

ZOOLOGIA DE VERTEBRADOS

Prof. Alex Giordano Bergmann





Copyright © UNIASSELVI 2016

Elaboração:

Alex Giordano Bergmann

Revisão, Diagramação e Produção:

Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI

Ficha catalográfica elaborada na fonte pela Biblioteca Dante Alighieri

UNIASSELVI – Indaial.

574

B499z Bergmann; Alex Giordano

Zoologia de vertebrados / Alex Giordano Bergmann:
UNIASSELVI, 2016.

215 p. : il.

ISBN 978-85-515-0043-9

1.Biologia. I. Centro Universitário Leonardo Da Vinci.

APRESENTAÇÃO

Prezado acadêmico! Bem-vindo ao estudo dos Vertebrados. Esperamos que essa disciplina contribua para sua formação e para sua vida em sala de aula. O objetivo deste caderno de estudos, de modo geral, é fornecer as bases do conhecimento sobre muitos dos animais que possuem relação mais próxima aos seres humanos. Além disso, ao estudar os vertebrados, estamos conhecendo mais de nós mesmos, visto que fazemos parte desse grupo.

Os vertebrados, de modo geral, compartilham nosso espaço, seja na forma dos nossos animais de estimação (peixes, gatos, cachorros) ou mesmo na forma de animais que muitas das vezes despertam o medo em algumas pessoas (cobras, lagartos, lagartixas, tubarões). Eles também têm relação com nossa sobrevivência direta, pois algumas espécies são importante fonte de alimento.

Os vertebrados fazem parte do nosso dia a dia e é exatamente por isso que devemos estudá-los e conhecê-los bem. Com certeza surgirão situações e dúvidas durante as aulas, o intuito é que o caderno auxilie na descoberta das respostas aos seus questionamentos, ou em muitos casos, na desconstrução de lendas e crendices com relação a estes animais.

Manter-se atualizado é fundamental. Não pare de ler, buscar novidades e manter-se inteirado dos animais, principalmente os da sua região. Não se contente apenas com o conteúdo trazido neste caderno, é impossível explicar e ensinar tudo apenas nessas breves páginas. Até porque “ensinar tudo” é muita prepotência, visto que estamos aprendendo sempre.

O nosso país apresenta a maior riqueza de espécies de peixes de água doce e de mamíferos do mundo, tem a segunda maior diversidade de anfíbios, terceira de aves e quinta de répteis, e o número exato de espécies de vertebrados do Brasil ainda é desconhecido (SABINO; PRADO, 2003).

Em 2003 o Ministério do Meio Ambiente fez a Avaliação do Estado do Conhecimento da Diversidade Biológica do Brasil – Vertebrados, e estimou para aquele ano 7739 espécies de vertebrados conhecidas até então.

A intenção ao elaborar esse caderno, como já dito antes, não é suprir todo o conhecimento sobre essa imensa diversidade, seria impossível no espaço de tempo que temos e na breve quantidade de páginas disponíveis. Porém, podemos auxiliar na compreensão da linguagem ao falar desse grupo, bem como disponibilizar o máximo de informação para que ao buscarem em outras fontes consigam comparar as informações, selecioná-las e, principalmente, compreendê-las.

Dividimos o caderno de estudos em três unidades. Na primeira unidade buscamos introduzir os Cordados, que são o grupo ancestral dos vertebrados e suas características; e os Agnatha, que são os precursores dos peixes. Na segunda unidade, trazemos os primeiros vertebrados propriamente ditos, representados pelos peixes e seguidos pelos anfíbios e répteis. Já na terceira unidade, finalizamos com os vertebrados evolutivamente mais recentes, as aves e os mamíferos, dos quais nós, seres humanos, fazemos parte.

Bom proveito e bons estudos!



Você já me conhece das outras disciplinas? Não? É calouro? Enfim, tanto para você que está chegando agora à UNIASSELVI quanto para você que já é veterano, há novidades em nosso material.

Na Educação a Distância, o livro impresso, entregue a todos os acadêmicos desde 2005, é o material base da disciplina. A partir de 2017, nossos livros estão de visual novo, com um formato mais prático, que cabe na bolsa e facilita a leitura.

O conteúdo continua na íntegra, mas a estrutura interna foi aperfeiçoada com nova diagramação no texto, aproveitando ao máximo o espaço da página, o que também contribui para diminuir a extração de árvores para produção de folhas de papel, por exemplo.

Assim, a UNIASSELVI, preocupando-se com o impacto de nossas ações sobre o ambiente, apresenta também este livro no formato digital. Assim, você, acadêmico, tem a possibilidade de estudá-lo com versatilidade nas telas do celular, tablet ou computador.

Eu mesmo, UNI, ganhei um novo layout, você me verá frequentemente e surgirei para apresentar dicas de vídeos e outras fontes de conhecimento que complementam o assunto em questão.

Todos esses ajustes foram pensados a partir de relatos que recebemos nas pesquisas institucionais sobre os materiais impressos, para que você, nossa maior prioridade, possa continuar seus estudos com um material de qualidade.

Aproveito o momento para convidá-lo para um bate papo sobre o Exame Nacional de Desempenho de Estudantes – ENADE.

Bons estudos!



BATE SOBRE O PAPO ENADE!



Olá, acadêmico!

Você já ouviu falar sobre o ENADE?

Se ainda não ouviu falar nada sobre o ENADE, agora você receberá algumas informações sobre o tema.

Ouviu falar? Ótimo, este informativo reforçará o que você já sabe e poderá lhe trazer novidades. ✓✓



Vamos lá!

Qual é o significado da expressão ENADE?

EXAME NACIONAL DE DESEMPENHO DOS ESTUDANTES

Em algum momento de sua vida acadêmica você precisará fazer a prova ENADE. ✓✓



Que prova é essa?

É **obrigatória**, organizada pelo INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

Quem determina que esta prova é obrigatória... O **MEC – Ministério da Educação**.

O objetivo do MEC com esta prova é o de avaliar seu desempenho acadêmico assim como a qualidade do seu curso. ✓✓



Fique atento! Quem não participa da prova fica impedido de se formar e não pode retirar o diploma de conclusão do curso até regularizar sua situação junto ao MEC.

Não se preocupe porque a partir de hoje nós estaremos auxiliando você nesta caminhada.

Você receberá outros informativos como este, complementando as orientações e esclarecendo suas dúvidas. ✓✓



Você tem uma trilha de aprendizagem do ENADE, receberá e-mails, SMS, seu tutor e os profissionais do polo também estarão orientados.

Participará de webconferências entre outras tantas atividades para que esteja preparado para #mandar bem na prova ENADE.

Nós aqui no NEAD e também a equipe no polo estamos com você para vencermos este desafio.

Conte sempre com a gente, para juntos mandarmos bem no ENADE! ✓✓



SUMÁRIO

UNIDADE 1 – OS VERTEBRADOS	1
TÓPICO 1 – INTRODUÇÃO AOS CORDADOS	3
1 INTRODUÇÃO	3
2 CARACTERÍSTICAS DOS CORDADOS E VERTEBRADOS	6
2.1 NOTOCORDA	6
2.2 FENDAS FARÍNGEAS	7
2.3 ENDÓSTILO	8
2.4 TUBO NERVOSO DORSAL	9
2.5 CAUDA PÓS-ANAL	10
RESUMO DO TÓPICO 1	11
AUTOATIVIDADE	12
TÓPICO 2 – EVOLUÇÃO DOS VERTEBRADOS E CORDADOS INFERIORES	13
1 INTRODUÇÃO	13
2 ORIGEM DOS VERTEBRADOS	13
3 PROTOCORDADOS	15
4 HEMICHORDATA (HEMICORDADOS)	16
4.1 ENTEROPNEUSTAS	17
4.2 PTEROBRANCHIA	19
5 UROCHORDATA (UROCORDADOS)	19
5.1 ASCIDIACEA	20
5.2 LARVACEA	22
5.3 THALIACEA	23
6 OS CEPHALOCHORDATA (CEFALOCORDADOS)	23
7 CARACTERÍSTICAS DOS VERTEBRADOS	26
7.1 SIMETRIA CORPORAL	26
7.2 COLUNA VERTEBRAL	27
7.3 CABEÇA	27
7.4 RESPIRAÇÃO	27
7.5 ALIMENTAÇÃO E DIGESTÃO	28
7.6 CIRCULAÇÃO	28
7.7 DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO	28
RESUMO DO TÓPICO 2	34
AUTOATIVIDADE	35
TÓPICO 3 – OS VERTEBRADOS	37
1 INTRODUÇÃO	37
2 AGNATOS	37
3 MYXINIFORMES (FEITICEIRAS)	39
4 PETROMYZONTIFORMES	43
LEITURA COMPLEMENTAR	53
RESUMO DO TÓPICO 3	58
AUTOATIVIDADE	59

UNIDADE 2 – VERTEBRADOS ECTOTÉRMICOS	61
TÓPICO 1 – OS PEIXES	63
1 INTRODUÇÃO	63
2 VERTEBRADOS ECTOTÉRMICOS	63
3 CARACTERÍSTICAS GERAIS	65
3.1 SISTEMA RESPIRATÓRIO	65
3.2 SISTEMA DIGESTÓRIO	66
3.3 SISTEMA CIRCULATÓRIO	66
3.4 SISTEMA EXCRETOR E REGULAÇÃO OSMÓTICA	67
3.5 SISTEMA NERVOSO E SENSORIAL	68
3.6 SISTEMA REPRODUTOR	69
4 CHONDRICHTHYES – PEIXES CARTILAGINOSOS	69
4.1 ANATOMIA EXTERNA	72
4.2 FLUTUAÇÃO	73
4.3 SISTEMA RESPIRATÓRIO	73
4.4 SISTEMA REPRODUTOR	74
4.5 ELETORRECEPÇÃO	75
5 OS OSTEICHTHYES – PEIXES ÓSSEOS	76
5.1 ANATOMIA EXTERNA	77
5.2 SISTEMA RESPIRATÓRIO	78
5.3 FLUTUAÇÃO	81
5.4 SISTEMA REPRODUTOR	81
5.5 ELETROEMISSÃO	82
RESUMO DO TÓPICO 1	84
AUTOATIVIDADE	85
TÓPICO 2 – OS ANFÍBIOS (AMPHIBIA)	87
1 INTRODUÇÃO	87
2 CARACTERÍSTICAS DOS ANFÍBIOS	90
2.1 SISTEMA ESQUELÉTICO E MUSCULAR	92
2.2 SISTEMA RESPIRATÓRIO	93
2.2.1 Vocalização	96
2.3 SISTEMA CIRCULATÓRIO	97
2.4 SISTEMA DIGESTÓRIO	99
2.5 SISTEMA EXCRETOR	100
2.6 SISTEMA NERVOSO	100
2.7 REPRODUÇÃO	101
2.8 METAMORFOSE	103
LEITURA COMPLEMENTAR	106
RESUMO DO TÓPICO 2	113
AUTOATIVIDADE	114
TÓPICO 3 – OS RÉPTEIS	115
1 INTRODUÇÃO	115
2 EVOLUÇÃO DOS AMNIOTAS E RÉPTEIS	116
3 CARACTERÍSTICAS DAS ORDENS DE RÉPTEIS	117
3.1 CHELONIA	118
3.2 CROCODILIA	119
3.3 SQUAMATA	121

3.4 RHYNCHOCEPHALIA	123
4 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS RÉPTEIS	124
4.1 SISTEMA ESQUELÉTICO	124
4.2 SISTEMA CIRCULATÓRIO	127
4.3 SISTEMA DIGESTÓRIO	128
4.4 SISTEMA RESPIRATÓRIO	129
4.5 SISTEMA EXCRETOR	130
5 SISTEMA NERVOSO E ÓRGÃOS DOS SENTIDOS	131
6 SISTEMA REPRODUTOR	135
7 SISTEMA TEGUMENTAR (PELE)	138
RESUMO DO TÓPICO 3	141
AUTOATIVIDADE	142

UNIDADE 3 – VERTEBRADOS ENDOTÉRMICOS E O ENSINO DE ZOOLOGIA 143

TÓPICO 1 – AS AVES 145

1 INTRODUÇÃO 145

2 CARACTERÍSTICAS GERAIS 146

2.1 PENAS

3 ANATOMIA E FISIOLOGIA 150

3.1 SISTEMA ESQUELÉTICO E MUSCULAR

3.2 SISTEMA DIGESTÓRIO

3.3 SISTEMA CIRCULATÓRIO

3.4 SISTEMA RESPIRATÓRIO

3.5 SISTEMA EXCRETOR

3.6 SISTEMA NERVOSO E ÓRGÃOS DOS SENTIDOS

4 SISTEMA REPRODUTOR E REPRODUÇÃO 160

4.1 COMPORTAMENTO REPRODUTIVO

LEITURA COMPLEMENTAR 165

RESUMO DO TÓPICO 1 172

AUTOATIVIDADE 174

TÓPICO 2 – OS MAMÍFEROS 175

1 INTRODUÇÃO 175

2 CARACTERÍSTICAS GERAIS 176

2.1 PELE E PELOS

2.2 LACTAÇÃO

3 ANATOMIA E FISIOLOGIA 180

3.1 SISTEMA RESPIRATÓRIO

3.2 SISTEMAS ESQUELÉTICO E MUSCULAR

3.3 SISTEMA CIRCULATÓRIO

3.4 SISTEMA EXCRETOR

3.5 SISTEMA NERVOSO E ÓRGÃOS DOS SENTIDOS

3.6 SISTEMA SENSORIAL

3.7 SISTEMA REPRODUTOR

3.8 SISTEMA DIGESTÓRIO

4 DIVERSIDADE E IRRADIAÇÃO ADAPTATIVA 192

4.1 MONOTREMATA

4.2 MARSUPIALIA

4.3 EUTÉRIOS

RESUMO DO TÓPICO 2 198

AUTOATIVIDADE 200

TÓPICO 3 – ABORDAGEM TEÓRICO PRÁTICA DO ENSINO DE ZOOLOGIA DOS VERTEBRADOS	203
1 INTRODUÇÃO	203
2 ABORDAGENS NO ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO	204
3 ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE VERTEBRADOS	206
RESUMO DO TÓPICO 3	211
AUTOATIVIDADE	212
REFERÊNCIAS	213

UNIDADE 1

OS VERTEBRADOS

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

A partir desta unidade você será capaz de:

- conhecer as características gerais dos Cordados;
- caracterizar os cordados invertebrados e os cordados vertebrados;
- identificar os principais representantes de cada grupo de cordados;
- reconhecer as características anatômicas, bem como os modos de vida dos vertebrados atuais;
- entender as origens e compreender a evolução dos grupos de vertebrados.

PLANO DE ESTUDOS

Esta unidade está organizada em três tópicos. Ao final de cada tópico você encontrará atividades que lhe darão uma maior compreensão dos temas abordados.

TÓPICO 1 – INTRODUÇÃO AOS CORDADOS

TÓPICO 2 – EVOLUÇÃO DOS VERTEBRADOS E CORDADOS INFERIORES

TÓPICO 3 – OS VERTEBRADOS

INTRODUÇÃO AOS CORDADOS

1 INTRODUÇÃO

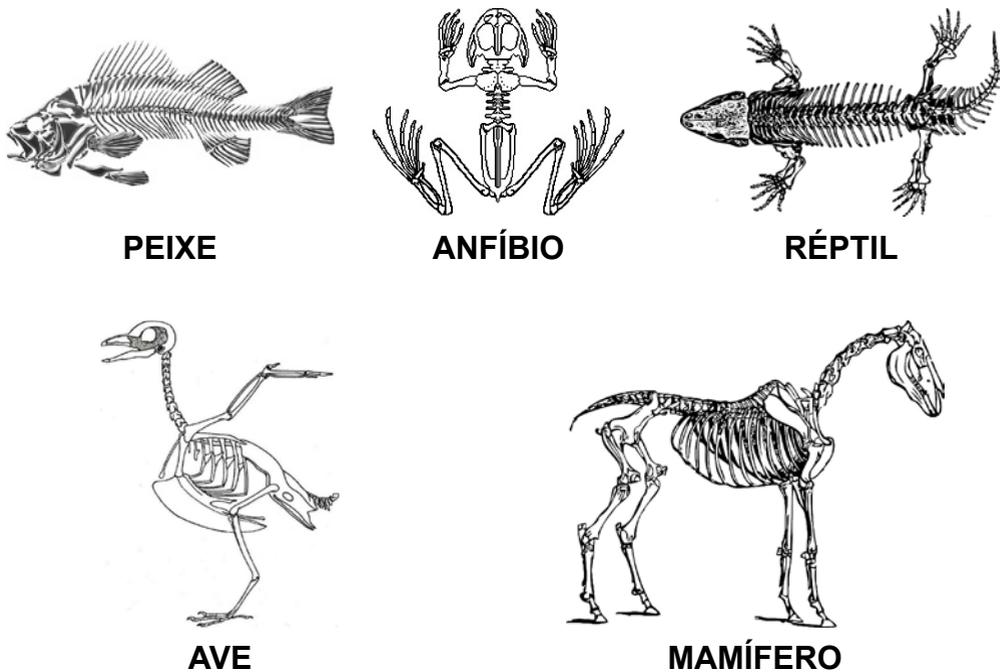
O nome “vertebrado” originou-se a partir da coluna vertebral, que nesses animais é composta de vértebras, uma série de blocos ósseos ou cartilagosos articulados de maneira a sustentar o corpo e definir seu eixo principal (KARDONG, 2010).

Além da coluna vertebral, uma das peculiaridades do grupo é que todos os vertebrados possuem um crânio, cuja função é proteger o encéfalo envolvendo-o com osso, cartilagem ou qualquer outra estrutura fibrosa. Essa região é a cabeça do indivíduo, uma área distinta que acaba por conter a maioria dos complexos órgãos dos sentidos nesses animais (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

O fato é que nem todos os animais considerados no subfilo vertebrata possuem vértebras, existem alguns peixes primitivos, chamados de feiticeiras, que não possuem nenhum sinal de vértebras em seus corpos. Já as lampreias, outra espécie de peixe muito primitivo, possuem apenas resquícios de cartilagem envolvendo seus tubos nervosos (POUGH; JANIS; HEISER, 2008). Embora a coluna vertebral seja a característica que serviu como referência para nomear o grupo que iremos estudar, nem todos os seus representantes a possuem de forma clara e presente.

A coluna vertebral forneceu aos animais uma forma de sustentação eficiente, tanto que permitiu aos vertebrados diferenciarem-se muito, ocupando os mais diversos ambientes do globo. Assim, os vertebrados são os animais mais conhecidos entre os seres humanos e podem ser encontrados em praticamente todos os habitats da terra, como: desertos, áreas alagadas, florestas tropicais, florestas temperadas, cerrados e inclusive na tundra que é o ambiente mais seco e frio do planeta.

FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO DOS ESQUELETOS DAS PRINCIPAIS CLASSES DE VERTEBRADOS



FONTE: Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/1223918/>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

Nos oceanos podem ser encontrados na zona nerítica (que vai da superfície a até 200 metros de profundidade), na zona batial (que vai de 200 até 2000 metros de profundidade), na zona abissal (que vai de 2000 até o fundo do oceano em profundidades que chegam a 11.000 metros abaixo da superfície dos oceanos) e no ambiente dulcícola eles ocupam os habitats lênticos, formado por corpo de água doce e parada como lagoas, brejos, poças e pântanos, e o habitat lótico, formado por corpos de água doce corrente, como rios, ribeirões e riachos.

A ocupação destes ambientes ocorre devido à grande plasticidade de formas que os vertebrados assumiram ao longo da sua história evolutiva, permitindo que os mesmos desenvolvessem espécies voadoras (como os morcegos), nadadoras (como os peixes, golfinhos e tartarugas), rastejantes (como os lagartos), fossoriais (como algumas serpentes) e arborícolas (bichos-preguiça e macacos).

Essas formas ainda possuem variações nos **peixes** que contém espécies que planam, dulcícolas, marinhas e peixes pulmonados. Nos **anfíbios** temos anuros com espécies planadoras, de ambiente lótico, lêntico e uma espécie herbívora, além de salamandras e cobras-cegas. Já nos **répteis** existem as serpentes e lagartos marinhos, fossoriais, arborícolas, a serpente planadora, além de crocodilianos e quelônios. As **aves** que podem ser voadoras, não voadoras – corredoras e nadadoras e sua alimentação extremamente diversificada com espécies carnívoras, insetívoras, frugívoras, necrófagas e piscívoras, entre outros. E **mamíferos** que podem ser fossoriais, arborícolas, planadores, voadores e nadadores, que vivem em todos os biomas do planeta exceto no fundo do mar, porém pode ser visitado por algumas baleias, como o cachalote, que mergulha a grandes profundidades.

Possuem representantes minúsculos, com poucos milímetros, como no caso de alguns peixes e anfíbios, mas podem crescer a até 30 metros e pesar cerca de 180 toneladas, como é o caso da baleia azul, maior espécie animal que vive em nosso planeta.

Os vertebrados podem ser herbívoros, alimentando-se de folhas rasteiras de gramíneas ou das folhagens de arbustos e árvores, vivendo no chão ou na copa das árvores. Além disso, ocupam diversos nichos nos ambientes que ocupam e podem ser tanto predadores, portanto, carnívoros (carne), perseguindo ou esperando e emboscando suas presas, podem ser nectarívoros (néctar), frugívoros (frutos), insetívoros (insetos), granívoros (grãos), piscívoros (peixes), necrófagos (plantas e animais mortos) e ainda onívoros, como nós seres humanos, que somos generalistas com relação à alimentação e podemos nos alimentar de todos os itens citados anteriormente.

Para Pough, Janis e Heiser (2008), a diversidade dos vertebrados atuais é fascinante, porém as espécies atualmente viventes constituem apenas uma pequena porcentagem daquelas que já existiram. Para cada espécie vivente, pode ter existido mais de uma centena de espécies extintas, sendo que muitas delas não têm exemplos parecidos entre as espécies atuais.

Isso ocorreu porque a evolução permitiu aos vertebrados testar sua plasticidade genética através da pressão ambiental e seleção natural ao longo do processo evolutivo, e assim, para cada animal vivo na atualidade, inúmeras formas anteriores se desenvolveram afim de aperfeiçoar as estratégias que melhor permitiam a sobrevivência dos descendentes, e assim da perpetuação da bagagem genética.

Dessa forma, ao compreender que os vertebrados são o fruto de um processo evolucionário, para compreender melhor como eles surgiram também é necessário conhecer os membros inferiores desse filo, os Hemichordata, os Urochordata e os Cephalochordata. Cada um desses grupos contribuiu com características que mais tarde culminariam nos elementos necessários ao surgimento dos vertebrados.

Sabe-se que o surgimento dos vertebrados ocorreu em águas marinhas. Isso graças ao estudo dos fósseis que têm, frequentemente, alterado a visão inicial dos processos evolutivos que deram origem aos vertebrados. Apesar de algumas evidências terem apontado para água doce, estas foram refutadas com a descoberta de fósseis que se formaram a partir de regiões marinhas e rasas próximas à costa (KARDONG, 2010).

Pough, Janis e Heiser (2008) separam os vertebrados em dois grupos de acordo com o surgimento de um grupo especial de membranas. Uma dessas membranas, o âmnio, envolve o embrião e assim classifica os grupos que a possuem como sendo os amniotas. Nesse grupo consideramos as tartarugas, lagartos, serpentes, crocodilianos, aves e mamíferos.

Já os grupos de vertebrados que não possuem o âmnio envolvendo o seu embrião são classificados como não anamniotas e são representados pelos peixes sem mandíbula, como as lampreias e feiticeiras; pelos peixes com mandíbulas, como os tubarões, arraias e demais peixes ósseos; e pelos anfíbios, como os sapos, rãs, salamandras e cecílias (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).



As membranas que surgiram evolutivamente nos ovos dos répteis possibilitaram a eles a reprodução de forma independente da água, permitindo que os vertebrados pudessem colonizar definitivamente o meio terrestre.

Possuidores de grande capacidade de ocupação de nichos, bem como de uma plasticidade genética que os fez diversificar sua forma e colonizar novos espaços com eficiência, estudar os vertebrados e sua anatomia é uma das vertentes científicas que mais atraiu pesquisadores desde a publicação de “A Origem das Espécies” por Charles Darwin, em 1859 (LIEM et al., 2012). Tendo comportamentos tão diversos quanto suas formas, esse grupo sempre chamou a atenção dos seres humanos e merece também atenção especial ao longo do estudo (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

Não é apenas a presença de coluna vertebral que caracteriza os vertebrados, este grupo possui algumas outras características que perduram em todos os seus descendentes e servem para diagnosticar os indivíduos que pertencem ao grupo.

2 CARACTERÍSTICAS DOS CORDADOS E VERTEBRADOS

Para reconhecer os Cordados é fundamental compreender as características diagnósticas que os separam dos demais grupos. Já falamos dessas características anteriormente, porém vamos aprofundar o nosso conhecimento em cada uma delas para reconhecer a sua importância para os Chordata e como essas estruturas serão determinantes no surgimento dos Vertebrados.

Segundo Orr (1986) e Kardong (2010), o filo Chordata possui como principais características a presença de notocorda, um tubo nervoso dorsal acima da notocorda, endóstilo ou tireoide, fendas faríngeas e cauda pós-anal.

2.1 NOTOCORDA

A notocorda é sua característica mais marcante, ela é um tubo flexível e forte, lembrando um bastonete, que nos vertebrados ancestrais cumpria o papel de

esqueleto interno primitivo, permitindo a fixação dos músculos para que o animal pudesse se deslocar através do movimento ondulatório do corpo. Ela surge a partir da mesoderme em todos os cordados.

A notocorda é um órgão hidrostático com características elásticas, pois é composta por uma parede externa de tecido fibroso que envolve um núcleo líquido. Essa composição anatômica da notocorda permite que ela seja flexionada para os lados, mas impede que a mesma encolha (KARDONG, 2010).

Segundo Kardong (2010), quando os músculos presos à notocorda se contraem, a notocorda é flexionada, acumulando energia. Com o relaxamento dos músculos, a energia acumulada na notocorda é liberada e a mesma retorna à posição inicial, continuando o movimento ondulatório de natação. Dessa forma o animal apenas gasta energia para contrair a musculatura, mas não para endireitar a notocorda elástica.

