de peixes extintos a mais de 300 milhões de anos, os ostracodermos. Os agnatos modernos são ectoparasitas de peixes ou então se especializaram em usar animais em decomposição na sua dieta. Apresentam ciclos de vida complexos.

Referências

- HILDEBRAND, M. **Análise da estrutura dos vertebrados**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 1995. 699 p.
- POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A vida dos vertebrados**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. 700 p.

CAPÍTULO 6



Classe Condricties

Após a primeira evidência de vertebrados no registro fóssil, surgiu o próximo grande passo na evolução do grupo: maxilas e apêndices pareados com suporte interno, alterações nos dentes e nadadeiras. Neste capítulo iremos descrever as características dos tubarões e das raias e o significado do esqueleto cartilaginoso para a evolução dos vertebrados, pois são considerados fósseis vivos. Também discutiremos aspectos da ecologia marinha, uma vez que os tubarões são predadores de topo de cadeia alimentar.

6.1 Introdução

O nome **condricties** significa “peixes cartilagosos”, e a característica diferencial é o esqueleto formado por cartilagens, sem calcificação. São os tubarões, as quimeras e as raias (Figura 6.1), podem ser peixes marinhos e de água doce e somam mais de 1.200 espécies.

Alguns grupos de **elasmobrânquios** fósseis eram muito similares aos tubarões modernos, ou seja, apresentam um plano corporal

Elasmobrânquios

Peixes que possuem brânquias com septos, que é característica dos tubarões e das raias

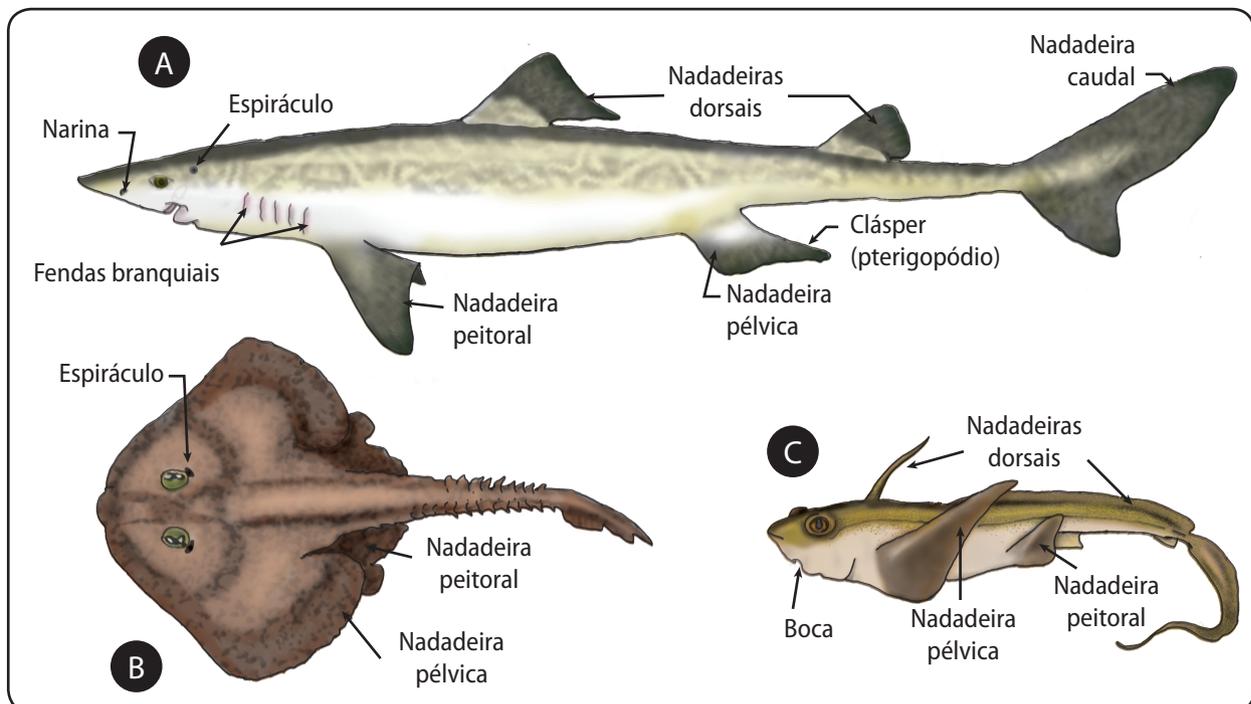


Figura 6.1 - Os peixes cartilaginosos: variação de formas em algumas espécies modernas, com indicação algumas estruturas. (A) Tubarão em vista lateral. (B) Raia em vista dorsal. (C) Um holocéfalo em vista lateral.

morfológico estável. Por outro lado, esses animais especializaram e desenvolveram muito o aparato sensorial e reprodutor. São parte importante da diversidade dos vertebrados marinhos, são recursos pesqueiros e parte significativa da economia de muitas regiões costeiras ao redor do cinturão tropical da Terra. São considerados predadores de topo de cadeias alimentares marinhas, pois eles predam sobre outras espécies de predadores pelágicos, como atuns e golfinhos. Considerando a história dos fósseis, os peixes cartilaginosos são os primeiros registros de gnatostomados do Siluriano, cerca de 440 milhões de anos atrás, com formas semelhantes aos tubarões modernos. Esses peixes eram os placodermos, possuíam placas ósseas na cabeça e eram animais grandes, pesados, apresentando mandíbulas, maxilas e uma característica marcante, a cauda heterocerca (Figura 4.3). Ao longo da sua história evolutiva, os tubarões têm sido predadores ativos nos mares, pois adquiriram características locomotoras, sensoriais e comportamentais que lhes garantiram esse sucesso evolutivo. Um tubarão típico tem cerca de dois metros de comprimento, mas algumas formas miniaturas interessantes apresentam apenas vinte e cinco centímetros.

As raias são distinguidas por suas caudas e meios de reprodução. Algumas possuem caudas alongadas que sustentam nadadeiras dorsais e terminais. Já outro grupo apresenta nadadeira caudal em forma de chicote, em que as nadadeiras foram substituídas por um espinho dorsal grande, serrilhado e venenoso.

As quimeras são peixes com apenas uma abertura branquial em cada lado da cabeça; o que dá origem ao nome do grupo, holo = todo, cephalo = cabeça, por causa da aparência não dividida da cabeça com o corpo. O nome **quimera** vem das formas bizarras que o grupo assume: cauda longa flexível, corpo de peixe e cabeça com olhos e dentes salientes, lembrando a caricatura de um coelho.

6.2 Revestimento e sustentação

Em geral, o revestimento dos tubarões tem a textura de uma lixa, pois é coberto por pequenas escamas do tipo placoides, de origem dermoepidérmicas. Esse corpo áspero dos tubarões é uma

armadura única, flexível e muito protetora! A forma, o tamanho e o arranjo dessas escamas reduzem o atrito com a água, aumentando a eficiência da natação. Alguns atletas utilizam roupas que imitam essas propriedades, melhorando o seu tempo nas competições.

O esqueleto é cartilaginoso e as cartilagens também possuem matriz proteica com colágeno bastante resistente e maleável, fracamente calcificado (Figura 6.2).

A musculatura do corpo é formada por miômeros complexos ao longo do tronco (Figura 6.3).

Nos chondrichthyes, uma característica dos dentes chama a atenção: à medida que crescem, eles podem ser substituídos devido ao uso e desgaste. Isso pode ter o significado relacionado à origem dos dentes como derivados epidérmicos (Figura 6.4).

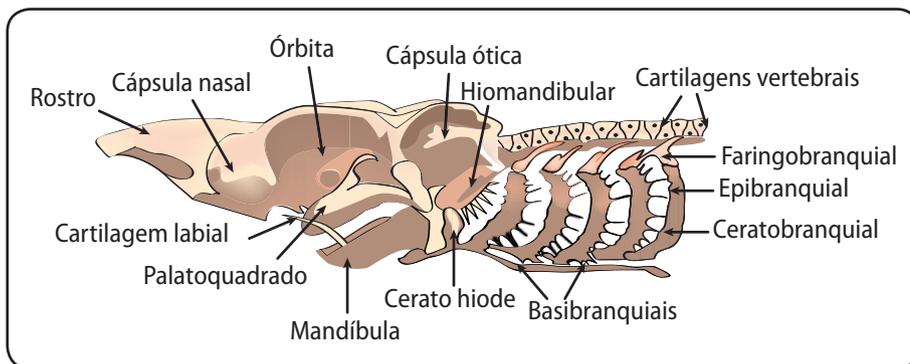


Figura 6.2 - Os peixes cartilaginosos: vista lateral esquerda do condrocrânio, esqueleto visceral e vértebras de tubarões. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 137).

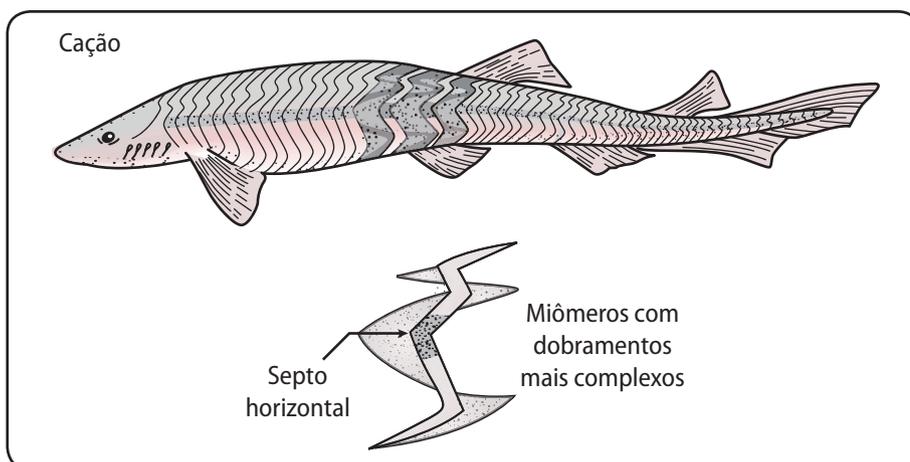


Figura 6.3 - Musculatura do corpo dos peixes cartilaginosos, com o exemplo de um tubarão. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 35).

Dentes ancorados à pele

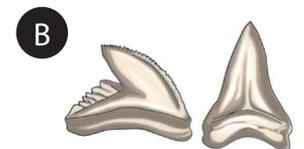
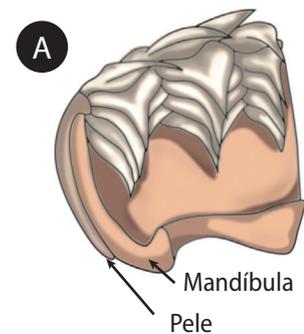


Figura 6.4 - Dentes dos peixes cartilaginosos: (A) Esquema do crescimento dos dentes, onde os dentes superiores são usados e podem ser substituídos quando quebrados. (B) Dois tipos de dentes de tubarões. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 137).

6.3 Locomoção

Os movimentos ondulatórios promovidos pelos músculos segmentados e a nadadeira caudal heterocerca geram o impulso para a locomoção. As nadadeiras peitorais fornecem a estabilidade e a habilidade de manobra.

Nas raias, as nadadeiras peitorais são muito desenvolvidas (Figura 6.1), lembrando asas e, de fato, algumas raias parecem planar na água do mar. Tubarões não possuem bexigas natatórias, portanto precisam ficar permanentemente nadando, caso contrário, tendem a afundar. Raias podem ficar parcialmente enterradas no fundo do mar ou escavar para busca de presas.

6.4 Sistemas de transportes internos

Nos tubarões e nas raias, a boca é ventral com dentes que são substituídos ao longo do tempo (Figura 6.4). Os tubarões são predadores oceânicos, e as raias são achatadas, vivendo junto ao fundo do mar, onde se alimentam de moluscos e crustáceos; para isso, podem ter dentes em placas para triturar conchas. No tubo digestório, o intestino apresenta a válvula espiral, que aumenta a área de absorção de nutrientes.

O fígado é volumoso e, devido ao teor gorduroso do órgão, acredita-se que ele auxilia na flutuação dos tubarões (Figura 6.5); juntamente com as nadadeiras peitorais grandes ajustam a flutuabilidade, pois não possuem bexigas natatórias.

Nos tubarões e nas raias, cada bolsa branquial (em número de 5 a 7) abre-se

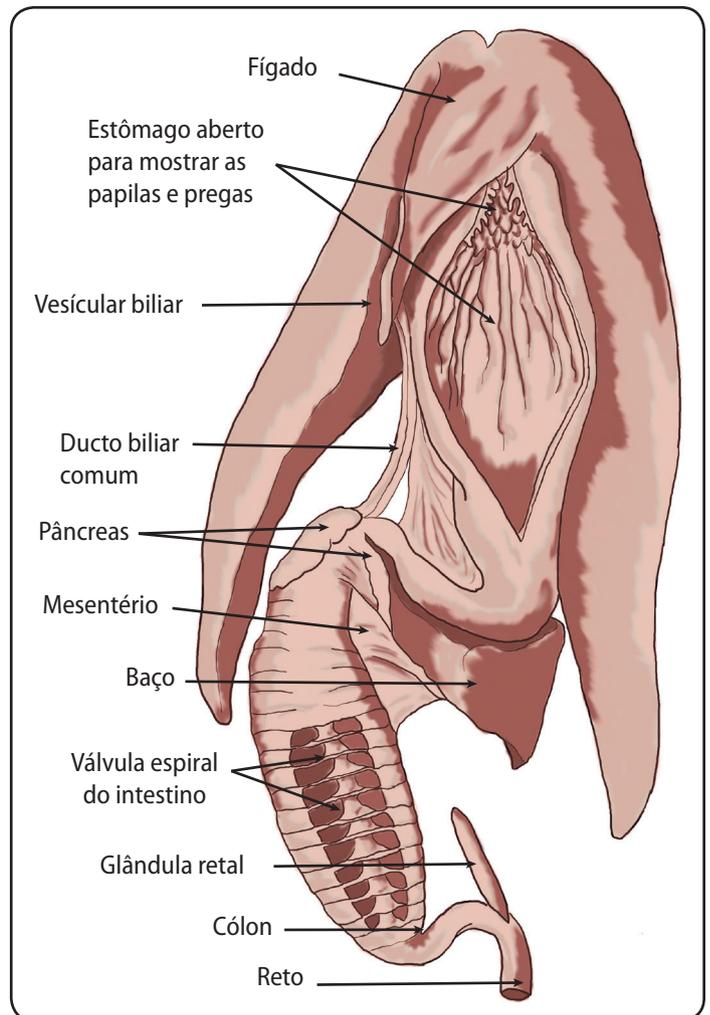


Figura 6.5 - Aparelho digestório dos peixes cartilagosos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 229).

independentemente na superfície corporal, e as quimeras possuem uma dobra opercular que recobre as bolsas branquiais.

Um seio venoso recebe o sangue que vem do corpo, e daí passa para um átrio. Depois o sangue passa ao ventrículo bombeador e sai do coração por um cone arterial, que leva às brânquias, e é então distribuído pelo corpo (Figura 6.6).

A saída de água e sais é controlada pelos rins, que também excretam a ureia; as brânquias também podem eliminar ureia (Figura 6.7A). Possuem uma cloaca como abertura urogenital (Figura 6.7B). São pecilotérmicos, ou seja, a temperatura do corpo varia com a do ambiente.

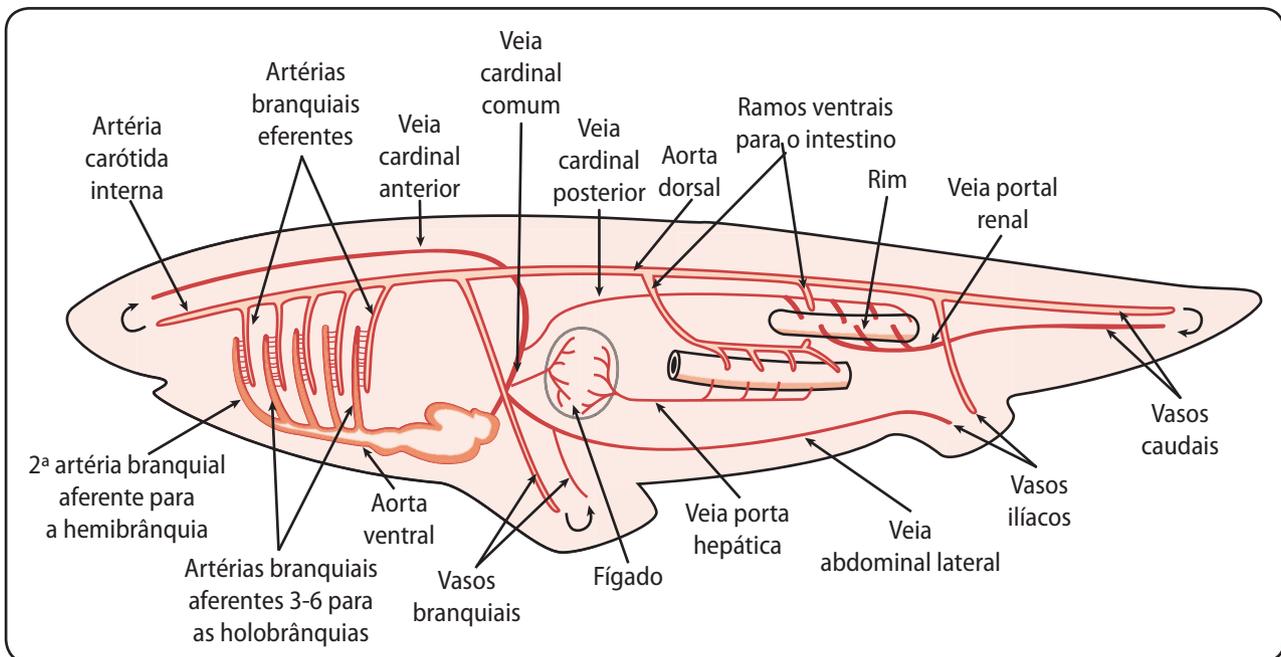


Figura 6.6 - Padrão básico do sistema circulatório dos peixes cartilagosos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 277).

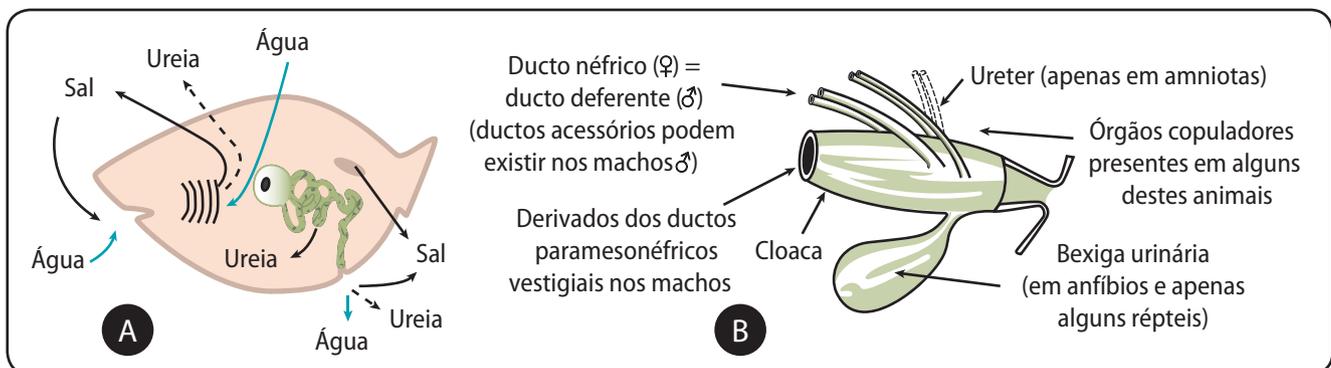
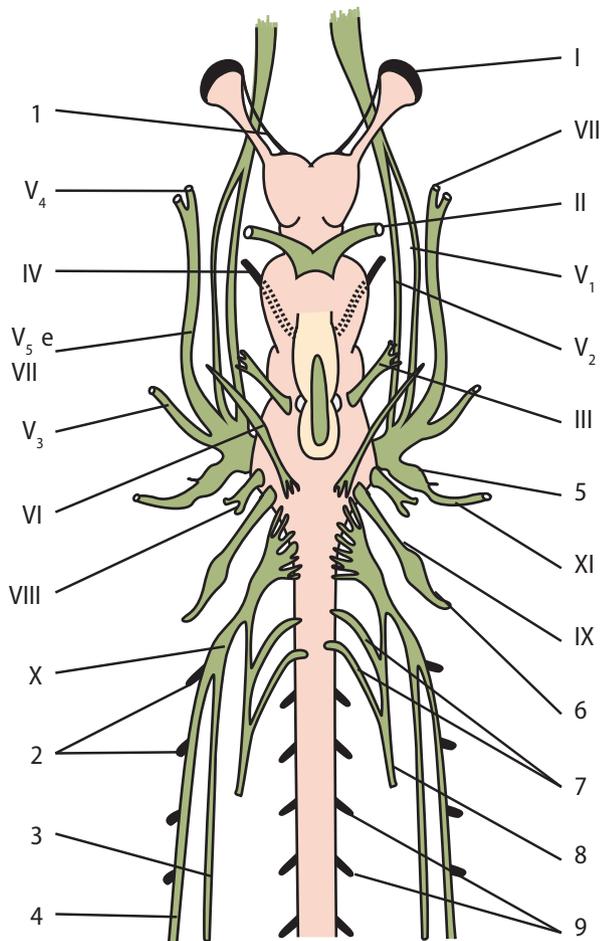


Figura 6.7 - Peixes cartilagosos: (A) Excreção. (B) Aparelho urogenital. (Adaptado de: (A) HILDEBRAND, 1995. p. 308 e 326).

6.5 Sistemas sensoriais e endócrinos

Sistemas sensoriais de tubarões e raias são sofisticados e diversificados. O sistema nervoso é composto de encéfalo, medula espinal e muitos nervos (em números romanos na figura) que atendem a todos os órgãos e regiões sensoriais (Figura 6.8).



I. OLFATIVO: Série especial. Sensorial, vindo do órgão olfativo

II. ÓPTICO: Série especial. Sensorial, vindo do olho

III. ÓCULOMOTOR. Série ventral. Motor (indo para quatro músculos oculares) + autônomo

IV. TROCLEAR. Série ventral. Motor, indo para o músculo ocular

V₁. Ramo oftálmico profundo do TRIGÊMEO. Série dorsal. Sensorial vindo do rosto

V₂. Oftálmico superficial. Séries dorsal e especial. Sensorial, vindo da pele e sistema da linha lateral do rosto

V₃. Ramo mandibular do TRIGÊMEO. Série dorsal. Misto, indo para a mandíbula

V₄. Ramo maxilar do TRIGÊMEO. Sensorial, vindo da pele ou rosto

V₅ e VII. INFRA-ORBITAL. Séries dorsal e especial

VI. ABDUCENTE. Série ventral. Motor, indo para o músculo do olho

VII. Ramo bucal do FACIAL SENSORIAL, vindo do sistema da linha lateral

VIII. ESTATO-ACÚSTICO. Série especial. Sensorial, vindo do ouvido

IX. GLOSSOFARÍNGEO. Séries dorsal e especial. Misto, indo para a primeira bolsa branquial, faringe, sistema da linha lateral

X. VAGO. Séries dorsal e especial + autônomo. Misto

XI. Ramo hiomandibular do FACIAL. Séries dorsal e especial. Misto, indo para o arco hioideo, língua, sistema da linha lateral.

1. TERMINAL. Série dorsal. Sensorial

2. RAMOS BRANQUIAIS, indo para as brânquias e faringe

3. RAMO LATERAL, vindo do canal da linha lateral

4. RAMO VISCERAL, indo para as víceras abdominais

5. GÂNGLIO GENICULADO

6. GÂNGLIO PETROSO

7. OCCIPITAL - Homólogo ao hipoglosso. Série ventral

8. HIOPRANQUIAL. Misto, indo para os músculos hiobranquiais

9. NERVOS ESPINAIS

Figura 6.8 - Nervos cranianos dos peixes cartilagosos em vista ventral (modelo similar para a maioria dos outros vertebrados). (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 344).

Possuem botões gustativos, como quimiorreceptores na boca e na faringe (Figura 5.3). No ouvido interno, o labirinto é o órgão do equilíbrio (Figura 6.9). A visão dos tubarões não é o melhor instrumento para a sua navegação; espécies abissais possuem olhos adaptados (Figura 6.10). Ocorre a linha lateral, como sistema mecanorreceptor (Figura 6.11).

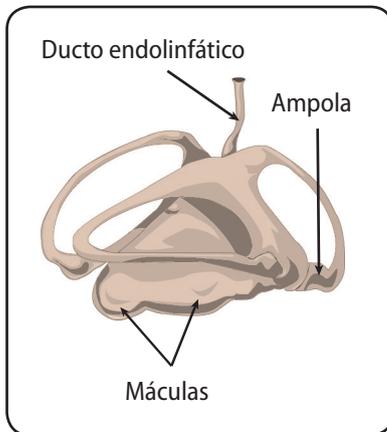


Figura 6.9 - Órgão de equilíbrio dos tubarões. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 390).

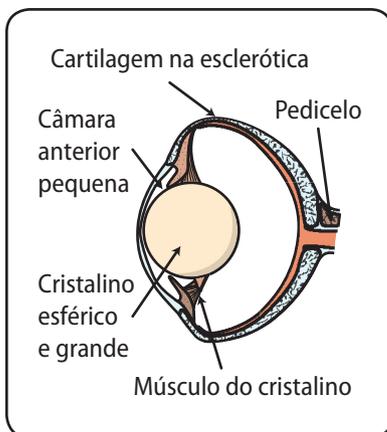


Figura 6.10 - Anatomia do olho de um tubarão. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 402).

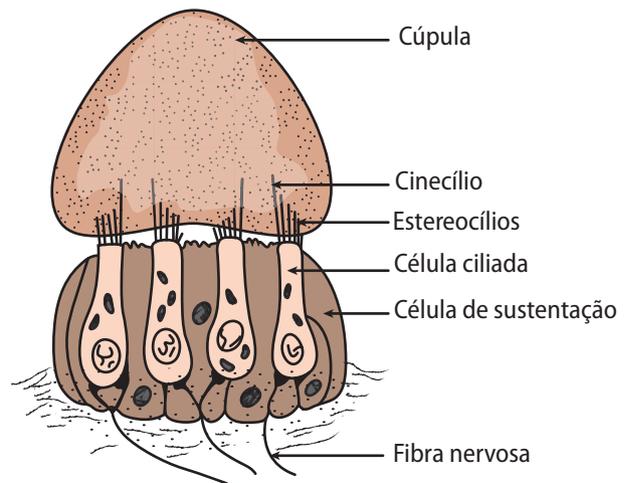
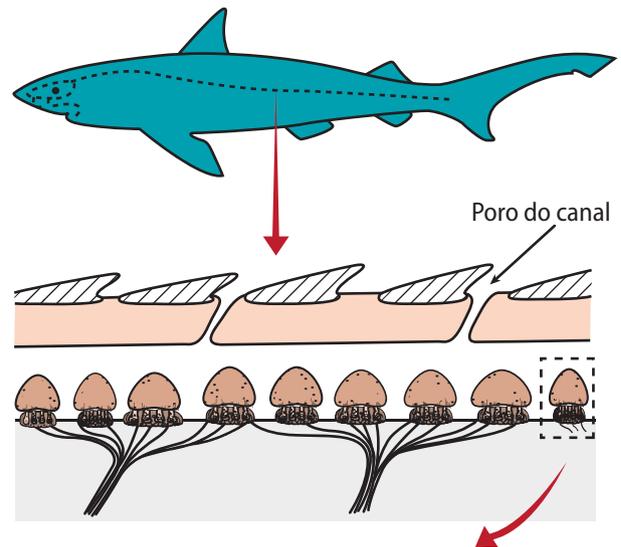


Figura 6.11 - Posição do sistema de linha lateral sob a pele dos tubarões, com seção longitudinal de um canal e estrutura de um neuromasto. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 388).

Como nos demais peixes, a audição não é o melhor sentido de orientação. São muito bem dirigidos por um sistema sensorial, chamado **ampolas de Lorenzini**, capaz de detectar campos elétricos. Essas ampolas são preenchidas por um gel condutor de

eletricidade. Esses eletroreceptores conseguem captar alterações mínimas nos campos elétricos que circundam o animal, alcançando um nível de detecção comparado ao dos melhores voltímetros. Esses órgãos se situam na margem anterior do “focinho” e captam vibrações na água e fornecem uma percepção ambiental necessária para os tubarões serem os grandes predadores dos oceanos.

O olfato é outro sentido extremamente apurado, visto que alguns tubarões respondem a concentrações químicas muito baixas, como uma parte em um bilhão! A hipófise está presente junto ao cérebro; a tireoide está presente, mas paratireoides ainda não foram descritas.

6.6 Reprodução

São **gonocóricos** (Figura 6.12) com fecundação interna com uso de um órgão copulatório nos machos de tubarões, o **clássper** pélvico (Figura 6.1).

- **Gonocóricos**
- Animais com gônadas definidas, sexos separados e eventualmente com dimorfismo sexual.

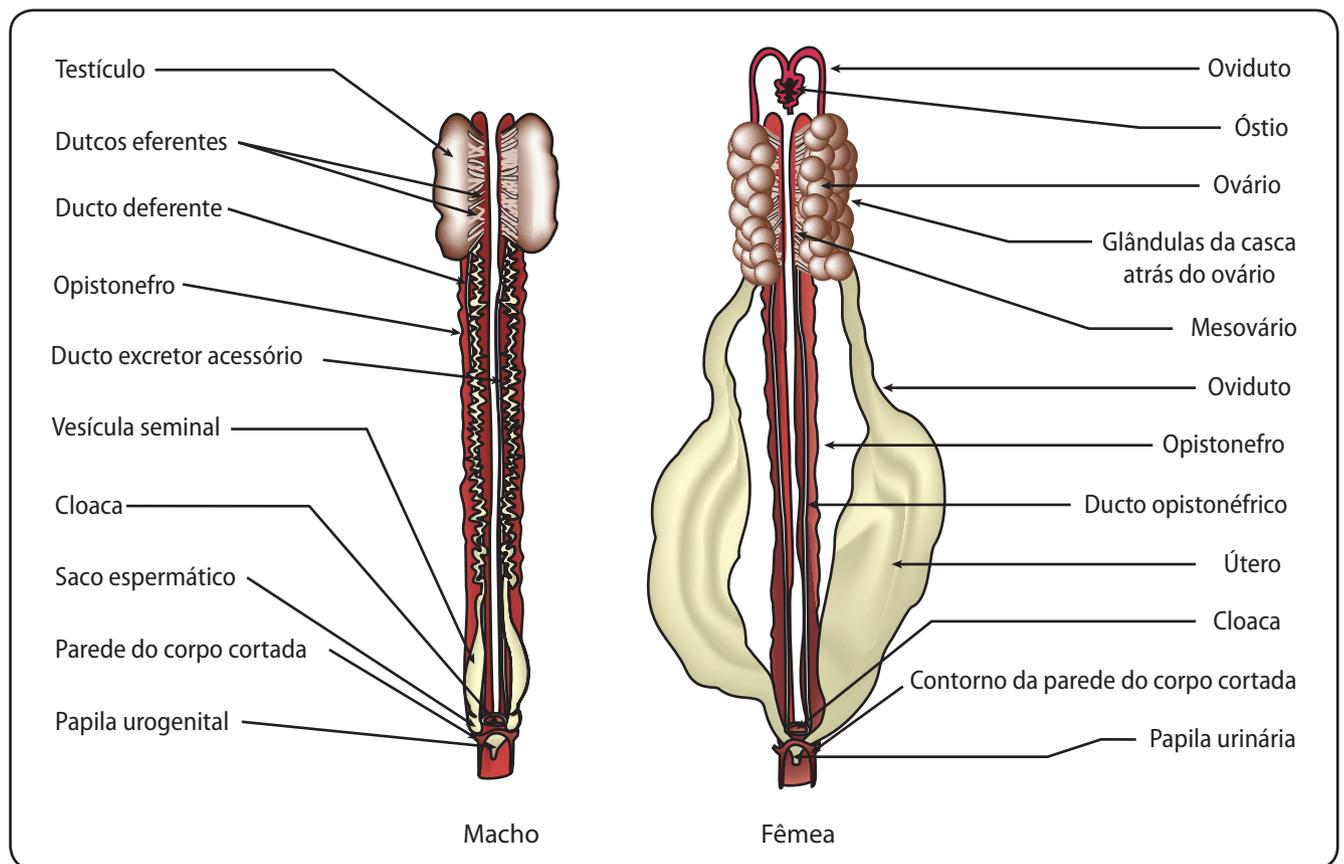


Figura 6.12 - Sistema reprodutor dos peixes cartilaginosos. (Adaptado de: Hildebrand, 1995, p. 316).

Em algumas espécies pequenas, os machos asseguram a cópula enrolando-se no corpo da fêmea. Eles podem ser ovíparos e também ovovivíparos, pois alguns incubam os jovens internamente em um “útero”, com dependência variável de material nutritivo. Essa ovoviviparidade também é chamada de lecitotrófica, uma vez que ovos eclodem dentro dos ovidutos, e os jovens podem passar o mesmo tempo que passaram dentro do ovo, dentro do oviduto da mãe.

Fêmeas de algumas espécies fazem um parto e o filhote nasce com um cordão umbilical! Essas espécies têm um modo de reprodução chamada viviparidade placentotrófica, que permite que o embrião obtenha seu alimento da circulação sanguínea do “útero” da mãe, por meio do saco vitelínico altamente vascularizado.

Resumo sistemático

Subclasse elasmobrânquios – os tubarões e as raias somam menos do que 1.000 espécies. Os tubarões têm a reputação de predadores ferozes. Não podemos esquecer que o maior peixe do mundo é um tubarão, o tubarão-baleia, com até 20 metros de comprimento, o qual é planctófago, ou seja, navega pelos oceanos com a boca aberta e filtrando micro-organismos planctônicos. As raias são achatadas, com as nadadeiras peitorais bastante desenvolvidas, e muitas espécies apresentam hábitos bentônicos.

Subclasse holocéfalos – as quimeras (Figura 6.1) são pouco mais de 30 espécies de peixes cartilaginosos estranhos, com cabeça muito grande e cauda muito longa.

Resumo

Tubarões, raias e quimeras formam um importante grupo de peixes gnatostomados, os quais se caracterizam por apresentar o esqueleto interno de cartilagens, ou seja, sem calcificação. Os tubarões possuem ancestrais fósseis muito antigos, com mais de 250 milhões de anos, isto é, uma longa história evolutiva, mas com forma geral do corpo similar ao das espécies modernas. Esse tempo

evolutivo fez deles animais dotados de um aparato sensorial muito eficaz, o que os tornou importantes predadores. Por isso, ocupam o topo das cadeias alimentares marinhas.

Referências

HILDEBRAND, M. **Análise da estrutura dos vertebrados.**

3. ed. São Paulo: Atheneu, 1995. 699 p.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A vida dos**

vertebrados. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. 700 p.

CAPÍTULO 7



Classe Osteicties

Neste momento, vamos reconhecer os grandes grupos de peixes ósseos, distinguir as mudanças evolutivas dentro do grupo e quais adaptações possam ter dado origem aos tetrápodes terrestres. Também iremos descrever as principais características dos teleósteos, agrupamento com maior diversidade de espécies entre os peixes.

7.1 Introdução

Os peixes são o grupo de vertebrados com maior número de espécies e dominam amplamente os ambientes aquáticos. Em recifes de corais nos mares rasos tropicais, podem coexistir dezenas de espécies de peixes, e algumas delas formam cardumes com vários milhares de indivíduos. Os peixes adaptaram-se para viver em todos os ecossistemas aquáticos disponíveis, com muita variação morfológica e de tamanho. Alguns cientistas dizem que nós somos algum tipo de peixe, reunidos aos anfíbios, répteis e aves! Pois foi de alguma espécie de peixe que se iniciou a história evolutiva dos vertebrados, há mais de 500 milhões de anos. O organismo que é considerado o ancestral de todos nós cordados é o “peixinho” *Pikaia* (Figura 1.1), que ocorreu junto com a fauna marinha do período Cambriano. Essa história é especialmente interessante, pois trata do aparecimento dos animais tetrápodes. As etapas e modificações anatômicas que surgiram para a formação das classes de vertebrados são relativamente bem aceitas pelos zoólogos nos seus fundamentos, apesar de estarem ausentes alguns dos fósseis considerados “elos perdidos”. Os primeiros vertebrados provavelmente também começaram a surgir no Cambriano, de modo que essa intrigante **história evolutiva** é a trajetória que levou aos mamíferos, culminando com a evolução do homem; por isso o nosso interesse particular por ela.

Considere as seguintes etapas da **história evolutiva** dos cordados:

1. A descrição dos peixes encouraçados ancestrais, os ostracodermos;
2. A descrição dos peixes ciclostomados ou agnatos;
3. O entendimento do mecanismo de formação das mandíbulas a partir de arcos branquiais;
4. A coleta recente e surpreendente do celacanto;
5. A ocorrência de peixes pulmonados;
6. O sucesso de diversidade dos vertebrados gnatostomados.

Percebe-se uma história de episódios com uma sequência de modificações anatômicas, que é plausível, pois as adaptações variadas atenderam a diversas estratégias que lhes propiciam o elevado sucesso ecológico nos meios aquáticos. As possibilidades de vida que se mostravam aos vertebrados permitiram que novos modelos anatômicos surgissem e cada vez mais aperfeiçoados.

Os peixes ainda assumem uma relevância maior quando tratamos dos recursos pesqueiros e do quanto esses animais vêm garantindo a ampliação das populações humanas pelos trópicos, em cidades à beira do mar, dos estuários, rios e lagos. Estudos recentes mostraram que formam um agrupamento evolucionário, mas há divergências quando se consideram os grandes grupos. Diferenciaram-se no início do Devoniano, há cerca de 400 milhões de anos. Os peixes mais primitivos, que surgiram antes do período Cambriano Superior, eram ostracodermos, possuidores de armaduras resistentes, pertencentes à classe Agnatha. A maioria era dulcícola e alimentava-se de sedimentos, com a boca sem mandíbulas. Eles não apresentavam nadadeiras pares bem desenvolvidas e, como os únicos vertebrados agnatos, são estudados no Capítulo V.

Os **teleósteos** formam um grupo com maior número de espécies do que todos os outros vertebrados juntos. Os peixes apresentam papel ecológico de destaque nas cadeias alimentares aquáticas, além, é claro, do fato de que representam importante item da nossa dieta alimentar. Formas pelágicas nadadoras são fusiformes

• **Teleósteos**
• Os teleósteos formam o
• principal agrupamento de
• peixes ósseos, com a maioria
• das espécies viventes tanto
• nos oceanos como na
• água doce.

e hidrodinâmicas, com revestimento de escamas com muito muco, o que lhes garante muita velocidade na natação. De acordo com o habitat, podem ser achatados e viver junto ao fundo do mar, como os linguados, alongados como as enguias de recifes ou apresentarem formas bizarras, como os cavalos-marinhos.

Dois tipos principais e distintos de osteíctes que possuíam características únicas de alimentação e locomoção foram dominantes durante muito tempo na história evolutiva: i) a linhagem Sarcopterygii (peixes com nadadeiras carnosas, com ossos e músculos), da qual se originou a linhagem dos tetrápodes; ii) a linhagem Actinopterygii (peixes com nadadeiras sustentadas por raios), da qual se derivaram os peixes ósseos modernos, os teleósteos, maior grupo de vertebrados vivos.

7.2 Revestimento e sustentação

Em geral, as escamas epidérmicas estão presentes na maioria das espécies. A epiderme mais externa possui glândulas que secretam muco, o que garante uma superfície externa bastante lisa e hidrodinâmica (Figura 7.1). Abaixo, as escamas ósseas estão dentro de um estrato esponjoso da derme. A camada mais profunda da derme é um estrato compacto. A partir das escamas cicloides surgiram as escamas ctenoides, que podem estender-se pelo opérculo e pela cabeça.

Nos teleósteos, a nadadeira original ventral única dividiu-se, as nadadeiras pélvicas deslocaram-se para frente e a cauda pós-anal é porção importante do tronco. Espinhos duros sustentam a maioria

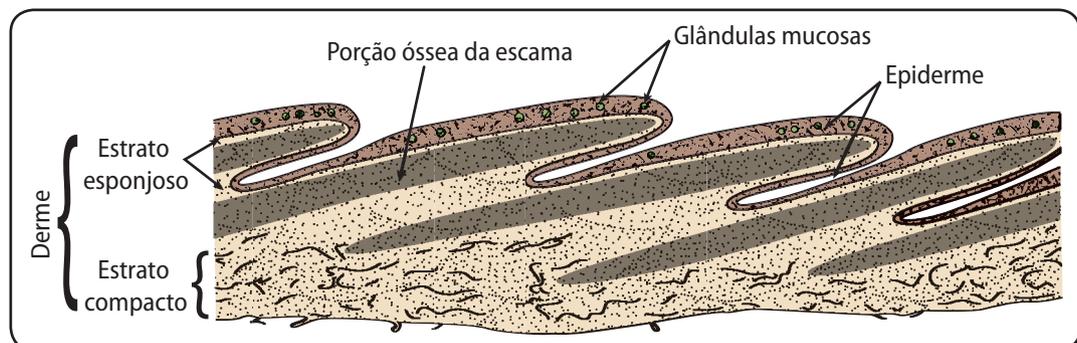


Figura 7.1 - Corte esquemático da pele de um peixe ósseo. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995, p. 94).

das nadadeiras. Na maioria das espécies, o esqueleto é completamente ossificado, mas não é tão pesado como o dos vertebrados terrestres. Os músculos segmentados longitudinais são a principal massa corporal e fornecem o impulso para a locomoção.

7.3 Locomoção

A maioria das espécies é nadadora por movimentos ondulatórios do corpo, e a cauda pós-anal é geralmente muito importante, pois realiza a propulsão após as contrações alternadas das musculaturas ao longo de cada lado do corpo. A cauda tornou-se homocerca (Figura 7.2) na maioria das espécies modernas, e também ocorre o tipo dífierca. As nadadeiras conferem a estabilidade e a habilidade para fazer manobras. A bexiga natatória permite aos peixes flutuar em profundidades determinadas e fazer movimentos verticais.

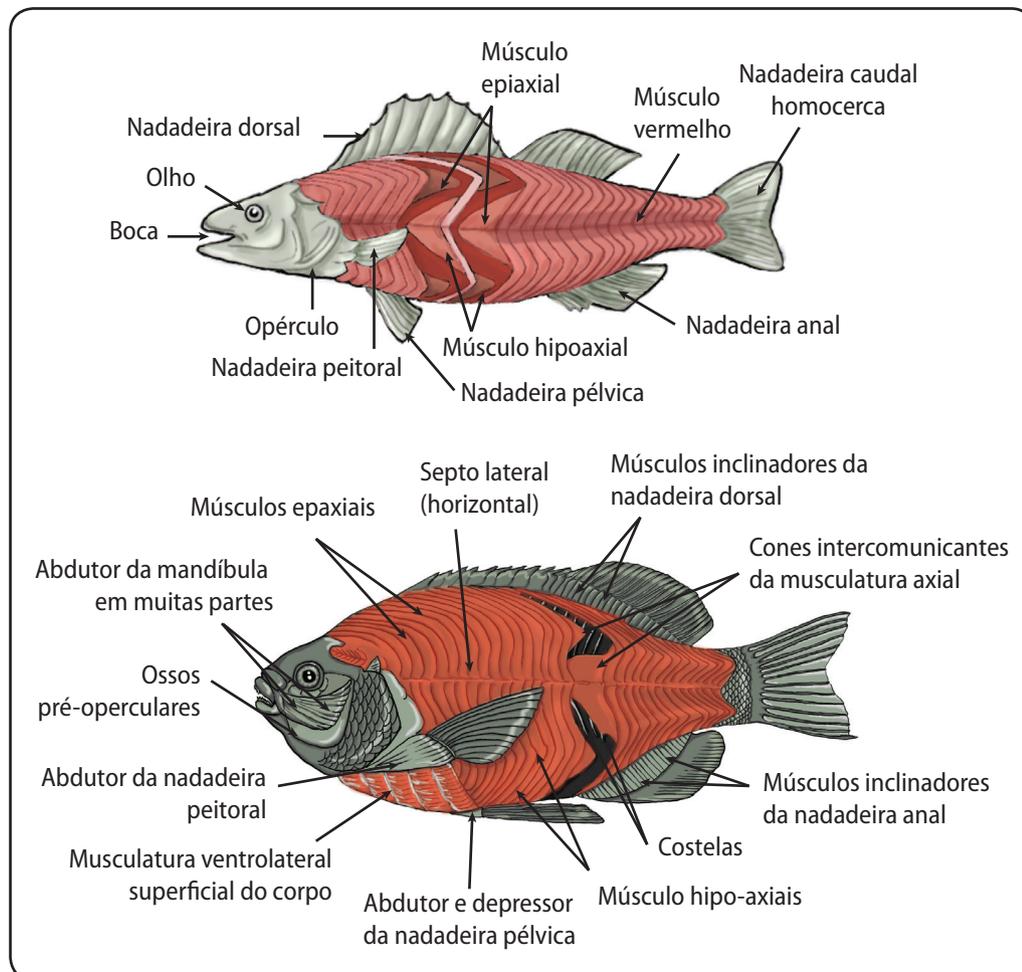


Figura 7.2 - Os peixes ósseos: representantes de teleósteos mostrando a anatomia, a musculatura do tronco e algumas estruturas externas. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995, p. 200).

7.4 Sistemas de transportes internos

A entrada de água e alimentos no corpo dos peixes se dá pela boca; a água passa através das brânquias e sai para o meio aquático (Figura 7.3). Os alimentos entram pelo tubo digestório (Figura 7.4A) e, devido às dietas muito variadas, também ocorrem regionalizações no tubo digestório.

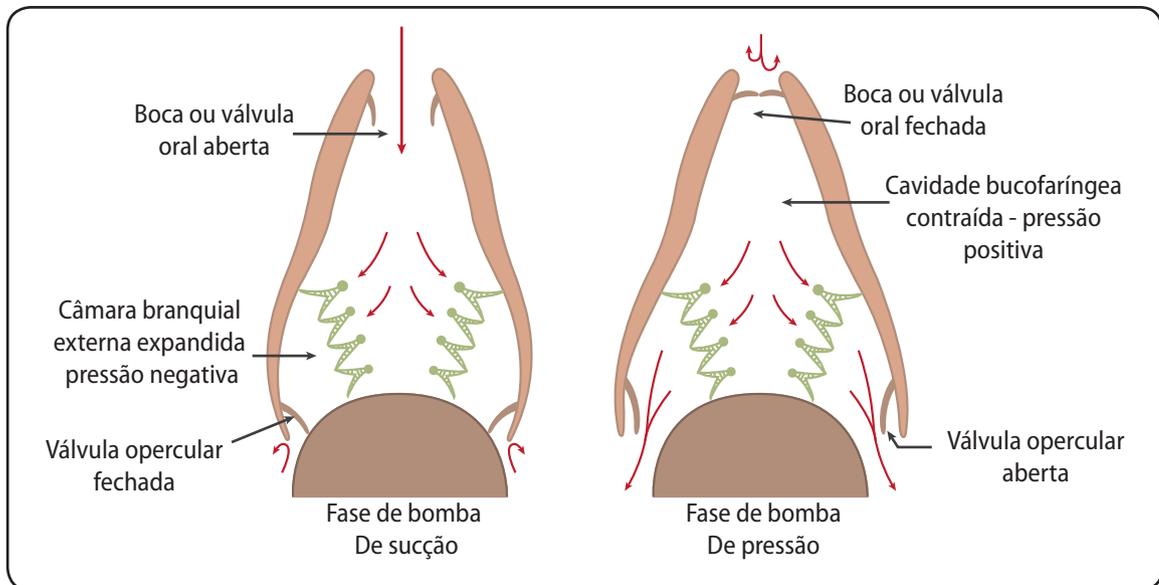


Figura 7.3 - Peixes ósseos: ventilação das brânquias em seções frontais. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 251).

Cecos pilóricos do estômago produzem enzimas digestivas, melhorando a capacidade digestória. Bexigas natatórias têm função de ajustar a flutuabilidade. Durante a evolução, a bexiga natatória perdeu a conexão com o trato digestivo na maioria das espécies, e, por isso, são chamados de peixes **fisóclistos**. Alguns peixes primitivos mantêm uma ligação, chamada **ducto pneumático**, entre a **bexiga natatória** (aqui funcionando como os pulmões) e o tubo digestório, e esse grupo é denominado de peixes **fisóstomos**. A boca tornou-se bastante prostrátil e, em muitos casos, é a parte mais importante da estratégia de captura das presas. Os diferentes tipos de boca mostram as variações das dietas alimentares. O sangue desemboca no coração, com duas cavidades; através da aorta ventral segue para as brânquias, onde é oxigenado, seguindo para a aorta dorsal para atender os órgãos dos sistemas vitais (Figura

7.4B). As brânquias situam-se em uma câmara comum, coberta por um opérculo (Figura 7.3). As bexigas natatórias estão presentes na maioria.

A saída de água e sais é controlada pelos rins; peixes de água doce podem eliminar amônia pela pele. Nos peixes marinhos, a ureia é eliminada pelas brânquias (Figura 7.5; Figura 7.6).