De acordo com Kardong (2010), nos peixes ancestrais os primórdios das vértebras estavam presos à notocorda ou circundando-a e dessa forma a notocorda seguia como eixo principal do corpo do animal. À medida que os animais foram evoluindo, as vértebras aumentavam a sua participação na sustentação dos animais e a função da notocorda diminuía, contudo, exceto em alguns poucos vertebrados, a notocorda continua presente na fase embrionária.

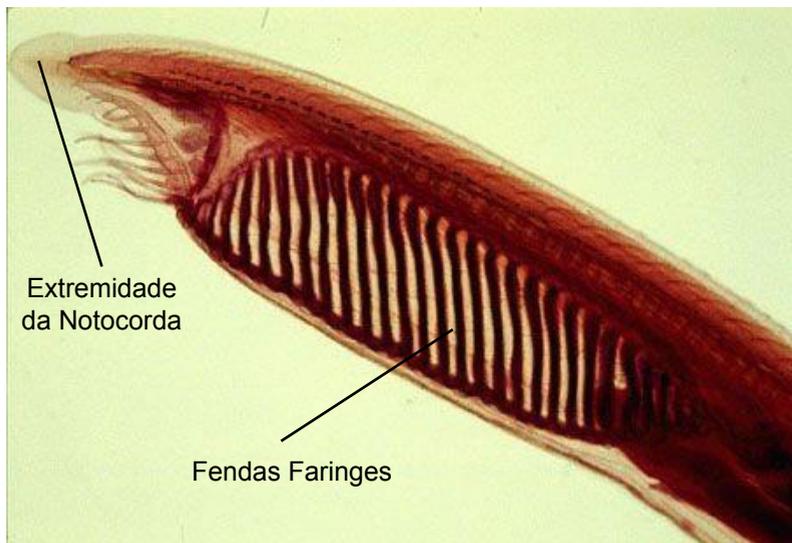
Ainda de acordo com o mesmo autor, a funcionalidade da notocorda prevalece na maioria dos grupos de cordados, apenas nas formas mais recentes de peixes e vertebrados terrestres ela foi substituída pela coluna vertebral. Nos mamíferos adultos, os vestígios da notocorda podem ser encontrados formando o núcleo gelatinoso dos discos intervertebrais que ficam entre as vértebras e agem como amortecedores.

2.2 FENDAS FARÍNGEAS

Essas estruturas podem aparecer cedo no embrião e permanecer até a fase adulta, ou podem crescer rapidamente e desaparecer no indivíduo ainda jovem, antes mesmo dele nascer do ovo. Não importa quanto tempo as fendas faríngeas se manifestem no indivíduo, o importante é que todos os cordados as têm em um determinado momento de suas vidas (KARDONG, 2010).

Observe a figura a seguir, nela é apresentado um anfioxo em que são visíveis a extremidade da notocorda, além dos músculos (miômeros) e as fendas faríngeas utilizadas para filtração da água e captura das partículas de alimento em suspensão.

FIGURA 2 - ANFIOXO



FONTE: Disponível em: < <http://simbiotica.org/cefalocordata.htm> >. Acesso em: 26 abr. 2016.

A faringe é uma das partes do sistema digestório que se localiza logo atrás da boca. Há um tempo na vida de todos os cordados em que as paredes da faringe possuem perfurações, ou quase são perfuradas, formando as fendas faríngeas. Utiliza-se a denominação “fenda” para cada uma dessas aberturas (KARDONG, 2010).

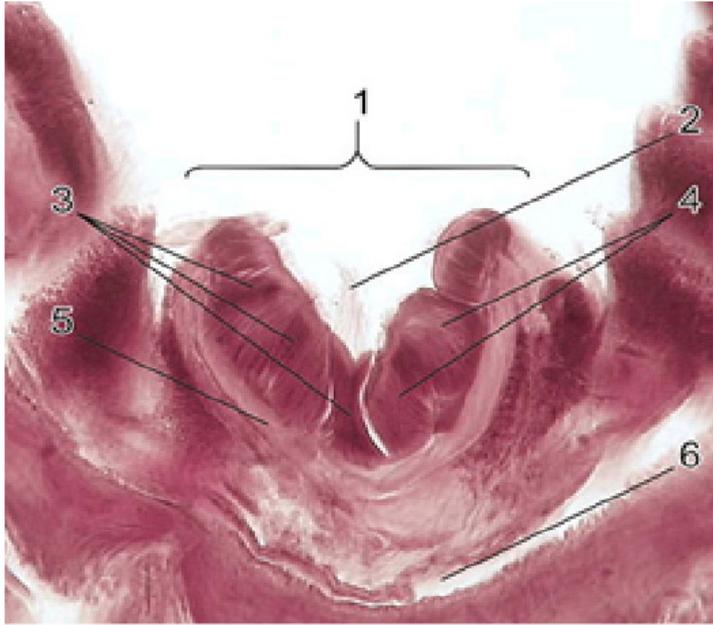
Segundo Kardong (2010), embora algumas pessoas utilizem a denominação “fendas branquiais” ao se referirem às fendas faríngeas, isso está incorreto, pois esta estrutura não possui relação com a respiração, sua função original nos cordados primitivos estava relacionada com a alimentação, nem nos embriões elas possuem papel respiratório. Pough, Janis e Heiser (2008) destacam que nos peixes as fendas faríngeas, que nesse caso são perfuradas, formarão as fendas branquiais. Nos vertebrados terrestres elas desaparecerão, mas seu revestimento dará origem a algumas estruturas glandulares associadas ao sistema linfático, como o timo, as glândulas paratireoides, os corpos carotídeos e as amígdalas.

2.3 ENDÓSTILO

O endóstilo é uma glândula repleta de cílios que se localiza na faringe (garganta) e produz um muco pegajoso que aprisiona as partículas alimentares durante a filtração do alimento. Ele está presente nos adultos dos tunicados (Urocordados), cefalocordados e nas larvas das lampreias. Ele é homólogo da glândula tireoide dos vertebrados, responsável pela regulação do metabolismo.

Tanto o endóstilo como a glândula tireoide surgem embriologicamente no fundo da faringe, além disso, ambas estruturas estão envolvidas no metabolismo do iodo, sendo o endóstilo considerado o predecessor filogenético da tireoide (POUGH; JANIS; HEISER, 2008; KARDONG, 2010).

FIGURA 3 - ANFIOXO COM AS ESTRUTURAS EVIDENCIADAS



LEGENDA: 1 - endóstilo; 2 - cílios médio; 3 - células ciliadas; 4 - glândula endostilar; 5 - placa esquelética

FONTE: Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lancelet%27sendostyle1,numbered.jpg>>. Acesso em: 26 abr. 2016.

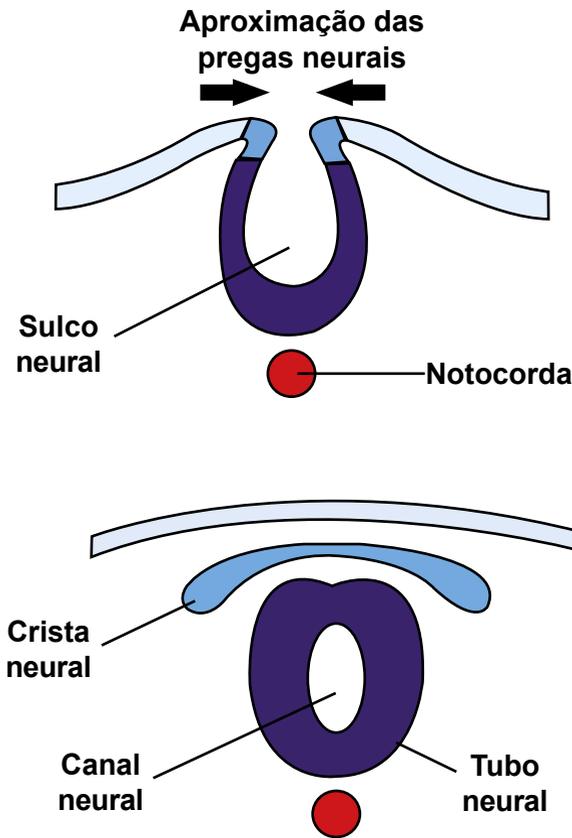
2.4 TUBO NERVOSO DORSAL

Outra característica dos vertebrados é um tubo nervoso oco, derivado da ectoderme através de um processo bem específico denominado INVAGINAÇÃO. Esse processo é a “dobra” de uma região de células especiais (placa neural) chamadas de ectoderma nas costas do embrião. Após dobrar, essa região se aprofunda e forma um tubo longo e oco acima da notocorda (KARDONG, 2010).

Na região anterior do tubo nervoso há uma dilatação, uma região mais larga do tubo nervoso que irá se desenvolver ao longo da evolução e dará origem ao encéfalo. O encéfalo é o conjunto do tronco cerebral, cerebelo e cérebro, e é o centro nervoso dos vertebrados.

A figura a seguir demonstra o processo de invaginação que ocorre no embrião e dá origem ao tubo nervoso característico dos cordados. Repare como o tubo nervoso se instala logo acima da notocorda.

FIGURA 4 - PROCESSO DE INVAGINAÇÃO



FONTE: Disponível em: <<http://blogdoenem.com.br/cordados-biologia-enem/>>. Acesso em: 2 maio 2016.

Ainda de acordo com Kardong (2010), se existe alguma vantagem em ter um tubo nervoso oco repleto de líquido não se sabe, o que sabemos é que essa característica é compartilhada apenas pelos cordados.

As cristas neurais que aparecem na imagem acima originarão uma grande gama de novas estruturas, entre elas diversos órgãos dos sentidos, como por exemplo, quando as cristas migram lateralmente, darão origem ao sistema da linha lateral bem como aos nervos cranianos que se ligam a mesma (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

2.5 CAUDA PÓS-ANAL

Essa cauda é um alongamento posterior do corpo, que se estende além do ânus. É uma estrutura básica de locomoção que contém musculatura segmentar e notocorda.

RESUMO DO TÓPICO 1

Neste tópico você viu que:

- Os cordados podem ser encontrados em todos os grandes biomas do planeta.
- Os cordados possuem uma pluralidade de formas e tamanhos, além de possuírem uma grande diversidade alimentar que possibilitou a conquista dos diferentes ambientes em que são encontrados.
- As cinco características diagnósticas dos cordados são: notocorda, fendas faríngeas, tubo nervoso dorsal, endóstilo e cauda pós-anal. Todos os cordados têm essas características ao menos durante um certo momento de suas vidas.
- A notocorda é a estrutura de sustentação corporal que permitiu o desenvolvimento corporal dos cordados e assim o surgimento dos vertebrados.
- O desenvolvimento do cordão nervoso dará origem ao cérebro dos cordados, uma característica mais que importante na sua história evolutiva.



- 1 Os vertebrados, em muitos casos, dividem o mesmo ambiente que os seres humanos. Isso é possível, pois sua estrutura corporal permite a esses animais interagir com o ambiente de forma muito específica. Essa interação com o ambiente que os rodeia é possível graças a algumas características corporais importantes. Em sua opinião, quais características dos cordados são mais importantes para seu sucesso evolutivo? Justifique sua resposta.

- 2 Após a leitura do Tópico 1 e tendo iniciado o estudo sobre os vertebrados, você já deve ser capaz de determinar a veracidade das afirmativas abaixo, dessa forma, coloque (V) para verdadeiro e (F) para falso:
 - () Todos os vertebrados possuem coluna vertebral bem desenvolvida.
 - () A notocorda é uma estrutura importante, pois forneceu ao corpo dos cordados um meio de sustentação.
 - () Assim como as fendas branquiais, as fendas faríngeas auxiliam a respiração.
 - () Como surgiram nos oceanos, os vertebrados só são encontrados no ambiente aquático.
 - () As fendas faríngeas são responsáveis pelo surgimento da cabeça durante a evolução dos cordados.
 - () A presença de coluna vertebral faz com que todos os vertebrados sejam animais de tamanho médio a grande, não existem vertebrados pequenos.
 - () A notocorda é rígida, pois sua estrutura é feita de minerais derivados de cálcio que darão origem ao esqueleto.

- 3 Justifique os motivos que levaram você a classificar as alternativas como FALSAS no exercício 2.

EVOLUÇÃO DOS VERTEBRADOS E CORDADOS INFERIORES

1 INTRODUÇÃO

Quando buscamos compreender a origem dos cordados no planeta devemos ir além da visão de origem da vida. Não basta saber as condições iniciais para o surgimento da vida, é necessário compreender que, após o estabelecimento e diversificação dos seres vivos no planeta, apareceram condições e características ambientais que favoreceram a proliferação dos cordados e a manutenção das suas características entre os seres vivos.

Assim, nesta unidade, será demonstrado como os cordados surgiram e de qual grupo se diferenciaram para iniciar sua jornada evolutiva pelo planeta.

Com relação aos cordados inferiores, vamos elucidar quem são os hemicordados, urocordados e cefalocordados, quais suas características e como cada um desses grupos contribuiu para o surgimento dos Cordados.

2 ORIGEM DOS VERTEBRADOS

Os vertebrados fazem parte do grupo dos CORDADOS. Para entender como os vertebrados surgiram é necessário saber primeiro como os cordados tiveram sua origem, para assim, como as características que determinam qual animal é “vertebrado” surgiram.

De acordo com Kardong (2010), para explicar o aparecimento dos cordados (Chordata) existem **duas teorias** que propõem alternativas para sua origem.

Sabe-se que de uma linhagem primitiva de animais semelhantes aos cnidários, como as hidras e anêmonas, surgiram duas novas linhagens. Uma delas deu origem aos anelídeos, moluscos e artrópodes. A outra originou a linhagem dos briozoários, braquiópodos e equinodermos, com os quais os cordados (onde estão inseridos os vertebrados) estão ligados. A diferenciação entre estas duas linhagens pode ser percebida através da clivagem dos ovos fertilizados e de algumas características do desenvolvimento do embrião (ORR, 1986).

A **primeira teoria** afirmava que de uma linhagem primitiva de animais semelhantes aos cnidários, como as hidras e anêmonas, surgiram duas novas linhagens, uma delas deu origem aos anelídeos, moluscos e artrópodes (ORR,

1986). Esta teoria relaciona o surgimento dos cordados às características corporais básicas de anelídeos e artrópodes. As características seriam a segmentação do corpo, regionalização do cérebro e plano básico corporal igual, porém invertido. Esta hipótese, contudo, apresentou fragilidades importantes como: o cordão nervoso dos anelídeos e artrópodes que é sólido, e nos cordados é oco, a posição da boca e ânus no plano invertido necessitaria da migração da boca novamente para posição ventral e não há registro embriológico de tal fato além de uma história embrionária radicalmente diferente. Estes pontos abertos na teoria propiciaram o aparecimento de hipóteses alternativas para o surgimento dos cordados (KARDONG, 2010).

A **segunda teoria** é chamada de Hipótese Auriculária e descreve a origem da linhagem dos briozoários, braquiópodos e equinodermos, com os quais os cordados estão ligados. Embora uma análise inicial pareça tornar essa relação impossível principalmente ao relacionar os equinodermos adultos (estrelas-do-mar, pepinos-do-mar e ouriços-do-mar) com os cordados, o segredo aqui foi buscar as características na fase larval desse grupo. Comparando as características desses dois grupos é possível verificar semelhanças importantes, ambos são deuterostômios, compartilham clivagem, formação de mesoderme e celoma, têm simetria bilateral e esta mesma larva é muito semelhante à larva tornária dos hemicordados que possui algumas das características importantes dos cordados (ORR, 1986; KARDONG, 2010).

Evolutivamente, o Filo Chordata, onde está o subfilo Vertebrata, está intimamente ligado ao filo Echinodermata (estrelas-do-mar, pepinos-do-mar, lírios-do-mar, bolachas-do-mar, entre outros) que são seres sem cabeça definida e com simetria pentaradial. Contudo, esse parentesco entre os equinodermos e os hemicordados não está perfeitamente compreendido (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

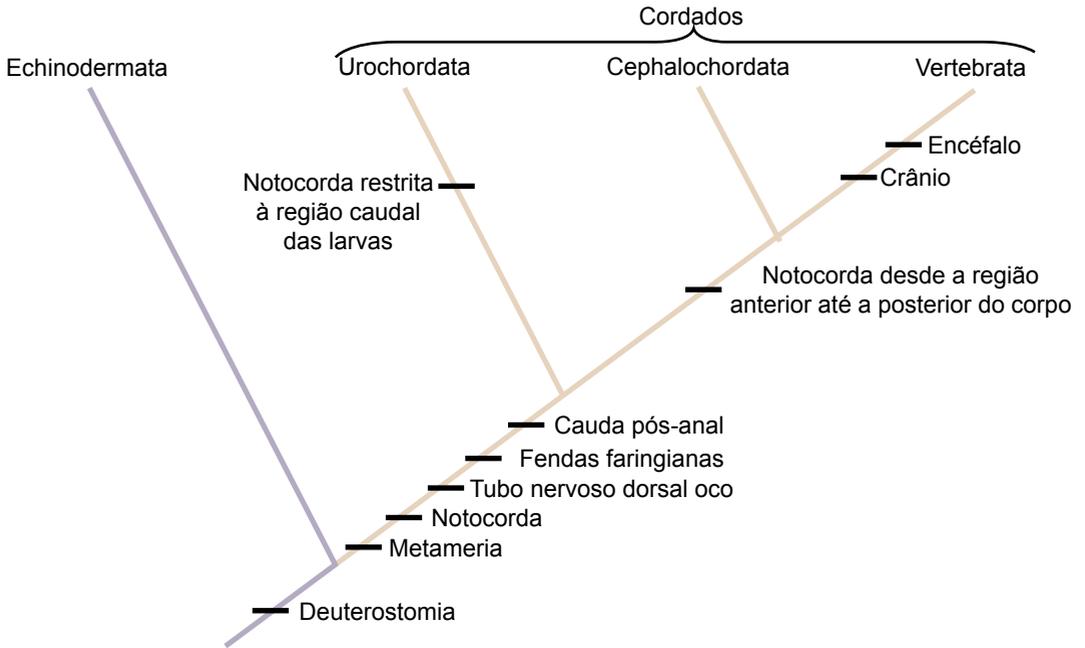


Muita atenção no estudo dos vertebrados. Sendo um grupo de animais que interage com os seres humanos e chama nossa atenção, possivelmente, num futuro próximo, quando estiverem em sala de aula atuando como professores, muitas dúvidas e histórias dos estudantes surgirão. Aproveite isso para guiar sua aula.

Lembre-se: é muito importante que vocês estejam sempre atualizados, leiam sobre o assunto e busquem aprender os comportamentos alimentares, reprodutivos, de defesa, entre outros da fauna regional onde forem lecionar.

Para compreender o surgimento dos cordados vertebrados, faz-se necessário conhecer brevemente outros três grupos. São eles: Hemichordata, Urochordata e Cephalochordata. São esses três grupos que farão ensaios com as características que formarão os vertebrados, portanto, compreender como essas características se desenharam nesses grupos é fundamental.

FIGURA 6 - CLADOGRAMA DEMONSTRANDO OS GRUPOS QUE SÃO CONSIDERADOS PROTOCORDADOS E COMO ELES SÃO RELACIONADOS



FONTE: Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/3455118/>>. Acesso em: 2 maio 2016.

Os Urochordata, juntamente com Hemichordata (Pterobranchia e Enteropneusta) e Cephalocordata formam um grupo informal de seres vivos denominados de Protocordados.



Urocordados e Cefalocordados formam os cordados invertebrados, pois não possuem coluna vertebral.

3 PROTOCORDADOS

A derivação do seu nome vem dos termos “proto” – Primeiro + Cordados, ou seja, os primeiros ou mais antigos cordados. O grupo “protocordado” não é um grupo taxonômico, mas sim um grupo que facilita a compreensão e relação dos grupos que contém algumas, ou todas, as características relacionadas aos cordados (KARDONG, 2010).

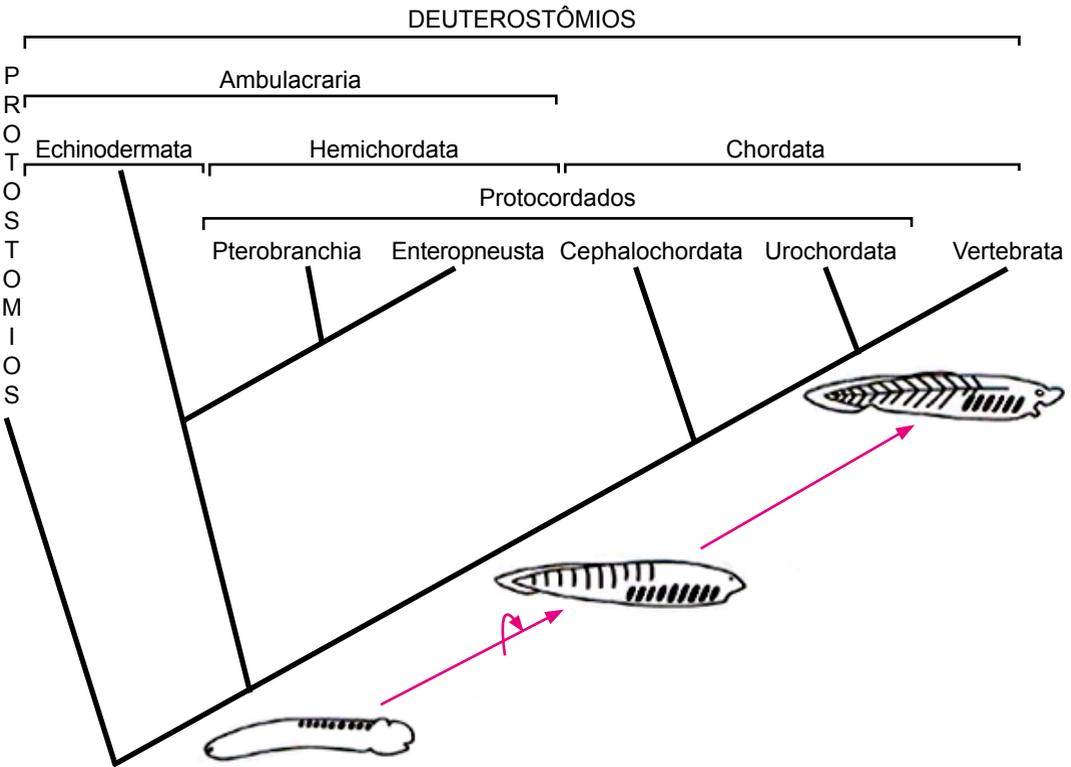
O estudo dos protocordados tem como objetivo suprir a falta de registros fósseis que a origem dos cordados possui. Dessa forma, estudando animais que

deram origem aos cordados, esperamos conseguir pistas de como seriam os antepassados do grupo e dessa forma compreender melhor como os mesmos surgiram. O estilo de vida dos protocordados fornece pistas importantes e interessantes a respeito das vantagens evolutivas do corpo dos cordados (KARDONG, 2010).



O surgimento dos cordados possui relação ancestral com os equinodermos, assim, ter um bom conhecimento da zoologia dos invertebrados é fundamental, caso seja necessário, revise o assunto na disciplina de zoologia dos invertebrados.

FIGURA 7 - COMO OS PROTOCORDADOS ESTÃO INSERIDOS NA FILOGENIA



FONTE: Kardong (2010)

4 HEMICHORDATA (HEMICORDADOS)

Os Hemichordatas são considerados um grupo irmão dos Chordatas. Devido às relações que contém com os cordados de um lado e os equinodermos do outro, os hemicordados são a melhor promessa de estabelecer uma conexão entre

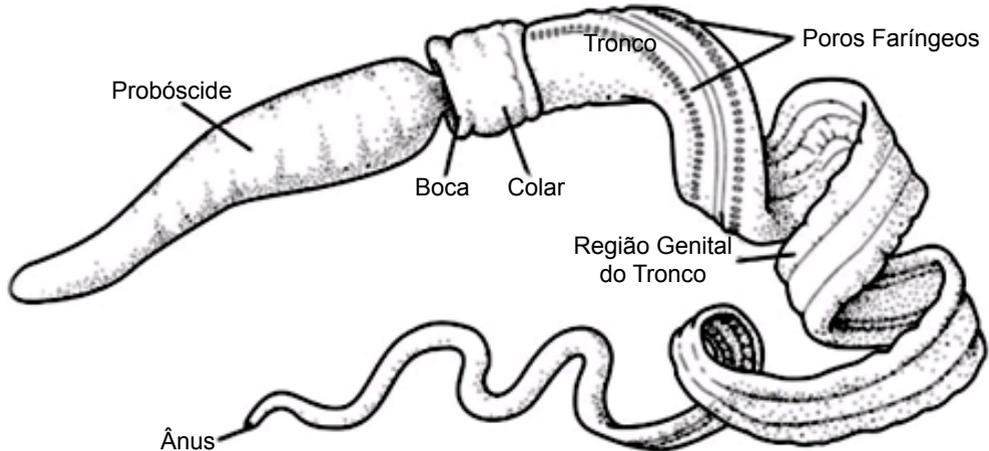
os cordados e sua fonte ancestral entre os invertebrados (KARDONG, 2010).

Um cuidado que se deve ter é de não considerar uma estrutura interna da probóscide, chamada de estomocorda, como uma notocorda verdadeira. A estomocorda não possui a bainha fibrosa típica da notocorda e nem seu preenchimento de fluido, sendo assim, a estomocorda é completamente oca. As estruturas que ligam esses animais aos cordados são as fendas faríngeas (KARDONG, 2010).

Nesse grupo encontramos vermes marinhos que vivem em túneis escavados em meio ao lodo de onde capturam partículas em suspensão. Eles são muito pouco conhecidos e embora possuam formato vermiforme, não possuem nenhuma semelhança maior com os vermes segmentados. Sua proximidade com os cordados é considerada porque ambos são deuterostômios, possuem o mesmo tipo de clivagem e principalmente porque os dois grupos possuem fendas faríngeas ou poros faríngeos. Estas fendas são aberturas na faringe que os animais utilizam para filtrar partículas em suspensão na água. Porém, alguns desses animais capturam as partículas de alimento utilizando o muco que reveste e é produzido pela probóscide (ORR, 1986; POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

Os Hemichordatas dividem-se em Enteropneustas e Pterobranchia.

FIGURA 8 - ANATOMIA EXTERNA DE UM HEMICHORDATA



FONTE: Disponível em: <http://www.cesadufs.com.br/ORBI/pub lic/uploadCatalogo/09270027022012Cordados_II_Aula _2.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2016.

4.1 ENTEROPNEUSTAS

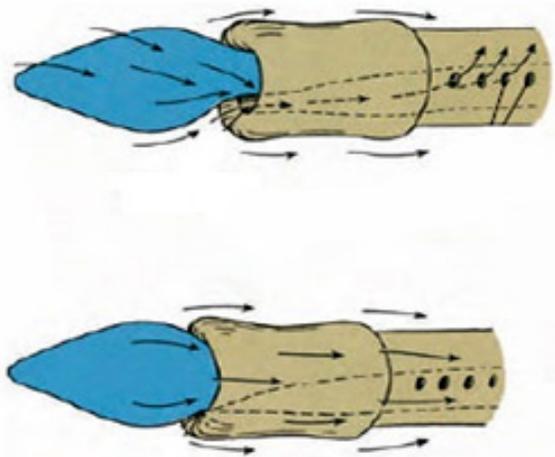
Os Enteropneustas são conhecidos também como balanoglossos e são animais marinhos de águas rasas ou profundas podendo chegar a até 1 (um) metro de comprimento em algumas espécies. O corpo divide-se como nas imagens anteriores, em três partes, probóscide, colarinho e tronco, e cada uma contém seu próprio celoma.

Muitas das espécies que vivem em tocas alimentam-se do sedimento solto no interior de seus túneis, separam a matéria orgânica do sedimento inorgânico e depois depositam o sedimento em uma pequena pilha de excretas na superfície do substrato, essa pilha será levada embora pelas ondas.

Já outras espécies, como dito anteriormente, usam um muco presente na probóscide para capturar partículas orgânicas em suspensão. A matéria orgânica é levada para a boca por sulcos repletos de cílios que direcionam e transportam o alimento até o mesmo ser coletado pelo lábio muscular que aceitará ou rejeitará a partícula.

A excreção desses animais ocorre em parte pela pele, porém eles também possuem um glomérulo, uma densa rede de vasos que ocorre dentro da probóscide e é responsável pela filtração do líquido vascular. Forma-se então uma urina que é eliminada por um poro na própria probóscide.

FIGURA 9 - ALIMENTAÇÃO DOS ENTEROPNEUSTAS



FONTE: Disponível em: <<http://www.gbri.org.au/SpeciesList/Balanoglossuscamosus%7CpatriciaLoboDosReis.aspx?PageContentID=5262>>. Acesso em: 23 maio 2016.

A figura acima demonstra, em “A”, como o fluxo de alimento pode ser ingerido pelo animal, fazendo a água sair pelas fendas faríngeas, ou como o fluxo de partículas pode ser descartado pelo animal em “B”, forçando o fluxo ao redor da boca, fazendo o fluxo seguir pelo corpo.

Também possuem um sistema vascular composto por dois vasos sanguíneos (dorsal e ventral) com um sangue composto por poucas células sem pigmentos que é mantido em circulação através de batimentos que acontecem nesses vasos sanguíneos.

Seu sistema nervoso é muito primitivo e composto por uma rede difusa de feixes e fibras nervosas que se concentram em cordões nervosos longitudinais.

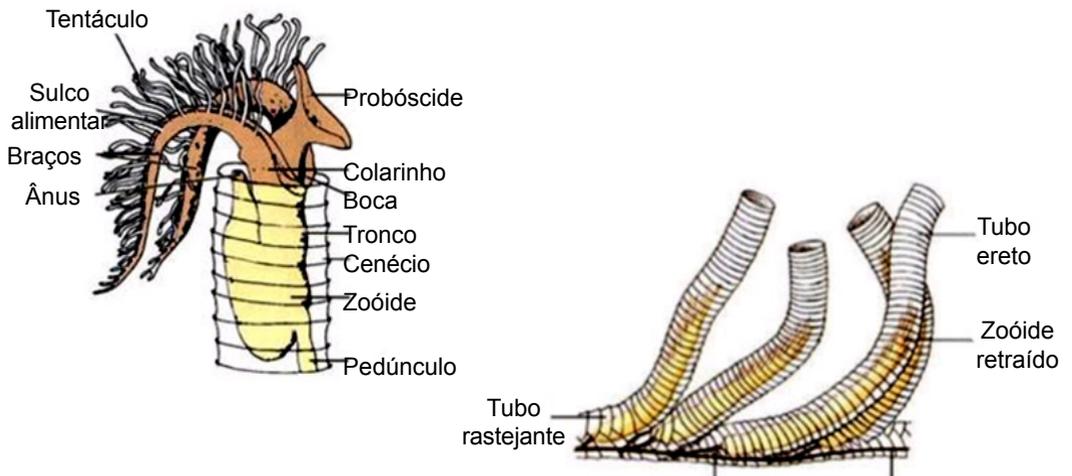
São dioicos com fertilização externa. Algumas de suas espécies têm o desenvolvimento direto (do ovo sai um jovem adulto), porém, a maioria possui um estágio larval trichelomada, onde cada uma das cavidades do seu corpo origina celomas corporais específicos. A protocele dará origem ao celoma da probóscide, a mesocele originará o celoma do colarinho e a metacele o celoma do tronco.

4.2 PTEROBRANCHIA

Já os Pterobranchia são animais pequenos e de hábito geralmente colonial. Cada animal da colônia é chamado de zooide (KARDONG, 2010). Embora possuam probóscide, colarinho e tronco, podem ocorrer mudanças bem drásticas nessa conformação anatômica. O colarinho, por exemplo, pode tomar a forma de tentáculos que são utilizados para captura de material em suspensão para alimentação do animal. O formato do seu corpo lembra uma letra V, com o ânus saindo também na abertura do topo do tubo onde o animal vive.

Seu sistema nervoso é mais simples que o dos enteropneustas e possuem poucas fendas faríngeas.

FIGURA 9 - REPRESENTAÇÃO DOS PTEROBRANQUIOS



FONTE: Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/3674369/>>. Acesso em: 9 maio 2016.

5 UROCHORDATA (UROCORDADOS)

O subfilo Urochordata, de acordo com Pough, Janis e Heiser (2008), é atualmente conhecido como tunicados. São compostos por animais filtrantes, que utilizam uma faringe que se assemelha a um cesto todo perfurado para retirar

da água as partículas em suspensão das quais irão se alimentar. Para Orr (1986), algumas espécies desse grupo podem ser sésseis ou livres flutuantes e em muitos casos, coloniais. Contudo, todas as espécies são marinhas (KARDONG, 2010).

Os Urochordados são divididos em vários grupos (classes taxonômicas), mas destacaremos três: Os Ascidiacea que são sésseis, ou seja, vivem fixos no substrato, quando adultos, mas possuem uma larva natatória. Já os Larvacea e Thaliacea são permanentemente pelágicos e flutuam no plâncton não se grudando em nenhum substrato (KARDONG, 2010).

5.1 ASCIDIACEA

Os Ascidiacea são popularmente chamados de ascídias, seu visual, em muitos casos, não se parece em nada com um animal, muito menos com um vinculado aos cordados. Muitas das vezes quando são encontrados fixos no lodo e areia das praias que habitam, assemelham-se a pedras (Figura 10 A e B) sendo enrugados e de formato corporal aparentemente irregular. É muito comum, ao andarmos dentro da água, acabarmos pisando nesses animais e ao pegá-los achamos que são pedras e os lançamos na água novamente.

FIGURA 10 – ASCIDIACEA

A - Ascídia *Styela Plicata*



B – Ascídia Fixa em Fundo Rochoso

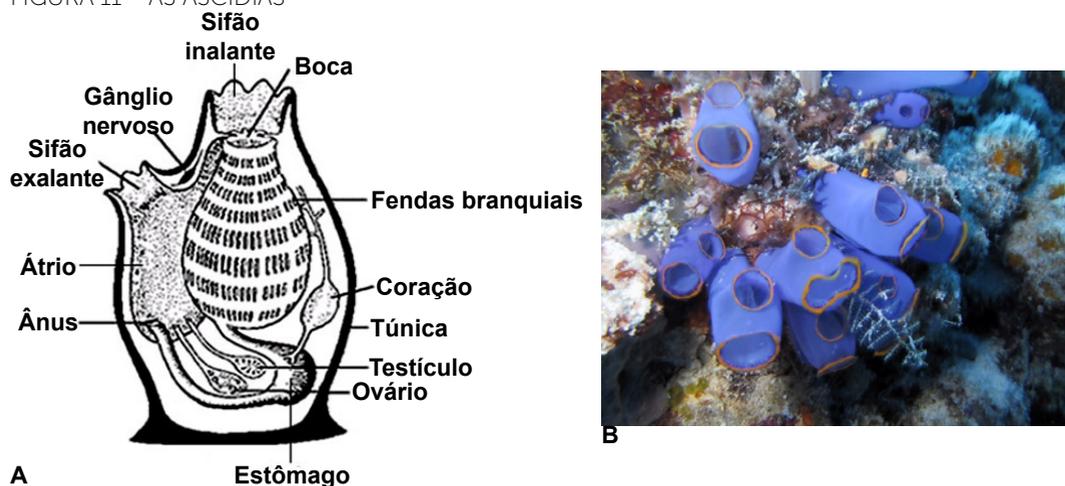


FONTE: A - Disponível em: <<http://www.brasilreef.com/viewtopic.php?f=45&t=23137&start=0>>.

B - Disponível em: <<http://www.marbrasil.org/?portfolio=preinv>>. Acesso em: 23 maio 2016.

Outras espécies, porém, possuem coloração de destaque e sua anatomia pode ser facilmente percebida, como é o caso dos espécimes a seguir:

FIGURA 11 – AS ASCÍDIAS



Anatomia interna e a morfologia externa de indivíduos adultos de tunicados, representantes atuais dos Urocordados. Neste caso, estão sendo representados indivíduos sésseis.

FONTE: A - Disponível em: <http://digilander.iol.it/paulre ds/filippine_maggio_2001.html> e B - <<http://brasil escola.uol.com.br /biologia/urochordata.htm>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

Aparentemente, nos adultos não é possível perceber nenhuma evidência de cordão nervoso dorsal ou mesmo da notocorda, característica tão marcante dos cordados. Seu sistema nervoso é constituído basicamente por um gânglio cerebral localizado entre os sifões inalante e exalante. Muitas de suas espécies possuem uma fase larval caracterizada por uma larva livre natante muito parecida na sua forma com um girino. É na fase larval que a notocorda é visualizada nesse grupo, daí vem seu nome, Uro – cauda e Chordata – cordão/coluna (KARDONG, 2010).

Seu sistema cardiovascular possui um coração tubular, vasos sanguíneos, e o sangue contém além do plasma um grande número de células especializadas, inclusive alguns amebócitos que fazem fagocitose. Não foram encontrados nesse grupo órgãos excretores especializados.

A larva dos urocordados possui um ocelo sensível à luz e outra estrutura denominada otólito, sensível à gravidade, permitindo assim que esses animais tenham noção de “lado de cima e lado de baixo” (KARDONG, 2010). Essa capacidade de diferenciar para cima e para baixo é fundamental quando a larva deve chegar ao fundo para se fixar no substrato. Sem essa capacidade, nadando a esmo, seria impossível para elas terem sucesso na continuidade do seu modo de vida sésseil como adultas.

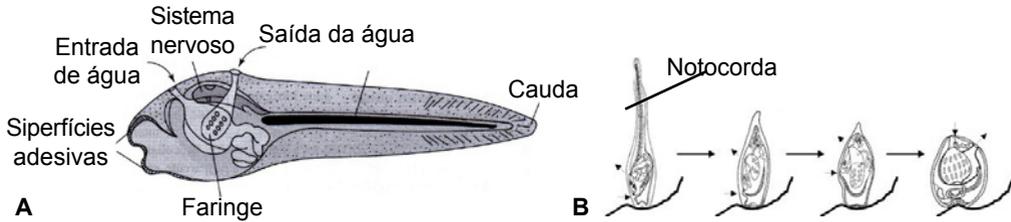
Após se fixar no substrato, a cauda se retrai para dentro do corpo da larva iniciando a metamorfose que dará origem à forma corporal do adulto. No adulto existe a túnica (que dá origem ao nome Tunicados) que é uma camada de proteína chamada tunicina que forma a parede do corpo desses animais. Dentro da túnica

estão todos os órgãos do animal, inclusive a cesta branquial, responsável pela filtração da água e captura das partículas de alimento (KARDONG, 2010).

Assim a água entra pelo sifão inalante, passa pela boca, entra na cavidade denominada átrio onde está a cesta branquial, é filtrada e sai pelo sifão exalante.

Na Figura 12A, podemos observar a fase larval de um tunicado. Na 12B é possível perceber como a larva se fixa no fundo e como sua cauda vai regredindo em tamanho, com a notocorda e demais tecidos sendo absorvidos pelo animal.

FIGURA 12 - A LARVA DOS TUNICADOS



FONTE: A - Disponível em: <<http://www.euquerobiologia.com.br/2012/07/protocordados-e-cordados-diferencas.html>>. B - Disponível em: <<http://www.Astumatura.com/articulos/tunicados/ascigen.php>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

5.2 LARVACEA

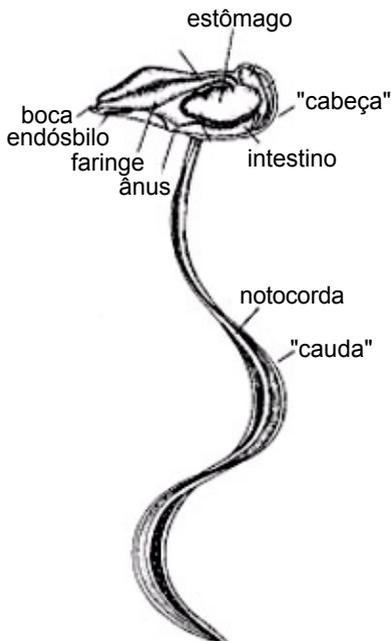
Os Larvacea são muito pequenos, tendo poucos milímetros de comprimento e são encontrados incorporados ao plâncton. Seu nome originou-se devido aos adultos que mantêm características larvais e se parecem com a larva girinoide dos tunicados (KARDONG, 2010).

Eles são tão modificados que possuem um aparelho de alimentação único que fica localizado fora do corpo do animal e é formado por uma matriz gelatinosa em que o animal fica dentro e é chamada de casa e duas estruturas denominadas de telas e filtro (KARDONG, 2010).

As partículas alimentares são capturadas pela cápsula gelatinosa e passam pelo filtro que separa as partículas maiores. Após essa separação com o uso de cílios, as partículas alimentares são direcionadas para a sua faringe (KARDONG, 2010).

FIGURA 13 - OS UROCORDADOS

A - Estrutura Corporal de um Larvacea



B - Estrutura de um Thaliacea



FONTE: A - Disponível em: <<http://www.ibb.unesp.br/Home/Departamentos/Zoologia/VirginiaSanchesUieda/1teoria2parte.pdf>>. B - Disponível em: <<http://www.geol.umd.edu/~tholtz/G331/lectures/331chordata.html>>. Acesso em: 17 maio 2016.

5.3 THALIACEA

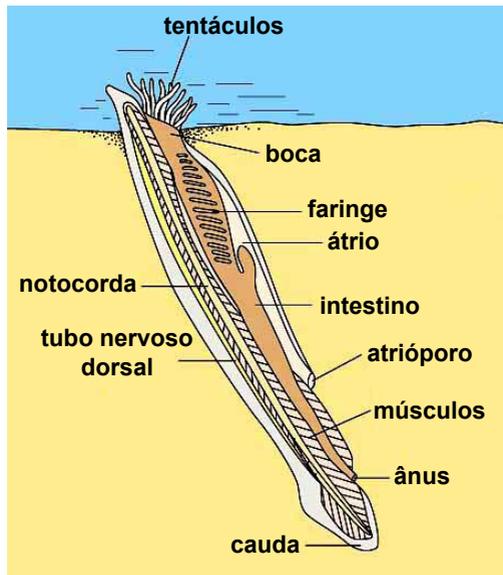
Os Thaliacea também têm vida livre, mas seu formato corporal parece ter origem em uma ascídia adulta, e não em uma larva, como é o caso dos Larvacea. Não se tem muita informação sobre sua alimentação, apenas se desconfia que a cesta branquial, cílio e o muco presente na região participem do processo. Sua estrutura difere das ascídias, entre outros fatores, devido ao sifão inalante e exalante que se localizam em lados opostos do seu corpo. Diferente da cauda dos Larvacea, a locomoção nos Thaliacea ocorre por propulsão a jato de água já que seu corpo tem formato tubular e pode se contrair expulsando a água no interior da túnica e criando o fluxo de água que realiza seu deslocamento (KARDONG, 2010).

6 OS CEPHALOCHORDATA (CEFALOCORDADOS)

Um animal conhecido como Pikaia, datado do Cambriano médio, é provavelmente o Cefalocordado mais antigo conhecido. Ele possuía um par de tentáculos sensoriais e era parecido com o atual anfioxo, pois possuía uma notocorda, aparentemente tinha fendas faríngeas e músculos segmentados em formato de V (KARDONG, 2010).

Para Pough, Janis e Heiser (2008), esses animais são conhecidos como anfioxos. Possuem cerca de 20 espécies, todas marinhas e com até 5 cm de comprimento, bem semelhantes a peixes. Esse grupo não tem cabeça aparente, sendo essa característica responsável pela origem do seu nome (do grego *amphi* = ambos e *oxy* = pontiagudo, ou seja, ambas extremidades pontiagudas). Eles distribuem-se por todo oceano nas plataformas continentais, os adultos são escavadores e sedentários, raramente mantendo o comportamento livre natante das larvas.

FIGURA 14 – ANFIOXO PARCIALMENTE ENTERRADO EM POSIÇÃO FAVORÁVEL À INFILTRAÇÃO DE ALIMENTOS



FONTE: Disponível em: <<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Reinos3/bioanimal2.php>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

Uma característica impressionante para esses animais é que sua locomoção é muito parecida com a dos peixes. Isso ocorre porque eles formam miômeros, que são agrupamentos de fibras musculares. Os miômeros fixam-se à notocorda permitindo esse tipo de movimentação ao se curvarem, de forma sequencial, para os dois lados de forma alternada. Como a notocorda alonga-se além dos miômeros, ela aparentemente é uma especialização que auxilia a escavar o substrato em que esses animais vivem.

FIGURA 15 – ANFIOXO COM A NOTOCORDA, MIÔMEROS E EXTREMIDADES PONTIAGUDAS APARENTES

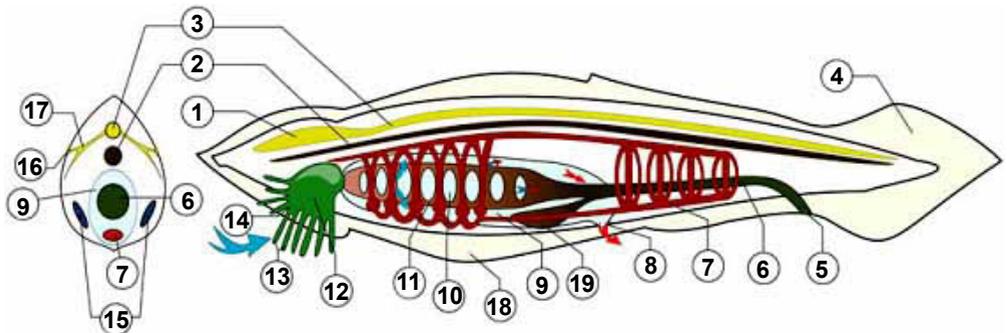


FONTE: Disponível em: <<http://pt.slide share.net/LuisMeraCabezas/protocordados-26995682>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

Sua relação com os cordados é mais óbvia que a dos demais grupos, afinal os anfioxos possuem uma notocorda bem desenvolvida ao longo de todo o corpo do animal, com um cordão nervoso dorsal e fendas branquiais faringianas bem desenvolvidas utilizadas na filtração do alimento suspenso na água (ORR, 1986).

Sua circulação é parecida com a dos cordados, possuindo um coração bombeador que força o sangue pelas brânquias, também compartilha com os vertebrados células excretoras chamadas podócitos e algumas características embrionárias (POUGH; JANIS; HEISER, 2008). Essas características indicam que os Cefalocordados são o grupo irmão mais próximo dos cordados.

FIGURA 16 – ANFIOXO EM CORTE SAGITAL E TRANSVERSO, COM SEUS ÓRGÃOS E ESTRUTURAS DEVIDAMENTE IDENTIFICADAS



- | | | |
|--------------------------|--|--------------------------|
| 1 - gânglio cerebral | 8 - poro abdominal (atriópore) | 15 - gônadas |
| 2 - notocorda | 9 - lacuna supra-faríngea (átrio) | 16 - sensor de luz |
| 3 - nervo dorsal | 10 - abertura branquial (fenda faringiana) | 17 - nervos |
| 4 - barbatana pós-anal | 11 - faringe | 18 - barbatana abdominal |
| 5 - ânus | 12 - lacuna bucal | 19 - bolsa hepática |
| 6 - tubo digestivo | 13 - mímose (cirros) | |
| 7 - sistema circulatório | 14 - abertura bucal | |

FONTE: Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Cephalochordata>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

7 CARACTERÍSTICAS DOS VERTEBRADOS

Sendo os vertebrados um subfilo dos Cordados, todas as cinco características diagnósticas dos cordados também são encontradas neles. Contudo, os vertebrados possuem algumas características específicas que os distinguem dos demais cordados e dos cordados inferiores (Urocordados e Cefalocordados) e daremos uma ênfase nestas características para que fique fácil reconhecer os integrantes desse grupo.

7.1 SIMETRIA CORPORAL

Com relação à estrutura corporal, os **seres vivos** podem ser classificados em relação à simetria corporal, ou seja, com a forma como o corpo pode ser dividido.

Alguns animais possuem o corpo classificado como **assimétrico**, ou seja, não há forma de realizar um corte reto que passe pelo seu corpo separando-o em partes iguais. Seu corpo é significativamente disforme e não é possível conseguir partes iguais ao dividi-lo com um corte reto. Um bom exemplo são algumas espécies de esponjas.

Assim temos a **simetria radial**, que pode ser comparada a quanto o corpo do animal pode ser dividido, como os raios de uma bicicleta, e cada um dos pedaços possuirão as mesmas estruturas dos demais pedaços. De forma mais específica, na **simetria radial**, qualquer linha reta que corte o corpo do animal, em qualquer direção, o dividirá em duas partes iguais, espelhadas uma da outra. Podemos citar nessa simetria animais como os Cnidários e os Equinodermos.

Na **simetria bilateral** o corpo do animal pode ser dividido apenas em um sentido para que se consigam duas metades iguais e espelhadas, seria o **plano mediosagital**, e esse divide o corpo em metade esquerda e direita. Não há outra forma de fazer essa divisão de modo a conseguir essas metades espelhadas. Nesse grupo encontramos, por exemplo, os artrópodes e **vertebrados**.

FIGURA 17 - TIPOS DE SIMETRIA ENCONTRADAS ENTRE OS SERES VIVOS



Simetria Bilateral – Artrópode; Simetria Radial – Cnidário; e Assimétrico – Esponja.

FONTE: Disponível em: <http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/arthropods_04>. Acesso em: 6 jun. 2016.

7.2 COLUNA VERTEBRAL

Como o nome do grupo sugere, a coluna vertebral é uma das grandes inovações desenvolvidas aqui. A coluna vertebral pode ser composta por vértebras formadas por osso ou cartilagem e possui, entre uma vértebra e outra, um disco fino de cartilagem denominado disco intervertebral, que age como um “amortecedor” atenuando os impactos sofridos através da compressão, e dessa forma preservando as vértebras e protegendo o tubo nervoso que percorre todo seu interior.

7.3 CABEÇA

O surgimento do crânio é uma efetiva cefalização do corpo do organismo, foi fundamental para o desenvolvimento dos vertebrados. A formação do crânio é tão expressiva que, em muitos casos, eles são chamados de craniados e não de vertebrados.

As funções relacionadas ao crânio também foram aprimoradas. Ele concentrou os órgãos de sentido, além do sistema nervoso central que foi fechado e protegido pelo crânio.

Kardong (2010) destaca que uma das melhores características diagnósticas desse grupo é a presença de células da crista neural e os placódios epidérmicos. Essas estruturas possuem ligação com a formação dos órgãos dos sentidos e dos diferentes tipos de dentes, além de serem a fonte da maioria das estruturas que nos adultos difere.

7.4 RESPIRAÇÃO

Os vertebrados possuem diferentes estratégias respiratórias. A primeira estratégia respiratória desse grupo foi a respiração branquial, e faz todo sentido já que como vimos anteriormente, os vertebrados surgiram no ambiente aquático.

Em seguida temos a respiração cutânea, através da pele, que está vinculada ao início da colonização do ambiente terrestre pelos vertebrados através da classe dos anfíbios.

Por último, temos o desenvolvimento pleno da respiração pulmonar que entre outros fatores, permitiu a esse grupo viver no ambiente terrestre de forma independente com relação à disponibilidade de água, afinal, nas respirações branquial e cutânea a água precisa estar disponível no meio ambiente em grande quantidade, fato que na respiração pulmonar não é imprescindível.

7.5 ALIMENTAÇÃO E DIGESTÃO

Os vertebrados diversificaram sua alimentação e conseqüentemente as estratégias para o aproveitamento dessa grande disponibilidade de alimentos. Existem espécies que são: carnívoras (carne), herbívoras (vegetais), nectarívoras (néctar), piscívoras (peixes), insetívoras (insetos), frugívoras (frutos), granívoras (grãos), necrófagas (animais mortos), hematófagos (sangue), folívoros (folhas), saprófagos (carne em decomposição), micófago (fungos), polívoros (pólen), mucívoros (fluidos - seiva), entre outros.