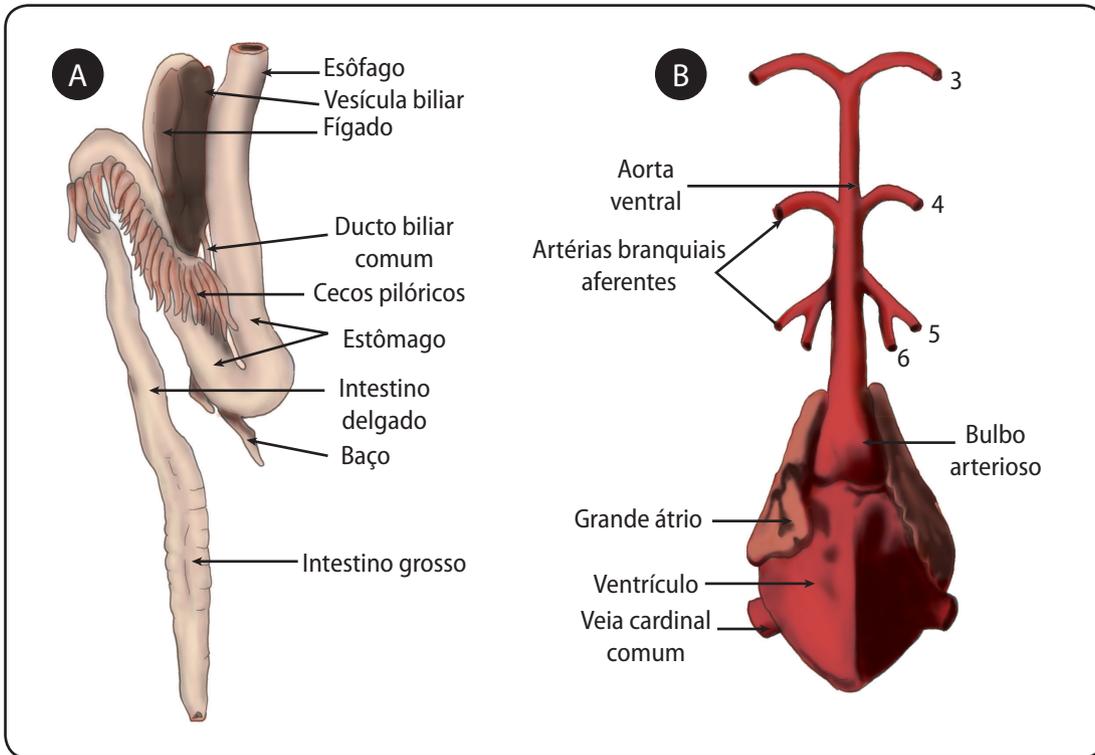


Figura 7.4 - (A) Aparelho digestório. (B) Coração e vasos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 267).

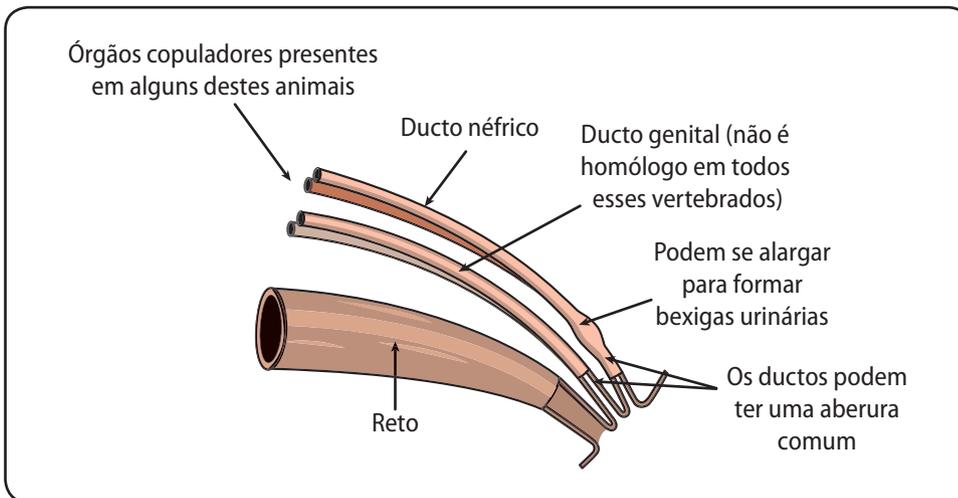


Figura 7.5 - Aparelho urogenital de peixes ósseos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 326).

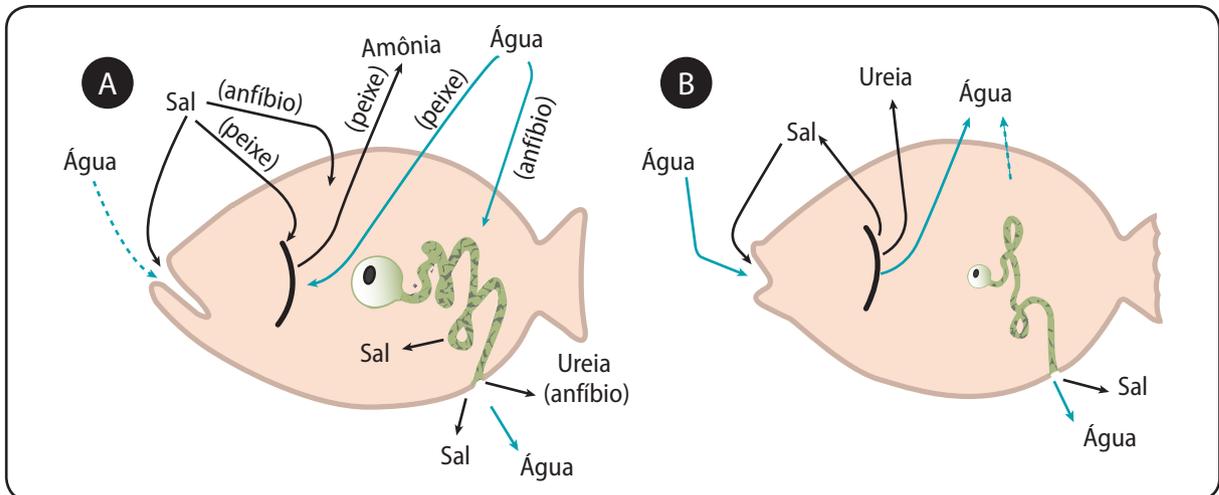


Figura 7.6 - Excreção nos peixes ósseos. (A) Espécies de água doce. (B) Espécies marinhas. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 308).

7.5 Sistemas sensoriais e endócrinos

O sistema nervoso é composto de encéfalo, medula espinal e muitos nervos que atendem a todos os órgãos e regiões sensoriais (Figura 7.7). Possuem botões gustativos (Figura 5.5), como quimiorreceptores na boca, na faringe e nos barbilhões de peixes que se alimentam no ambiente bentônico.

No ouvido interno, o labirinto é o órgão do equilíbrio (Figura 7.8); como nos demais peixes, a audição não é o melhor sentido de orientação.

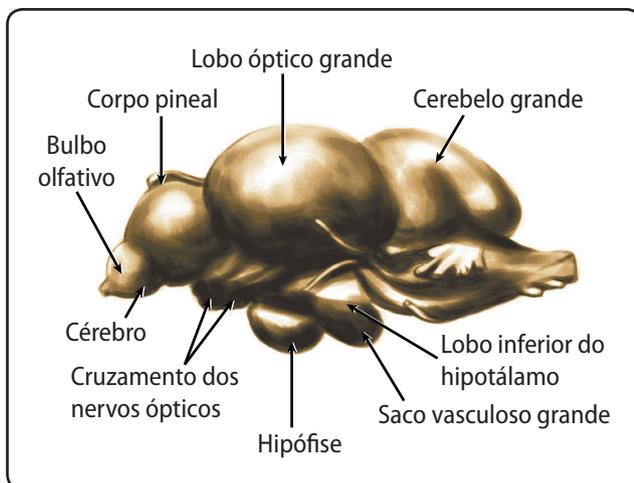


Figura 7.7 - Encéfalo dos peixes ósseos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 374).

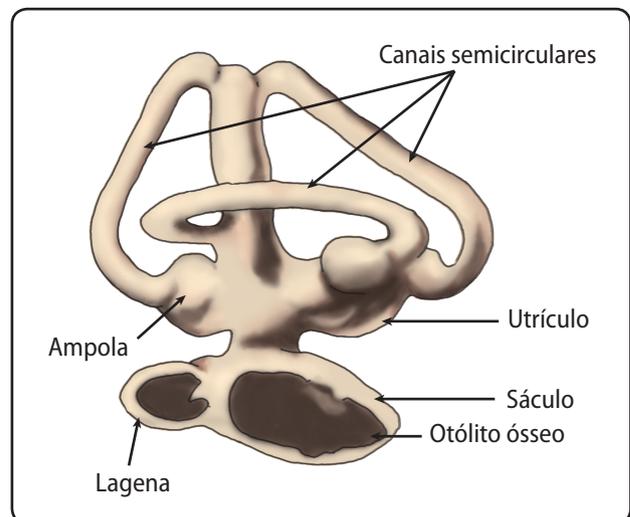


Figura 7.8 - Órgão do equilíbrio dos peixes ósseos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 390).

O olho pineal continua presente nas espécies primitivas. Os olhos fornecem boa visão para espécies pelágicas, e espécies de maiores profundidades possuem olhos com cristalino enorme para compensar a falta de luminosidade (Figura 7.9A; Figura 7.9B). Um epitélio olfativo localiza-se em fossas nasais (Figura 7.10).

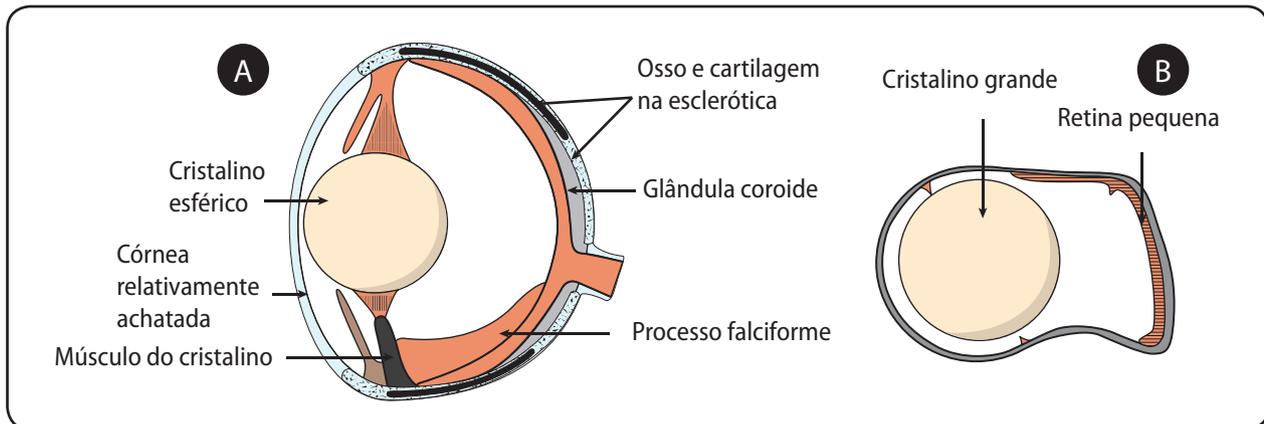


Figura 7.9 - Anatomia dos olhos dos peixes ósseos. (A) Olho normal. (B) Adaptação do olho para visão sob luz tênue, no exemplo, um peixe abissal. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 400).

Os peixes não possuem ouvido externo, mas são dotados de uma linha lateral ao longo dos dois lados do corpo com eletrorreceptores e mecanorreceptores para detecção de vibrações na água e, por isso, podem ser chamados de sistema acústico-lateral similar ao dos tubarões (Figura 6.11). A hipófise está presente junto ao cérebro; a tireoide está presente, mas paratireoides ainda não foram descritas. No grupo de espécies de bagres e peixes afins, ocorre um aparelho de percepção sonora, chamado aparelho Weberiano, que é uma modificação da bexiga natatória juntamente com as primeiras vértebras, conduzindo as vibrações da bexiga à orelha interna.

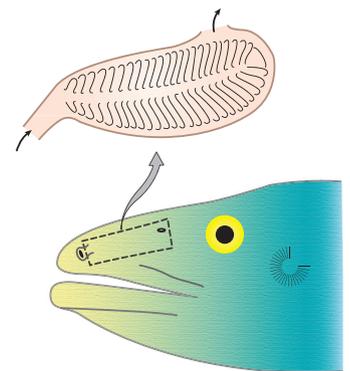


Figura 7.10 - Dissecção da fossa nasal dos peixes ósseos. Como exemplo, uma enguia. (Adatado de: HILDEBRAND, 1995. p. 385).

7.6 Reprodução

A maioria dos peixes são dioicos, ovíparos, a fertilização dos óvulos é externa e não existem cuidados parentais. Há uma elevada diversidade de estratégias reprodutivas, e basta pensar nos diferentes habitats que os peixes ocupam hoje, para entender o porquê: por exemplo, peixes de água doce de rios e lagos, peixes marinhos de recifes, peixes abissais e peixes pelágicos.

Protogínico :
 Condição na qual :
 estruturas ou órgãos :
 femininos desenvolvem- :
 se antes dos masculinos, :
 independentemente do :
 tempo, separando os dois :
 eventos. :

Nas espécies que vivem em cardumes, as fêmeas desovam nas próprias águas onde os cardumes vivem e, ao mesmo tempo, os machos liberam o esperma na água, promovendo altíssimas taxas de fecundidade. Noutras espécies, os ovos afundam, e o seu desenvolvimento realiza-se junto ao fundo – nesses casos, os óvulos podem não ser tão numerosos. Há, porém, poucas espécies vivíparas. Possuem apenas o anexo saco vitelino. A forma jovem (larval) é o alevino. Muitos peixes de água doce realizam o fenômeno da piracema, isto é, sobem os rios na época da reprodução (= anádromos). A maioria dos peixes pulmonados são hermafroditas **protogínicos diândricos**.

Resumo sistemático

Os peixes ósseos estão divididos em três subclasses.

1. **Acantódios**: grupo extinto que apresentava nadadeiras pares com uma base larga, sustentadas por espinhos simples.
2. **Actinoptérígios** (lambaris, robalos e espécies assemelhadas): têm nadadeiras pares em forma de abano, sustentadas por raios duros; os teleósteos sofreram uma enorme irradiação adaptativa e incluem a maioria das espécies atuais.
3. **Sarcopterígios (peixes pulmonados e crossopterígios)** (Figura 4.6): possuem nadadeiras pares lobadas, sustentadas por um eixo central, carnoso e ósseo. Os crossopterígios têm um esqueleto bastante forte e muitos dentes cônicos. A maioria está extinta, mas o **celacanto** marinho ainda sobrevive. Eles poderiam ser os ancestrais de todos os tetrápodes, mas as últimas análises filogenéticas não fortalecem as evidências para essa passagem evolutiva. Somente oito espécies de peixes com nadadeiras lobadas sobrevivem, as seis espécies de peixes pulmonados, os **dipnoicos**, e duas espécies de celacantos. Os peixes ósseos ancestrais habitavam lagos sujeitos à sazonalidade com secas prolongadas. Os pulmões provavelmente surgiram como órgãos de respiração externa acessórios. Os peixes pulmonados que permaneceram dulcícolas continuam a ter pulmões. Outros se tornaram marinhos, e os pulmões transformaram-se

numa bexiga natatória hidrostática. Muitos desses peixes voltaram à água doce e não perderam a bexiga natatória. Nos peixes dipnoicos, a membrana da bexiga natatória é vascularizada e permite a realização de trocas gasosas entre o ar presente no interior e o sangue. São particularmente importantes, pois, como peixes pulmonados, apresentam as narinas abrindo-se dentro da cavidade bucal. Na Amazônia, ocorre um peixe dipnoico, chamado poraquê, que sobrevive na lama dos igarapés na estação seca. Também são famosos, pois podem causar choques elétricos nas pessoas. Os dipnoicos possuem um estado intermediário de formação cardíaca, com um septo interventricular incompleto. Os vertebrados terrestres devem ter evoluído a partir dos crossopterígio primitivos dulcícolas.

Os **actinopterígio**s são classificados em cinco grupos de peixes: i) **polipteriformes** ou bichirs; ii) **acipenseriformes** ou esturjões; iii) **lepisosteiformes**; iv) **amiiformes** ou Amia; v) **teleostei**. Nesse último grupo, reúnem-se a maioria das espécies, com quase 27 mil espécies de peixes. Entre os grupos mais primitivos de teleostei, estão os **clupeomorfos**, que são as sardinhas e manjubas, muito importantes por formarem cardumes enormes e porque são filtradores de plâncton. Um grupo grande de peixes predominantemente de água doce e com características derivadas são os **ostariofiseos**, que são as carpas, os lambaris e os bagres. Mas os **euteleostei** são o grupo de peixes marinhos e de água doce que apresentam a maior variação de forma e estratégias de vida.

Resumo

Os peixes ósseos formam um grande grupo de animais aquáticos nadadores muito eficientes nos oceanos, rios e lagos e em todas as latitudes. Apresentam o corpo coberto por escamas dérmicas, realizam trocas gasosas através de brânquias, são anamnióticos e pecilotérmicos. Apresentam uma grande diversidade de formas e são sempre importantes em vários níveis das cadeias alimentares aquáticas.

Os peixes ósseos são separados em três subclasses, e os teleósteos reúnem o maior número de espécies: são mais de 20 mil do

total de 22 mil reconhecidas para todo o grupo. Além da história evolutiva dos peixes, e que é a história da nossa espécie, eles têm importância para vários setores das sociedades humanas pré-históricas e modernas.

Referências

HILDEBRAND, M. **Análise da estrutura dos vertebrados.**

3. ed. São Paulo: Atheneu, 1995. 699 p.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A vida dos**

vertebrados. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. 700 p.

CAPÍTULO 8



Classe Anfíbios

Neste capítulo, vamos apresentar uma síntese da história evolutiva que envolveu o surgimento dos tetrápodes terrestres. Veremos, também, as características gerais dos anfíbios, mas com ênfase nos detalhes da parede do corpo e do ciclo de vida.

8.1 Introdução

As rãs, as pererecas, as salamandras e as cecílias ou cobras-cegas são anfíbios. Rãs e pererecas são comuns em florestas tropicais. Salamandras são raras, e há uma espécie gigante na China que está ameaçada de extinção; tritões são aquáticos, principalmente na Europa. São vertebrados gnatostômios e tetrápodes, ou seja, apresentam boca com mandíbula e deslocam-se utilizando dois pares de apêndices ou membros locomotores. Existe um grupo que não apresenta apêndices locomotores, são as cobras-cegas ou ápodos. São pecilotérmicos, ou seja, a temperatura do corpo é variável de acordo com a temperatura do ambiente.

As duas questões importantes dos anfíbios são as seguintes: i) a **natureza e função da pele**; ii) o **ciclo de vida**. Essas características relacionam-se com a origem do grupo, que está ligada ao meio aquático. O nome **anfíbio** significa “vida em duas metades”, pois nesses animais as fases larvais são aquáticas, com cauda e sem membros locomotores, e os adultos são terrestres e apresentam quatro membros locomotores, com exceção das cecílias. O desenvolvimento inicia-se com os zigotos sendo liberados em massa no ambiente em cordões gelatinosos e sem proteção de uma casca, por isso são chamados de **anamniotas**, ou seja, o sistema reprodutor não produz membranas envoltórias para proteção dos embriões. As **larvas girinos** eclodem de um cordão gelatinoso e crescem na água doce, enquanto que os juvenis migram para o meio terrestre. Nos adultos, a pele ainda deve ficar umidecida, pois eles não têm

proteção contra a dessecação, contribuindo para várias funções vitais, como trocas gasosas e excreção. Os tetrápodes anamniotas apresentaram ampla diversificação a partir do Devoniano, há cerca de 350 milhões de anos. *Ichthyostega* é o nome do gênero do provável anfíbio ancestral (Figura 4.7).

8.2 Revestimento e sustentação

A epiderme dos anfíbios é revestida por uma fina camada córnea e não apresenta nenhuma estrutura protetora, como cutícula endurecida ou escamas. Na epiderme e derme, é comum a presença de muitas glândulas (Figura 8.1), para diversas funções, como manutenção da umidade e a secreção de toxinas para defesa contra predadores. Além disso, a pele também colabora com as trocas gasosas. Muitos anfíbios anunciam suas propriedades desagradáveis por meio de cores e comportamentos aposemáticos (de alerta) óbvios.

O esqueleto é predominantemente ósseo, e a articulação do crânio com a primeira vértebra da coluna é feita por dois côndilos ou saliências do crânio, que possibilitam pouca movimentação da cabeça para cima e para baixo, mas não lateralmente (Figura 8.2; Figura 8.3). Nas salamandras, a coluna vertebral estende-se como cauda pós-anal e, por isso, elas lembram mais um lagarto do que um sapo!

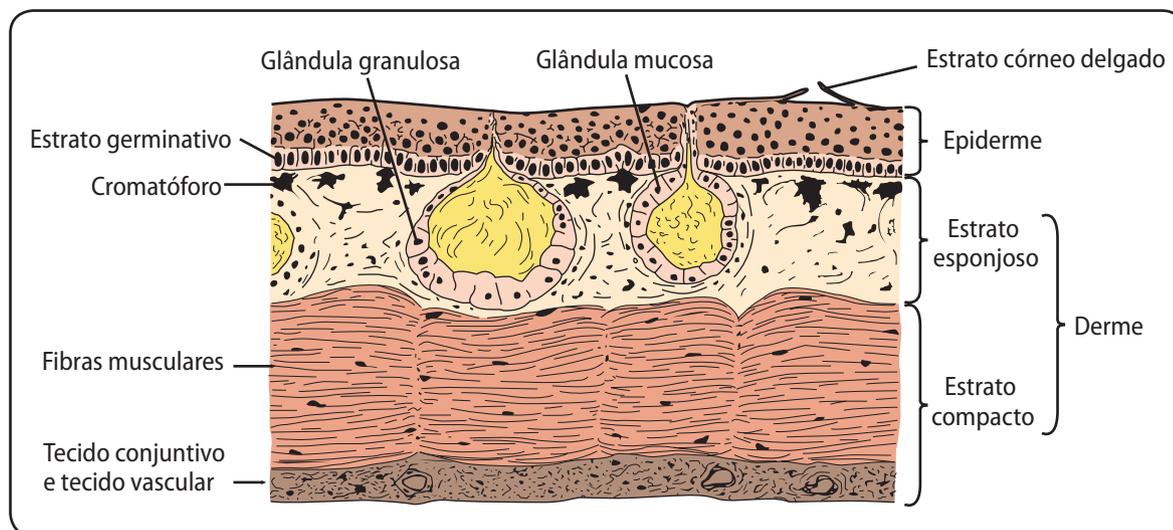


Figura 8.1 - Corte da pele dos anfíbios. (Adaptado de: Hildebrand, 1995. p.101).

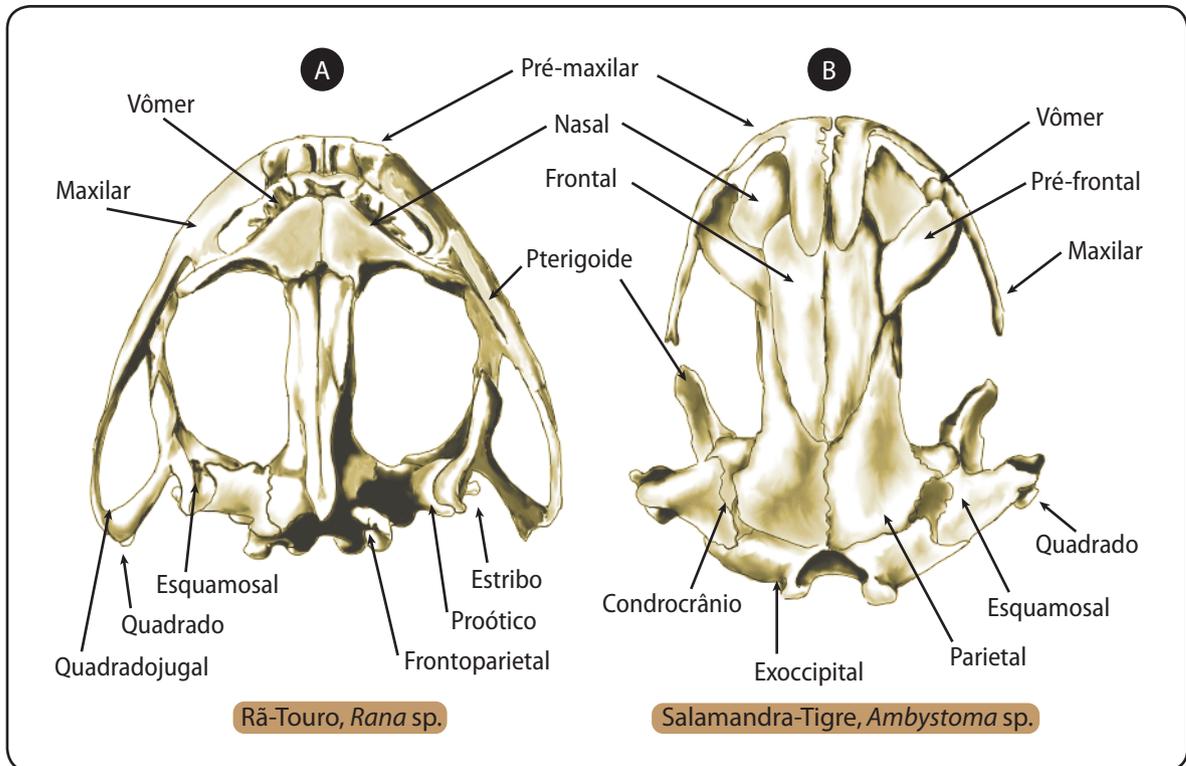


Figura 8.2 - Sistema esquelético nos Anfíbios: (A) crânio de anuros; (B) crânio de urodelos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 141).