A digestão deste grupo ocorre em um sistema digestório muscular, em que ocorre peristaltismo e com digestão extracelular onde enzimas são lançadas sobre o alimento no tubo digestório (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

7.6 CIRCULAÇÃO

Com exceção de um grupo específico de peixes, nas feiticeiras, há apenas um coração que bombeia o sangue para todo o corpo (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

Esse coração aumentou em complexidade e eficiência com o passar do tempo, tendo nos peixes duas câmaras e ficando com quatro câmaras os répteis, aves e mamíferos.

O sistema circulatório é fechado com o sangue circulando dentro de vasos específicos para essa função. O sangue é especificamente desenvolvido para transportar os gases respiratórios (O_2 – Oxigênio e CO_2 – Gás carbônico) e contém células específicas para tal função, principalmente vermelhas contendo o pigmento respiratório hemoglobina (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

7.7 DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO

O desenvolvimento do embrião é uma característica diagnóstica do grupo, pois tem sido muito conservativo durante a evolução dos vertebrados.

A origem dos vertebrados, a partir do seu zigoto (célula que se origina na fecundação) até sua fase adulta, é muito importante em estudos evolutivos, genéticos e morfológicos (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

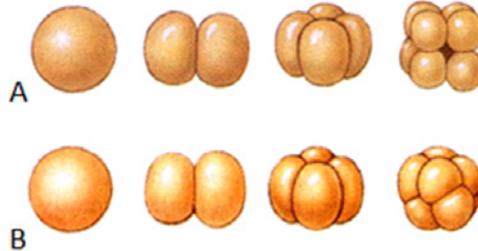
Após a formação do zigoto ocorre a multiplicação dele. Essas sucessivas divisões aumentam a quantidade de células do ser vivo em formação e começam a estruturar seu organismo fornecendo as condições para que ocorra o diferenciamento celular e histológico, ou seja, a formação dos diferentes tecidos que formarão o animal. A essas repetidas divisões do zigoto dá-se o nome de **clivagem**.

Existem diferentes tipos de clivagem, em alguns casos a clivagem segue um padrão circular e é conhecida como clivagem espiral, já em outros casos, durante as sucessivas divisões do zigoto, as células estão em um padrão alinhado e assim é determinada a clivagem radial (KARDONG, 2010).

FIGURA 18 – CLIVAGENS RADIAL E ESPIRAL

A - Clivagem Radial

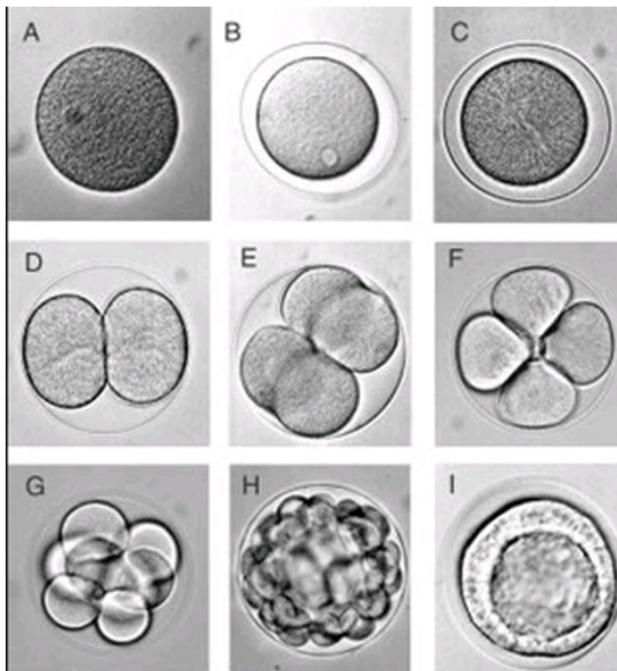
B – Clivagem Espiral



FONTE: Disponível em: <[http://www.ebah.com.br/content/ABAAfLwAl/embrioani mal2-1?part=3](http://www.ebah.com.br/content/ABAAfLwAl/embrioani%20mal2-1?part=3)>. Acesso em: 31 maio 2016.

O zigoto irá se dividir até formar uma “bola ou amontoado” de células, neste estágio ele passa a ser chamado de mórula. Essa esfera aumenta a quantidade de células e torna-se oca, aqui ela é denominada **Blástula**. A divisão celular não para, e a quantidade de células irá aumentar ininterruptamente durante o desenvolvimento embrionário.

FIGURA 19 - A CLIVAGEM DAS CÉLULAS



A – Óvulo; B – Zigoto; C, D, E, F e G – mostram o processo de clivagem, as divisões do zigoto; H – estágio de Mórula e I – Estágio de Blástula.

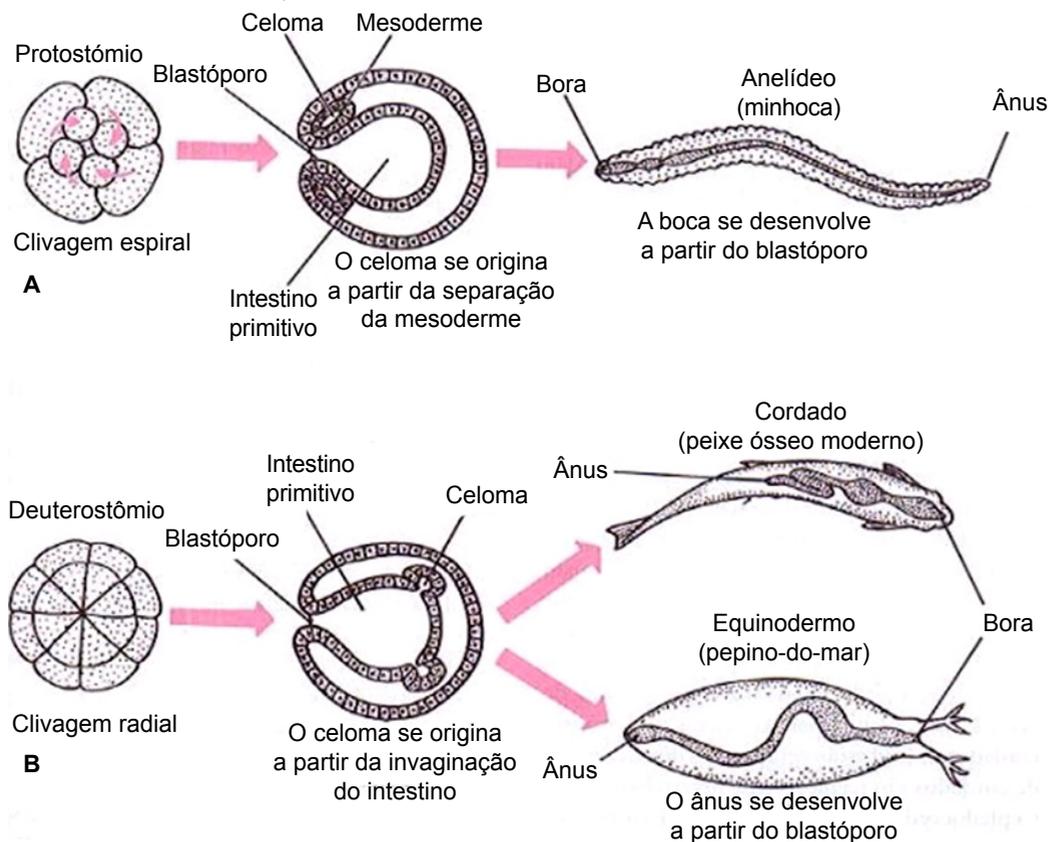
FONTE: Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/biologia/as-primeiras-manifestacoes-embrionicas.htm>>. Acesso em: 24 maio 2016.

Com a continuidade da divisão das células da blástula, seu tamanho aumenta e ela sofre uma invaginação, ou seja, uma de suas partes acaba formando uma dobra “para dentro” da esfera de células, temos então a **gástrula**. O espaço no interior da gástrula dará origem ao intestino primitivo, que é denominado **arquêntero**. É no estágio de gástrula que ocorre uma importante diferenciação entre os animais. Com a formação da gástrula aparece uma abertura, um pequeno orifício no embrião chamado de **Blastóporo**.

Os embriões dos cordados têm uma cavidade interna do corpo preenchida por um líquido denominado **celoma**. Eles fazem parte dos Bilateria, que são animais estruturados segundo um plano de simetria corporal bilateral. Equinodermos e cnidários, por exemplo, possuem simetria radial, não bilateral como os cordados (KARDONG, 2010).

É dentro dos Bilateria que o blastóporo dividirá seus integrantes em dois grupos, os **protostômios** e os **deuterostômios**.

FIGURA 20 – DIFERENÇAS ENTRE OS GRUPOS DE BILATERIA



A – Temos os protostômios, ou seja, o blastóporo dará origem à boca. Em B – temos os deuterostômios, grupo em que o blastóporo dá origem ao ânus.

FONTE: Kardong (2010)

Outra característica embrionária importante quando a gástrula é estruturada, são as camadas de tecido que a formam e se diferenciam dando origem aos diferentes tecidos e estruturas no corpo do animal adulto.

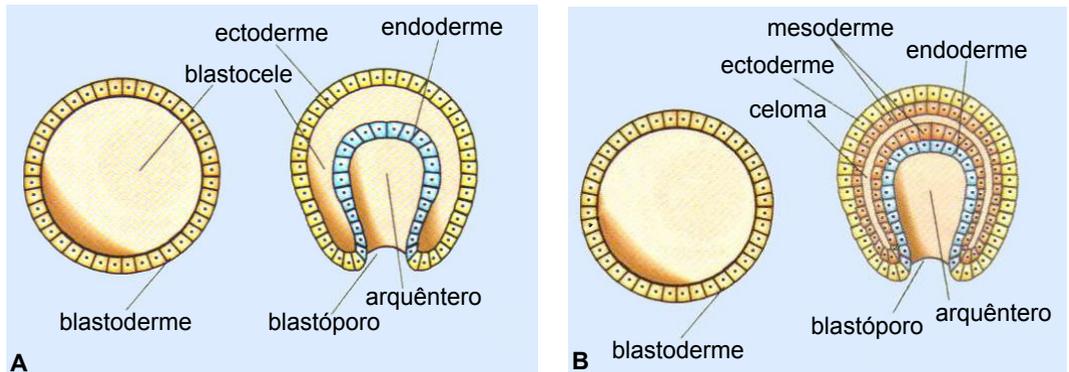
Essas camadas diferenciadas de tecido são denominadas folhetos embrionários e os animais podem ser **diblásticos**, quando possuem dois folhetos embrionários. No grupo dos diblásticos estão os Cnidários.



Para relembrar os cnidários, se for necessário, busque seu caderno de Zoologia dos Invertebrados.

Podem também ser **triblásticos**, quando possuem três folhetos embrionários e nesse caso, temos como representantes os platelmintos, nematelmintos, anelídeos, moluscos, artrópodes, equinodermos e os cordados.

FIGURA 21 – GÁSTRULA DIBLÁSTICA E GÁSTRULA TRIBLÁSTICA



FONTE: Disponível em: < <http://biocultura.webno.de.com/os-reinos-da-natureza/reino-animalia/> >. Acesso em: 31 maio 2016.

A nomenclatura dos folhetos faz referência a sua posição no embrião: a **ectoderme** é o folheto mais superficial (*ecto* – externo). Ela cobre toda superfície do embrião e dará origem à epiderme, ao sistema nervoso e a uma grande diversidade de outras estruturas (LIEM et al., 2012).

QUADRO 1 - AS DIFERENTES ESTRUTURAS ORIGINADAS A PARTIR DA ECTODERME

Ectoderme	Ectoderme Somática	<ul style="list-style-type: none"> • Epiderme • Penas, pelos, glândulas cutâneas, escamas e raios da nadadeira • Cristalino do olho • Dentes (esmalte) • Revestimento bucal • Canal anal • Glândula pituitária anterior
	Placódios Cranianos	<ul style="list-style-type: none"> • Órgão olfativo e nervos cranianos 0 e 1 • Receptores e nervos da linha lateral (peixes) • Ouvido interno e nervo craniano VIII • Eletorreceptores e nervos ampulares • Papilas gustativas e partes dos nervos
	Crista Neural	<ul style="list-style-type: none"> • Cromatóforos • Dentes (dentina) • Esqueleto Visceral • Mandíbulas • Células de Schwann • Meninges Cerebrais • Gânglios Cranianos, Espinhaise Autônomos • Medula Adrenal
	Tubo Neural	<ul style="list-style-type: none"> • Cérebro e Medula Espinhal • Nervos Cranianos e Espinhais • Retina e Nervo Óptico • Glândula Pituitária Posterior

FONTE: Adaptado de Liem et al. (2013)

A **endoderme** é o folheto interno (*endo* – dentro, interno), ela formará estruturas importantes como, por exemplo, o revestimento do trato digestivo e de algumas porções de células glandulares (LIEM et al., 2013).

QUADRO 2 - AS DIFERENTES ESTRUTURAS ORIGINADAS A PARTIR DA ENDODERME

Endoderme	Ectoderme Somática	<ul style="list-style-type: none"> • Revestimento dos Pulmões • Revestimento da bexiga urinária • Tireoide, Paratireoide e Timo • Fígado e Pâncreas • Revestimento do Trato Digestivo • Tuba Auditiva
-----------	--------------------	---

FONTE: Adaptado de Liem et al. (2013)

Já a **mesoderme** (*meso* – meio, entre) é o folheto que fica entre a endoderme e a ectoderme, e se instala no topo do arquêntero. A separação das células que formam a mesoderme pode ocorrer em diferentes momentos do desenvolvimento embrionário, durante ou depois da gastrulação. Ela irá formar entre outras estruturas, coração, tendões, ossos e cartilagens (LIEM et al., 2013).

QUADRO 3 - AS DIFERENTES ESTRUTURAS ORIGINADAS A PARTIR DA MESODERME

Mesoderme	Cordamesoderma	<ul style="list-style-type: none"> • Notocorda
	Mesoderme Paraxial (somitos)	<ul style="list-style-type: none"> • Dermátomo – Derme • Esclerótomo – Coluna Vertebral • Miótomo – Músculos Esqueléticos e Esqueleto Apendicular
	Mesoderme Intermediária (nefrótomo)	<ul style="list-style-type: none"> • Órgãos excretórios, Rins e Ductos Renais • Dutos Reprodutivos

FONTE: Adaptado de Liem et al. (2013)



Podemos dizer então que os vertebrados são celomados, pois em sua origem embrionária possuem celoma e deuterostômios, pois o blastóporo dá origem ao ânus e triblásticos, pois possuem os três folhetos embrionários.

RESUMO DO TÓPICO 2

Neste tópico, você aprendeu que:

- Existem duas teorias sobre o surgimento dos cordados, a primeira os relaciona com os artrópodes, já a segunda, mais aceita, os relaciona com os equinodermos.
- A relação dos cordados com os equinodermos ocorre através da larva dos equinodermos.
- O grupo Protocordado foi formado pela união de Hemicordados, Urocordados e Cefalocordados, mas não é um grupo oficial, ele foi criado apenas para facilitar o estudo.
- Os Hemicordados são vermes marinhos que se assemelham aos cordados por possuírem fendas faríngeas.
- Os Urocordados apresentam em sua larva, a notocorda, estrutura típica dos cordados.
- Os Cephalocordados aproximam-se mais dos cordados que os outros cordados inferiores, pois possuem notocorda bem desenvolvida ao longo de todo o corpo, cordão nervoso dorsal e fendas branquiais faringianas.
- As repetidas divisões do zigoto são denominadas Clivagem.
- Além das características que os colocam como nos Cordados, os vertebrados possuem como características diagnósticas: coluna vertebral, cabeça, simetria bilateral, são celomados, deuterostômios e triblásticos.



1 Os vertebrados surgiram a partir de algumas características desenvolvidas em seus antepassados dos cordados invertebrados. Esses animais aproximam-se dos cordados vertebrados, pois fazem vínculo com os mesmos ao possuírem algumas características em comum. Quais são as características que os cordados invertebrados têm em comum com os vertebrados?

2 Observe a tirinha abaixo:



Os animais que aparecem na tirinha possuem semelhanças que fizeram os anelídeos serem considerados antepassados dos vertebrados. Quais as características utilizadas para embasar essa teoria?

3 Em muitos casos, os parentescos evolutivos foram determinados com o auxílio de estudos embriológicos em busca de semelhanças no desenvolvimento dos animais. Para isso são estudadas as características da clivagem do zigoto, até a morfologia do embrião. Com relação às sucessivas divisões do zigoto e dos estágios embrionários, qual a diferença entre uma blástula e uma gástrula?

4 Sobre os cordados vertebrados, invertebrados e as características dos Cordados, assinale (V) para as alternativas verdadeiras e (F) para as falsas:

- () Todos os vertebrados possuem respiração pulmonar, essa é uma das principais características do grupo.
- () A região da cabeça já existia em invertebrados, dessa forma ela não é uma característica dos vertebrados.
- () Os Urocordados possuem mais semelhanças com os cordados quando analisamos sua larva.
- () Os cephalocordados estão mais intimamente ligados aos cordados que os hemicordados.
- () Os hemicordados têm na clivagem uma importante semelhança com os cordados.
- () Alguns vertebrados possuem simetria radial, mas a bilateral é predominante no grupo.
- () Dentro do arquêntero encontramos a ectoderme.
- () Nos protostômios o orifício do arquêntero dá origem à boca.

1 INTRODUÇÃO

É importante perceber que antes dos vertebrados surgirem como grupo, seus futuros membros teriam origem no CLADO dos Craniados, afinal a presença de uma caixa craniana (cabeça) é uma característica fundamental para esse grupo.

Os primeiros craniados, portanto, são também chamados de **agnatos**, que significa, sem mandíbula, característica determinante para eles. Antes de o termo agnato ser designado a esses animais, eles eram conhecidos como ciclóstomos (*Cyclo* – redondo e *Stoma* – boca) por possuírem a boca com forma arredondada (ORR, 1986).

Este formato arredondado, principalmente nas lampreias é importante, pois permite aos animais utilizarem a boca como uma ventosa, esse comportamento é importante não apenas para a alimentação, mas também durante a migração quando esses animais se fixam ao substrato para descansar após longos períodos de deslocamento.



Na biologia, um clado é um grupo de organismos que teve sua origem em um único ancestral comum exclusivo ou um dos ramos de um cladograma.

2 AGNATOS

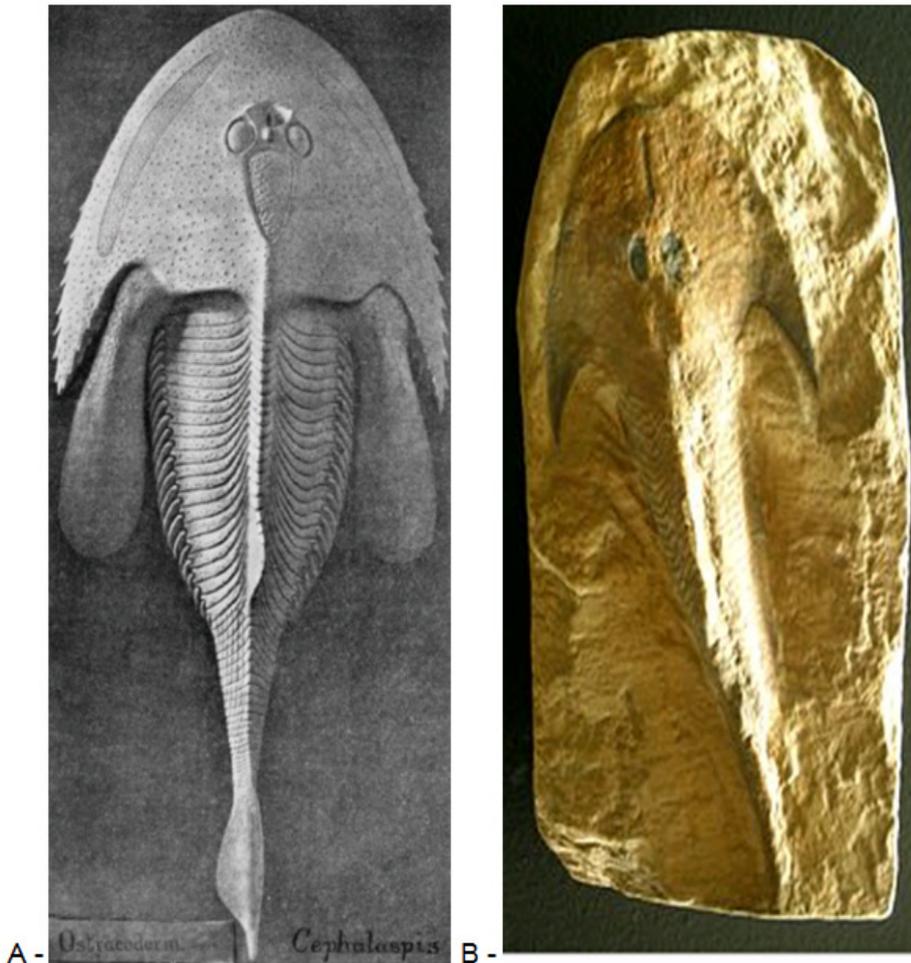
Foram os agnatos que abriram caminho para o início da expansão dos vertebrados, e após sua origem, os vertebrados se fixaram no planeta, apesar das adversidades e da pressão do meio, conquistando e dominando o ambiente aquático na sua época.

Seu início foi discreto e os primeiros representantes do grupo não podem ser elogiados pela complexidade de sua estrutura corporal, pelo contrário, foi provavelmente sua simplicidade que abriu caminho para a conquista do ambiente aquático, onde iniciaram sua caminhada evolutiva.

Durante muito tempo consideramos que os primeiros representantes dos Agnatos foram os Ostracodermos, que de acordo com os registros fósseis surgiram no Cambriano (540 – 490 milhões de anos atrás) e desapareceram no Devoniano (416 – 359 milhões de anos atrás). Eles também possuíam boca circular, mas não tinham a língua raspadora dos agnatos, a maioria não tinha membros locomotores, possuíam apenas uma abertura como narina e desenvolveram uma armadura óssea (exoesqueleto ósseo) formada por denticulos ou placas dérmicas, o que evidencia a teoria de que os ossos surgiram antes da cartilagem nos vertebrados mais primitivos (ORR, 1986).

Na figura 21A temos a representação artística de um Ostracodermos em que é possível perceber a carapaça óssea que protege a região da cabeça do animal. Em 21B consta um exemplar de Ostracodermo fossilizado em que sua anatomia corporal pode ser percebida, destacando a carapaça óssea na região da cabeça.

FIGURA 21 - PEIXE PRIMITIVO



FONTE: Disponível em: <<https://fr.wikipe dia.org/wiki/Ostracodermi>>. Acesso em: 18 jul. 2016.

Achados mais recentes relativos ao período Cambriano Inferior colocam o registro fóssil dos agnatos cerca de 40 milhões de anos antes do que era conhecido. Esta nova descoberta de fósseis de vertebrados localizou animais de cerca de três centímetros, com evidência de crânio e estrutura muscular compatível com os vertebrados, porém, sem ossos ou escamas mineralizadas como nos ostracodermos, mas diferenciando deles também pela presença de uma nadadeira dorsal e nadadeiras ventre laterais.

Sua origem também foi considerada inicialmente como na água doce, pois os rins dos animais vertebrados aparentam um melhor desempenho nessa condição ambiental. Porém, mais tarde, foi verificada que a origem dos mesmos foi realizada em água salgada, tendo esses animais, mais tarde, desenvolvido as adaptações necessárias para sobreviverem e ocuparem os ambientes dulcícolas (água doce).

Quando observamos os registros fósseis conhecidos, os Agnatos já foram um grupo bem diverso de seres vivos, com três ordens conhecidas, porém, atualmente considerando as espécies vivas, eles se dividem em duas ordens, os Myxiniformes, dos quais fazem parte as Feiticeiras e os Petromyzontiformes, onde estão as Lampreias.

Inicialmente estas duas ordens eram consideradas aparentadas devido às semelhanças estruturais, como a ausência de maxilares, hoje sabe-se que elas possuem diferenças que as colocam em grupos distintos.

3 MYXINIFORMES (FEITICEIRAS)

Este é um grupo considerado irmão dos craniados, as feiticeiras são consideradas os únicos peixes fora do subfilo dos vertebrados pertencendo ao grupo Cyclostomata (*Cyclos* – redonda e *stoma* – boca) sendo referente ao fato de não possuírem mandíbulas e sua boca ser arredondada.

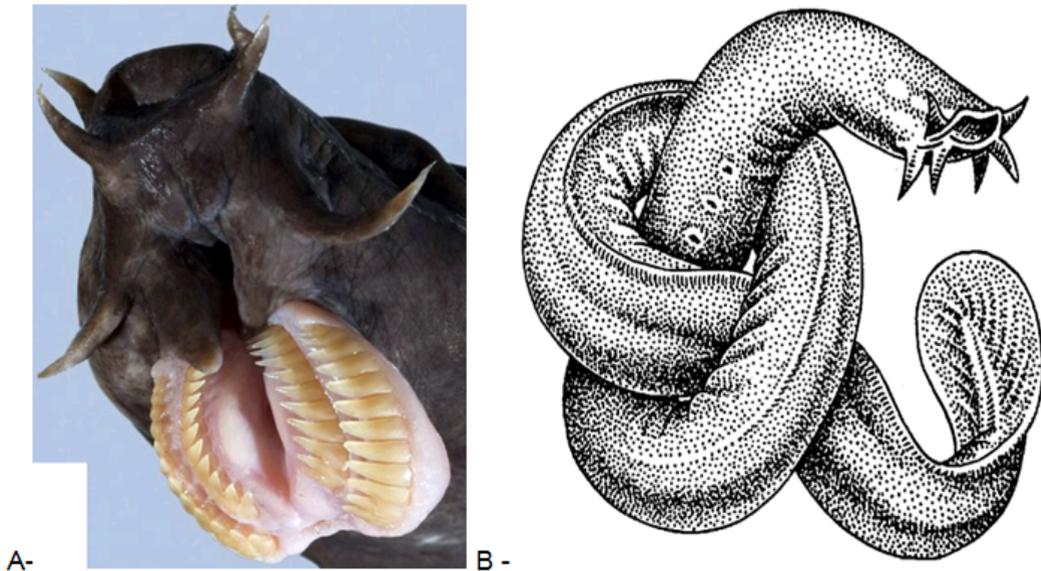
As feiticeiras são exclusivamente marinhas, vivendo no fundo dos oceanos (LIEM et al., 2012). Existem cerca de 40 espécies conhecidas que se dividem em dois gêneros. Costumam ter menos de 1 metro de comprimento e não possuem escamas ou placas recobrando seu corpo, possuem apenas uma pele geralmente rósea ou púrpura (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

Sua boca é rodeada por seis tentáculos com função sensorial, utilizados quando a feiticeira procura alimento. Seu olfato é apurado e responsável por permitir que grande número delas encontre carcaças que se depositam no fundo do mar, graças a esse comportamento são consideradas as principais carniceiras do fundo do mar (POUGH; JANIS; HEISER, 2008). No entanto, podem se alimentar de poliquetos que vivem no solo marinho e não oferecem resistência quando capturados pela boca desses animais (KARDONG, 2010).

Ao encontrarem uma carcaça, os peixes-bruxa iniciam a sua alimentação pela carne externa da presa apenas para abrirem caminho, dessa forma podem rapidamente penetrar no interior da vítima onde irão consumir as partes mais macias formadas pelas vísceras (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

O fato de não serem predadores vorazes e com grande capacidade de perseguir e emboscar animais, pode fazer com que à primeira vista não pareçam ter importância e função ecológicas, mas são importantes em águas marinhas, pois formam colônias e constroem galerias escavadas no lodo, em águas profundas, na plataforma continental além de auxiliarem na limpeza das grandes carcaças que se acumulam no fundo do mar (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

FIGURA 22 – PEIXE-BRUXA



A - Destaque da região da boca, com tentáculos sensoriais ao redor da abertura e os dentes de queratina na boca sem maxilares. B - Comportamento de nó no próprio corpo.

FONTE: Disponível em: A <<http://fisheso faustralia.net.au/home/species/1999>>. B <<http://dic.academic.ru/dic.nsf/es/36367/%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%8B>>. Acessos em: 27 jun. 2016.

Um dos comportamentos mais marcantes das feiticeiras é o fato de que possuem na pele muitas glândulas produtoras de muco que permitem a esses animais secretarem e se envolverem em uma camada grossa de uma substância gelatinosa. Esse comportamento é relacionado com sua defesa, já que o muco pode fazer a feiticeira escorregar das garras de um possível predador, ou mesmo entupir as brânquias caso seja mordida ou agarrada pelas mandíbulas de um predador (KARDONG, 2010).

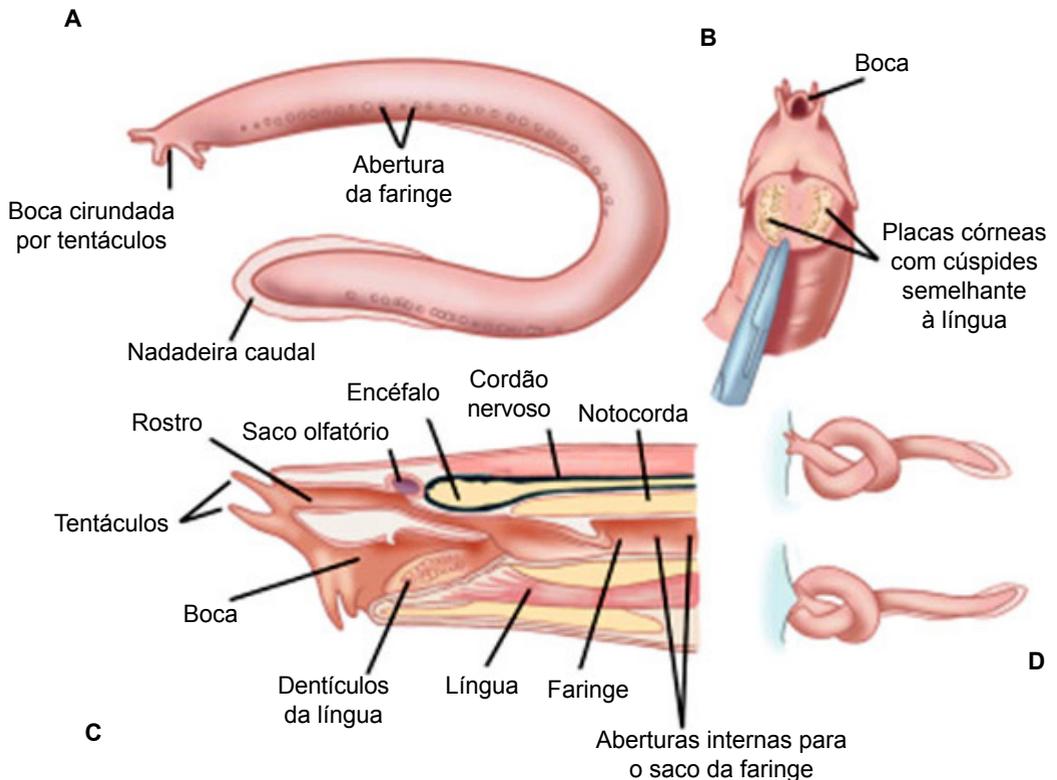
Graças a essa grande produção de muco, elas também são conhecidas como “enguias-do-muco”, nome incorreto já que as mesmas não pertencem ao grupo das enguias. Isso é uma estratégia defensiva tão eficiente que uma feiticeira

pode, em poucos minutos, transformar toda a água de um balde em muco, graças às proteínas enroladas que em contato com a água sofrem distensão (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

Esse comportamento, em muitos casos, desagradava inclusive pescadores que ao capturarem esses animais, os atiram novamente na água, pois um grande número deles no barco pode rapidamente preenchê-lo de muco tornando o trabalho na embarcação muito difícil e desagradável.

Para se livrarem do muco que produziram, as feiticeiras se utilizam de outro comportamento característico, elas dão um nó em seu corpo e ao deslocar o nó em direção à cabeça ou à cauda, retiram o muco que as está cobrindo. Depois com um forte espirro, o muco que está nas cavidades branquiais é expelido (POUGH; JANIS; HEISER, 2008). Esse mesmo comportamento de “dar um nó” no corpo é utilizado para arrancar pedaços das carcaças quando ela está se alimentando (KARDONG, 2010).

FIGURA 23 - FEITICEIRAS



A – anatomia externa; B – boca com dentes córneos em evidência; C – anatomia interna da região da cabeça e notocorda evidente e; D – animal aderido à presa com nó sendo desenvolvido para arrancar um pedaço.

FONTE: Disponível em: <<http://www.euquerobiologia.com.br/site/wp-content/uploads/2015/12/Agnathas-atuais-e-chondrichthyes.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2016.

As feiticeiras são craniadas, com cabeça bem definida, cérebro, nervos cranianos, olhos laterais, olho pineal mediano, linha lateral, ouvido interno com

canal semicircular, fígado ventral, túbulos renais e brânquias alojadas nas câmaras branquiais. Porém, elas mantêm algumas características que as aproximam dos anfioxos, tunicados e equinodermos, como por exemplo, não possuem mandíbulas, apêndices pares, esqueleto ósseo e também não têm nenhum vestígio de vértebras, dessa forma a notocorda é sua única estrutura de sustentação para o corpo (LIEM et al., 2012).

Quanto à respiração, algumas espécies possuem até 14 pares de bolsas branquiais. Na questão reprodutiva, elas são ovíparas e hermafroditas, possuindo apenas uma gônada de cada sexo sendo que as masculinas amadurecem primeiro (LIEM et al., 2012).

Seus ovos são ovais, ricos em vitelo (gema) e em sua casca resistente encontram-se ganchos que auxiliam na fixação do mesmo ao sedimento (POUGH; JANIS; HEISER, 2008). Como nunca foi encontrada nenhuma larva, ou mesmo algum estágio larval, acredita-se que graças à grande quantidade de vitelo o seu desenvolvimento seja direto, sem metamorfose (KARDONG, 2010). A figura a seguir mostra como ocorre a reprodução em cativeiro do peixe feiticeira.

FIGURA 24 - PEIXES FEITICEIRAS E SEUS OVOS



FONTE: Disponível em: <<http://www.tamar.org.br/noticia1.php?cod=235>>. Acesso em: 27 jun. 2016.

Elas possuem corações acessórios no fígado e na região caudal, ou seja, têm mais de um coração, sendo que o coração verdadeiro está localizado perto das brânquias. O coração possui três câmaras, diferente dos peixes atuais que possuem um coração com duas câmaras, e o sangue que circula contém células vermelhas com hemoglobina (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).



Michel Maia Mincarone, pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul em 2007, realizou um extenso levantamento das informações sobre os Myxiniiformes em sua tese de doutorado, onde ele ainda faz a revisão taxonômica da família. O trabalho pode ser acessado no link: <<http://repositorio.pucrs.br:8080/dspace/handle/10923/5309>>. Vale a leitura.

No Brasil, a espécie possivelmente mais abundante é a *Eptatretus menezesi*, que habita as regiões do talude oceânico entre 250 e 600 m de profundidade no litoral das regiões sul e sudeste. Atinge até 900 mm de tamanho e há registro de fêmeas com até 44 ovos. Costuma ser capturada acidentalmente na pesca de arrasto de fundo e na pesca com covos (MINCARONE, 2012).

Há ainda a espécie *Eptatretus multidens* que habita as áreas leste e norte da América do Sul, indo da Venezuela ao litoral brasileiro nos estados do Rio Grande do Norte, Alagoas e Espírito Santo. Atinge até 815 mm e apenas 16 exemplares foram coletados na área em que a mesma vive (MINCARONE, 2012).



Para conhecer as espécies brasileiras de peixe-bruxa, bem como outras espécies típicas de nossas águas, acesse o site: <<http://www.fishbase.org/>>, que é um banco completo com espécies de peixe de todo o mundo.

4 PETROMYZONTIFORMES

Existem cerca de 40 espécies de lampreias. Elas diferenciam-se das feiticeiras, pois possuem muitas características já presentes nos peixes mandibulados, porém, a característica mais importante é o fato de possuírem estruturas vertebrais, mesmo que feitas de cartilagem e extremamente reduzidas (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

Outra diferença entre elas e as feiticeiras é que nas lampreias adultas encontramos uma das características diagnósticas dos vertebrados, a notocorda possui ao seu redor vértebras muito reduzidas. É isso que a inclui no grupo dos vertebrados propriamente ditos (KARDONG, 2010).

A Figura 25A mostra uma lampreia capturada durante pesca de truta em um lago e a Figura 25B mostra uma lesão causada pela língua dentada de uma lampreia em uma truta.

FIGURA 25 - LAMPREIA E SEUS EFEITOS



FONTE: Disponível em: <<http://www.willamsnet.com/2014/10/criatura-bizarras-e-encontrada-grudada.html>>. Acesso em: 4 jul. 2016.

Elas podem ter tamanho variável de 15 a 120 cm dependendo da espécie. E com sua boca oval em forma de ventosa ela se fixa ao substrato que pode ser uma pedra, tronco submerso ou mesmo um vertebrado de porte maior.

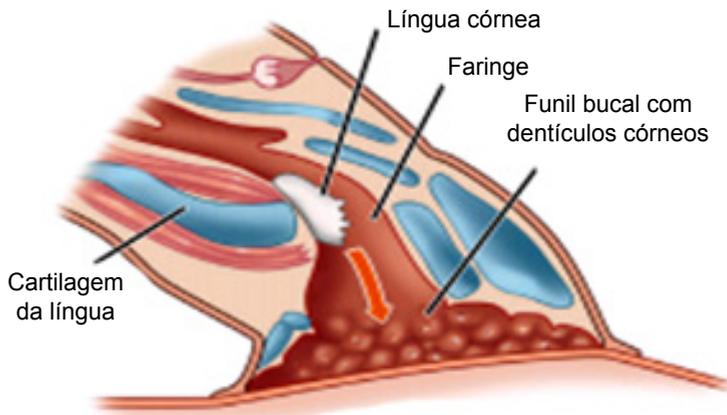
No mar podem se fixar em peixes maiores, além de grandes mamíferos marinhos, como golfinho e baleias, alimentando-se de pedaços deles que ela arranca utilizando sua língua áspera. Também há relatos de lampreias que se fixaram em humanos que nadavam em lagos, mas não conseguiram se alimentar, já que as pessoas prontamente se defenderam removendo estes peixes rapidamente.

Após estar fixa, ela utiliza sua língua áspera para raspar o corpo da presa e assim remove a pele e esfolia a carne, retirando pequenos pedaços e alimentando-se dos fluidos do animal (KARDONG, 2010). Em sua boca é produzido um anticoagulante para evitar a coagulação e otimizar a alimentação (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

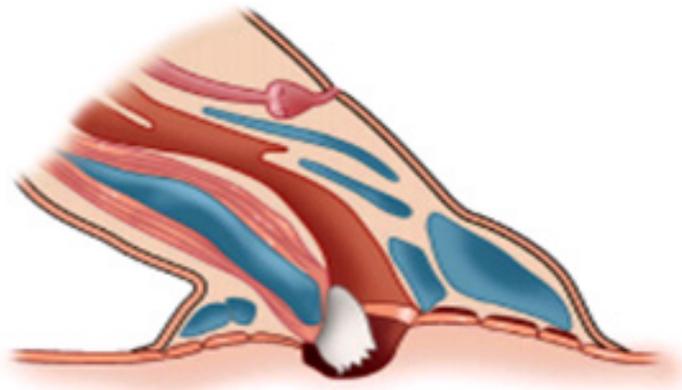


Geralmente os animais que são “atacados” pelas lampreias não morrem pelos ferimentos causados, isso faz com que nas regiões em que as lampreias são encontradas, os peixes maiores, ao serem pescados apresentem cicatrizes, demonstrando já terem sido atacados antes por esses peixes.

FIGURA 26 - ESQUEMA QUE MOSTRA COMO A LAMPREIA UTILIZA SUA LÍNGUA PARA ALIMENTAÇÃO E SUA BOCA PARA FIXAÇÃO



Prendem-se ao hospedeiro por sucção e pelos denticulos córneos



A língua é protraída para raspar e sugar fluidos do hospedeiro

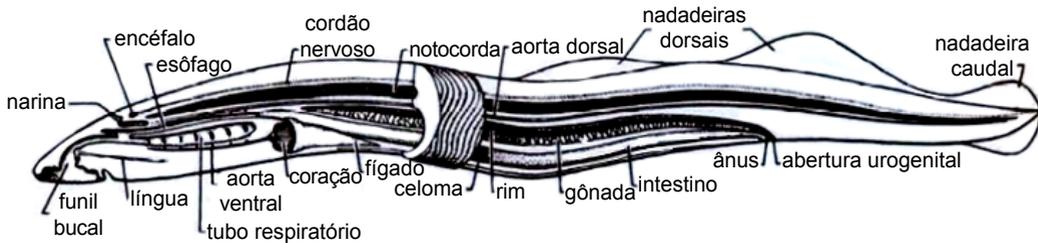
FONTE: Disponível em: <<http://www.euquerobiologia.com.br/site/wp-content/uploads/2015/12/Agnathas-atuais-e-chondrichthyes.pdf>>. Acesso em: 4 jul. 2016.

Seu trato digestório é completo, iniciando na boca e terminando no ânus. Também é reto e simples, afinal, alimentar-se de sangue facilita o processo digestório devido à disponibilidade fácil de nutrientes que já foram digeridos e absorvidos.

Seu coração não é **aneural**, como o das feiticeiras, mas sim, controlado pelo **nervo vago** e elas possuem sete pares de bolsas branquiais que realizam a respiração através da ventilação intermitente. Isso é importante já que passam boa parte do tempo com a boca sendo utilizada como ventosa para manterem-se aderidas as mais diversas superfícies (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

Entre as características de sua anatomia, podemos destacar que elas não têm ossos, nem escamas superficiais e possuem um coração em forma de funil (KARDONG, 2011). Possuem respiração branquial que é típica dos peixes além da sua circulação ser fechada e possuírem em seu sangue hemácias nucleadas.

FIGURA 27 - ANATOMIA DE UMA LAMPREIA



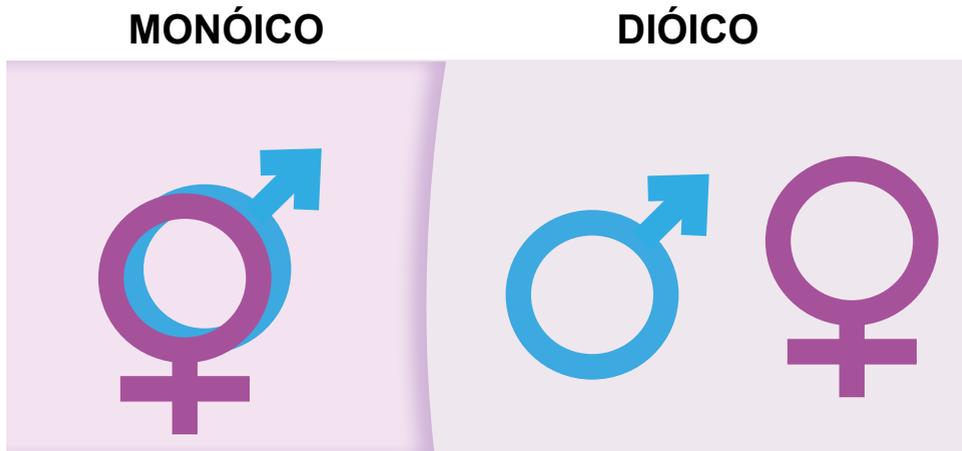
FONTE: Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/adm/in/arquivosUpload/10102/material/Agnatha.pdf>>. Acesso em: 4 jul. 2016.

São dioicas com desenvolvimento indireto, dessa forma, possuem estágio larval. Algumas espécies são **anádrômas**, ou seja, vivem em água salgada, mas devem ir para água doce desovar e assim reiniciar o ciclo de vida da sua espécie, mesmo que para isso devam realizar uma grande migração (LIEM et al., 2012). As lampreias fêmeas produzem de centenas a milhares de ovos com apenas 1 mm de diâmetro, sem revestimento especial, como no caso das feiticeiras que eclode uma larva de aproximadamente 6 mm após duas semanas (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).



OIKOS em latim significa casa, assim utilizamos os termos "DI" que significa dois e Mono que significa um, para designar como os animais têm distribuídos os aparelhos reprodutores em seus indivíduos. Por exemplo: na espécie humana, existem indivíduos machos e indivíduos fêmeas, logo, cada indivíduo é a "casa" para um aparelho reprodutor, portanto, a espécie humana é classificada como DIOICA (di – duas e oico – casa), um corpo para cada sexo.

FIGURA 28 - REPRESENTAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO MONOICO E DIOICO



Um indivíduo produz os dois tipos de gameta, masculino E feminino.

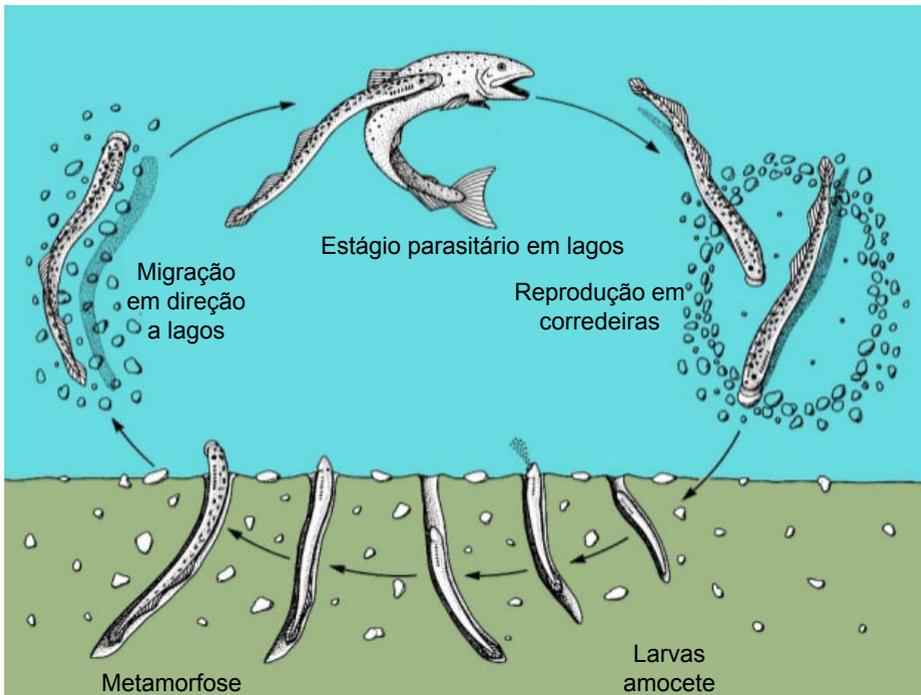
Cada indivíduo produz apenas um tipo de gameta masculino OU feminino.

FONTE: Disponível em: <<http://www.buzzle.com/articles/difference-between-monoecious-and-dioecious-organisms.html>>. Acesso em: 18 jul. 2016.

As larvas das lampreias são chamadas *Amocetes*, e ao nascer permanecem enterradas se alimentando no fundo do rio, geralmente por filtração, para depois de alguns anos migrarem para o mar onde crescerão e se desenvolverão preparando seu retorno para reprodução no rio.

Antes da migração para o mar elas sofrem uma metamorfose e essas larvas que permanecem longos períodos na fase larval podem dar origem a adultos que não se alimentarão, apenas se reproduzirão para em seguida morrer (POUGH; JANIS; HEISER, 2008; KARDONG, 2010). Observe o ciclo de vida da lampreia onde é possível ver seu estágio larval, amocete, e seu estágio adulto que em algumas espécies não há alimentação.

FIGURA 29 - CICLO DE VIDA DA LAMPREIA



FONTE: Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/4290947/>>. Acesso em: 4 jul. 2016.

Embora não muito conhecidas na América do Sul, na Europa e América do Norte, esses animais são importantes na cultura de diversas maneiras. Existem tribos indígenas da América do Norte que em determinadas épocas do ano se deslocam para realizar a captura desses animais e consumi-los em grande quantidade.

Em determinadas regiões da América do Norte é muito consumida, sendo considerada uma iguaria fina além de custarem muito caro nos restaurantes finos da Europa. Em algumas regiões dos Estados Unidos lampreia defumada é um prato caro, escolhido para ser o prato principal em datas especiais, ou mesmo, em finais de semana quando as famílias desejam comemorar e confraternizar.

Além disso, suas formas jovens (larvas) são utilizadas também como isca para pesca.

Já parou para pensar como os pesquisadores descobrem tantas informações sobre animais que são tão difíceis de encontrar?

Uma das formas de estudar animais que dificilmente são encontrados, como os agnatha e os cephalochordata, é preservar os raros exemplares que são coletados intencional ou acidentalmente, para que se possa extrair deles o máximo de informação.

Caso a coleta tenha sido intencional, existe a obrigação de dar o devido valor ao animal que foi sacrificado, preservando-o corretamente para utilização em pesquisas e estudos pelo maior tempo possível, e caso a coleta tenha sido acidental, têm-se a oportunidade de agregar informação ao conhecimento referente à espécie ou grupo do qual o indivíduo coletado faz parte.

Independentemente da forma que foi coletado, sempre que um animal é preservado, ele deve ser armazenado corretamente e estar à disposição para o desenvolvimento de estudos científicos. Os locais que armazenam esses indivíduos devidamente preservados são instituições de pesquisa que mantêm Coleções Zoológicas, também conhecidas como Coleções Científicas.

ATIVIDADE PRÁTICA

CONSTRUÇÃO DE MAQUETES EMBRIONÁRIAS

1 INTRODUÇÃO

Uma das grandes dificuldades ao estudar a evolução dos vertebrados é perceber as diferenças e semelhanças embrionárias entre os grupos. Como os embriões são microscópicos e inacessíveis no ambiente escolar, desenvolver métodos que permitam a melhor compreensão destas estruturas é fundamental.

Através da maquete é possível dominar o conjunto espacial do que está sendo estudado e por ela ser um modelo tridimensional favorece a relação entre a realidade e o objeto de estudo (SANTOS, 2009).

A utilização de maquetes em aulas teóricas de embriologia é uma estratégia didática alternativa, e ela têm trazido resultados promissores, permitindo que o aluno tenha uma visualização real dos diferentes processos da embriogênese facilitando sua assimilação dos conteúdos tratados na teoria (NASCIMENTO et al., 2007).

Estudantes que são colocados a interagir e visualizar um trabalho tornam-se mais dispostos a aprender o assunto apresentado, bem como questionam o que antes não era possível já que não dispunham de uma visão clara e concreta sobre o assunto (SANTOS et al., 2014).

Assim, a construção de modelos e maquetes favorece o aprendizado de quem executa sua construção e de quem a utiliza como recurso tátil e de observação, favorecendo a percepção de conteúdos e conceitos geralmente predominantemente teóricos em sala de aula.

2 OBJETIVOS

- Propiciar o desenvolvimento da criatividade e a capacidade de inovação.
- Conhecer as etapas embriológicas do momento da fecundação até à estruturação da gástrula.

3 MATERIAIS

Para o desenvolvimento da atividade a escolha de materiais é livre, podem inclusive ser utilizadas mais de uma opção de material e trabalhar com material reciclado é sempre uma opção importante, mas listamos algumas sugestões que podem ser utilizadas:

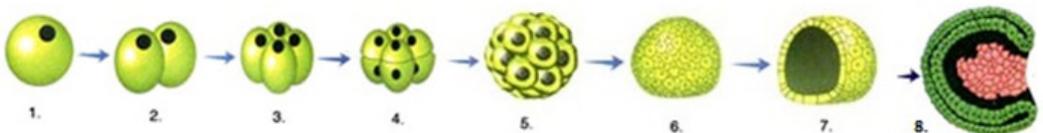
Para a fabricação das células que formarão as etapas da embriogênese podem ser utilizadas:

- Bolinhas de isopor, bolinhas de papel (jornal, revistas, folhas coloridas), massa de modelar, argila ou tampinhas diversas (de garrafa PET, refrigerantes, amaciante, sucos).
- Uma estrutura para servir de BASE, pode ser uma cartolina, chapa de madeira, compensado, acrílico ou similar, com tamanho aproximado de uma cartolina.
- Cola.
- Tesoura.
- Palitos de Dente.