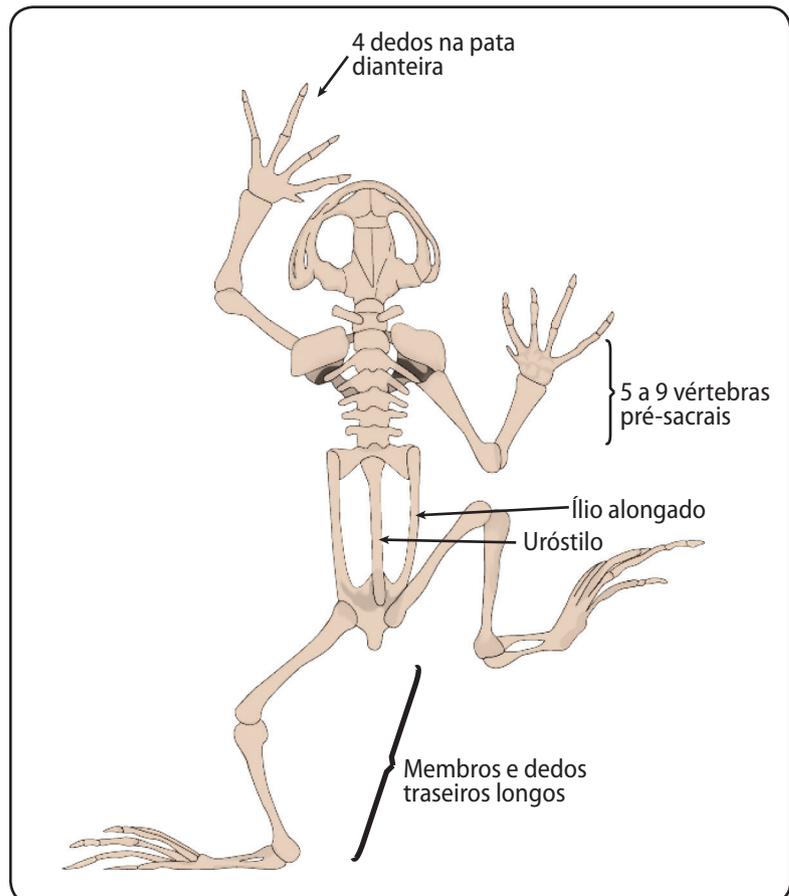


Figura 8.3 - Sistema esquelético completo dos anuros onde se percebe o encurtamento do corpo. O alongamento do ílio e a fusão das vértebras caudais para formar o uróstilo. (Adaptado de: POUGH et al., 2003. p. 232).

8.3 Locomoção

A natação é muito frequente, e é importante desde estágios larvais em muitos grupos. Nas formas aquáticas com cauda, esta também colabora com a natação. Mas, como tetrápodes, podem caminhar usando os apêndices pares. As pererecas podem saltar grandes distâncias, os sapinhos da serrapilheira caminham e as cobras-cegas rastejam.

8.4 Sistemas de transportes internos

Todos os anfíbios atuais são carnívoros, podendo comer quase tudo que se mexa e que são capazes de capturar e engolir. O tamanho da cabeça dos anfíbios é importante na determinação do tamanho máximo da presa que pode ser capturada. Espécies que habitam um mesmo local frequentemente apresentam tamanhos diferentes de cabeças, sugerindo que se trata de uma característica que reduz a competição. Na boca possuem pequenos dentículos para defesa e apreensão das presas. A língua é muito desenvolvida, presa na parte anterior da boca e **protrátil**, o que faz dela uma importante arma de caça. Os sistemas digestório, excretor e reprodutor terminam na cloaca. As trocas gasosas dos anfíbios são particulares, pois apresentam tanto brânquias como pulmões. Alguns grupos de salamandras aquáticas possuem brânquias externas durante toda a sua vida (Figura 8.4A). Nos sapos e nas rãs, as **larvas aquáticas girinos** (Figura 8.4B) apresentam brânquias internas, que são perdidas durante o desenvolvimento, e nos adultos as trocas gasosas são pulmonares e cutâneas.

O coração fica dentro de uma cavidade celomática pericárdica. O padrão básico de circulação sanguínea dos anamniotas é do tipo fechado, e o coração tem três cavidades: duas aurículas e um ventrículo (Figura 8.5). No ventrículo, ocor-

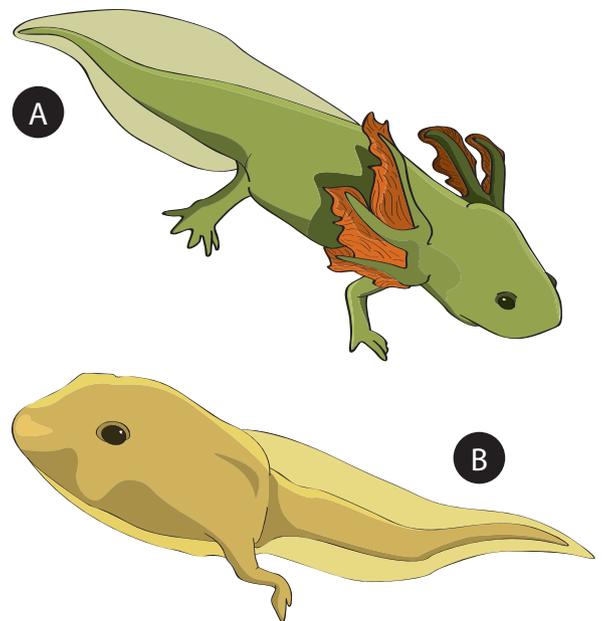


Figura 8.4 - Trocas gasosas nos anfíbios: (A) brânquias externas nas salamandras aquáticas; (B) com brânquias internas nas larvas girinos de sapos e rãs. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 248).

re mistura de sangue venoso com arterial (circulação dupla e incompleta). Os rins excretam ureia.

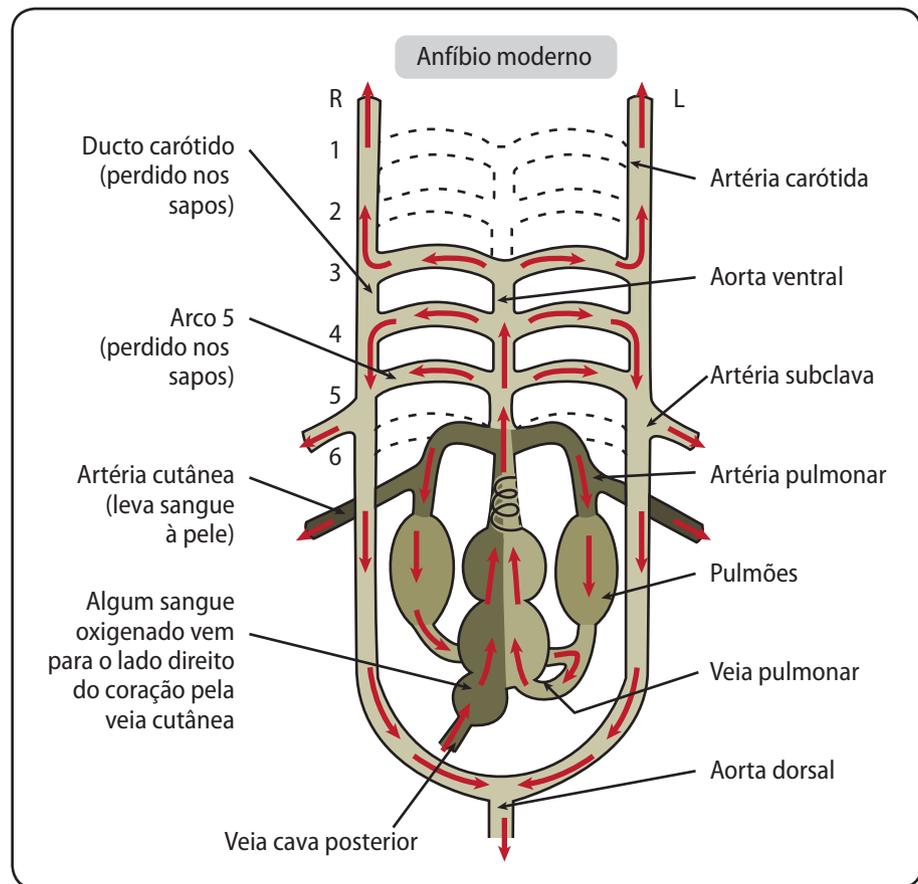


Figura 8.5 - Sistema circulatório dos anfíbios. (Adaptado de: POUGH et al., 2003. p. 232).

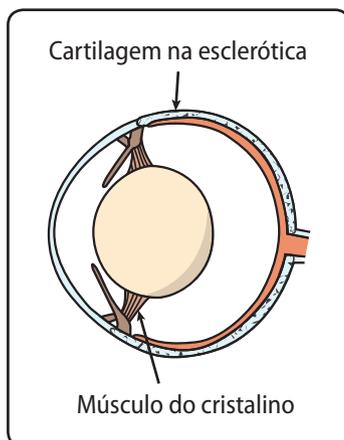


Figura 8.6 - Anatomia dos olhos dos anfíbios. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 402).

8.5 Sistemas sensoriais e endócrinos

Nos anfíbios, o sistema nervoso é composto de encéfalo, medula espinal e muitos nervos que atendem a todos os órgãos e regiões sensoriais. Os olhos pares são importantes para a vida dos anfíbios, e a maioria possui esses órgãos dos sentidos (Figura 8.6). Possuem botões gustativos, como quimiorreceptores na língua, na faringe e na pele (Figura 5.3).

O ouvido interno é funcional (Figura 9.11). São vários os tipos de cápsulas sensoriais encontrados nos tecidos epiteliais e conjuntivos e são responsáveis pela percepção de variações físico-químicas do ambiente (Figura 8.7). Ocorre a linha lateral nas larvas

girinos, como sistema mecanorreceptor (Figura 6.11). A hipófise está presente junto ao cérebro; a tireoide e as paratireoides estão presentes.

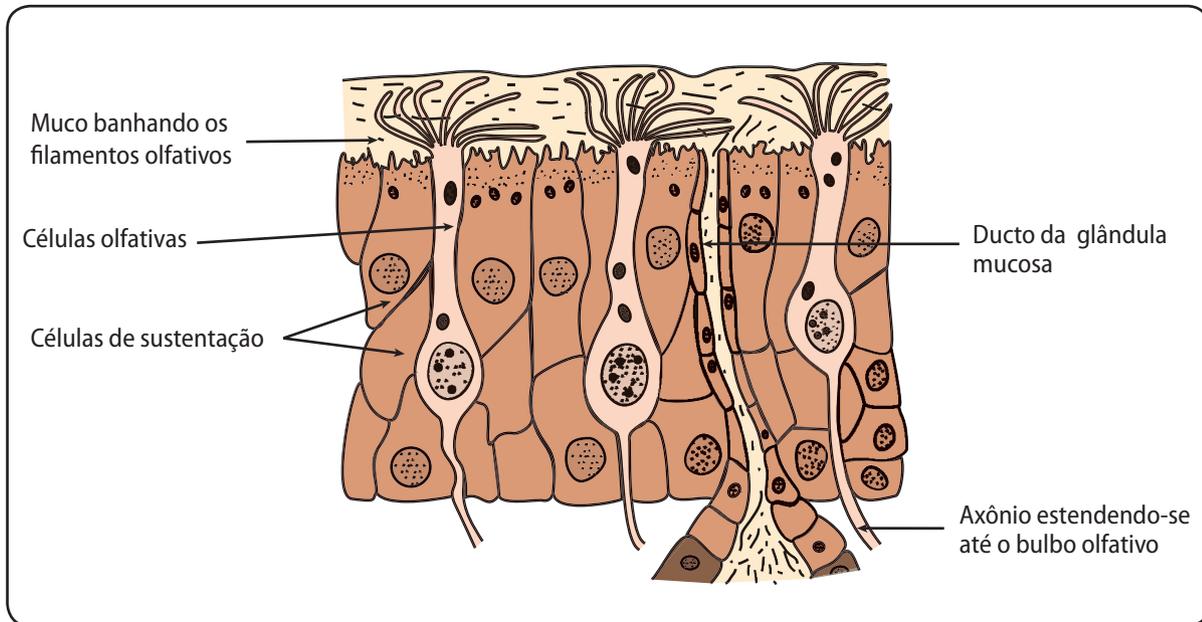


Figura 8.7 - Sistema sensorial dos tetrápodes: epitélio olfativo. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 384).

8.6 Reprodução

São gonocorísticos (Figura 8.8). A maioria das espécies depende da água para a reprodução; e a fecundação é externa na hora da cópula, quando a fêmea libera os óvulos. Nos sapos e nas rãs, os embriões em desenvolvimento permanecem ligados por um cordão gelatinoso, pois não há um invólucro para cada um, ou casca de ovo, por isso são chamados de **não amniotas ou anamniotas**.

Nas cecílias, a fecundação é interna, realizada pelo órgão copulador do macho, e muitas espécies apresentam cuidado parental. As salamandras também apresentam fecundação interna, porém esta é realizada não por meio de órgão copulador, e sim por um espermatóforo. A forma larval aquática (girino dos anuros) só respira por brânquias (Figura 8.4) e após sofrer metamorfoses, com a reabsorção da cauda e das brânquias e desenvolvimento de apêndices pares, segue até atingir a forma dos adultos. Após as metamorfoses, passam a respirar pelos pulmões e principalmente pela

pele (respiração cutânea), por isso precisam habitar locais úmidos para a manutenção das funções da pele.

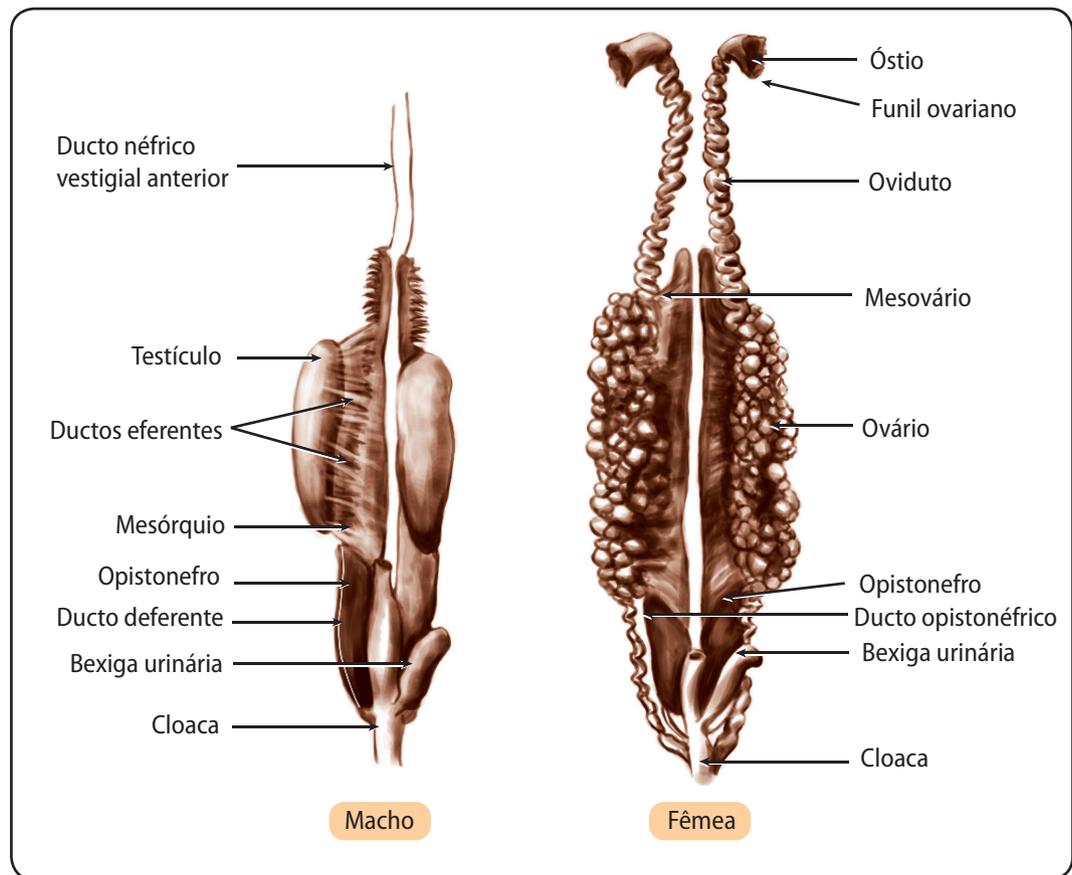


Figura. 8.8 - Sistema reprodutor dos anfíbios. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 317).

Resumo sistemático

Os anfíbios, atualmente tratados como classe lisanfíbios, apresentam três ordens: i) os urodelos, representados pelas salamandras, com cerca de 425 espécies que têm o corpo alongado e a maioria das espécies são terrestres e com dois pares de patas; ii) os anuros, representados pelos sapos e pelas pererecas, com mais de 4.300 espécies, são encontrados principalmente em florestas tropicais. São animais com corpo curto, cabeça grande e membros pelvins longos, adaptados para a natação e para saltar; iii) as cecilias, que são anfíbios ápodos, ou seja, desprovidos de apêndices locomotores, aquáticos ou escavadores.

Resumo

Os anfíbios modernos são representados por animais familiares, como os sapos e as pererecas. O grupo de anfíbios com corpo alongado e com cauda é o grupo das salamandras, que são menos comuns de se observar na natureza. Duas características são importantes nesse grupo: i) a questão da pele nua, sem escamas, e que mesmo nos adultos desempenha funções fisiológicas importantes, como trocas gasosas e excreção; ii) o modelo de reprodução anamniótico, em que os ovos fecundados são colocados para se desenvolver em meios aquáticos, ou seja, os embriões não têm a proteção de ovos com casca; o desenvolvimento dos juvenis se dá na água com respiração branquial, e os adultos abandonam a água e respiram por meio de pulmões.

Os primeiros anfíbios devem ter sido peixes com nadadeiras lobadas, que passaram a adaptar-se ao meio terrestre, dando sequência à evolução que levou aos répteis, às aves e aos mamíferos.

Referências

HILDEBRAND, M. **Análise da estrutura dos vertebrados.**

3. ed. São Paulo: Atheneu, 1995. 699 p.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A vida dos**

vertebrados. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. 700 p.

CAPÍTULO 9



Classe Répteis

Neste capítulo, discutiremos a continuidade da história evolutiva dos vertebrados, que culminou com os dinossauros gigantes dominando as paisagens terrestres da era Mesozóica. Pretendemos também descrever as principais características dos grandes grupos de répteis modernos.

9.1 Introdução

Os répteis são os vertebrados que conquistaram efetivamente o meio terrestre e reúnem cerca de 6.000 espécies. Formam um grupo de animais que ocorrem preferencialmente em regiões terrestres tropicais, pois são pecilotérmicos, ou seja, a temperatura do corpo varia de acordo com o ambiente. Outra característica importante é a pele com escamas geralmente endurecidas e impermeáveis. O sucesso no meio terrestre também está ligado ao fato de realizarem a fecundação interna e produzirem cascas para a proteção dos embriões, isto é, são **amniotas** (Figura 4.8), o que lhes confere a independência da água para o processo reprodutivo. Porém, mesmo espécies aquáticas, como tartarugas e crocodilianos, procuram locais secos para colocar os ovos, como evidência da maior eficácia dessa nova estratégia de reprodução. Os amniotas ancestrais surgiram ao final do Devoniano, inclusive os primeiros répteis eram parecidos com os mamíferos. Uma forma de abordar a morfologia dos tetrápodes amniotas é a descrição do crânio e, nesse contexto, o número de aberturas é que conta para as terminologias dos grupos. As tartarugas, chamadas tecnicamente de **testudines** ou **quelônios**, formam os grupos mais primitivos e que têm espécies viventes. São chamados **anápsidos**, pois têm o crânio sem aberturas temporais. Os **diápsidos**, que apresentam duas aberturas grandes no crânio – as temporais inferiores e superiores, além das órbitas para os olhos e as narinas –, constituem os grupos dos lagartos, das serpentes e dos crocodilos. Eles formam um grupo maior, chamado arcossauros, que inclui os extintos terópodos, que são os familiares velociraptorres e tiranossauros; é importante registrar aqui que desse grupo de

animais originaram-se as aves. Os mamíferos também avançavam na sua evolução, e após a extinção em massa dos dinossauros os mamíferos apareceram como dominantes nas paisagens terrestres.

Nos períodos Triássico e Cretáceo, répteis voadores dominavam a paisagem: os pterossauros, que variavam de tamanho, podendo ser pequenos como um pardal (*Pterodactylus*) ou possuir envergadura de 13 metros, como o *Quetzalcoatlus*. Entre os arcossauros encontramos os grandes dinossauros, Ornithischia e Saurischia. Os Ornithischia eram herbívoros e possuíam cuidado parental em muitas espécies. Os Saurischia incluíam os saurópodes, enormes (o comprimento corpóreo pode ter alcançado mais de 30 metros e o peso pode ter sido de 100.000 kg) quadrúpedes e herbívoros, e os terópodos, predadores de grande porte. Os terópodes são os ancestrais das aves modernas e as similaridades entre esses grupos incluem os seguintes caracteres: pescoço alongado e móvel em forma de “S”; pé tridátilo, com postura digitígrada; ossos pneumáticos ocos. Exemplos de terópodes são os dromeossauros, como *Velociraptor* do filme “Parque dos Dinossauros”. Esses dinossauros tinham a estrutura do pulso que lhes permitiam girar suas mãos quando capturavam as presas. Mais dramático ainda, foi a descoberta nos últimos anos da década de 90 de gêneros de dromeossauros com o corpo coberto com penas!

9.2 Revestimento e sustentação

A pele é protegida por **escamas ou placas de queratina**, que não se sobrepõem e que formam uma capa isolante e impermeável (Figura 9.1).

Nas tartarugas, há uma carapaça calcificada, mas com revestimento córneo, super-reforçada e dorsal, chamada plastrão, na qual as costelas estão fundidas a uma placa ventral, o escudo. Esse casco das tartarugas é a chave do seu sucesso, porém ele também limitou a diversidade do grupo. Placas ósseas ou osteodermos recobrem o dorso dos crocodilianos. O esqueleto é predominantemente ósseo e bastante variável, desde formas compactas, como nas tartarugas, até formas com centenas de vértebras, como nas serpentes; conse-

quentemente, os crânios também são muito variáveis (Figura 9.2; Figura 9.3; Figura 9.4; Figura 9.5), e a musculatura geral é complexa (Figura 9.6). A cauda pós-anal musculosa é comum nos répteis, exceto nas tartarugas, e colabora na locomoção e no equilíbrio.