4 PROCEDIMENTOS

- 1 – Utilize os papéis, argila ou massa de modelar para fazer bolinhas com aproximadamente o mesmo tamanho ($\pm 0,5\text{cm}$), ou utilize as tampinhas no lugar das bolinhas.
- 2 – Após confeccionar um número grande de bolinhas, comece a montagem das etapas da embriogênese colando as bolinhas entre si.
- 3 – Sugerimos montar as seguintes estruturas fixando-as sempre na BASE.

FIGURA 29 - ETAPAS DA EMBRIOGÊNESE



1 – Zigoto, 2 – 2 Blastômeros, 3 – 4 Blastômeros, 4 – 8 Blastômeros, 5 – Mórula, 6 – Blástula, 7 – Corte da blástula e 8 – Gástrula.

FONTE: Disponível em: <<http://www.reidaverdade.net/o-que-e-embriologia.html>>. Acesso em: 19 jul. 2016.

- 4 – Com os palitos de dentes podem ser elaboradas plaquinhas para identificar cada etapa da embriogênese.
- 5 – Com o uso de reglete e punção para escrita em braile, a atividade pode ser ainda mais rica ao elaborar as placas de identificação em braile, propiciando uma inclusão ainda maior do estudante com deficiência visual e uma experiência ainda maior para quem elaborou a maquete.

Seguem fotos com exemplos para essa atividade:

FIGURA 30 - MAQUETE CONTENDO AS ETAPAS DA EMBRIOGÊNESE



FONTE: Disponível em: <http://www.inesa.com.br/porta/educacaoBasica/?q=mostra_fotos&album=85>. Acesso em: 19 jul. 2016.

FIGURA 32 - MAQUETE DA EMBRIOGÊNESE



FONTE: Disponível em: <<https://www.unochapeco.edu.br/static/data/porta/downloads/1519.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2016.

FONTE: Adaptado de Confortin et al. **O Ensino de Embriologia a partir de Moldes Didáticos**. UNOCHAPECÓ, 2011. Disponível em: <<https://www.unochapeco.edu.br/static/data/porta/downloads/1519.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2016.



Durante sua atuação como docente na realização desta atividade, você pode utilizá-la para estimular a construção de material didático para estudantes com dificuldade/deficiência visual.

Para conhecer um pouco mais sobre sua importância, faça a leitura do texto a seguir:

LEITURA COMPLEMENTAR

AS COLEÇÕES ZOOLOGICAS BRASILEIRAS: PANORAMA E DESAFIOS

Hussam Zaher e Paulo S.Young

Os museus de história natural têm como função principal armazenar, preservar e ordenar o acervo de espécimes representando a diversidade biológica de organismos (fósseis e atuais) que povoaram o planeta até os dias de hoje. Esta diversidade não foi constante durante os 600 milhões de anos que constituem a história da vida na Terra, e apresentou episódios dramáticos de extinção e recomposição faunísticas perceptíveis através do registro fóssil. Durante estes "pulsos" de retração e de expansão da vida terrestre, sucederam-se milhares de linhagens de seres cujo testemunho fóssil constitui a única prova da sua existência.

A biodiversidade que conhecemos hoje em dia representa apenas uma pequena parcela desta diversidade pretérita. Mesmo assim, ainda não fazemos ideia do número de organismos que habita a Terra (1). Estima-se que devam existir de 10 a 100 milhões de espécies. Os cientistas descreveram até hoje 1,7 milhão de espécies, uma ínfima fração de toda a diversidade estimada, e continuam descobrindo diariamente espécies novas em todas as partes do mundo.

O simples confronto desses dois números fornece a dimensão do desafio lançado aos pesquisadores que tratam de mapear a biodiversidade.

O termo biodiversidade carrega uma noção eminentemente histórica e evolutiva. Entretanto, o aprimoramento dos conceitos sobre os mecanismos biológicos ligados à formação desta biodiversidade foi vagaroso e seguiu o passo do descobrimento de novos continentes e de seus biomas. Até o início do século XIX, exemplares de plantas e animais eram coletados por aventureiros e comerciantes, ao longo de suas viagens pelo mundo, e enviados aos centros europeus para alimentarem os gabinetes de curiosidades que estimulavam o imaginário da nobreza. Alguns dos gabinetes formaram, então, os embriões do que viriam a ser grandes coleções zoológicas europeias, como por exemplo, o Museu de História Natural de Paris.

No decorrer do século XIX, o conhecimento acerca da biodiversidade planetária expandiu-se significativamente, graças à intensificação do comércio marítimo e das rotas de navegação entre o Novo e o Velho Mundo. Nessa época de ouro da Zoologia, os museus de história natural já haviam conquistado um papel preponderante nas ciências biológicas como centros de estudo da biodiversidade. A associação feita entre os museus de história natural e o estudo da biodiversidade não parou de se estreitar e se fortalecer no decorrer dos anos. Da mesma forma, a pesquisa em sistemática, que trata dessas coleções científicas, passou a representar a espinha dorsal do conhecimento em biodiversidade.

POR QUE FORMAR E MANTER COLEÇÕES ZOOLOGICAS?

A importância das coleções científicas, mantidas especialmente nos museus de história natural, é inegável. Existem coleções de história natural em quase todos os países do mundo em que as ciências biológicas são consideradas de primeira importância para o desenvolvimento social. Algumas dessas coleções são de abrangência mundial, abrigam dezenas de milhões de exemplares e têm um fluxo de visitação ininterrupto de biólogos, ambientalistas e outros pesquisadores que necessitam consultar o seu acervo. As coleções científicas constituem, de fato, uma fonte crucial de informação para todos os que, por sua atividade, têm contato com seres vivos. Isto envolve áreas estratégicas de atuação governamental, como a gestão do meio ambiente, a pesquisa agrônoma, médica ou farmacêutica que, por sua vez, tem implicações sérias em todos os níveis da sociedade.

As coleções zoológicas brasileiras constituem um acervo inesgotável de informação essencial que deverá, no futuro, propiciar descobertas importantes ainda fora do alcance tecnológico desta geração. Com o advento da revolução molecular, elas passaram a representar bancos genéticos onde podem ser armazenadas alíquotas de tecidos, imprescindíveis aos estudos de biologia molecular e biotecnologia.

As coleções representam também uma herança cultural, um testemunho da rica história do descobrimento e da expansão da sociedade brasileira em seu território nacional. É nas coleções científicas que encontramos representantes da fauna já extinta, que habitou um dia os ecossistemas alterados de forma irreversível pela ação antrópica. Neste sentido, as coleções constituem uma base de dados essencial para os estudos de caracterização e impacto ambiental. Por fim, as coleções são empregadas efetivamente na formação de diversos profissionais cada vez mais qualificados a enfrentar os desafios do desenvolvimento sustentável.

PANORAMA GERAL DAS COLEÇÕES ZOOLOGICAS BRASILEIRAS

O Brasil ganhou a sua primeira coleção científica graças à iniciativa do imperador Dom João VI, que fundou, em 1818, a Casa dos Pássaros, instituição que deu origem ao Museu Nacional do Rio de Janeiro. Posteriormente, em 1866 e 1886, foram criadas as coleções científicas do Museu Paraense Emílio Goeldi e do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, respectivamente. Hoje, estas

três instituições abrigam o maior acervo da nossa diversidade biológica.

No decorrer do século XX, e paralelamente a esses grandes centros, diversas outras instituições científicas constituíram coleções zoológicas regionais que passaram a formar uma rede com proporções e representatividade ainda mal estimadas. As primeiras avaliações sugerem que haja cerca de 26 milhões de espécimes depositados em coleções brasileiras, sendo, sem sombra de dúvida, o maior acervo do mundo sobre a região neotropical. Entretanto, a falta histórica de iniciativa na manutenção de um cadastro nacional de coleções científicas dificulta sobremaneira a elaboração de um panorama efetivo sobre a situação atual dessas coleções.

Para alguns grupos de invertebrados, o número de espécies conhecidas no território nacional pôde ser apenas inferido devido à falta de estudos taxonômicos abrangentes que incluam listagens e catálogos de espécies. Este é o caso dos platelmintos, nematódeos e insetos.

A diversidade de insetos presente no território nacional é estimada entre 91 mil e 126 mil espécies. Considerando o número de espécies ainda não descritas que aguardam nas gavetas das nossas coleções científicas e as enormes lacunas de amostragem na maioria dos biomas brasileiros, podemos considerar que o número real de insetos que habitam o território nacional deve ser dez vezes maior. As coleções brasileiras abrigam somente uma pálida representação desta biodiversidade. É também nesse grupo que se torna mais evidente a escassez de especialistas atuantes no Brasil, reforçando a impressão de que dificilmente conseguiremos chegar a um quadro de conhecimento adequado acerca da nossa diversidade de insetos.

Os demais grupos de invertebrados abrangem uma grande variedade de formas, incluindo linhagens bem diversificadas como a dos aracnídeos ou pouco conhecidas como a dos nematomorfos. Da mesma forma, a representatividade desses grupos nas coleções zoológicas brasileiras é extremamente desigual. Como no caso dos insetos, parte do problema se deve à falta de especialistas para esses grupos. Outras razões que ajudam a acentuar a disparidade são a raridade do grupo em questão na natureza ou os seus hábitos de vida extremamente especializados e restritivos. Muitos grupos são sazonais e aparecem à vista do coletor somente durante curtos espaços de tempo, outros têm áreas de distribuição de apenas alguns metros quadrados. Todos esses parâmetros devem ser levados em conta em uma área de estudo que se estende por todo o território brasileiro. Em muitos casos, o ato da coleta científica se resume em procurar uma agulha em um palheiro, e o sucesso da operação depende necessariamente da experiência do coletor. Por fim, os entraves burocráticos às coletas científicas, fomentados por uma legislação pouco atenta às reivindicações da comunidade científica e à realidade do trabalho de campo, carregam uma parcela significativa da culpa por constituírem um empecilho sério ao desenvolvimento da área.

O grupo dos vertebrados é o mais bem representado nas coleções brasileiras e do mundo. Para citar um exemplo, o Museu de Zoologia da USP abriga uma

coleção de anfíbios e répteis com mais de 230 mil exemplares, uma das dez maiores do mundo. Mesmo assim, apesar do enorme volume de conhecimento produzido nas últimas décadas, ainda existem importantes lacunas acerca dos vertebrados brasileiros. No decorrer dos últimos 15 anos, foram descritas em média, por ano, uma espécie de mamífero, uma de aves, três de répteis, seis de anfíbios e 18 de peixes. A taxa constante de descoberta de novas espécies se deve ao aumento significativo das coleções científicas brasileiras e ao crescente número de especialistas atuando no Brasil. Por outro lado, os mesmos dados apontam para a necessidade de maiores investimentos na área no intuito de viabilizar a elaboração de um quadro mais estável, em médio prazo, sobre a biodiversidade dos vertebrados brasileiros.

Indubitavelmente, o Brasil apresenta uma tradição já secular e bem arraigada em zoologia, o que o distingue da maioria dos países latino-americanos. Os seus principais museus de história natural são instituições de renome internacional. Entretanto, o desafio lançado pela megadiversidade presente no nosso território é grande e os meios empregados até então não estão a sua altura. Se levarmos em consideração a velocidade da degradação da maioria dos ecossistemas, provavelmente muita da diversidade que restou será invariavelmente perdida antes mesmo que possamos conhecê-la.

DIFICULDADES ENCONTRADAS NA MANUTENÇÃO DAS COLEÇÕES ZOOLOGICAS BRASILEIRAS

Com exceção de alguns apoios financeiros esporádicos conhecidos, nunca houve, por parte dos organismos de fomento, uma política de longo prazo de formação e manutenção de coleções científicas no Brasil. A maioria das coleções zoológicas brasileiras foi erguida através do esforço isolado de um ou alguns pesquisadores e instituições, impelidos pela necessidade de criar fontes essenciais de consulta e informação. Entretanto, muitas dessas coleções encontram-se alocadas em instituições onde os pesquisadores têm dificuldade em obter os recursos necessários para arcar com os altos custos de manutenção, principalmente quando se trata de instituição do nordeste e do centro-oeste do Brasil.

O resultado decorrente da falta de orientação por parte dos organismos federais pode ser constatado na ausência de padronização dos acervos e de compromisso institucional em longo prazo. A falta de compromisso institucional passa a representar uma ameaça real às coleções regionais que, ao longo do tempo e após a morte ou aposentadoria do pesquisador responsável, são eventualmente descartadas por motivos imediatistas. Isto também pode acontecer com instituições de pesquisa de grande porte que passam repentinamente por profunda reforma em sua filosofia de trabalho, motivada por um administrador alheio às questões de curadoria. Entretanto, esse problema pode ser facilmente contornado através da implantação de mecanismos que criem de forma efetiva um compromisso formal de manutenção e proteção dos acervos por parte das instituições mantenedoras de coleções científicas. A iniciativa do CGEN em cadastrar todas as instituições científicas que desejam ser fiéis depositárias do patrimônio genético nacional é um esforço salutar nesta direção.

CONCLUSÃO

Agora sabemos que a nossa sobrevivência depende da implantação de políticas que levem, em curto prazo, ao desenvolvimento sustentado através da proteção e manutenção do nosso patrimônio natural. Entretanto, a aplicação de políticas ambientais bem-sucedidas depende fundamentalmente de uma base sólida de informação acerca da biodiversidade local e de sua relação com o ambiente. Essa base é formada essencialmente pelas coleções científicas, que oferecem um panorama geográfico e temporal abrangente dificilmente alcançado por qualquer tipo de estudo pontual. Por essa razão o esforço de coleta deve ser contínuo, no intuito de preservarmos nos museus testemunhos desta biodiversidade ainda largamente inexplorada, e preencher a enorme lacuna de informação acerca das espécies existentes no nosso país.

O próprio controle do acesso e uso do patrimônio genético brasileiro depende da finalização da fase, incontornável, de inventário ou mapeamento dos organismos presentes no território nacional. Sem este *blueprint* da nossa biodiversidade, não haverá meios possíveis de controle racional por parte do governo e de seus inúmeros órgãos de fiscalização (CGEN, Ibama, institutos florestais, polícia alfandegária, fiscais do Ministério da Agricultura etc.).

A implantação, em caráter emergencial, de uma política federal eficiente de manutenção e expansão das coleções zoológicas nacionais e regionais constitui uma meta essencial na busca da nossa autonomia intelectual em áreas estratégicas, como a biotecnologia, bem como na construção do desenvolvimento sustentado da nação. As coleções zoológicas são um patrimônio inestimável da nação e sua manutenção é de nossa responsabilidade.

FONTE: Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0009-67252003000300017>>. Acesso em: 11 ago. 2016.

RESUMO DO TÓPICO 3

Neste tópico vimos que:

- Os Agnatos são precursores dos vertebrados.
- O termo agnato faz referência ao fato desse grupo não possuir mandíbula e ter a boca em formato circular.
- As feiticeiras (Myxiniiformes) possuem características que as colocam no grupo dos cordados, como por exemplo, a notocorda.
- As lampreias diferem-se das feiticeiras, pois possuem vértebras muito reduzidas, e nas feiticeiras estas estruturas são inexistentes.
- As myxiniiformes são importantes carniceras do fundo do mar.
- As petromyzontiformes são importantes na cultura humana, sendo consumidas nas mais diferentes regiões do planeta.
- A boca em forma de ventosa desses animais é adaptada para prender, no caso das lampreias, há uma língua áspera que arranca pequenos pedaços de suas presas.
- As feiticeiras conseguem dar um nó em seu próprio corpo.
- Os agnatos, em especial as feiticeiras, possuem um grande número de células produtoras de muco.
- Os agnatos possuem sistema circulatório bem desenvolvido.
- Estes grupos respiram por brânquias, mas com a água saindo pelas fendas branquiais.



1 Ao conversar com seus alunos sobre peixes em uma de suas aulas, um professor ouviu o seguinte depoimento de um de seus alunos: “Professor! Eu viajei para os Estados Unidos e fui pescar com meu tio em um rio próximo à casa dele. Enquanto estava pescando, entrei no rio descalço e logo senti algo no meu pé, quando olhei para ver o que era, percebi que tinha uma lampreia me mordendo”.

Após esse depoimento o professor prontamente explicou que uma lampreia não poderia morder o pé dele. Explique por que uma lampreia não conseguiria morder o pé do aluno.

- 2 Para olhos mal treinados, as feiticeiras e lampreias são muito parecidas, tão parecidas que poderiam, inclusive, ser considerados animais pertencentes à mesma família. Contudo, entre myxiniformes e os petromyzontiformes existem algumas diferenças bem importantes. Cite as diferenças entre esses grupos com relação a sua reprodução.
- 3 As feiticeiras são animais pacíficos que se alimentam de carcaças no fundo do mar. Elas não são venenosas, não possuem dentes afiados e não apresentam couraça ou escamas sólidas e fortes. Olhando dessa forma, esses animais parecem presa fácil para qualquer predador que deseja se alimentar de um deles. Como esses animais podem se defender do ataque de um predador?
- 4 Uma característica que surgiu nos peixes e facilitou a conquista das águas foi o surgimento da mandíbula, permitindo que esses animais manipulassem o alimento e agarrassem de forma eficiente suas presas. Os agnatos não possuem mandíbulas, mas mesmo assim estão vivos e presentes no meio ambiente até os dias de hoje. Quais as funções que a boca desses animais realiza ajudando na sua sobrevivência?
- 5 Ter a capacidade de obter energia através do alimento é uma habilidade fundamental para todos os animais. Embora não possuam mandíbula, tanto os myxiniformes quanto os petromyzontiformes possuem estratégias de alimentação diferentes. Quais os itens alimentares e quais as estratégias de alimentação de cada um desses grupos?
- 6 Com relação aos agnatos, o grupo de animais que não possuem mandíbulas, eles se dividem em dois grupos, o dos peixes conhecidos como feiticeiras e o outro onde estão as lampreias.

Com relação aos grupos desses animais, observe as características a seguir e relacione as colunas:

- 1 - Myxiniiformes () Possui notocorda com pequenas vértebras ou estruturas vertebrais.
- 2 - Petromyzontiformes () Possui uma língua áspera para arrancar pedaços do corpo de suas presas.
- () Na sua fase adulta possuem apenas notocorda.
- () Seus ovos são grandes e com muito vitelo.
- () São hermafroditas.
- () Alimentam-se de carniça.
- () Vivem em água doce e suas larvas sofrem metamorfose para voltar à água salgada.
- () Podem produzir milhares de ovos.
- () Seu coração possui apenas duas cavidades.
- () Podem dar um nó no próprio corpo.

VERTEBRADOS ECTOTÉRMICOS

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

A partir desta unidade você será capaz de:

- Conhecer as características gerais dos vertebrados ectotérmicos;
- Caracterizar os vertebrados ectotérmicos;
- Identificar os principais representantes dos peixes, anfíbios e répteis;
- Reconhecer as características anatômicas, bem como os modos de vida dos peixes, anfíbios e répteis.

PLANO DE ESTUDOS

Esta unidade está organizada em três tópicos. Ao final de cada tópico você encontrará atividades que lhe darão uma maior compreensão dos temas abordados.

TÓPICO 1 – OS PEIXES

TÓPICO 2 – OS ANFÍBIOS (AMPHIBIA)

TÓPICO 3 – OS RÉPTEIS

1 INTRODUÇÃO

Perceber as características dos vertebrados nos cordados inferiores, por exemplo, não é tarefa fácil e, portanto, na maioria das vezes esses grupos são deixados de lado e a atenção e esforço do professor de ciências e biologia acaba por se concentrar nos grupos mais conhecidos de vertebrados.

Os peixes são um dos grupos bem estudados, isso porque a relação do homem com os peixes possui uma história bem antiga, relacionada com sua utilização como alimento, na sua participação histórica ao longo do tempo de vida da humanidade ou mesmo, sua utilização como animais de estimação e seu carisma em diversos filmes e programas de televisão e cinema.

Contudo, não devemos ter a premissa de que este grupo seja simples em suas características e fácil de ser compreendido e conhecido.

Como primeiro grupo de vertebrados superiores que geralmente é estudado, existem diversas particularidades que devem ser conhecidas e que permitem aos peixes sobreviver no ambiente aquático há milhões de anos.

Estes animais se espalharam pelos mais diversos ambientes aquáticos, dominaram os ambientes marinho e dulcícola, viram os dinossauros e os seres humanos surgirem e sobreviveram ao episódio da história que levou os dinossauros e diversas outras formas de vida à extinção.

Estudá-los e conhecê-los é, portanto, um desafio e este tópico foi escrito para ajudar nesse processo. Boa Leitura e Bons Estudos.

2 VERTEBRADOS ECTOTÉRMICOS

Os primeiros peixes (Agnatos), estudados na Unidade 1, surgiram inicialmente no ambiente marinho e, posteriormente, diversificaram-se e ocuparam os demais ambientes aquáticos. Para viver no ambiente aquático, diversas adaptações e estruturas corporais foram desenvolvidas. Porém, após os ágñatos dominarem os oceanos, uma mudança muito importante ocorre na sua estrutura corporal e que permite a esses animais dar um passo evolucionário importante.

No embrião, os arcos branquiais, estruturas formadoras das fendas branquiais, sofrem uma alteração e se curvam para frente, articulando-se e servindo de base para fixação de músculos. Isso permite a formação do grande diferencial dos peixes modernos, a boca.

Utilizando a boca, os peixes que antes se alimentavam de partículas suspensas e pequenos pedaços de alimento, se transformaram em predadores, pois puderam começar a agarrar, mastigar, esmagar e cortar, manipulando o alimento (KARDONG, 2011).

Surgem aqui os GNATHOSTOMATA, ou seja, os animais com mandíbula, que darão origem aos grupos de vertebrados mais conhecidos: peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

Existem várias evidências que sustentam o surgimento da boca através dos arcos branquiais: o estudo da embriologia dos tubarões mostrou que tanto os arcos branquiais como as maxilas desenvolvem-se de forma semelhante, ambos surgem da crista neural, nervos e vasos sanguíneos distribuídos de forma semelhante, e a musculatura que atua nas maxilas parece ter se diversificado e se transformado da musculatura dos arcos branquiais (KARDONG, 2011).

Falando dos peixes com mandíbulas, além do desenvolvimento da boca, eles aperfeiçoaram os mecanismos para realizar sua respiração, excreção, alimentação, reprodução, transporte de substâncias, sustentação e interação com o meio ambiente (órgãos dos sentidos). Todas essas características foram lentamente diferenciando-os dos ágnatos.

Como regra geral, os peixes com mandíbula possuem respiração branquial, sistema circulatório fechado, coração com duas cavidades, sistema digestório completo e são ectotérmicos. Por ectotérmicos devemos entender que os peixes têm a temperatura de seus corpos controlada a partir de fontes externas de calor. Dessa forma, a temperatura de seus corpos tende a acompanhar e variar juntamente com a temperatura do ambiente.

As vantagens dos animais ectotérmicos frente aos endotérmicos são: baixa taxa metabólica e, portanto, não há necessidade de alimentação diária e constante e uma melhor adaptação a situações extremas, como falta de água, comida e oxigênio. Isso faz com que peixes que habitem águas mais frias tenham um metabolismo mais lento e, portanto, um comportamento aparentemente letárgico, enquanto peixes que habitam regiões mais quentes, como por exemplo, os recifes de coral, têm um nível de atividade mais elevado e uma maior atividade comportamental.

Isso reflete diretamente nas estratégias de sobrevivência de cada um desses animais. Na alimentação, por exemplo, um animal de nível metabólico mais baixo (lento) não precisa se alimentar com a mesma frequência que um animal de nível metabólico mais elevado (acelerado). Por exemplo: o tubarão-da-Groenlândia que vive na região ártica é um animal de movimentos lentos devido às águas frias que habita. Especula-se que seu deslocamento dificilmente ultrapasse os 2 km/h.

Outro fato interessante é que os peixes que habitam os polos extremos do globo possuem em seu sangue proteínas com características anticongelantes que os permitem viver em locais onde a água salgada está em temperaturas extremamente frias, de aproximadamente $-1,5^{\circ}\text{C}$.

Os peixes surgiram no período Cambriano, mas seu grupo diversificou-se e apresentou grande diferenciação no Siluriano. Neste período de diferenciação corporal, surgiram modificações corporais que facilitaram a natação, como: estruturas ósseas, formato corporal, muco, nadadeiras, estratégia de natação e escamas, surgiram as duas classes de peixes vivas até hoje, os Chondrichthyes, ou peixes cartilagosos; e os Osteichthyes, também chamados de peixes ósseos (ORR, 1986).

Os peixes são o grupo de vertebrados com maior número de representantes, tanto individualmente como em número de espécies. A grande maioria dos peixes habita a água salgada, mas há muitas espécies de água doce. Entre elas, há o pirarucu, o bagre europeu e o peixe espátula (Ásia) que despontam como os maiores peixes de água doce conhecidos.

3 CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os peixes foram os primeiros vertebrados a surgirem de forma a iniciar a conquista do ambiente aquático pelo grupo de animais possuidores de coluna vertebral.

Contudo, para dominar esse ambiente, esses animais desenvolveram uma grande variedade de características que os tornaram seres eficientes no ambiente aquático, permitindo que eles pudessem competir com as outras variedades animais, fixando os vertebrados no planeta.

3.1 SISTEMA RESPIRATÓRIO

Um sistema respiratório especializado, funcional e eficiente deve otimizar a troca de gases entre o organismo e o ambiente externo. No caso da respiração branquial, essa eficiência transfere até 95% do oxigênio dissolvido na água para o sangue dos peixes (LIEM et al., 2013).

A respiração nos peixes é branquial. Isso é importante, pois o desenvolvimento das brânquias busca suprir as dificuldades de obtenção de oxigênio que são impostas pelo meio aquático. Por exemplo, a quantidade de oxigênio dissolvido na água é bem menor que a quantidade de oxigênio no ar, e isso ainda varia de acordo com a temperatura da água, tendo a água fria mais oxigênio que águas mais quentes. A densidade e viscosidade da água com oxigênio também são maiores que no ar. Embora isso seja uma regra geral, existem grupos com estratégias diferenciadas de respiração (LIEM et al., 2013).