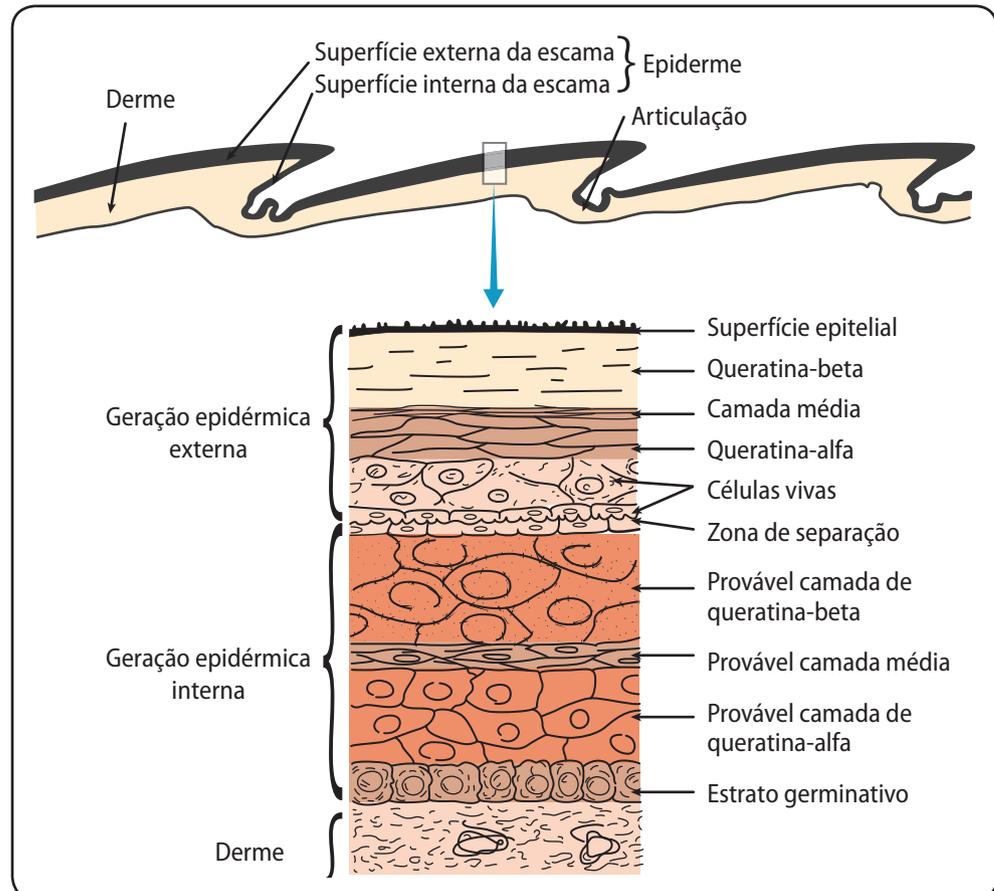


Figura 9.1 - Corte da pele dos répteis, com o exemplo da pele das serpentes. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 102).

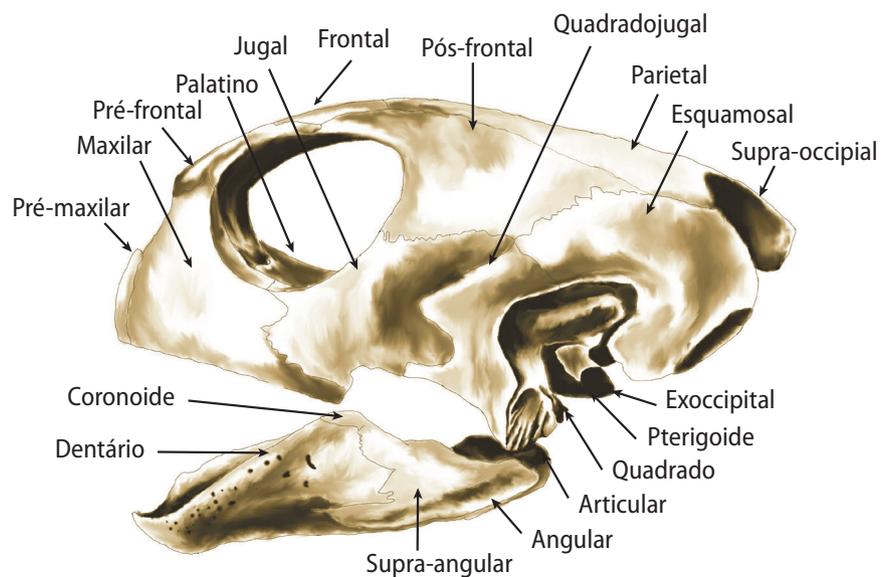


Figura 9.2 - Esqueleto reptiliano, com o exemplo do crânio das tartarugas da subclasse anápsidos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 145).

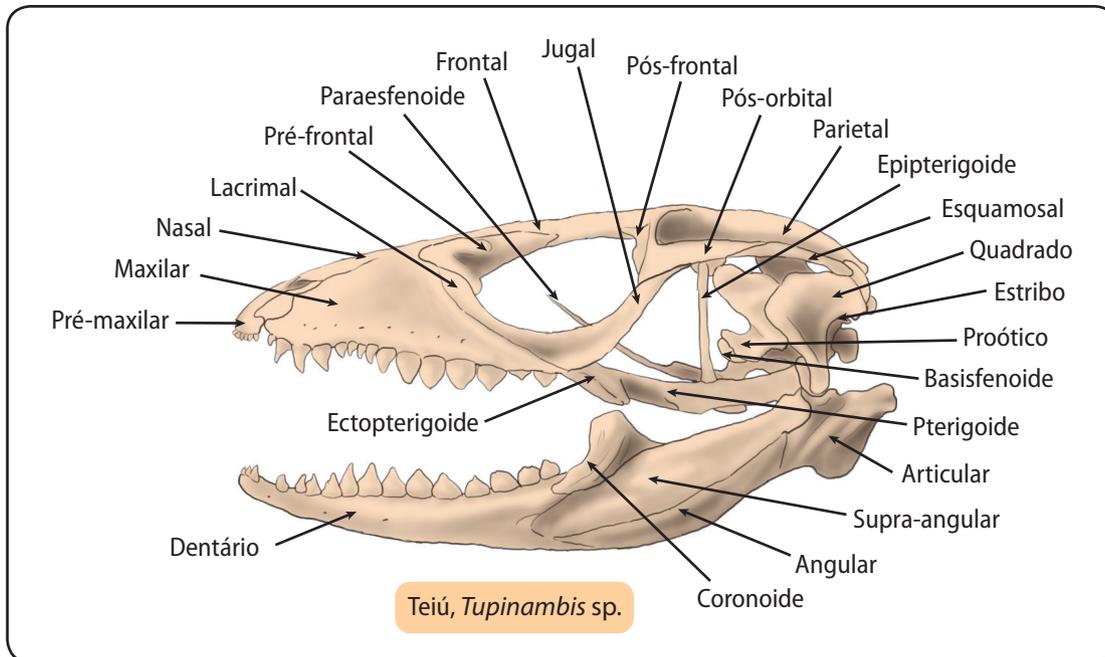


Figura 9.3 - Esqueleto reptiliano, com o exemplo do crânio do lagarto teiú da subclasse diápsidos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 145).

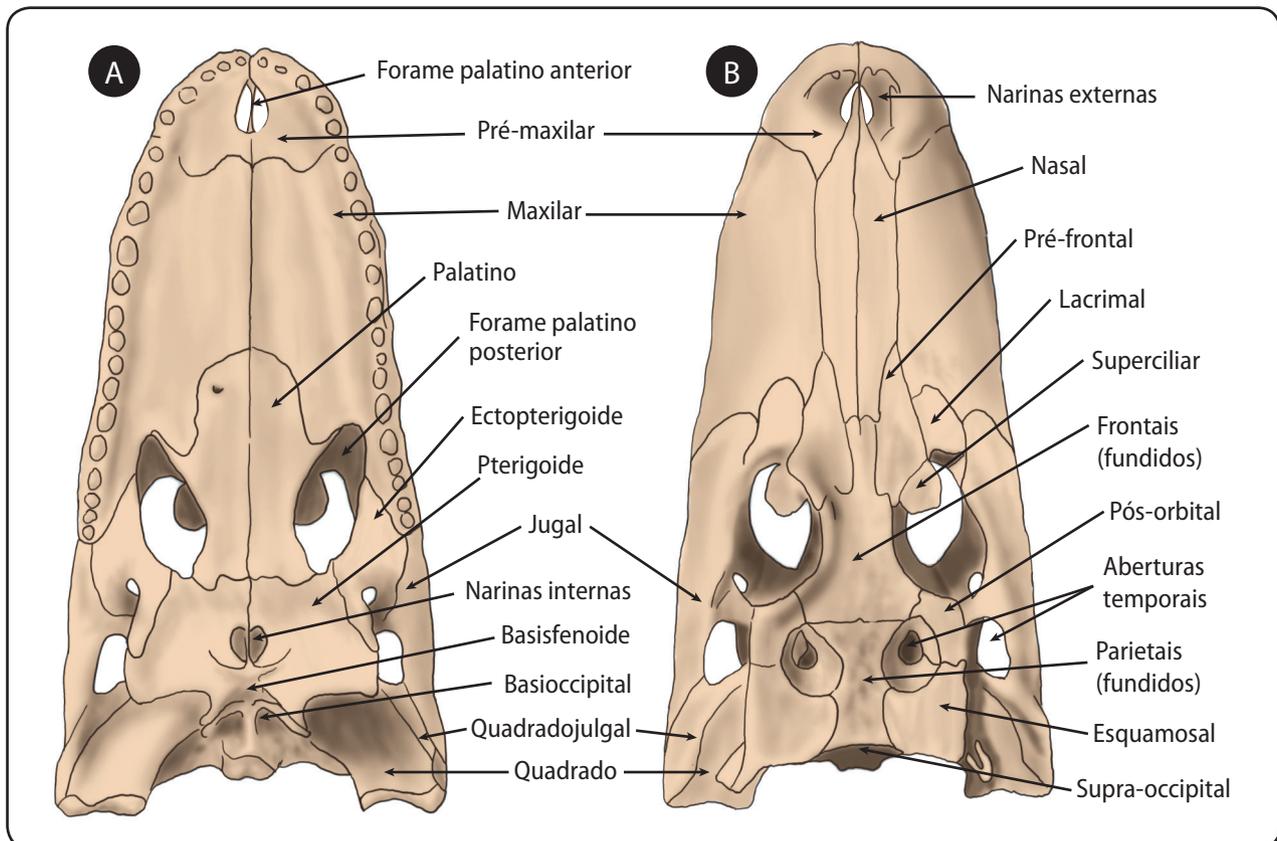


Figura 9.4 - Esqueleto reptiliano, com o exemplo do crânio dos crocodilos. (A) Vista ventral; (B) vista dorsal. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 146).

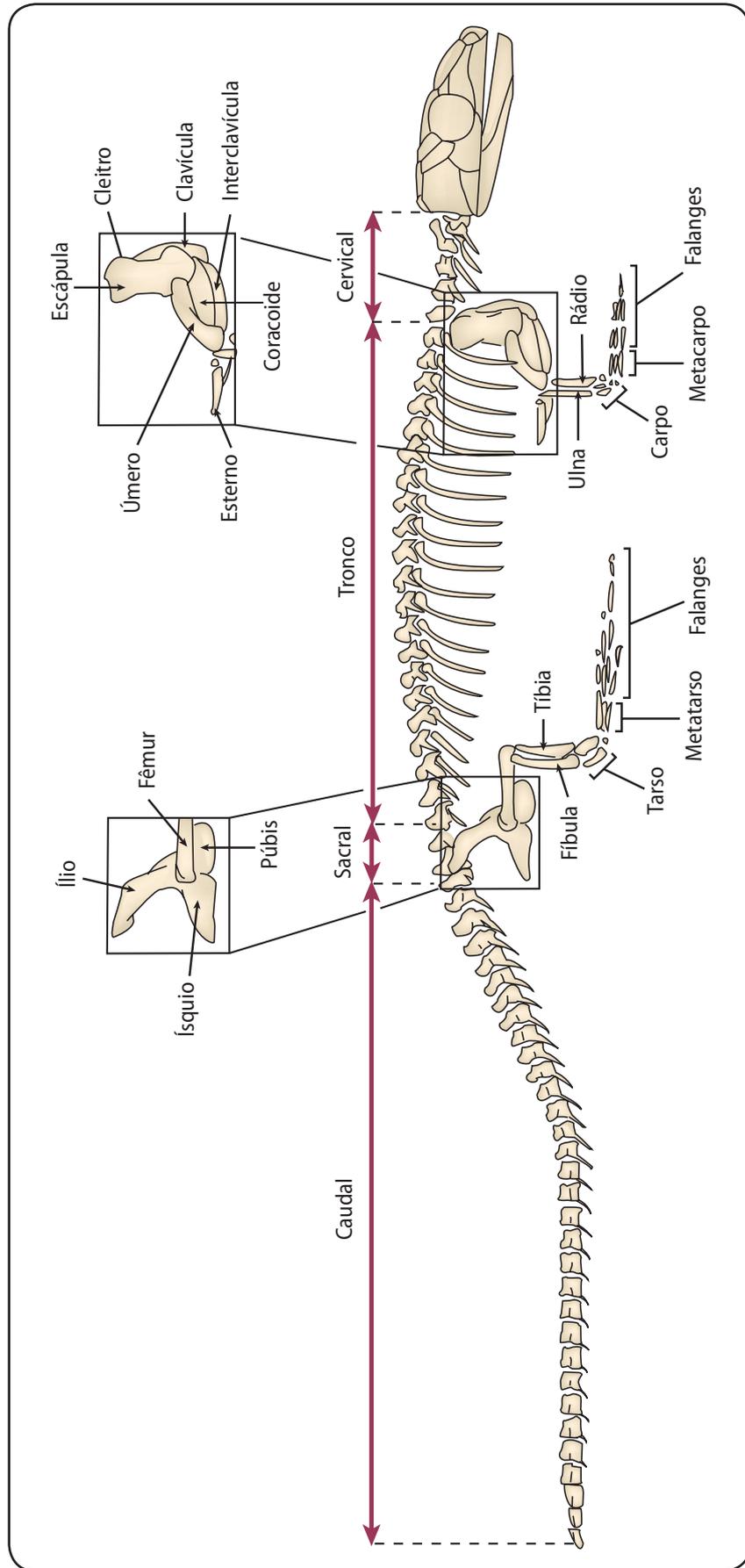


Figura 9.5 - Esqueleto de tetrápode generalizado, como exemplo um amniota primitivo. (Adaptado de: POUGH et al., 2003. p. 182).

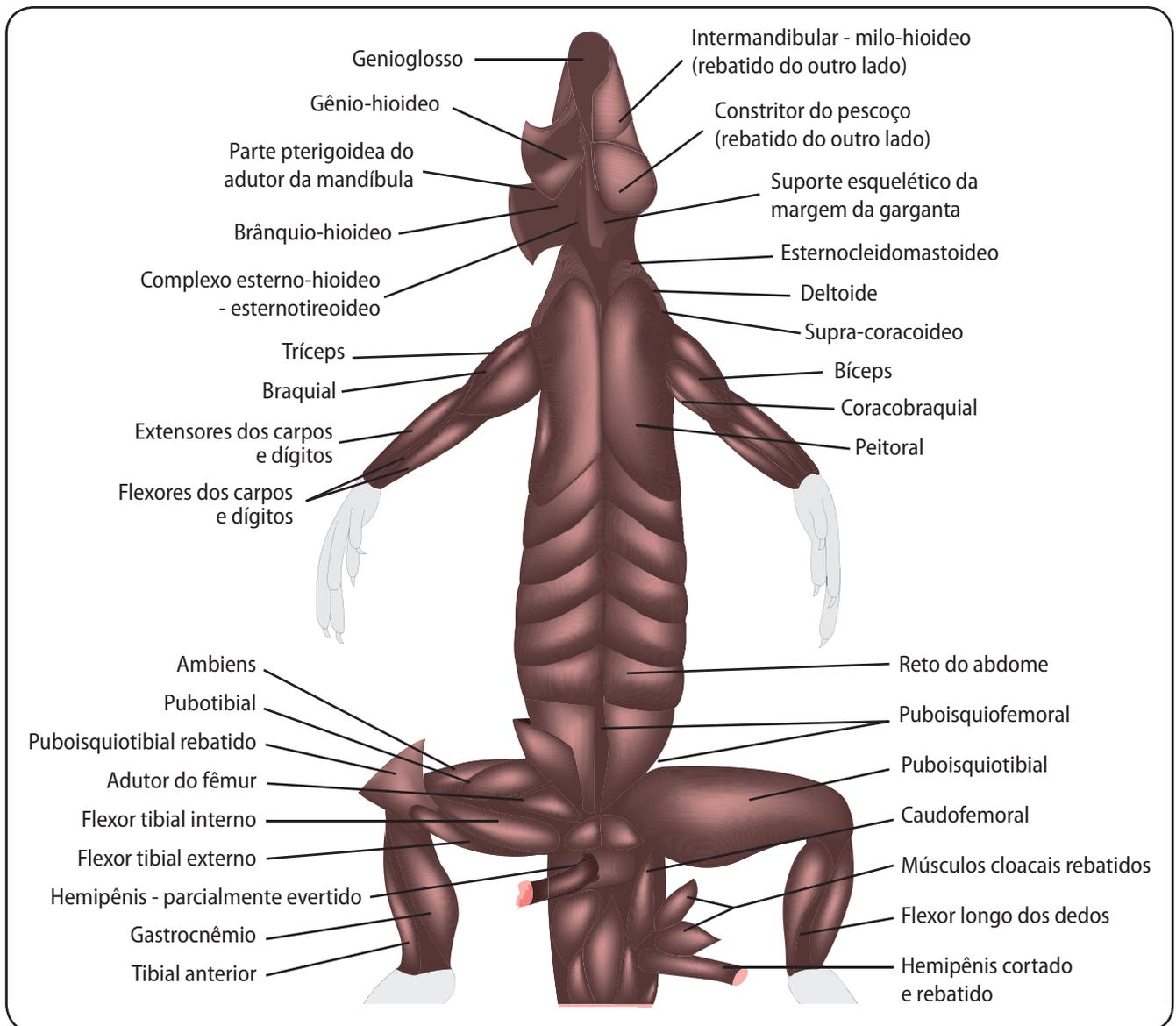


Figura 9.6 - Anatomia de um reptiliano. Modelo representativo de sistema muscular de lagartos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 207).

9.3 Locomoção

Nos crocodilianos, a posição dos apêndices ou das patas anteriores e posteriores é lateral ao corpo. Essas patas são curtas e para promover uma caminhada é necessário primeiro o animal elevar o corpo, que geralmente encontra-se em descanso, deitado sobre o solo. Por isso, crocodilos e jacarés ainda são bons nadadores, pois produzem os movimentos ondulatórios do corpo (movimento ancestral que vem desde os peixes mais antigos).

Tartarugas em terra são lentas, mas no mar podem nadar com alguma velocidade. Lagartos são ótimos corredores, e lagartixas podem ter pés adaptados para escalar paredes verticais. As serpentes possuem especializações locomotoras, que refletem suas diferenças de morfologia, associada com os diferentes modos de predação e propriedades dos substratos pelos quais se locomovem. A locomoção pode ser retilínea, em ondulações laterais, em concertina ou por alças laterais.

9.4 Sistemas de transportes internos

Os répteis, em geral, engolem as presas inteiras. Os testudines não têm dentes para mastigação, possuem um bico córneo no lugar; o estômago é longo, e a presa é decomposta por ácido clorídrico e pepsinas (Figura 9.7). Nos camaleões, a língua é prostrátil, o que lhes permite capturar presas a certa distância, ou seja, não

precisam avançar com o corpo todo em direção à presa. Nas serpentes, ocorrem glândulas que secretam peçonha e há vários tipos de dentes para inoculação do veneno nas presas.

A respiração é sempre pulmonar, desde o nascimento, inclusive nos aquáticos. O padrão circulatório dos répteis é semelhante ao dos anfíbios (Figura 8.5). Seu coração tem três câmaras (dois átrios e um ventrículo), e são os mesmos dois circuitos: circulação pulmonar e circulação sistêmica. Entretanto, o ventrículo único dos répteis é parcialmente dividido pelo septo de Sabatier, o que torna a mistura de sangue arterial e venoso apenas parcial. O sangue que flui pela circulação sistêmica para os tecidos do corpo é mais saturado em oxigênio que aquele recebido pelos tecidos dos anfíbios. Nos crocodilos, o coração é perfeitamente separado em quatro cavidades, e o sistema é similar ao dos mamíferos.

Os rins fazem a osmorregulação, mas as espécies ligadas ao mar eliminam o excesso de sais por meio de glândulas na cabeça (Figura 9.8). Tanto espécies terres-

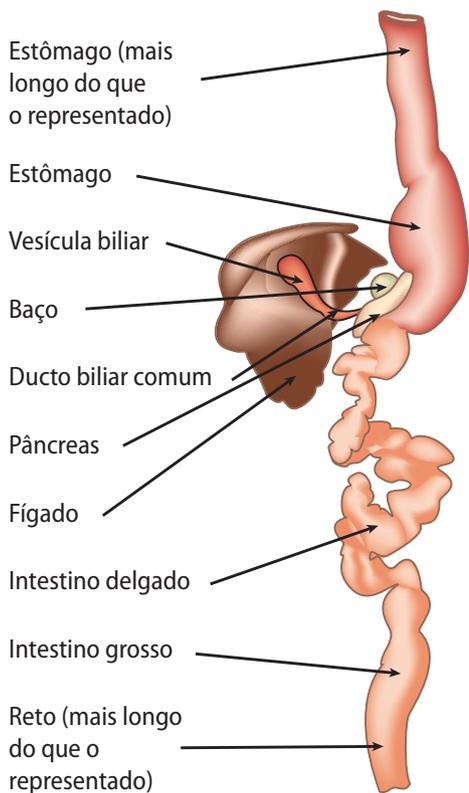


Figura 9.7 - Anatomia de um reptiliano. Modelo representativo de sistema digestório de lagartos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 230).

tres como as marinhas excretam ácido úrico; algumas tartarugas podem excretar ureia.

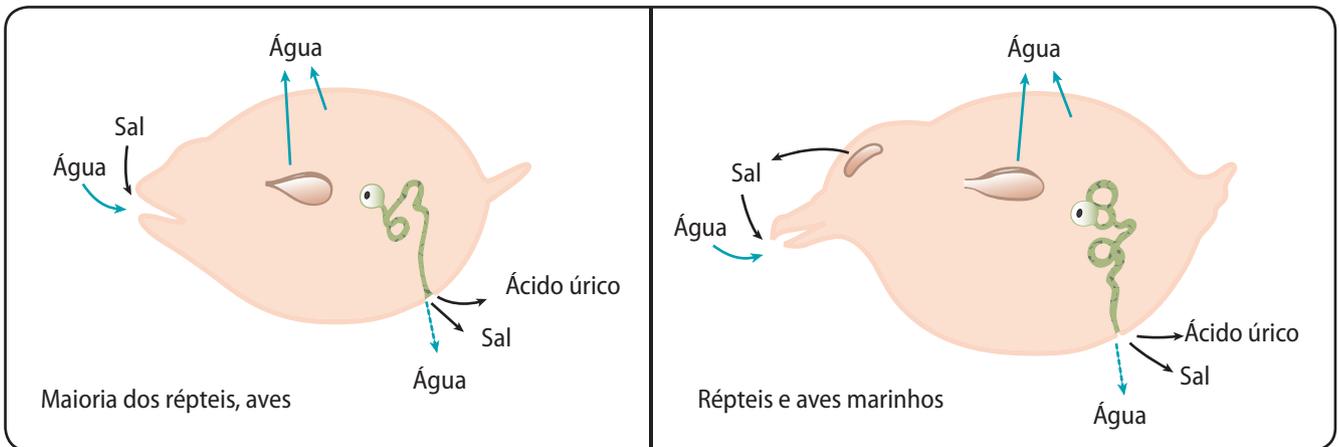


Figura 9.8 - Excreção nos répteis e aves. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 308).

9.5 Sistemas sensoriais e endócrinos

Nos répteis, o sistema nervoso é composto de encéfalo (Figura 9.9), medula espinal e muitos nervos que atendem a todos os órgãos e regiões sensoriais. Possuem botões gustativos, como quimiorreceptores na faringe (Figura 5.3). No ouvido interno, o labirinto é o órgão do equilíbrio (Figura 9.10; Figura 9.11), e o ouvido interno é funcional (Figura 9.11). A grande maioria dos reptilianos possui olhos (Figura 9.12). São vários os tipos de cápsulas sensoriais encontrados nos tecidos epiteliais e conjuntivos, responsáveis pela percepção de variações físico-químicas do ambiente (Figura 8.7).

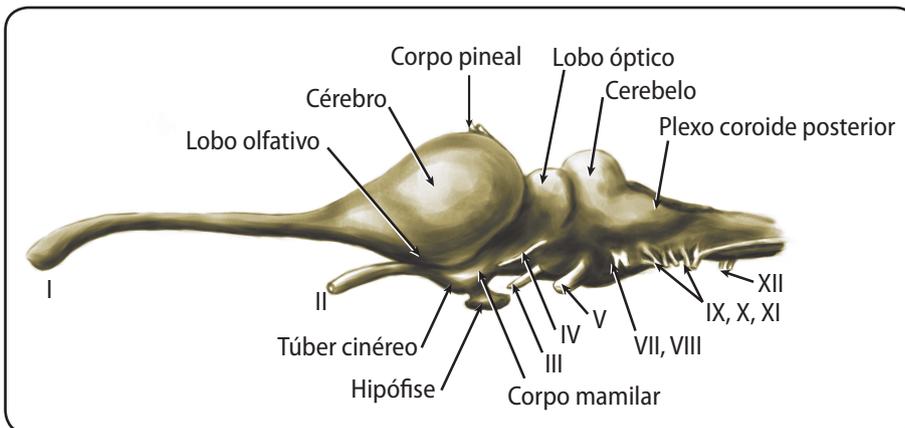


Figura 9.9 - O encéfalo dos testudíneos. Os números romanos representam nervos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p.376).

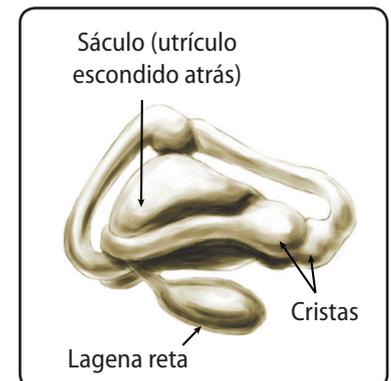


Figura 9.10 - Órgão do equilíbrio dos lagartos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p.390).

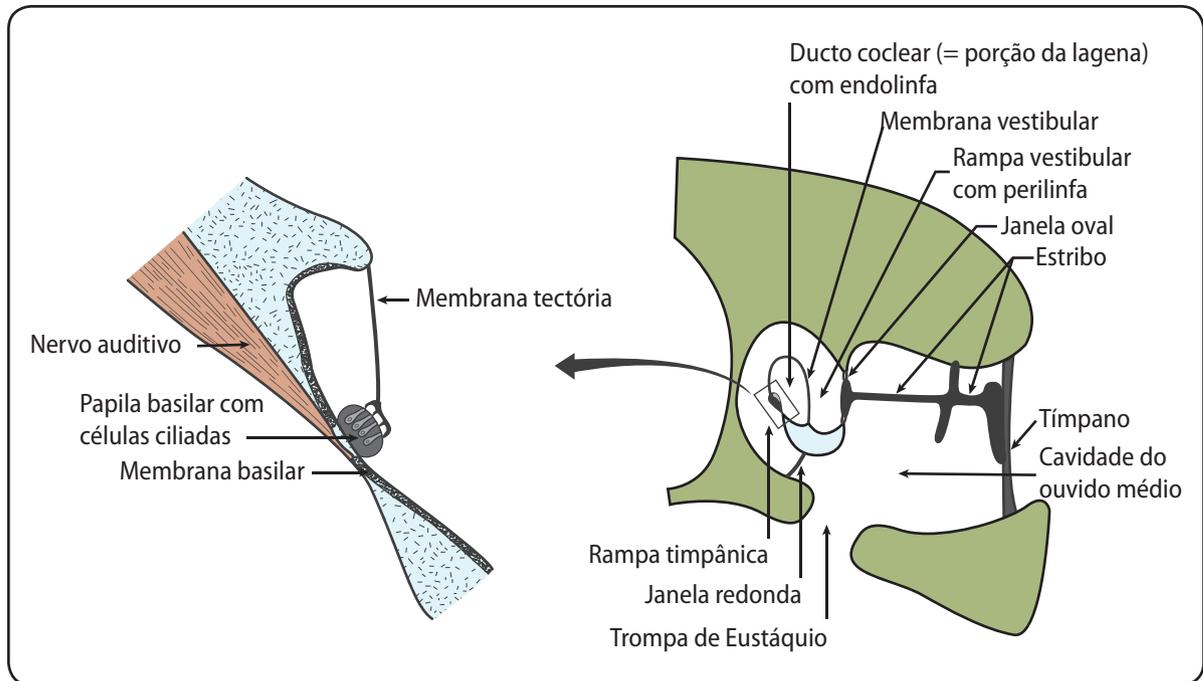


Figura 9.11 - Seção diagramática do ouvido interno do lagarto. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995, p. 393).

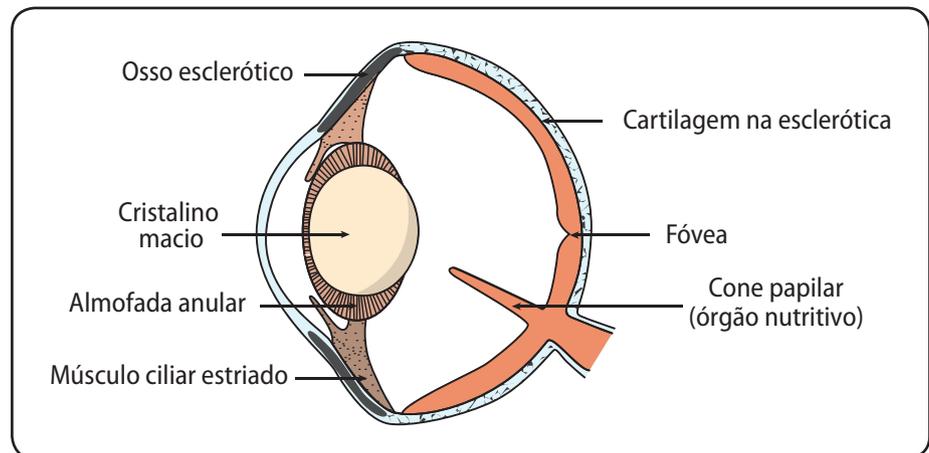


Figura 9.12 - Anatomia dos olhos dos lagartos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995, p. 402).

Os hormônios moldam todo o comportamento dos animais, e há uma relação íntima entre o sistema nervoso e o sistema endócrino. A hipófise está presente junto ao cérebro; a tireoide e as paratireoides estão presentes. O sistema endócrino e de neurosecreções é similar em todos os tetrápodes. As serpentes possuem língua bífida, que é protraída e ondula no ar; em seguida, a língua é retraída, e os estímulos químicos são transferidos para o órgão vomeronasal (quimiorreceptor).

9.6 Reprodução

Os répteis são gonocorísticos (Figura 9.13). A maioria das espécies é ovípara e produz ovos com casca. As exceções são as sucuris, que são vivíparas, e as cascavéis, que são ovovivíparas.

Os répteis são os primeiros vertebrados que possuem anexos embrionários – como córion, âmnio e alantoide, que são membranas que delimitam o ambiente exclusivo para o desenvolvimento dos embriões, por isso são chamados de **amniotas** (Figura 4.8). Com essa estratégia, os ovíparos promovem a manutenção dos embriões em desenvolvimento em um meio aquático, o que demonstra um aspecto evolucionário que é a ancestralidade dos “peixes”. Os quelônios apresentam uma peculiaridade com relação ao desenvolvimento embrionário – o sexo dos indivíduos é determinado pela temperatura a que este é exposto no ninho.

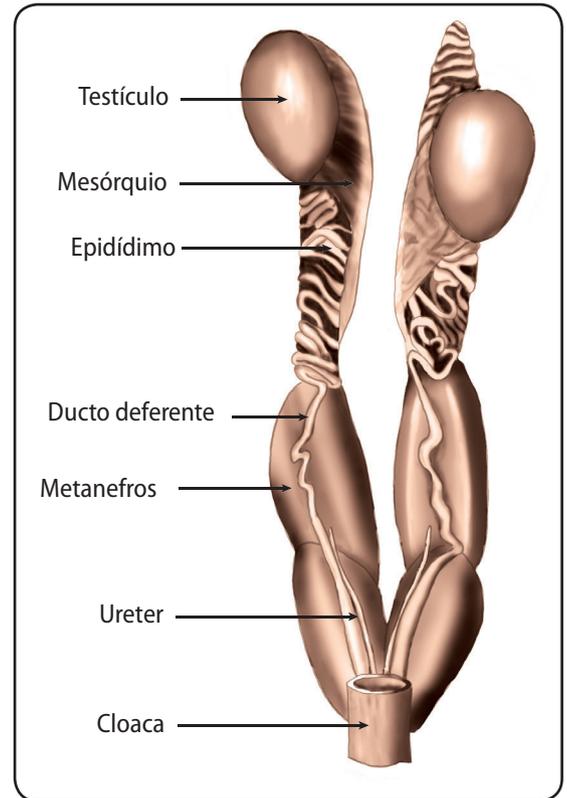


Figura 9.13 - Sistema urogenital de lagartos - macho (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 323).

Resumo sistemático

O nome **répteis** não é mais adequado como uma classe para reunir os grupos a seguir: i) ordem testudines, o grupo das tartarugas e jabutis, com cerca de 260 espécies; ii) ordem lepidossauros, que são as cobras, os lagartos e as serpentes, com mais de 650 espécies; iii) ordem crocódilianos, que reúne os jacarés e gaviais, com apenas 22 espécies.

A ordem dos lepidossauros reúne animais muito familiares, como os lagartos e as serpentes. As cobras são aquelas que mostram um potencial para causar problemas de saúde pública para o homem.

Resumo

Os répteis formam um grupo heterogêneo de animais cuja história da fauna de dinossauros mesozoicos é tão ou mais rica do que aquela das espécies modernas! São animais encouraçados, com um revestimento duro e impermeável. A temperatura do corpo varia de acordo com a do ambiente, de modo que eles ocupam preferencialmente as regiões tropicais. Outra importante característica dos répteis é a reprodução com produção de ovos com casca protetora dos embriões, ou seja, o embrião com uma carga de nutrientes, que é a gema, fica banhado em uma matriz líquida de albumina, que é a clara.

Referências

- HILDEBRAND, M. **Análise da estrutura dos vertebrados**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 1995. 699 p.
- POUGH F, H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A vida dos vertebrados**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. 700 p.

CAPÍTULO 10



Classe Aves

Agora iremos contextualizar a evolução das aves baseada na história evolutiva dos dinossauros ancestrais. Reconhecemos os aspectos que levaram as aves à especialização do voo, às vocalizações e aos rituais de acasalamento.

10.1 Introdução

As aves formam um grupo de tetrápodes cujos ancestrais são répteis mesozoicos, os terópodes, como os populares velocirraptores. Há um fóssil muito importante, o *Archaeopteryx*, que é um verdadeiro “elo perdido”. Muitos répteis extintos já apresentavam o corpo coberto por penas, como *Caudipteryx* e *Protoarchaeopteryx*, dinossauros com corpos emplumados, chegando mesmo a apresentar penas com vexilos. Acredita-se que as penas surgiram inicialmente para proteção e secundariamente assumiram importância para o voo.

As aves são vertebrados bípedes, pois, em geral, possuem os membros anteriores transformados em asas para voar. Assim, conquistaram o meio terrestre e o meio aéreo. As adaptações para o voo incluem, além das asas: penas, membrana nictitante, cerebelo desenvolvido, sacos aéreos, esterno com quilha, músculo peitoral desenvolvido, ossos pneumáticos (occos e cheios de ar), esqueleto rígido (coluna vertebral, cinturas pélvica e escapular fundidas).

A história evolutiva das aves é muito interessante, pois alguns animais extintos, mas famosos, como velocirraptores e tiranossauros, são parte da linha parental ancestral. O fóssil *Archaeopteryx* é a evidência mais clara para comprovar essa hipótese, e hoje já se discute se o surgimento das penas foi um episódio independente do voo. Isso porque eles podem ter precisado do calor que as penas poderiam fornecer, antes de terem sido pressionados a voar!

10.2 Revestimento e sustentação

Possuem penas como derivados dérmicos, as quais podem apresentar estrutura variável, de acordo com a função que precisam executar. Por exemplo, as penas (Figura 10.1) **rêmiges** são usadas para voar, as **retrizes** são as penas da cauda, as **plumas finas** (Figura 10.2 A) têm função na manutenção de temperatura. Existem penas muito modificadas para funções ainda mais específicas, como nos urubus, que devido à redução de tamanho das penas do rosto, auxiliam na proteção contra doenças que podem ser transmitidas com a carne em decomposição.

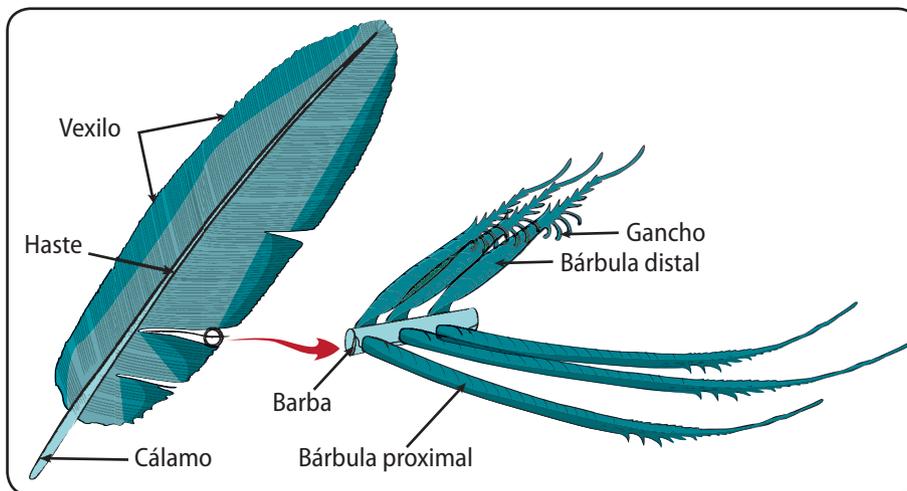


Figura 10.1 - Estrutura de uma pena de contorno. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 105).

Não há glândulas epidérmicas, com exceção da glândula uropigiana, que existe em muitas espécies. Essa glândula produz secreção, que impermeabiliza as penas. Os ossos da maioria das aves são pneumáticos (ocos e cheios de ar). O osso esterno é muito expandido quando comparado ao de outros vertebrados e possui uma quilha (exceto nas aves que não voam), a partir da qual se originam os músculos, como o grande peitoral (que promove a batida das asas para baixo durante o voo) e o supracoracoideo (que confere batida para cima das asas durante o voo). Os músculos dos peitorais (Figura 10.3) são extremamente desenvolvidos como adaptação para o voo (Figura 10.4).

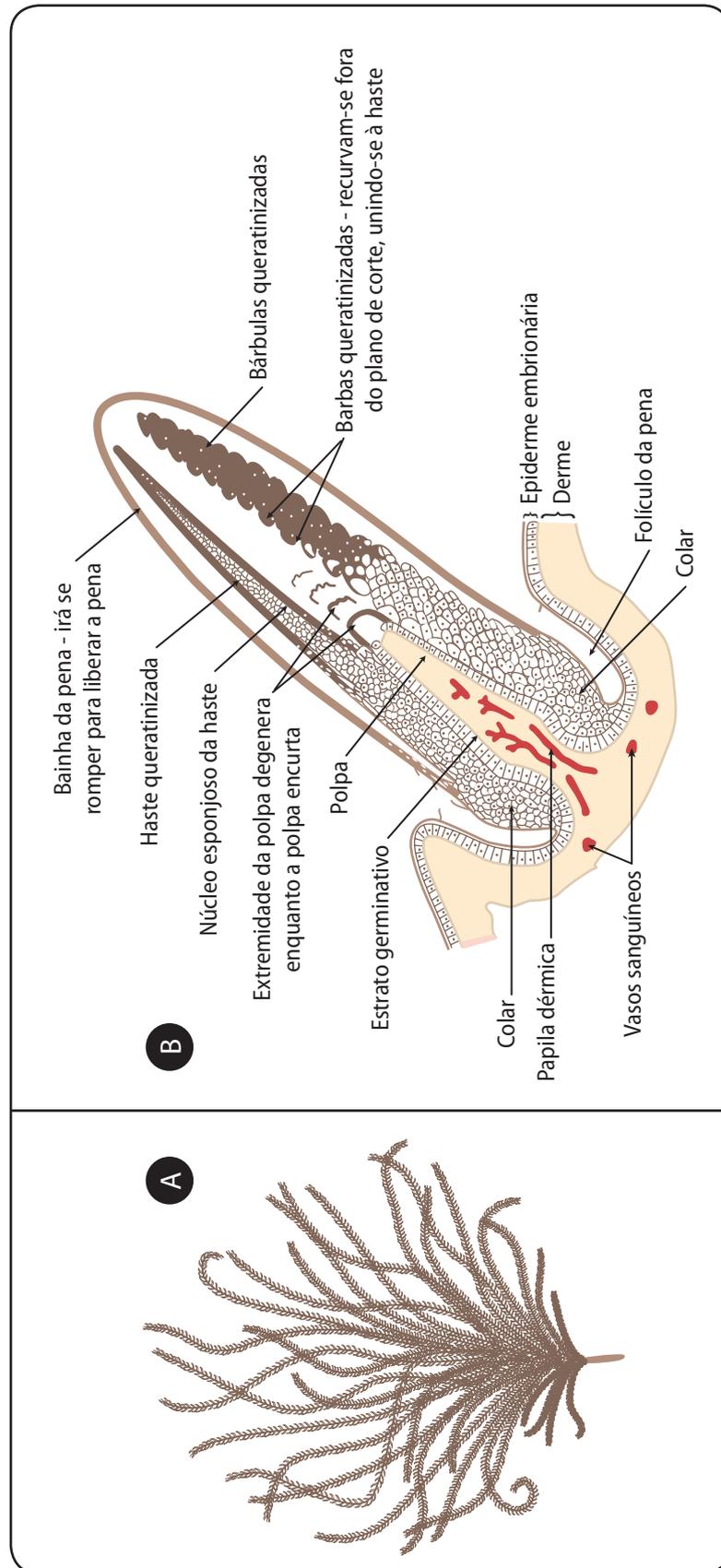


Figura 10.2 - Penas das aves: (A) Uma plúmula. (B) Corte de uma pena de contorno em desenvolvimento. (Adaptado de: (A) HILDEBRAND, 1995, p. 105. (B) HILDEBRAND, 1995, p. 106).

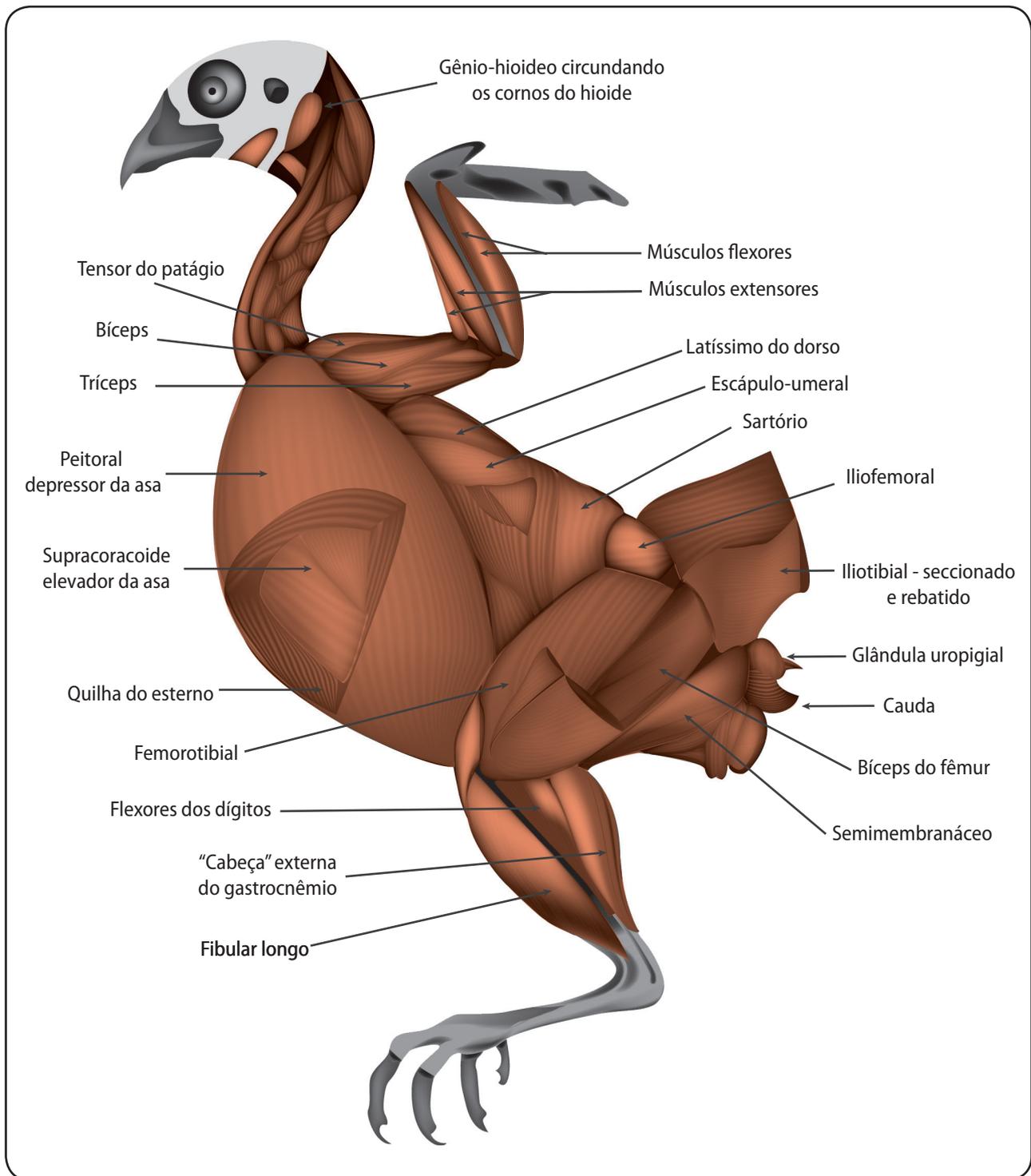


Figura 10.3 - Sistema muscular de uma ave, em vista lateral. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 209)

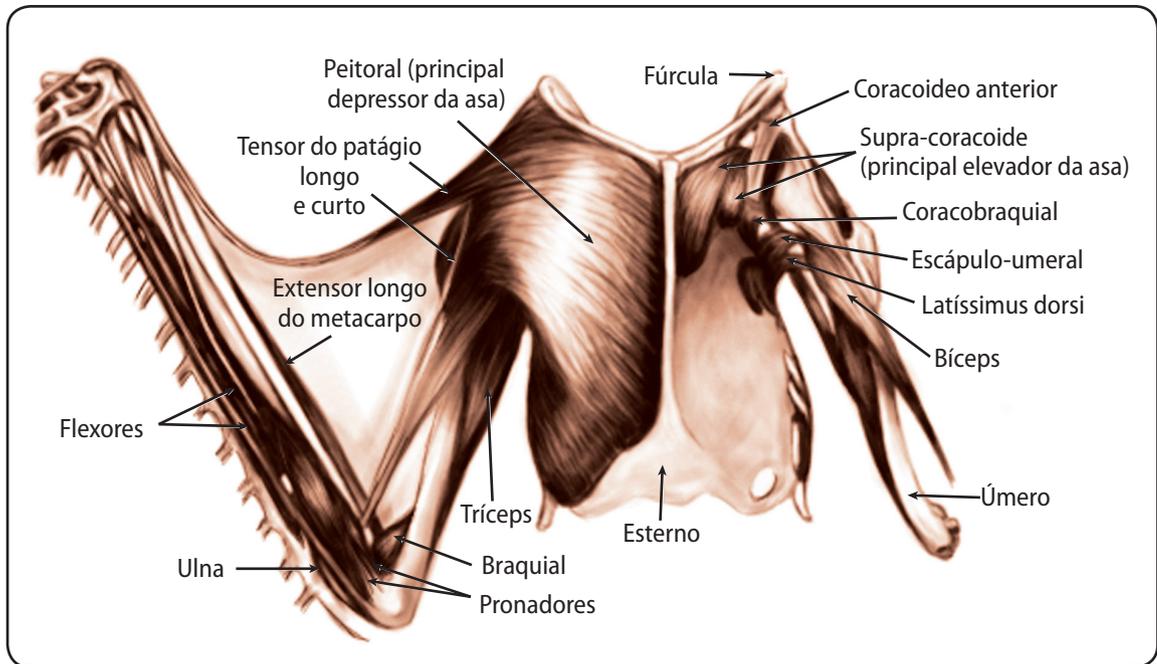


Figura 10.4 - Alguns músculos de voo de uma ave planadora, como uma águia, mostrado em vista ventral e o peitoral do lado esquerdo foi removido para a observação de mais músculos (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 210).

10.3 Locomoção

As avestruzes caminham e correm; algumas aves podem saltar e outras podem nadar, baseadas na força dos apêndices posteriores. Mas, considerando a extraordinária evolução do voo, ou seja, ocupar o espaço aéreo, as aves usam os apêndices anteriores.

Os casos extremos de especialização para o voo são os albatrozes, que possuem asas com envergaduras que pode chegar a 3 metros, permitindo a eles permanecer muito tempo apenas planando no vento. Os pinguins usam as asas como remos muito eficientes para a natação. Para a natação, a modificação dos membros posteriores das aves é mais evidente, como as membranas interdigitais presentes nos pés dos patos.

10.4 Sistemas de transportes internos

O crânio apresenta um bico (Figura 10.5), onde se inicia o tubo digestório (Figura 10.6). O *bico sem dentes* é uma particularidade e é constituído de mandíbula e maxilar modificados (Figura 10.5).