Devido a essas duas restrições, a respiração no ambiente aquático exige que os peixes movimentem uma grande quantidade de água através das brânquias, que devem ter uma grande superfície de contato com a água e consumir uma quantidade razoável de energia para realizar o processo respiratório (LIEM et al., 2013).

A respiração branquial deste grupo é muito bem adaptada. Em muitas larvas dos peixes (alevinos) as brânquias são externas, enquanto nos adultos, elas são internas e formadas por estruturas denominadas lamelas primárias, e aderidas a elas existem as lamelas secundárias.

A coloração das brânquias é de um vermelho intenso, isso porque é uma região ricamente vascularizada para facilitar a troca gasosa.

As narinas dos peixes são independentes da respiração, ou seja, a água para respiração tem sua entrada pela boca dos animais, sendo o fluxo de água das narinas responsável apenas pela percepção dos odores dissolvidos na água e não pela respiração desses animais.

3.2 SISTEMA DIGESTÓRIO

A digestão nos peixes é realizada por um sistema digestório completo, porém com diferenças significativas entre as duas classes.

No caso dos peixes cartilagosos, além da boca, esôfago e estômago, que são estruturas comuns na digestão das duas classes, existe no intestino a válvula espiral. Esta válvula é coberta por uma membrana mucosa que irá absorver os nutrientes, assim, a válvula espiral retarda a passagem do alimento, aumenta o tempo de contato com a membrana mucosa do intestino e a área de absorção otimizando a absorção nutricional. No final do intestino está o ânus, que libera os restos alimentares que não foram aproveitados na cloaca (STORER et al., 2005).

3.3 SISTEMA CIRCULATÓRIO

O sistema circulatório dos peixes é fechado, ou seja, o sangue fica apenas dentro dos vasos sanguíneos e não solto em cavidades no interior do corpo.

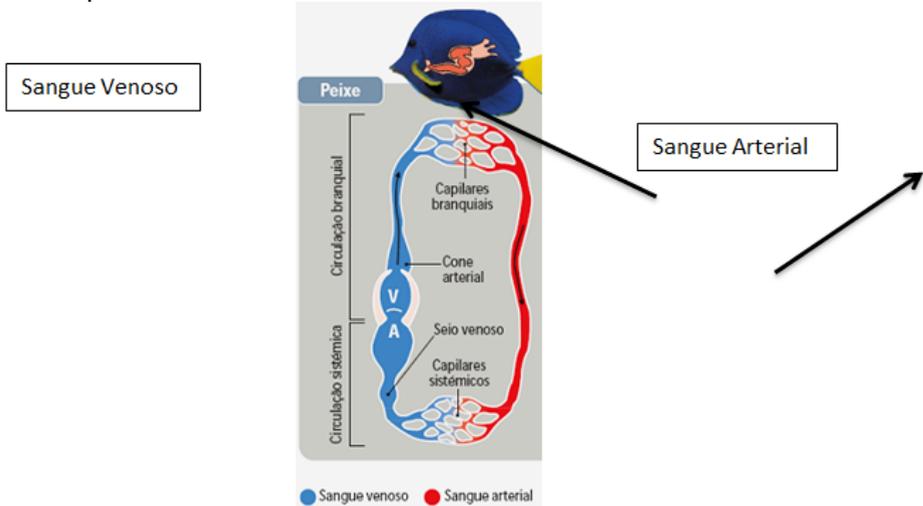
O coração localiza-se próximo à região branquial e é formado por duas cavidades, uma aurícula (que nos peixes é denominada de seio venoso) e um ventrículo (ORR, 1986). No coração dos peixes, de modo geral, passa apenas sangue venoso e o fluxo sanguíneo nas brânquias segue o sentido contrário da água para respiração.

Os vasos principais são: uma aorta que leva o sangue do coração para as

brânquias e que depois de oxigenado segue para todo o corpo, e um conjunto de grandes veias (veia pós-cardinal, veia abdominal e veia porta-hepática) que penetram no seio venoso do coração (STORER et al., 2005).

FIGURA 33 - DETALHE DO SISTEMA CIRCULATÓRIO DOS PEIXES

No esquema o A = átrio e o V = ventrículo



FONTE: Disponível em: <<http://www.netxplica.com/manual.virtual/exercicios/bio10/transporte.nimais.2/10.B IO. circulacao.vertebrados.htm>>. Acesso em: 16 set. 2016.

3.4 SISTEMA EXCRETOR E REGULAÇÃO OSMÓTICA

Nos peixes cartilaginosos, a excreção é realizada por dois rins mesonéfricos que ao filtrar o sangue concentram as excretas (ureia) em túbulos especializados e que são liberados diretamente na cloaca em volumes muito pequenos, concentrando a água no organismo (STORER et al., 2005).

Já nos peixes ósseos, dois rins realizam a filtração do sangue e acumulam a urina em uma bexiga. Essa urina é muito diluída e liberada constantemente com grandes volumes de água.

Com relação à osmorregulação, os peixes marinhos e dulcícolas lidam de forma diferenciada com a situação na hora de realizar a manutenção dos níveis de água e de sais dissolvidos.

Os peixes de água doce são hipertônicos com relação ao ambiente e absorvem água pelas brânquias. Esse excesso de líquido é eliminado através da urina, como comentado anteriormente.

Nos peixes marinhos, ocorre a eliminação de água pelas brânquias e pela bucofaringe, assim ocorre uma desidratação do animal, que é compensada pela

ingestão de grandes volumes de água, mas também grandes volumes de sais (STORER et al., 2005).

3.5 SISTEMA NERVOSO E SENSORIAL

O sistema nervoso desses animais é complexo, mas de forma geral possui encéfalo, bulbos olfativos, lobos ópticos, cerebelo e a medula espinhal.

Os órgãos dos sentidos são bem adaptados à vida aquática e de forma geral possuem olfato e visão bem desenvolvidos. De acordo com Storer (2005), o ouvido é uma estrutura voltada ao equilíbrio e posicionamento corporal no ambiente aquático, possuindo três canais semicirculares como em todos os demais vertebrados superiores.

Em todos os peixes encontramos a linha lateral. Esta estrutura está relacionada ao tato. Ela está presente nos dois lados do peixe e percorre praticamente toda a extensão de seu corpo. É formada por inúmeras aberturas na pele do animal que se comunicam com o meio ambiente. Segundo Pough et al. (2008), no interior dessas aberturas há aglomerados de células ciliadas, denominados de neuromastos, que percebem as mais sutis mudanças na pressão da água ao redor do animal. A figura a seguir demonstra um detalhe da linha lateral em um robalo. Em muitas espécies de peixe a linha lateral é evidenciada por uma coloração diferente, como nesse caso.

FIGURA 34 - DETALHE DA LINHA LATERAL EM UM ROBALO



FONTE: Disponível em: <<http://mundomarinhobr.blogspot.com.br/2012/03/robalo.html>>. Acesso em: 16 set. 2016.

A sensibilidade da linha lateral é importante de diversas maneiras para os peixes. Ela é responsável pela detecção dos predadores que se aproximam, ou mesmo, pela coordenação dos grandes cardumes de peixes que se movimentam de forma coordenada, mudando de direção ao mesmo tempo e mantendo a distância entre os seus integrantes, evitando que eles se choquem durante a locomoção.

O olfato dos peixes é muito desenvolvido, embora seja pouco conhecido pela maioria das pessoas. Pough et al. (2008) destaca o exemplo dos salmões, que viajam por milhares de quilômetros até o rio em que nasceram, guiados por características olfativas da água que permaneceram gravados em sua memória. Há também relatos de tubarões que percebem substâncias diluídas na água na proporção de uma parte por bilhão.

3.6 SISTEMA REPRODUTOR

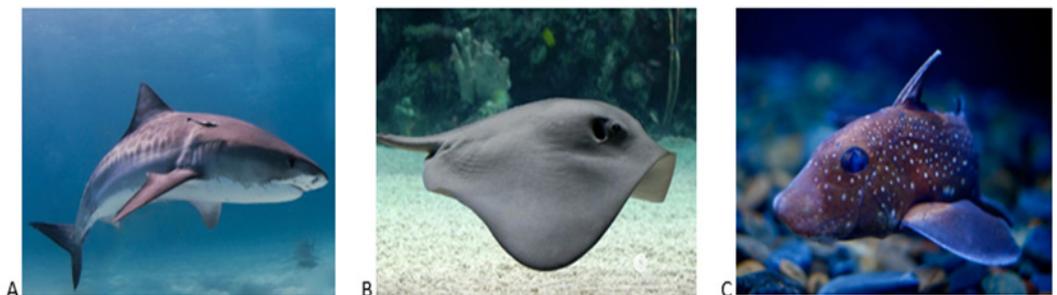
Os peixes são predominantemente **dioicos** e **ovíparos**. Porém, há espécies hermafroditas que ocorre, inclusive, a troca de sexo dos indivíduos. A troca de sexo nesses indivíduos ocorre com a idade, o que torna as fêmeas dessas espécies naturalmente maiores que os machos, já que são mais velhas e cresceram por mais tempo.

Existem também espécies ovovivíparas e vivíparas. As espécies ovovivíparas desenvolvem-se no ovo que permanece no interior da mãe. Quando está no momento de nascerem, podem fazê-lo diretamente, ou a fêmea libera os ovos para que a eclosão do filhote rapidamente ocorra. Já os vivíparos desenvolvem-se dentro da mãe, recebendo nutrientes diretamente dela.

4 CHONDRICHTHYES – PEIXES CARTILAGINOSOS

Nesta classe, temos como representantes os tubarões, arraias e quimeras.

FIGURA 35 - A – TUBARÃO TIGRE (GALEOCERDO CUVIER); B – ARRAIA; C – QUIMERA



FONTE: Disponível em: <<http://ciencia.estadao.com.br/blogs/her-ton-escobar/homem-e-atacado-por-tubarao-em-noronha/>>; <<http://t.cuna.com.br/arraias-de-rio-lideram-ranking-de-picadas/>>; <<https://www.oceanario.pt/exposicoes/exposicao-permanente/peixes/quimera>>. Acesso em: 16 set. 2016.

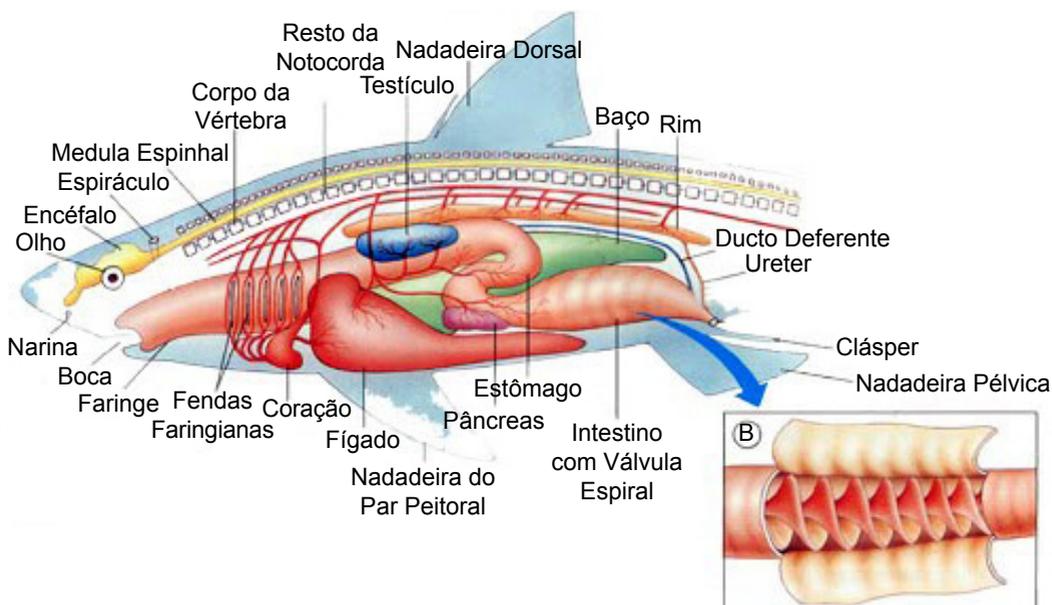
Os peixes cartilagosos, como seu nome já demonstra, possuem como características fundamentais, de acordo com Orr (1986), a presença de um esqueleto cartilaginoso, válvula espiral no intestino, nadadeiras pélvicas modificadas que nos machos são denominadas de cláspers e não possuem bexiga natatória.

Estes animais estão presentes em todos os oceanos do mundo e há espécies que habitam a água doce, como por exemplo, algumas arraias que podem ser encontradas nos rios da bacia amazônica e outras que a toleram, podendo transitar entre o ambiente marinho e o dulcícola, por exemplo, o tubarão-cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*).

Nesta classe, temos duas subclasses existentes:

A subclasse **Elasmobranchii** possui como característica exclusiva uma estrutura cartilaginosa que segura o globo ocular, chamada pedicelo óptico. Ela possui três ordens, mas apenas uma vivente, a ordem Selachiformes, onde estão os tubarões e arraias atuais.

FIGURA 36 – ÓRGÃOS INTERNOS DO TUBARÃO E DETALHE DA VÁLVULA ESPIRAL



FONTE: Disponível em: <http://www.cesadufs.com.br/ORBI/pulic/uploadCatalogo/09271027022012Cordados_II_Aula_4.pdf>. Acesso em: 16 set. 2016.

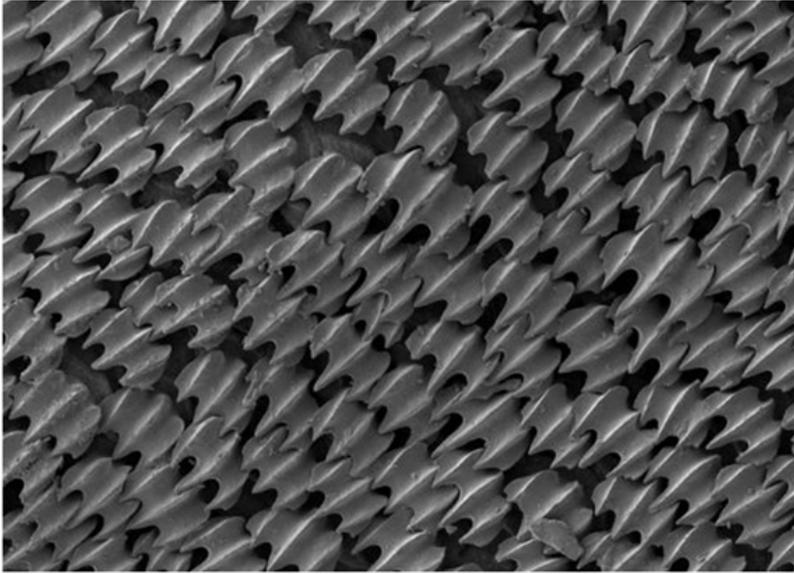
A subclasse **Holocephali** possui duas ordens, mas apenas a ordem Chimaeriformes, onde estão as quimeras, possui espécies que vivem nos dias atuais.

Existem, atualmente, 800 espécies de tubarões, arraias e quimeras viventes no planeta e evolutivamente os peixes cartilaginosos apresentam como evidência de sua origem um grupo de peixes ósseos.

Os peixes cartilaginosos, contudo, não possuem em seu esqueleto interno nenhuma estrutura substituída por osso verdadeiro, mas sua cartilagem é calcificada, pois possui uma camada superficial de cálcio que é denominada tésseira. Seu crânio, completamente formado por cartilagem, é chamado de condrocrânio e também pode ser parcialmente calcificado (ORR, 1986). Eles também possuem escamas bem típicas e características denominadas de escamas placoides (LIEM et al., 2013).

Essas escamas se diferem das escamas dos peixes ósseos, pois as escamas placoides têm sua origem na epiderme, ou seja, na camada mais superficial da pele desses animais. Segundo Liem et al. (2013), as escamas placoides possuem uma base óssea, sem células, que sustenta um denticulo em forma de espinho que fica apontado em direção à cauda.

FIGURA 37 – ESCAMAS DE TUBARÃO-TOURO

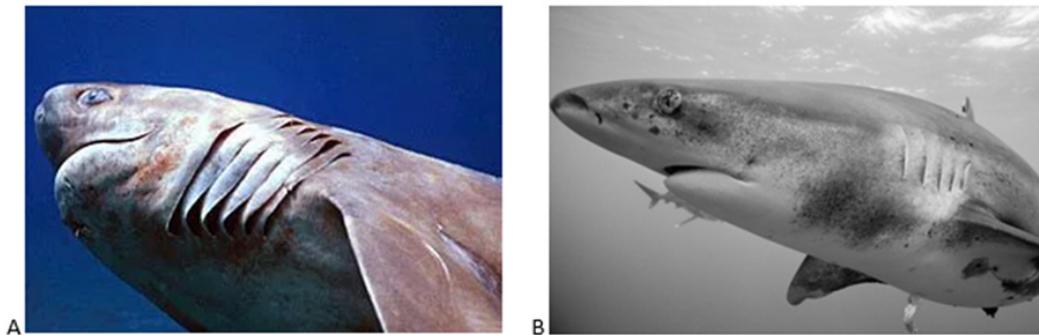


FONTE: Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,ERT227489-17770,00.html>>. Acesso em: 16 set. 2016.

Esse direcionamento do denticulo reduz o atrito do peixe com a água facilitando seu deslocamento através do menor esforço despendido para natação. Há uma grande quantidade de glândulas mucosas na pele, que além de formar uma camada protetora que preserva o animal contra o ataque de fungos e bactérias, também auxilia na redução do atrito facilitando a natação.

Nos peixes cartilagosos ancestrais, segundo Kardong (2011), seis arcos branquiais seguiam as mandíbulas, ou seja, nas espécies de tubarões mais antigas são visíveis seis fendas branquiais por onde a água sai do seu organismo passando pelas brânquias. Já nas espécies mais recentes de peixes cartilagosos são visíveis cinco fendas branquiais.

FIGURA 38 - FENDAS BRANQUIAIS



LEGENDA: A – O Tubarão-de-seis-gueiras (*Hexanchus griseus*), representante de um grupo mais antigo de tubarões e B – Tubarão Galha-Branca-Oceânico (*Carcharhinus longimanus*) é o representante de um grupo de tubarões mais atual, contendo apenas cinco fendas branquiais.

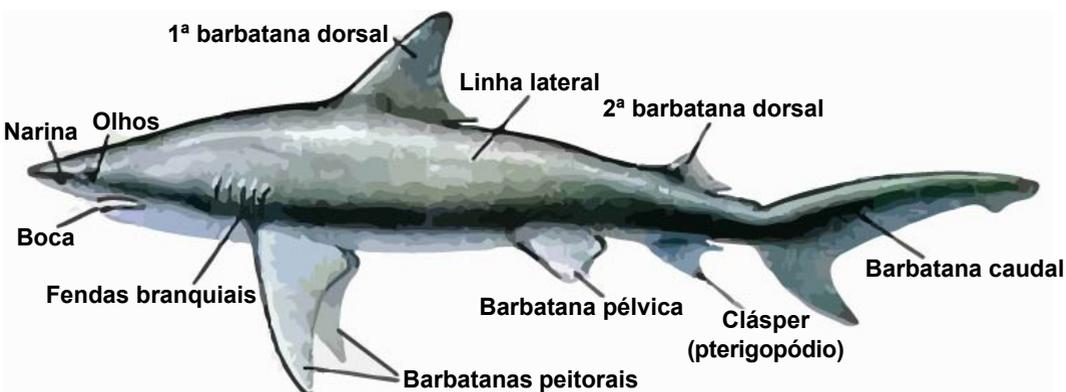
FONTE: Disponível em: <<https://euamoanatureza.wordpress.com/category/animais-estranhos/page/2/>>; <<http://www.aprenda.bio.br/portal/?p=7655>>. Acesso em: 16 set. 2016.

4.1 ANATOMIA EXTERNA

Externamente, existem características que permitem a identificação de um peixe como pertencendo ao grupo dos chondrichthyes.

A boca fica localizada ventralmente com dentes cobertos por esmalte, as escamas placoides (explicado anteriormente), fendas branquiais localizadas lateralmente, a presença de nadadeiras sustentadas por raios, nadadeiras pélvicas sustentadas por cláspes (nos machos), uma cauda heterocerca e o ânus.

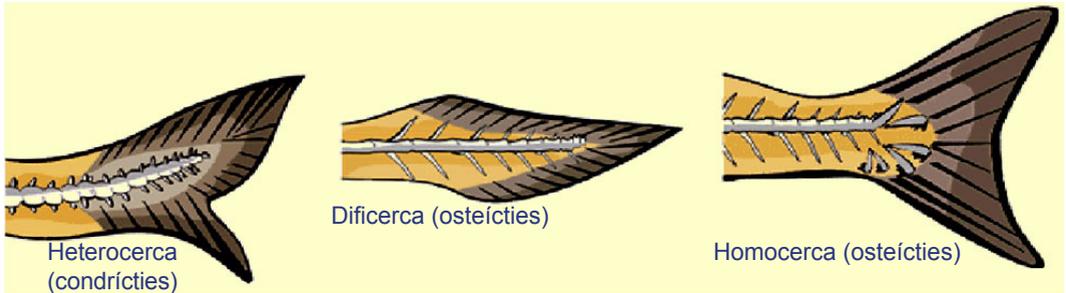
FIGURA 39 - ANATOMIA EXTERNA DE UM CHONDRICHTHYTE



FONTE: Disponível em: <<http://pt.mundo-animal.wikia.com/wiki/Tubar%C3%A3o>>. Acesso em: 16 set. 2016.

A cauda heterocerca é caracterizada por ter assimetria tanto interna quanto externa.

FIGURA 40 - TIPOS DE CAUDA COM REFERÊNCIA À ANATOMIA INTERNA E EXTERNA



FONTE: Disponível em: <http://1.bp.blogspot.com/-Q7muJlv5jys/UXAyMdYb-I/AAAAAAAAAHQ/_ikjnMiV8o8/s1600/1_magem1.png>. Acesso em: 16 set. 2016.

4.2 FLUTUAÇÃO

O fígado dos peixes cartilaginosos possui dois lobos, e além de ter a função referente à digestão produzindo a bile, também é responsável pelo auxílio à flutuação devido a sua grande participação no volume corporal e à grande quantidade de óleo produzida e armazenada nesse órgão que, segundo Storer et al. (2005), pode chegar a 20% do peso do animal.

O óleo, sendo menos denso que a água, fornece a sustentação necessária para esses animais flutuarem na água gastando menos energia, e assim facilitando a natação.

4.3 SISTEMA RESPIRATÓRIO

Nos peixes cartilaginosos a respiração é mantida através do deslocamento do animal. Com poucas exceções para manter o fluxo de água continuamente através das brânquias, o animal precisa se manter em movimento.



Essa demanda de movimento para poder respirar é que faz com que as redes de pesca seja uma das grandes ameaças aos tubarões. Ao ficarem presos nas redes, eles param de nadar e isso faz com que eles lentamente sufoquem e morram.

4.4 SISTEMA REPRODUTOR

Os peixes cartilagosos possuem sexos separados sendo, portanto, dioicos. Os machos possuem dois grandes testículos alongados que produzem os espermatozoides.

Cada um dos cláspes possui um sulco adjacente, e no momento da cópula, os cláspes se aproximam formando um sulco mais pronunciado por onde o esperma dos machos escorre para fecundar a fêmea (STORER et al., 2005). Observe, na figura a seguir, a diferença entre o macho e a fêmea, os cláspes do macho estão circutados, demonstrando, assim, a estrutura anatômica.

FIGURA 41 - CLÁSPERES



FONTE: Disponível em: <<https://thefisheriesblog.com/2014/07/07/why-do-sharks-have-two-penises/>>. Acesso em: 16 set. 2016.

O sistema feminino possui dois grandes ovários que, às vezes, podem estar unidos. O oviduto de algumas espécies pode apresentar uma região alargada que servirá de útero para as espécies ovovivíparas (STORER et al., 2005).

De modo geral, os peixes cartilagosos produzem poucos ovos quando comparados aos peixes ósseos. Esses ovos, no entanto, são relativamente maiores e contêm um volume de vitelo (gema) bem acima do esperado em peixes ósseos.

Isso demonstra uma estratégia reprodutiva importante, embora esses animais realizem a postura de poucos ovos grandes e com muito vitelo, eles possuem proporcionalmente uma taxa de sobrevivência dos filhotes bem maior, ainda mais levando em consideração que seus filhotes não passam por fase larval externa, estando completamente desenvolvidos no momento em que saem do ovo.

Os ovos dos peixes cartilagosos costumam possuir estruturas que auxiliam

na fixação dos ovos no ambiente, protegendo-os contra a ação da correnteza, por exemplo, nos casos de animais que costumam colocar seus ovos próximos aos costões e zonas de rebentação com muitas ondas.

FIGURA 42 - OVOS DE TUBARÃO



É possível perceber os filhotes em desenvolvimento, bem como a bolsa de gema e as estruturas apreensórias que prendem os ovos entre as algas.

FONTE: Disponível em: <http://www.ta.mar.org.br/noticia1_ing.php?cod=416>. Acesso em: 16 set. 2016.

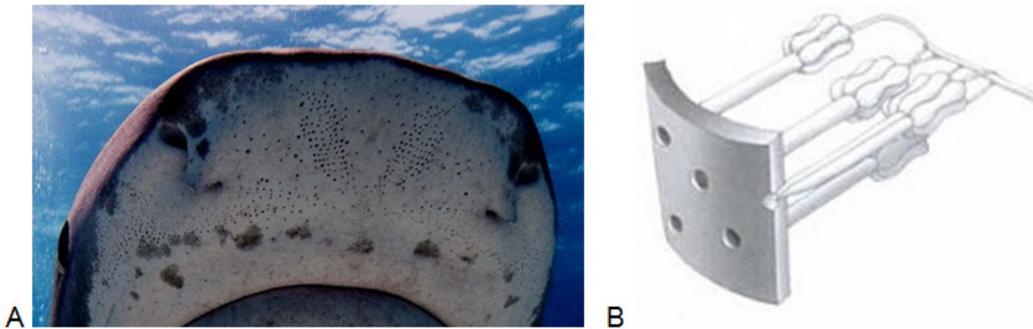
4.5 ELETORRECEPÇÃO

Diferente do ar, que é um isolante elétrico, a água é um excelente condutor. Existe, portanto, um sexto sentido nos peixes cartilagosos responsável pela detecção de estímulos e sinais elétricos produzidos por outros animais.