As aves engolem alimento inteiro, ou seja, não o mastigam. Por isso, são dotadas de um papo e a moela (Figura 10.6), a qual tem função de trituração de alimentos duros. Glândulas digestivas estão presentes, e o ânus se abre na cloaca.

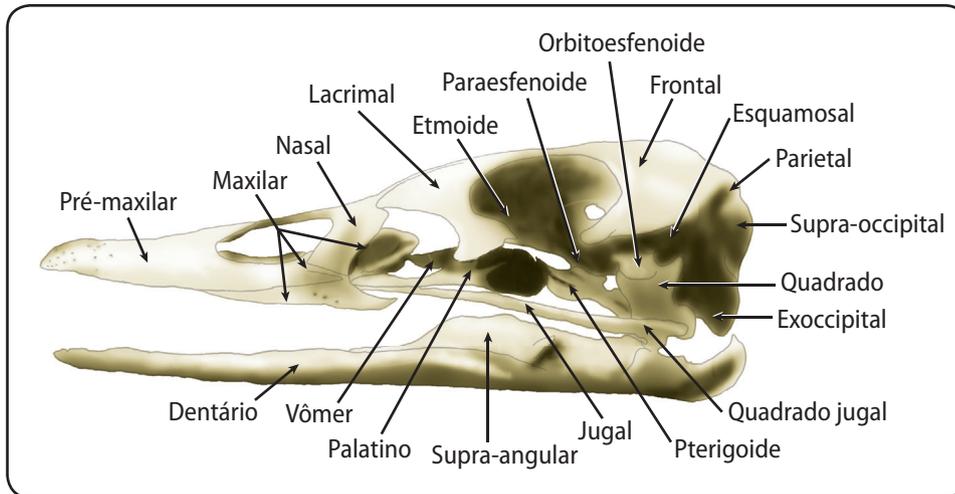


Figura 10.5 - Crânio de ave.

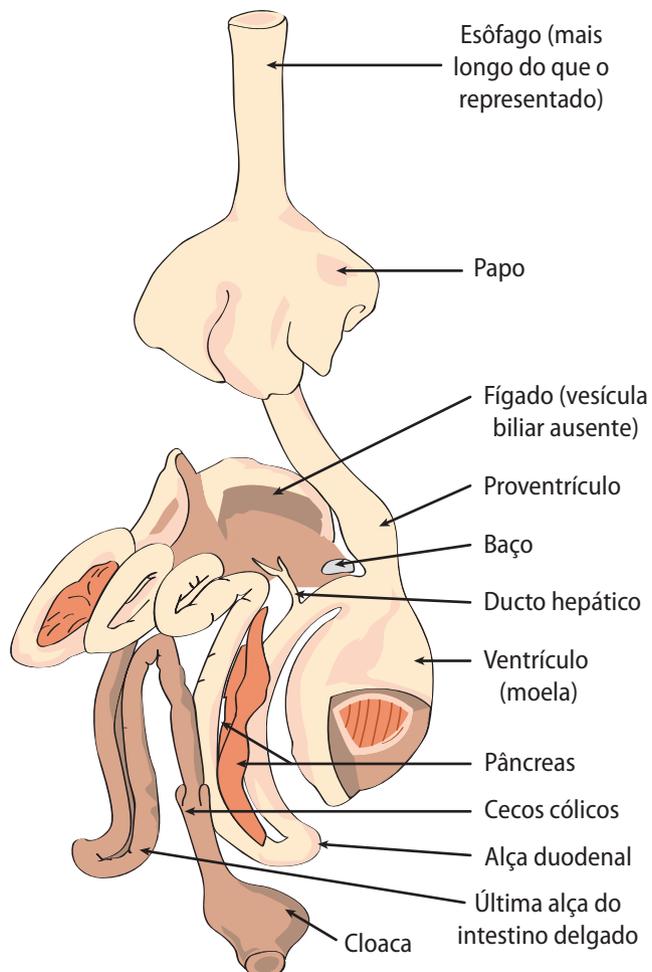


Figura 10.6 - Anatomia de uma ave. Modelo representativo do sistema digestório de pomba. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 230).

As trocas gasosas são através de pulmões, e o aparelho respiratório está associado ao órgão do canto ou **siringe**. Ocorrem sacos aéreos que aumentam a eficiência da renovação do ar presente nos pulmões, garantindo uma oferta de oxigênio elevada, compatível com altos gastos energéticos necessários ao voo. Na circulação sanguínea, que é dupla e fechada, o coração apresenta dois ventrículos e dois átrios. Não há mistura de sangue venoso e arterial no coração (dupla e completa). A artéria aorta que sai do ventrículo esquerdo tem uma curvatura (crossa) para a direita, ao contrário dos mamíferos que têm essa curvatura para a esquerda. Não possuem bexiga, e o produto de excreção é o ácido úrico (Figura 9.8), eliminado junto com as fezes.

O principal avanço das aves em relação aos répteis reside em sua capacidade de controlar a temperatura do corpo, mantendo-a constante, independentemente de variações ambientais, por isso são seres homeotérmicos. A temperatura constante garante às aves fácil adaptação aos mais variados ecossistemas, tornando possível sua larga distribuição geográfica. Os mecanismos termorreguladores envolvem a redução do diâmetro dos vasos sanguíneos superficiais (para menor irradiação de calor), tremores, penas e camada adiposa.

10.5 Sistemas sensoriais e endócrinos

Nas aves, o sistema nervoso é composto de encéfalo, medula espinal e muitos nervos, que atendem a todos os órgãos e regiões sensoriais (Figura 10.7). Possuem botões gustativos, como quimiorreceptores na faringe (Figura 5.3).

As aves em voo necessitam de um contínuo fluxo de informações sensoriais com relação à sua posição e à presença de obstáculos no caminho. A visão e a audição são os sentidos mais adaptados para fornecer esse tipo de informação, ou seja, esse aparato sensorial é bem desenvolvido. No ouvido interno, o labirinto é o órgão do equilíbrio (Figura 10.8). O ouvido externo é funcional. Todas as aves possuem olhos, alguns melhores do que os humanos, como os dos falcões, e outros adaptados para a visão noturna (Figura 10.9).

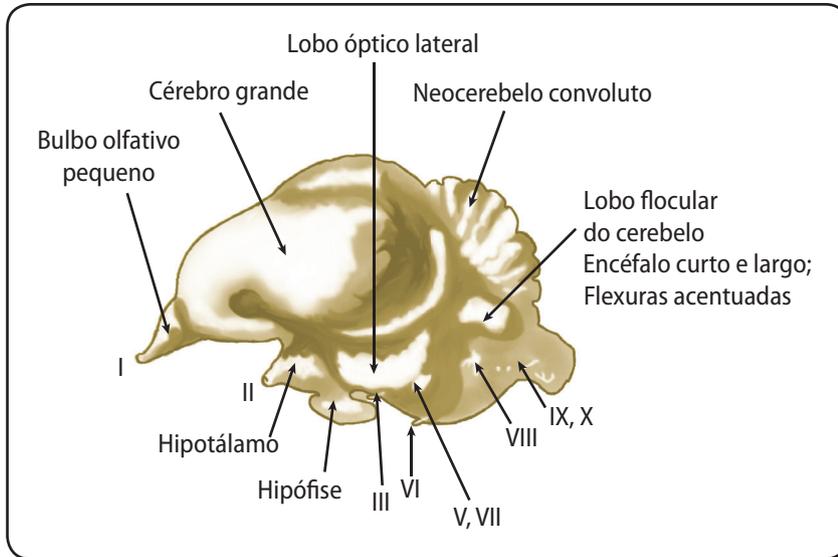


Figura 10.7 - O encéfalo das aves. Os números romanos representam nervos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 376).

São vários os tipos de cápsulas sensoriais encontrados nos tecidos epiteliais e conjuntivos, responsáveis pela percepção de variações físico-químicas do ambiente (Figura 8.7). Possuem grande acuidade visual. Para proteção dos olhos, têm sob as pálpebras a **membrana nictitante**. Os hormônios moldam todo o comportamento dos animais, e há uma relação íntima entre o sistema nervoso e o sistema endócrino. A hipófise está presente junto ao cérebro; a tireoide e as paratireoides estão presentes. O sistema endócrino e de neurosecreções é ainda mais complexo. A vocalização ou canto das aves é uma característica importante, tanto na ecologia de comunidades como nas populações, em que o canto delimita territórios de espécies cujos indivíduos coexistem em áreas geográficas restritas. Em muitas espécies os cantos são executados somente pelos machos sexualmente maduros e apenas durante a estação reprodutiva.

As aves são capazes de detectar campos magnéticos. Isso é provado pela orientação de várias espécies durante seu período migratório, que pode ser ajustada de maneira previsível, colocando-as em um campo magnético artificial. Esse mecanismo ainda não é bem esclarecido, porém já foram encontrados depósitos de magnetita na cabeça de pombos.

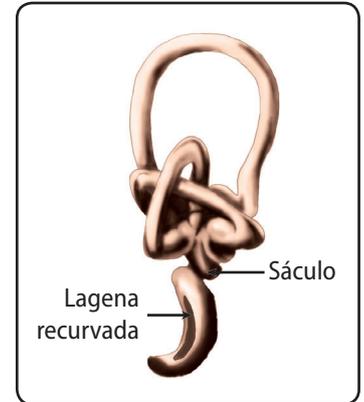


Figura 10.8 - Órgão de equilíbrio das aves. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 390).

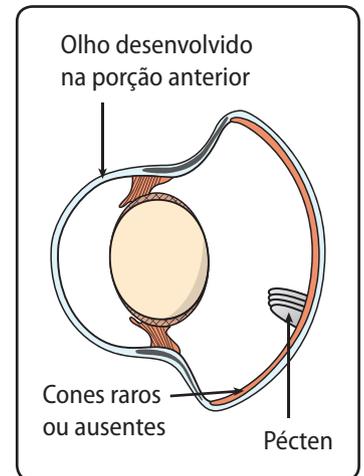


Figura 10.9 - Adaptação do olho para visão sob luz tênue, no exemplo, uma coruja. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 400).

10.6 Reprodução

São animais dioicos ovíparos, com embriões se desenvolvendo dentro de cascas calcárias chamadas ovos. A reprodução é sexual, com fecundação interna (Figura 10.10). Pode haver forte dimorfismo sexual, e na maioria dos casos os machos apresentam cores mais vivas ou são maiores fisicamente. A fecundação ocorre pela sobreposição da cloaca do macho sobre a cloaca da fêmea, o que permite a penetração dos espermatozoides no interior do sistema reprodutor feminino. A união dos gametas ocorre no oviduto. Após a ovipostura, acontece a incubação, que é um período de cuidados intensivos com os ovos, mantidos aquecidos pelo próprio calor do corpo.

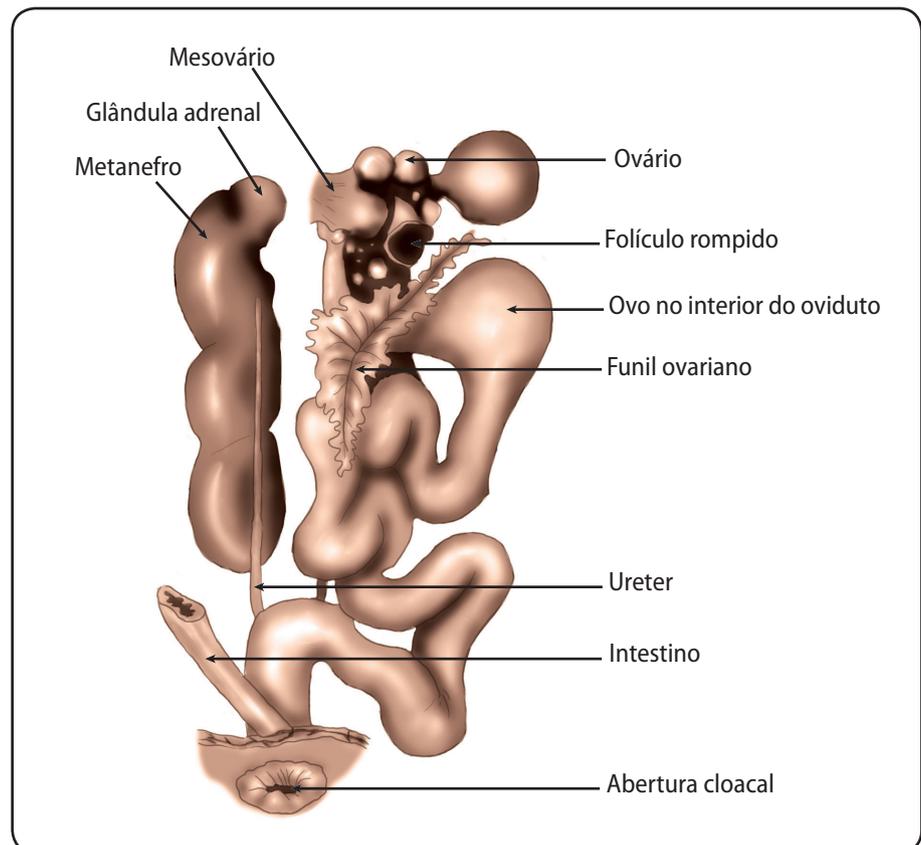


Figura 10.10 - Sistema urogenital de aves- feminino. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995, p. 323).

Os ovos das aves, à semelhança dos ovos dos répteis, possuem uma casca calcária resistente e porosa. Também estão presentes nos ovos de aves os anexos embrionários: âmnio, córion, alantoide (Figura 4.8), que surgiram a partir dos répteis, e saco vitelínico, bastante rico em vitelo, a gema do ovo. A clara, cujo nome correto é albúmen, é adicionada ao ovo no oviduto, que é a via de saída do sistema reprodutor feminino. Outro aspecto interessante nas aves é a nidificação, que fornece proteção aos ovos contra agressões físicas (calor, frio, chuva) e de predadores.

Resumo sistemático

As aves dividem-se em duas subclasses, a primeira reúne os grupos de aves antigas, as arqueornites, conhecidas apenas do registro fóssil. As aves recentes ou o grupo das neornites são divididas em três grupos: i) odontognatos, já extintos; ii) paleognatos, que é o grupo das avestruzes e emas; iii) neognatos, que são todas as aves modernas dotadas das características fundamentais para permitir o voo. São muitas ordens, com mais de 9.000 espécies descritas.

A seguir, uma lista das ordens de aves mais familiares com seus nomes populares.

Ordem	Nome popular
Tinamiformes	codornas
Esfeniciformes	pinguins
Pelecaniformes	pelicanos e biguás
Psitaciformes	papagaios e periquitos
Galiformes	galinhas e jacus
Anseriformes	patos e gansos
Columbiformes	pombas e rolinhas
Piciformes	tucanos e pica-paus
Falconiformes	gaviões e condores
Ciconiformes	garças e socós
Estrigiformes	corujas
Passeriformes	tico-ticos, gralhas, sabiás

Resumo

As aves formam um grupo de animais que podem ser considerados como os dinossauros que ainda estão presentes na natureza. Mas as adaptações ao voo levaram à especialização de um plano corporal único. Quase todas as aves modernas podem voar, e essa possibilidade de locomoção aérea, ou seja, longe dos caminhos terrestres, deve ter dado a elas uma vantagem em relação aos demais vertebrados, principalmente os répteis e mamíferos predadores.

Referências

- HILDEBRAND, M. **Análise da estrutura dos vertebrados**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 1995. 699 p.
- POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A vida dos vertebrados**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. 700 p.

CAPÍTULO 11



Classe Mamíferos

Chegamos ao último capítulo, ao final do qual buscaremos compreender a passagem histórica que foi a extinção em massa dos dinossauros e a sequência da evolução dos mamíferos. Reconheceremos, assim, as principais características dos grandes grupos de mamíferos, com ênfase nos cetáceos, quirópteros e primatas.

11.1 Introdução

Os mamíferos são os animais vertebrados que dominam as paisagens dos ecossistemas atuais. Eles caracterizam-se pela viviparidade, ou seja, os embriões nascem já bem desenvolvidos, salvo algumas exceções. O grupo de mamíferos ovíparos é representado pelo ornitorrinco. Há ainda mamíferos que nascem como fetos e completam o desenvolvimento dentro de uma bolsa (marsúpio), pertencentes ao grupo dos marsupiais. O importante é o fato de os mamíferos placentários dominarem em número de espécies modernas. Isso tem o significado de que o meio vivíparo de geração de descendentes mostrou um grande sucesso.

Os mamíferos levam esse nome porque amamentam seus filhotes nas fases iniciais de vida, e para isso as fêmeas são dotadas de dois ou mais pares de glândulas mamárias (Figura 11.1). São heterodontes, pois os dentes são diferenciados em incisivos, caninos, pré-molares e molares, os quais são variáveis nos diferentes grupos e por isso têm valor taxonômico. A maioria dos grandes mamíferos são K-estrategistas, ou seja, geram prole pouco numerosa, com grande investimento parental nas crias. Os indivíduos atingem a maturidade sexual após um período juvenil. Pequenos mamíferos já ocorriam na paisagem Jurássica, há mais de 140 milhões de anos, mas o grupo que é considerado ancestral são os répteis sinápsidos (répteis similares aos mamíferos).

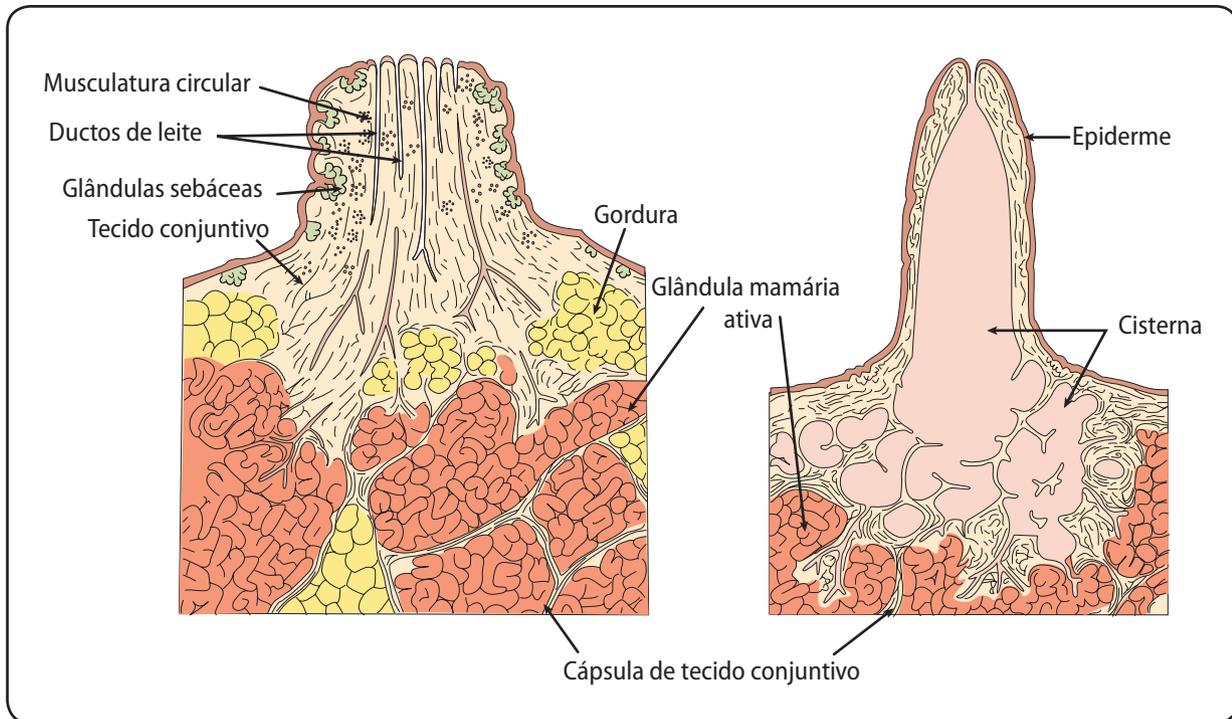


Figura 11.1 - Corte das glândulas mamárias: (A) primatas; (B) artiodátilos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 109).

11.2 Revestimento e sustentação

A epiderme dos mamíferos perde continuamente “escamas” microscópicas e renova as camadas superficiais da pele (Figura 11.2). Como característica marcante possuem pelos compostos de queratina e que são derivados epidérmicos. Alguns animais apresentam chifres, que são fortemente queratinizados (Figura 11.3). O tegumento dos mamíferos apresenta ainda, glândulas sebáceas e produtoras de óleos e glândulas sudoríparas. As glândulas sudoríparas (particularmente nos primatas) contribuem com o controle da temperatura; em outros grupos algumas áreas específicas são mais vascularizadas para permitir a perda da temperatura corporal (orelhas dos elefantes e língua dos lobos). Mamíferos de climas polares possuem grossas capas de tecido adiposo ou pelos especializados para se protegerem das baixas temperaturas.

O esqueleto (Figura 11.4) e o sistema muscular (Figura 11.5) são similares na anatomia geral dos vertebrados (Figura 9.5), mas a articulação do crânio com a primeira vértebra é feita por dois

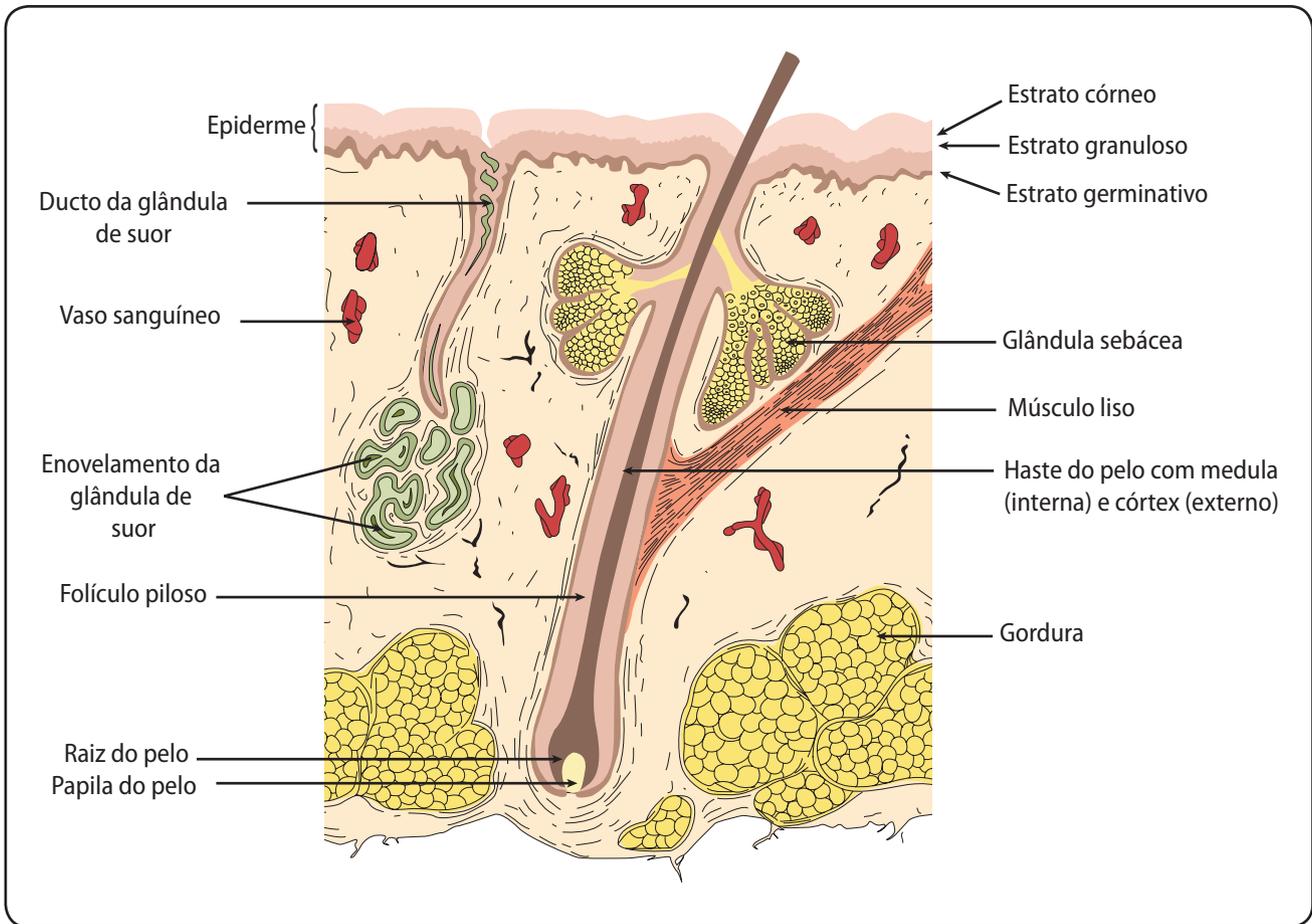


Figura 11.2 - Corte da pele dos mamíferos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 107).

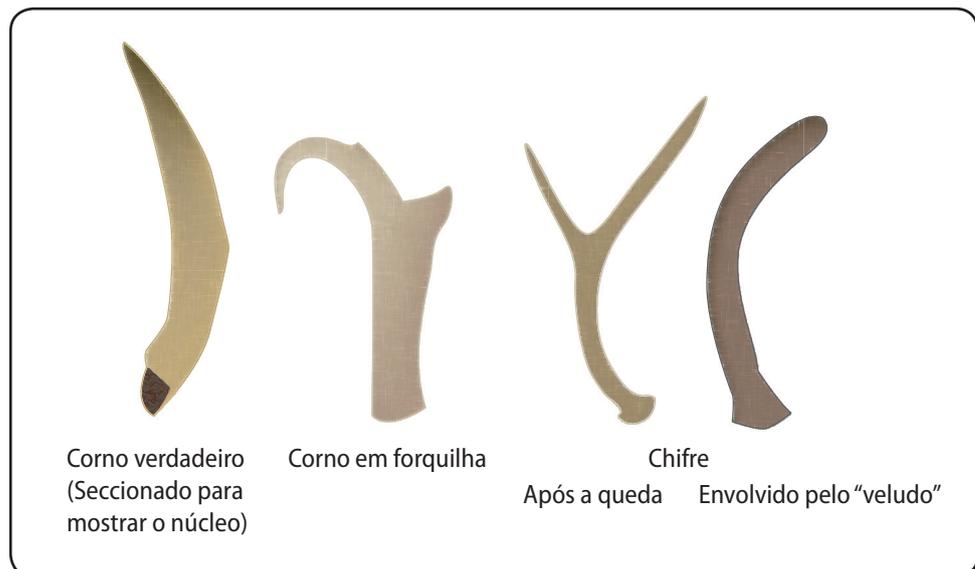


Figura 11.3 - Alguns cornos e chifres de mamíferos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 111).

côndilos occipitais, o que limita os movimentos da cabeça, quando comparados com o das aves. Alguns apêndices tegumentares dos mamíferos estão envolvidos na locomoção e defesa e/ou ataque. Garras, unhas e cascos são acúmulos de queratina, que protegem as falanges terminais. As garras permanentemente estendidas são a condição primitiva, as garras de carnívoros, como os gatos, são retráteis. Os cascos dão aos ungulados um pequeno pé, que é sólido o bastante para sustentar o peso de um animal.

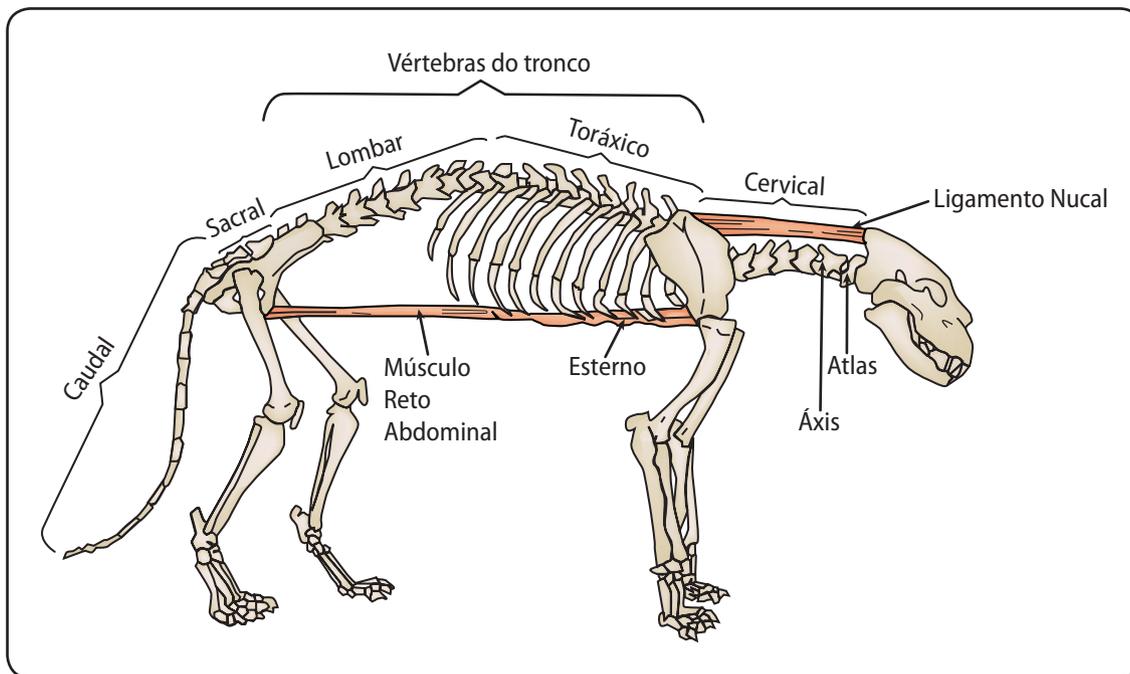


Figura 11.4 - Estrutura esquelética geral de um mamífero, mostrando os ligamentos fundamentais para a manutenção da condição tetrápode. (POUGH et al., 2003. p. 211).

11.3 Locomoção

Podem caminhar, correr, trotar e saltar baseados na força dos apêndices pares. Nas baleias e nos golfinhos, os apêndices pares posteriores são reduzidos, e a cauda é desenvolvida em nadadeira, mas a orientação é horizontal, diferente dos peixes, em que a nadadeira caudal é disposta verticalmente em relação ao corpo. O grupo excepcional entre os mamíferos são os morcegos, que se adaptaram para o voo.

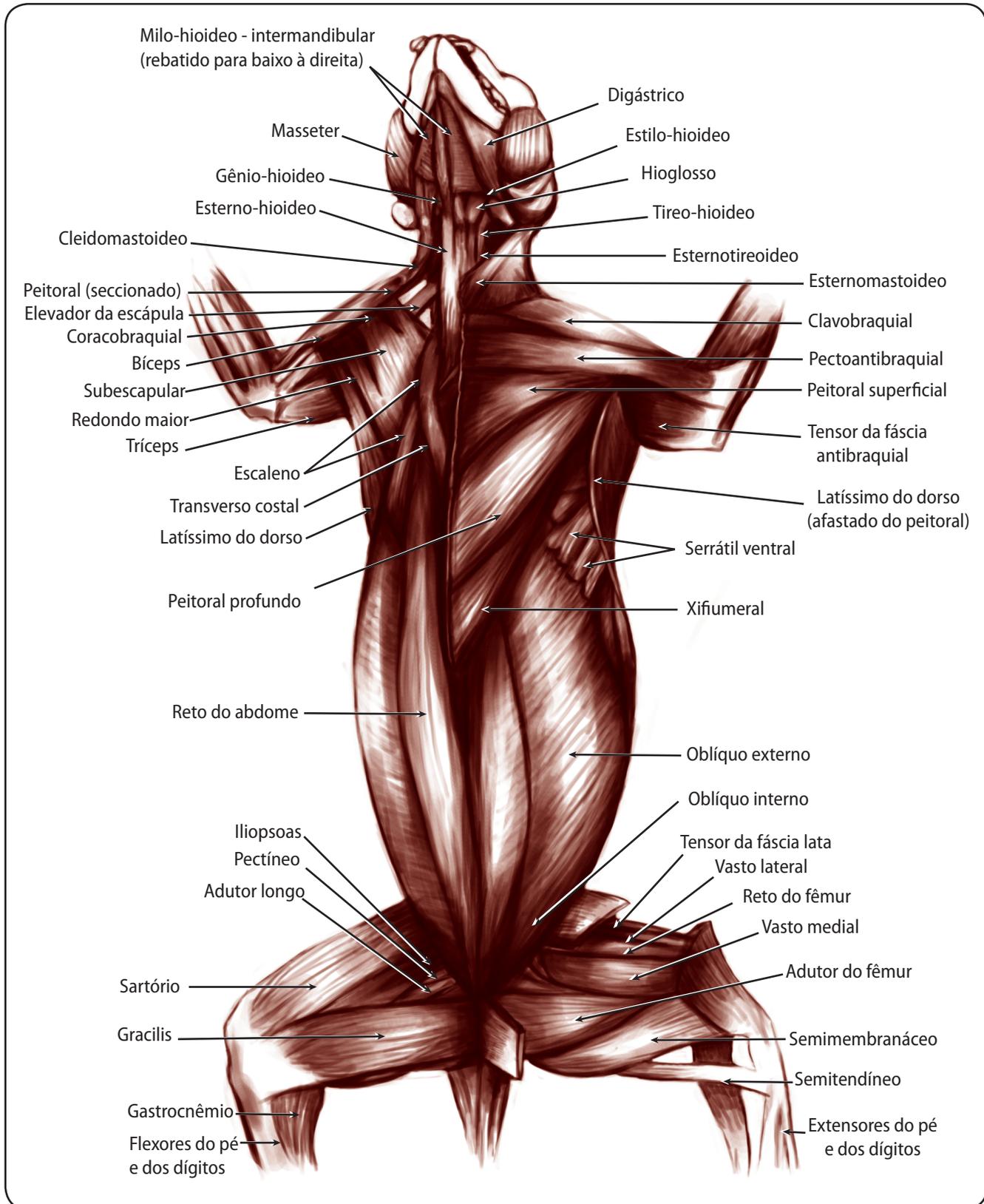


Figura 11.5 - Estrutura muscular geral de um mamífero. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 211).

11.4 Sistemas de transportes internos

Todos os mamíferos possuem tubo digestório completo, que termina no ânus, independentemente dos sistemas reprodutor e excretor. Nos monotremados, ocorre uma cloaca. Pulmões fazem as trocas gasosas, e os movimentos respiratórios dependem de músculos intercostais e principalmente do diafragma, que separa o tórax do abdome.

O coração tem dois átrios e dois ventrículos (circulação dupla e completa). A hemoglobina é o pigmento respiratório dominante, que transporta o oxigênio e o gás carbônico. As hemácias adultas em circulação são anucleadas. Os rins e a bexiga (Figura 11.6) fazem a osmorregulação (Figura 11.7), mas alguns mamíferos também podem perder água através da pele. Tanto espécies terrestres como as marinhas excretam a ureia. São homeotérmicos, ou seja, mantêm a temperatura do corpo constante.

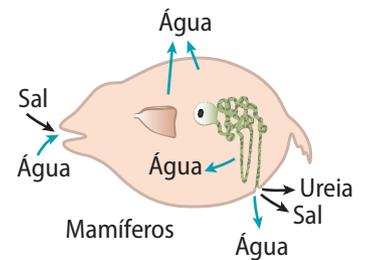


Figura 11.7 - Excreção nos mamíferos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 308).

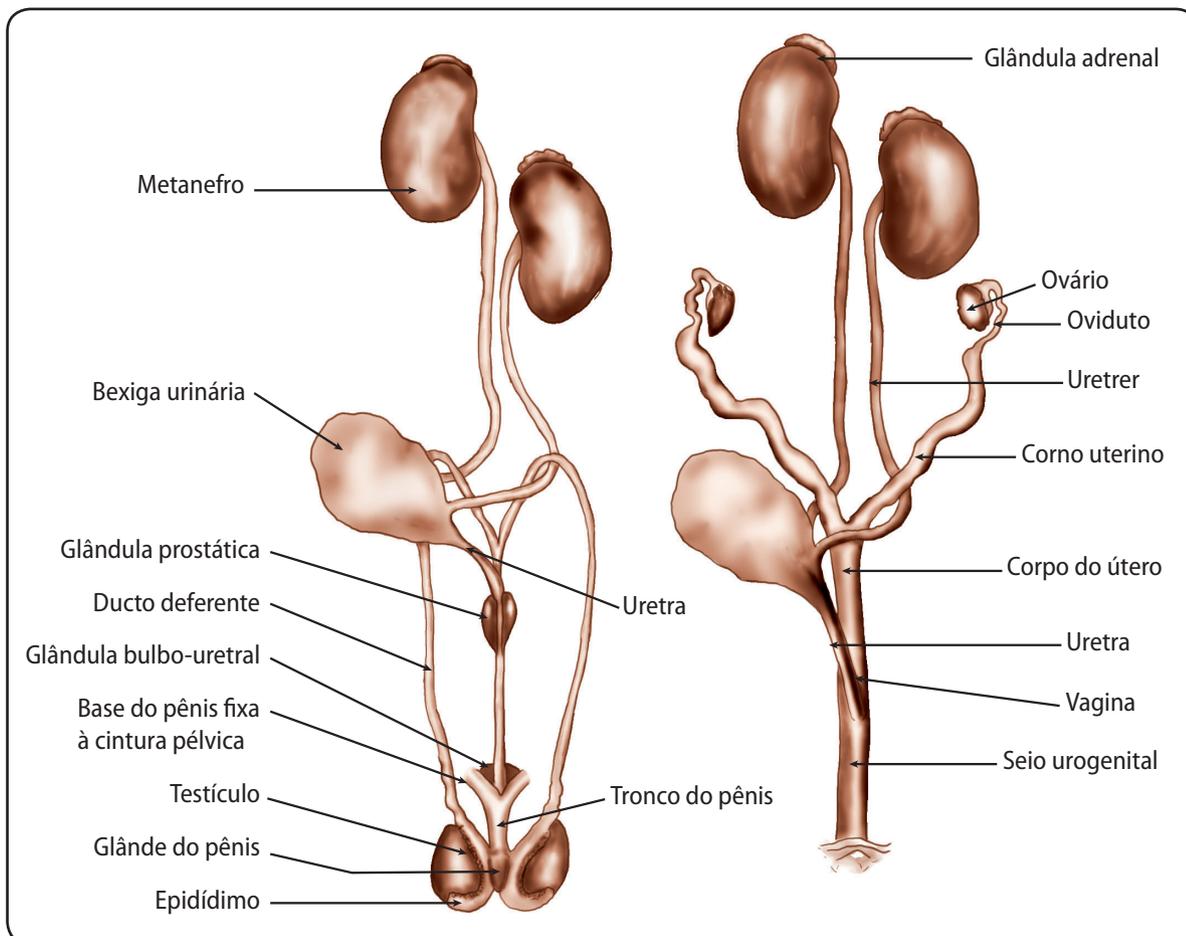


Figura 11.6 - Sistema urogenital dos mamíferos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 308).

11.5 Sistemas sensoriais e endócrinos

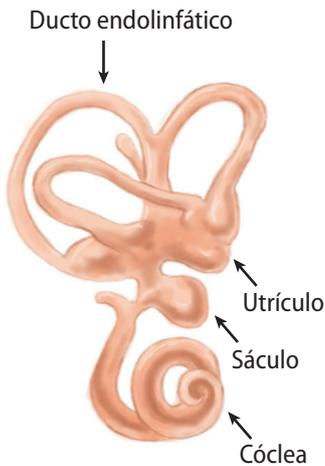


Figura 11.8 - Órgão do equilíbrio dos mamíferos. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 390).

Nos mamíferos, o sistema nervoso é composto de encéfalo, medula espinal e muitos nervos, que atendem a todos os órgãos e regiões sensoriais. Possuem botões gustativos, como quimiorreceptores na faringe e muitos na língua carnosa (Figura 5.3). No ouvido interno, o labirinto é o órgão do equilíbrio (Figura 11.8). São vários os tipos de cápsulas sensoriais encontrados nos tecidos epiteliais e conjuntivos, responsáveis pela percepção de variações físico-químicas do ambiente (Figura 8.7). Os mamíferos predadores possuem aparatos olfativos e oculares muito eficientes para a captura de presas (Figura 11.9). Em termos de desenvolvimento de sistema sensorial, o que há de extraordinário é a **ecolocalização dos morcegos** e mamíferos aquáticos.

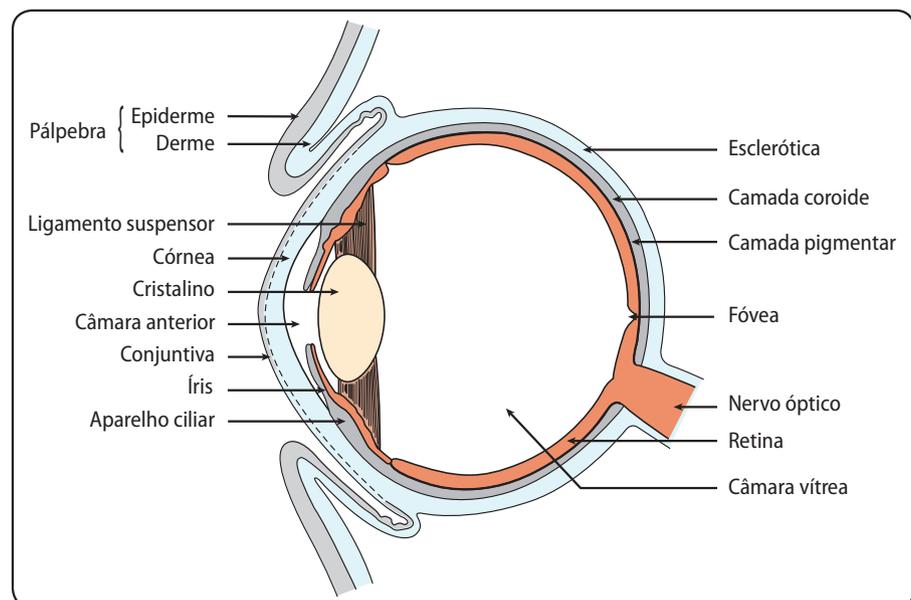


Figura 11.9 - Estrutura geral do olho de um mamífero diurno. (Adaptado de: HILDEBRAND, 1995. p. 396).

Ecolocalização: os mamíferos mais bem estudados com ecolocalização são os morcegos microquirópteros e os cetáceos, os quais utilizam esta modalidade sensorial para localizar suas presas, sob condições nas quais a visão não seria apropriada. Os morcegos caçam insetos à noite, e os sons de alta frequência emitidos rebatem nos objetos ao redor, incluindo as presas, e o som recebido de volta, pela orelha do animal, pode traduzir estas ondas sonoras refletidas em informações sobre as relações espaciais.

Os hormônios moldam todos os comportamentos complexos dos vertebrados e, evidentemente, há uma relação íntima entre o sistema nervoso e o sistema endócrino. Nos mamíferos, o sistema endócrino atinge sua maior especialização, tanto pela estrutura das glândulas como pela atuação dos hormônios.

11.6 Reprodução

São animais dioicos e com fecundação interna (Figura 11.10). Alguns poucos podem ser ovíparos, como o ornitorrinco e a équidna. Mas a grande maioria das espécies são vivíparas e placentárias, em que o desenvolvimento do embrião ocorre sempre dentro do organismo materno, no interior do **útero**.

No revestimento interno do útero, os embriões fixam-se através da **placenta**. Por meio desse anexo embrionário, exclusivo dos mamíferos, ocorrem trocas por difusão entre o sangue materno e o sangue do embrião, sem mistura de materiais e gases. A estratégia da viviparidade foi alcançada por meio da formação de um pequeno meio aquático dentro do corpo da mãe, que é a placenta com o líquido amniótico, para o desenvolvimento dos embriões.

Resumo sistemático

Os mamíferos dividem-se na subclasse dos prototérios (que significa placenta primitiva) ou monotremados, que são representados por dois animais exclusivos do continente australiano: o ornitorrinco e a équidna. Outra subclasse são os metatérios também conhecidos como marsupiais, como os cangurus, cuícas e gambás. A subclasse com maior número de espécies modernas é a dos eutérios, ou mamíferos com placentas verdadeiras para dar suporte ao desenvolvimento dos embriões.

A seguir, uma lista das ordens de mamíferos mais familiares com seus nomes populares.

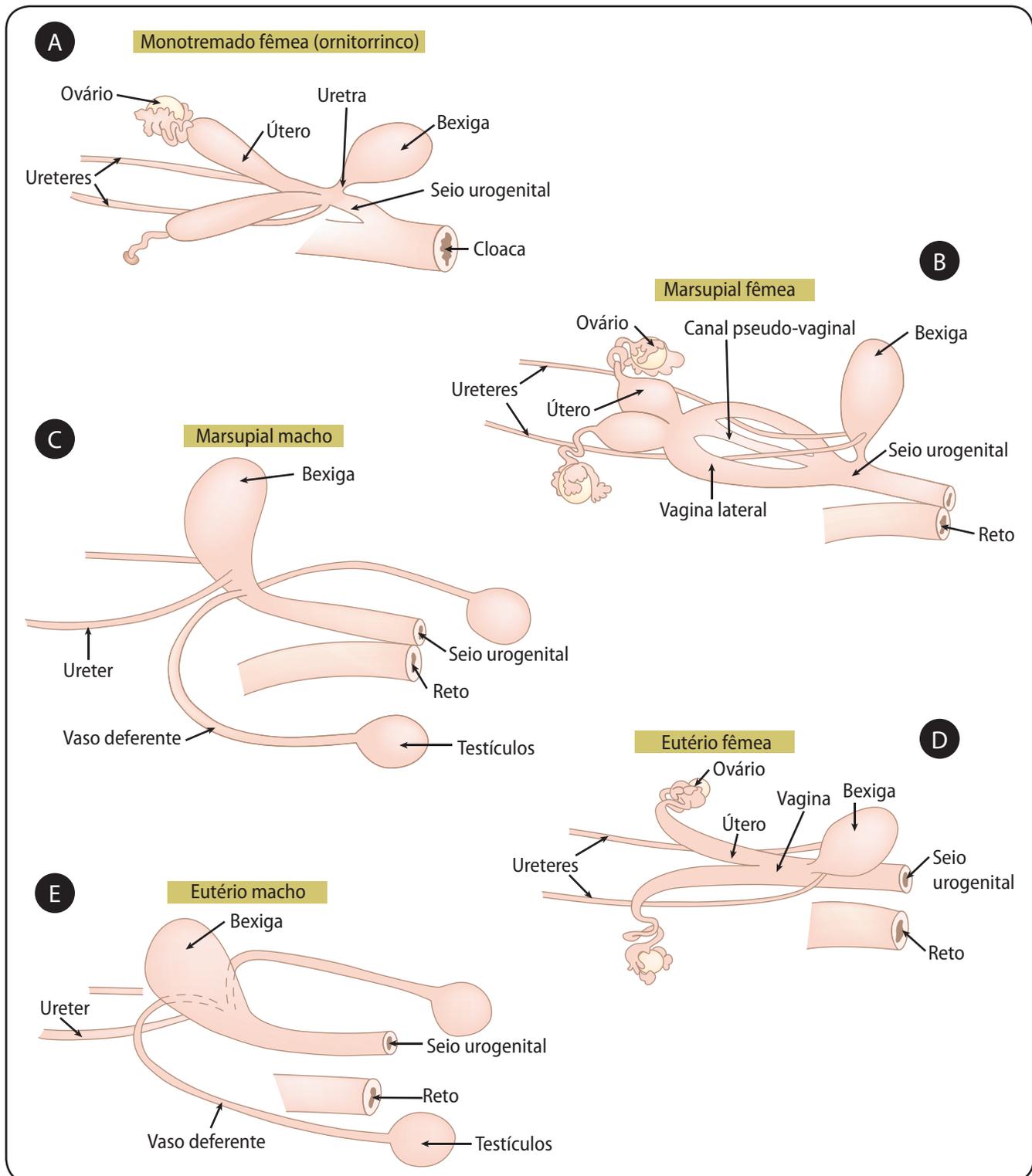


Figura 11.10 - Tratos reprodutivos dos mamíferos. (A) Monotremado; (B e C) marsupial; (D e E) eutério.

Ordem	Nomes populares
Quirópteros	morcegos
Carnívoros	lobos, onças e leões-marinhos
Proboscídeos	elefantes e antas
Roedores	ratos e capivaras
Artiodactilos	porcos e vacas
Perissodactilos	cavalos e zebras
Cetáceos	baleias e golfinhos
Sirênios	peixes-boi
Lagomorfos	coelhos e lebres
Primatas	macacos, gorilas e humanos

Resumo

Os humanos são mamíferos e juntamente com vários animais de grande porte, como elefantes, baleias e girafas, representam a expressão da maior complexidade estrutural – fisiológica e comportamental, atingida pelos vertebrados. O fato da necessidade de fornecer nutrientes para os juvenis, na forma do leite materno, somado com a dedicação parental mostra uma estratégia de vida de sucesso, que levou à formação de densidades populacionais muito altas, de modo que dominam nas paisagens terrestres modernas, como produtos de uma extensa história evolucionária. Mamíferos estão adaptados para os mais diversos ecossistemas terrestres e aquáticos, e o ponto alto das adaptações é a linguagem e a comunicação dos homínídeos. Esse processo de intelectualização levou à formação das sociedades organizadas, das comunidades e das civilizações tecnológicas.

Referências

- HILDEBRAND, M. **Análise da estrutura dos vertebrados**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 1995. 699 p.
- POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A vida dos vertebrados**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. 700 p.