A água salgada é um condutor ainda mais potente, dessa forma, os peixes cartilagosos possuem um sistema de eletorrecepção muito bem desenvolvido.

Na cabeça dos tubarões e nas nadadeiras peitorais das arraias existem as **Ampolas de Lorenzini** (POUGH et al., 2008). Essas ampolas possuem uma abertura que se comunica internamente com um canal repleto de gel condutor de eletricidade. No final do canal condutor existem células sensoriais especializadas na detecção das correntes elétricas.

FIGURA 43 - A – ORIFÍCIOS QUE INDICAM A ENTRADA DAS AMPOLAS DE LORENZINI
 B – DETALHE AMPLIADO DA ANATOMIA INTERNA DA AMPOLA DE LORENZINI



FONTE: Disponível em: <>; <http://lh3.ggpht.com/_Xr4R8wz3f8/S_fZzye8oqI/AAAAAAAtQ/9MoPfesUJ8g/s1600-h/image%5B3%5D.png>. Acesso em: 16 set. 2016.

As ampolas de Lorenzini podem detectar as ondas elétricas liberadas pela contração muscular de uma presa, ou mesmo para guiar o tubarão através do campo eletromagnético do planeta. O que vale destacar é que essa estrutura é tão sensível que pode detectar variações de até 0,01 milivolt/cm e perceber variações na temperatura da água menores que 0,001 °C (POUGH et al., 2008).

5 OS OSTEICHTHYES – PEIXES ÓSSEOS

Os peixes denominados ósseos possuem esqueleto ao menos parcialmente ossificado, o que dá origem ao seu nome. Segundo Pough et al. (2008), os *osteichthyes* são a linhagem de vertebrados mais diversa que existe. Estima-se, atualmente, cerca de 25.000 espécies conhecidas.

No Brasil, conforme Rosa e Lima (2005), existem 2.300 espécies de água doce e 1.298 espécies marinhas. Porém, o conhecimento sobre este grupo ainda é deficiente em muitos sentidos, tornando esse número apenas aproximado. Isso pode ser atestado pelas dezenas de espécies de peixes descritas anualmente no Brasil.

É um grupo que surgiu no período Devoniano e está presente até os dias atuais. Inclusive, o período Devoniano ficou conhecido como a Era dos Peixes, tamanha diversificação da classe nesse período e expansão para os mais diversos ambientes aquáticos.

Os peixes ósseos são divididos em dois grandes grupos: Os **Actinopterygii**, que são representados pelos peixes que possuem nadadeiras raiadas, e os **Sarcopterygii**, que são as espécies com nadadeiras lobadas.

FIGURA 44 - EM (A) TEMOS UM SALMÃO, EXEMPLO DE ACTINOPTERYGII E EM (B) UMA REPRESENTAÇÃO DO CELACANTO, EXEMPLO DE SARCOPTERYGII



FONTE: Disponível em: <<https://www.boundless.com/biology/textbooks/boundless-biology-textbook/vertebrates-29/fishes-172/gnathostomes-jawed-fishes-667-11888/>>. Acesso em: 16 set. 2016.



Todos os vertebrados terrestres são sarcopterígios, dada origem de seu ancestral aquático, um Sarcopterygii (POUGH et al., 2008). Aliás, o nome Sarcopterygii tem como significado **Nadadeira Carnosa**, fazendo referência às fortes nadadeiras que deram origem aos quatro membros dos vertebrados terrestres.

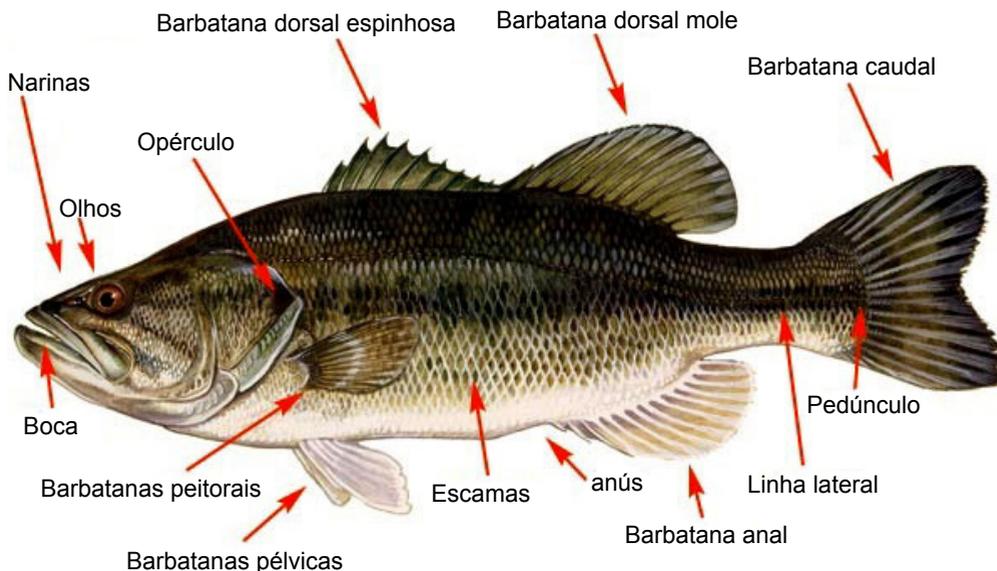
5.1 ANATOMIA EXTERNA

De modo bem geral, traçar uma linha anatômica externa nos peixes ósseos é muito difícil. Isso ocorre porque a grande diversificação deste grupo originou um grande e diverso número de espécies com as mais diferentes adaptações e formas. Porém, é possível traçar um desenho básico quando levamos em consideração o maior grupo vivo, os Actinopterygii.

O corpo desses animais tem na pele muitas glândulas mucosas (ver peixes cartilagosos) e suas escamas têm origem na mesoderme. Há alguns representantes, porém sem escamas, sendo popularmente chamados de peixes de couro, como os bagres, por exemplo, e suas nadadeiras são sustentadas por raios cartilagosos ou ósseos (STORER et al., 2005).

A boca é terminal, estando na extremidade do corpo, e possuem uma estrutura óssea denominada de opérculo, que recobre e protege as brânquias.

FIGURA 45 - ANATOMIA EXTERNA DE UM PEIXE ÓSSEO ACTINOPTERYGII



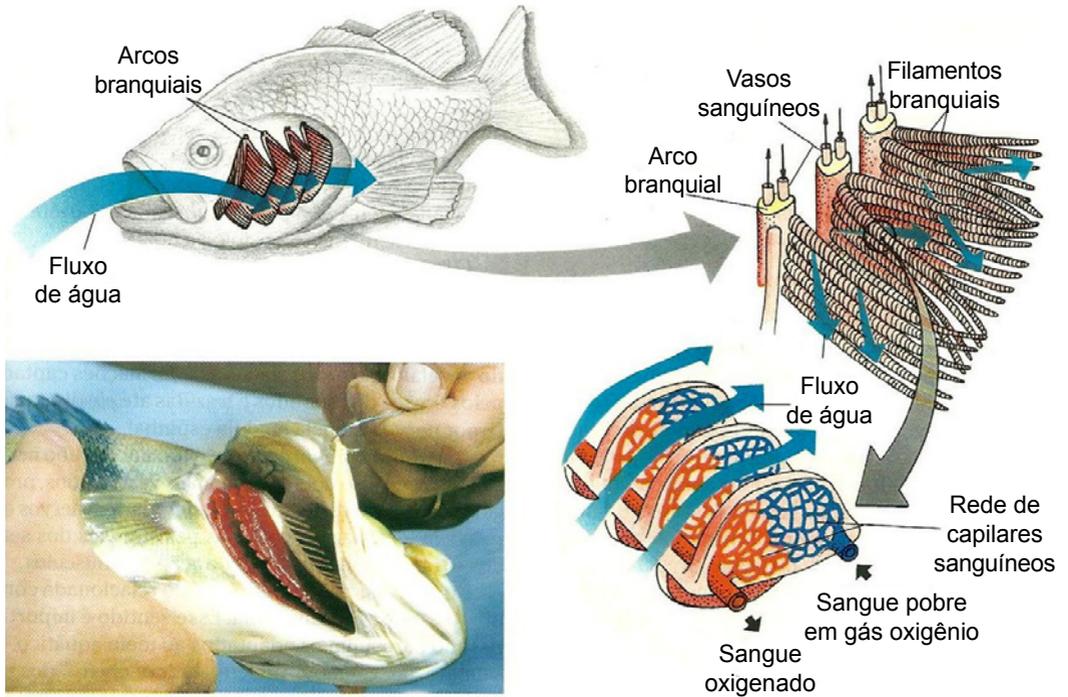
FONTE: Disponível em: <<http://www.sobiologia.com.br conteudos/Reinos3/bioanimal5.php>>. Acesso em: 16 set. 2016.

Nos peixes ósseos as nadadeiras são móveis e participam mais ativamente da natação. Os tubarões, por exemplo, não conseguem nadar para trás, eles precisam fazer a volta com seu corpo, pois só conseguem nadar para frente. Já os peixes ósseos conseguem nadar para trás utilizando suas nadadeiras peitorais que realizam diversos movimentos, pois são bem articuladas.

5.2 SISTEMA RESPIRATÓRIO

A grande maioria dos peixes possui respiração branquial, porém algumas espécies possuem uma diferenciação importante para sobreviver em locais onde há deficiência no aporte de oxigênio. A respiração branquial nos peixes ocorre através das brânquias, com o fluxo da água rica em oxigênio fluindo no sentido contrário ao do sangue, pobre em oxigênio e que precisa ser oxigenado. Isso é chamado de fluxo contracorrente.

FIGURA 46 - ESQUEMA DEMONSTRANDO RESPIRAÇÃO BRANQUIAL NOS PEIXES



FONTE: Disponível em: <<http://peixes2010.blogspot.com.br/p/nnnn.html>>. Acesso em: 16 set. 2016.

Embora tenham sido um grupo diverso e abundante no passado, atualmente os Sarcopterygii são representados apenas por quatro gêneros não tetrápodes. Esses gêneros contêm os peixes denominados de Dipnoi ou pulmonados.

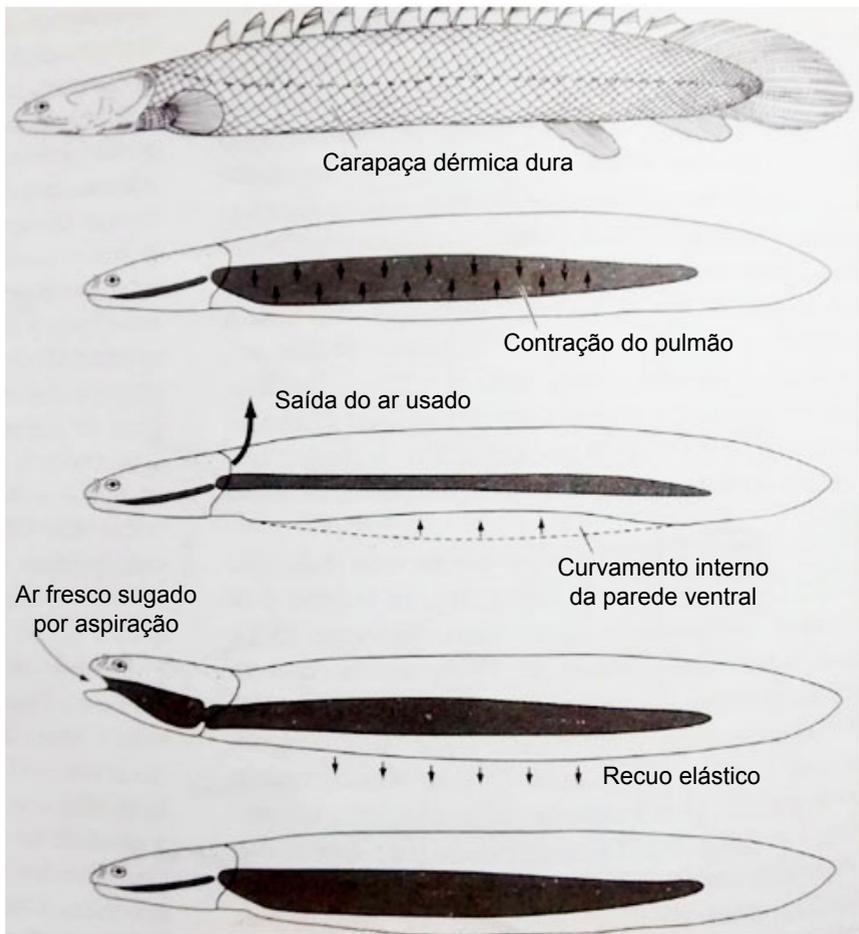
Os pulmonados podem ser encontrados na África, na América do Sul e na Oceania. É um grupo composto por três gêneros dulcícolas e um gênero marinho no qual está o celacanto, considerado um fóssil vivo. Entre os gêneros dulcícolas temos o *Lepidosiren spp.* que é o representante sul americano do grupo. No Brasil, este peixe é conhecido como Piramboia (*Lepidosiren paradoxa*).

Uma das características marcantes desse grupo é o fato das nadadeiras dorsal, caudal e anal terem se fundido gerando uma grande nadadeira que ocupa cerca de um terço do corpo desses animais (POUGH et al., 2008).

O seu formato corporal também é reflexo da pedomorfose, onde as características juvenis são mantidas no indivíduo adulto.

O nome “pulmonados” faz referência à capacidade que esses animais possuem de respirar o ar atmosférico através de um pulmão primitivo que se localiza ventralmente. Os pulmões se ligam ao lado a partir do assoalho do esôfago e são subdivididos em favéolos (KARDONG, 2011).

FIGURA 47 - ESQUEMA DEMONSTRANDO COMO OCORRE A RESPIRAÇÃO NOS PEIXES PULMONADOS



FONTE: Adaptado de Liem et al. (2013)

As bexigas de gás diferem dos pulmões, pois os pulmões geralmente são pares, localizam-se ventralmente e o retorno do sangue dos pulmões ao coração é realizado por um vaso sanguíneo específico. Já as bexigas de gás localizam-se dorsalmente, ocorre apenas uma e o sangue que sai dela retorna ao vaso sanguíneo do sistema antes de ir para o coração (KARDONG, 2011). As bexigas de gás se ligam ao início do estômago, dessa forma, essa conexão permite aos pulmonados “engolir” o ar e encher o pulmão, que é ricamente vascularizada e então absorve o oxigênio.

Conforme Liem et al. (2013), essa estratégia de respiração surge em ambientes onde a água possui pouco oxigênio dissolvido, dificultando ou mesmo impossibilitando que a respiração seja branquial. Os ambientes que cumprem esse requisito podem ser locais em que a água é muito quente, como poças de

rio durante o período de seca. Há também a possibilidade de serem charcos e pântanos com muita matéria orgânica em decomposição, fato que acaba com o oxigênio disponível.

Os pulmonados africanos são tão especializados e dependentes do seu pulmão, que as brânquias são mais importantes para excreção de gás carbônico do que propriamente para respiração, tanto que, se forem privados de utilizar o pulmão para respiração, sufocam e morrem afogados (POUGH et al., 2008).

Além destes, há alguns actinopterygii que também possuem modificações para respirar o ar atmosférico, como no caso do Pirarucu (*Arapaima spp.*), mas estes são exceções dentro do grupo, enquanto nos sarcopterygii, ser pulmonado é a regra geral.

5.3 FLUTUAÇÃO

Nos peixes ósseos a flutuação possui um órgão específico para esta finalidade, a **bexiga natatória**. O peixe ajusta a quantidade de gás na bexiga lentamente enquanto nada. A bexiga também pode ser usada na respiração, ou mesmo, para captar e produzir sons (STORER, 2005; KARDONG, 2011).

FIGURA 48 - A ESTRUTURA BRANCA DIVIDIDA EM DUAS PARTES E VASCULARIZADA É A BEXIGA NATATÓRIA



FONTE: Disponível em: <<http://bioblogf.blogspot.com.br/2015/09/flutuabilidade-e-bexiga-natotia.html>>. Acesso em: 16 set. 2016.

5.4 SISTEMA REPRODUTOR

Os peixes ósseos diferem-se dos demais quanto a sua reprodução, pois como regra geral, possuem fecundação externa. Nesta fecundação, a fêmea lança os ovos no ambiente e depois o macho lança seu esperma sobre eles.

Isso pode ser feito de diversas formas. Em alguns casos, os peixes constroem um ninho que pode ser cavado no leito ou aberto entre a vegetação e ali os ovos são

depositados e fecundados. Em outros casos, os ovos e o espermatozoides são simplesmente lançados na água e deixados na correnteza. Há ainda, os casos em que após a fecundação, um dos pais ou os dois, permanece junto aos ovos, cuidando deles. O exemplo mais extremo talvez seja o cavalo-marinho macho, que desenvolveu em seu abdômen uma cavidade onde abriga os ovos, para mais tarde, quando eclodirem, liberar os filhotes no ambiente.

Seus ovos são pequenos, com pouco vitelo, e seus filhotes passam por uma fase larval denominada alevino. Diferente dos peixes cartilagosos, a estratégia aqui é produzir uma quantidade enorme de ovos já que a grande maioria dos filhotes não chegará à idade adulta, pois sua fase larval é muito frágil e acabará sendo devorada por predadores, atacada por parasitas ou patógenos, ou morrerá por outros fatores ambientais. Existem relatos de espécies, como o peixe-lua, que podem colocar até 300 milhões de ovos.

5.5 ELETROEMISSÃO

Os órgãos elétricos dos peixes são estruturas musculares modificadas que possuem a capacidade de emitir grandes descargas elétricas que servem para defesa do animal.

Estes órgãos são denominados de eletroplacas e suas células em forma de disco ficam todas voltadas para a mesma direção (ORR, 1986). Estas células especiais são chamadas de eletrócitos e perderam a capacidade de contração sendo especializada na geração de um fluxo de corrente de íons, que gera a eletricidade (POUGH et al., 2008).

O poraquê é a espécie de peixe-elétrico da América do Sul que possui até 10.000 camadas dessas células e pode produzir descargas de mais de 600 volts (POUGH et al., 2008).

FIGURA 49 - PORAQUÊ, PEIXE-ELÉTRICO TÍPICO DA REGIÃO AMAZÔNICA



FONTE: Disponível em: <<http://www.comunidadeanimal.com.br/poraque-o-peixe-elétrico-que-mata-jacares-com-choques-de-500-volts/>>. Acesso em: 16 set. 2016.

Além de ter função defensiva, as descargas elétricas possuem outras funções para o peixe. Devido ao ambiente em que é encontrado, águas turvas e lamacentas onde a visão não é muito eficiente, o poraquê também utiliza as correntes elétricas produzidas para se orientar no ambiente, além de atordoar as presas.

RESUMO DO TÓPICO 1

Neste tópico, você viu que:

- Os peixes foram os primeiros vertebrados superiores.
- Os peixes dividem-se em cartilaginosos (*Chondrichthyes*) e ósseos (*Osteichthyes*).
- Os peixes cartilaginosos são representados pelos tubarões, arraias e quimeras, os ósseos, pelos demais peixes como pacus, tilápias, percas, carás, traíras, tainhas, dourados, entre milhares de outros.
- Os peixes cartilaginosos possuem fendas branquiais, um imenso fígado com óleo para flutuação, cloaca, fecundação interna, espiral no intestino e ampolas de Lorenzini e escamas placoides epidérmicas.
- Os peixes ósseos possuem opérculo protegendo as guelras, bexiga natatória para flutuação, ânus e poro genital, boca frontal, escamas dérmicas ou couro e nadadeiras flexíveis.
- Peixes cartilaginosos e ósseos possuem estratégias diferenciadas de reprodução.
- Os peixes possuem sentidos aguçados, em especial o olfato, o tato representado pela linha lateral e a percepção de campos elétricos (*Chondrichthyes*).
- Os peixes, como regra geral, são dioicos e ovíparos.
- Sua circulação é fechada e possuem um coração com duas cavidades.



- 1 Quando nos referimos aos peixes temos que imaginar que esse grupo não nasceu pronto, mas evoluiu durante muito tempo, modificando-se e melhorando suas estruturas para o ambiente aquático. Cite adaptações que os peixes possuem para otimizar a natação.
- 2 Embora os peixes, de modo geral, tenham muitas características em comum, ao separá-los em dois grupos, automaticamente devemos ter características que permitam essa segregação. Complete a tabela com as características dos peixes ósseos dos peixes cartilagosos.

	Peixes ósseos	Peixes cartilagosos
Boca		
Esqueleto		
Nadadeiras		
Escamas		
Flutuação		
Sistema digestório terminado em:		
Branquias		
Sistema reprodutor		
Eletrorrecepção		

- 3 Existem várias estratégias reprodutivas que permitem aos animais perpetuar a sua espécie e continuar existindo no planeta. Cite as estratégias reprodutivas de cada um dos grupos de peixes estudados.
- 4 Se os peixes vivem no ambiente aquático e precisam retirar da água o oxigênio necessário para sua respiração, quais as pressões ambientais que levaram ao surgimento de uma respiração pulmonar nesse grupo de origem aquática?
- 5 Assinale V para verdadeiro e F para falso com relação às afirmações abaixo:
 - () O esqueleto dos peixes cartilagosos é totalmente feito por cartilagem, sem minerais.
 - () A linha lateral é importante na percepção de vibrações na água.
 - () As escamas dos peixes têm apenas função defensiva, protegendo contra mordidas.
 - () Os ovos dos chondrichthyes são mais sensíveis e deles nasce um alevino.
 - () Os osteichthyes produzem muco na pele para ajudar a diminuir o atrito com a água.

- () O opérculo dos peixes cartilaginosos protege suas brânquias.
- () Como vivem na água, os peixes não possuem olfato.
- () Ampolas de Lorenzini são estruturas que detectam pequenas correntes elétricas.

OS ANFÍBIOS (*AMPHIBIA*)

1 INTRODUÇÃO

O surgimento dos anfíbios percorre uma grande gama de modificações corporais nos peixes. É de se imaginar que, sendo os peixes exclusivamente aquáticos, a sua saída deste ambiente para a terra seca envolveria grandes transformações, e elas ocorreram.

A origem deste grupo remonta aos *sarcopterygii*, os peixes de nadadeiras carnosas, no período Paleozoico posterior (KARDONG, 2011).

Os primeiros tetrápodes, que são os vertebrados terrestres, passaram a viver predominantemente na água em regiões bem rasas, onde suas nadadeiras fortes auxiliavam no deslocamento. Assim, tinham condições de se aventurar por breves períodos fora da água, em busca de recursos até então não aproveitados pelos vertebrados, restritos ao ambiente aquático.

Atualmente, o termo tetrapoda não faz mais alusão apenas às “quatro patas” aparentemente características, mas sim a um *CHIRIDIUM*, que é um membro muscular com articulações e dedos bem definidos e desenvolvidos (KARDONG, 2011).



Prezado acadêmico, existe uma corrente de cientistas que estuda substituir o termo **tetrapoda**, como é utilizado hoje em dia, pelo termo **Stegocephali**. O termo tetrapoda seria utilizado apenas para designar os anfíbios, amniotas e seu ancestral comum (KARDONG, 2011). Portanto, caso escute ou veja este termo em algum livro, já sabes o que significa.

Dentre esses tetrápodes primitivos, destacamos dois grupos que tiveram importância: os Labirintodontes e os Lepospôndilos, mas não nos aprofundaremos neles neste caderno de estudos, caso tenha interesse, há vasta literatura na biblioteca do seu polo com a qual esse aprofundamento pode ser realizado. Sugiro um dos

livros utilizados na preparação deste caderno: a 5ª edição de VERTEBRADOS: anatomia comparada, função e evolução, cujo autor, Kenneth V. Kardong, faz uma boa descrição destes grupos e suas características.

A partir dos labirintodontes surgiram os Lissamphibia (anfíbios modernos) que se dividem em três grupos: os Anuros (Salientia), os Urodelos (Caudata) e os Gymnophiona (Apoda) (KARDONG, 2011).

Das mais de 6700 espécies de anfíbios que existem no mundo, a grande maioria pertence aos anuro, onde estão os sapos, rãs e pererecas, seguidos pelos urodelos, que contém as salamandras e, por último, os gymnophiona, onde estão as cobras-cegas.

É possível identificar, informalmente, os anfíbios pertencentes aos grupos acima (com raras exceções) por características anatômicas relativamente simples. Observe:

- Nos anuros estão os animais do grupo que não possuem cauda ou ela é muito reduzida, praticamente vestigial, como sapos, rãs e pererecas. Entre esses, os sapos têm a pele úmida, porém áspera, cheia de verrugas e glândulas paratoides, além de se deslocarem com saltos curtos ou caminhando lentamente, utilizando as quatro patas. Já as rãs têm a pele bem lisa e úmida, não possuem glândulas paratoides e se deslocam com grandes e ágeis saltos, enquanto as pererecas são facilmente distinguíveis pela presença de ventosas adesivas nas pontas dos dedos.

FIGURA 50 - EXEMPLAR ADULTO DE *RHINELLA ABEI*, TÍPICO REPRESENTANTE DOS ANUROS



FONTE: O autor

- As Caudatas, dos quais fazem parte as salamandras, possuem as quatro patas, mesmo que de tamanho mais reduzido e possuem uma cauda longa, bem desenvolvida.

FIGURA 51 - EXEMPLAR DE SALAMANDRA, REPRESENTANTE DOS CAUDATAS



FONTE: Disponível em: <<http://www.charcoscomvida.org/biodiversidade/fauna/anfibios/salamandra-de-pintas-amarelas>>. Acesso em: 18 set. 2016.

- Já as cobras-cegas, que são as gymnophiona (Apoda = “a” que significa sem e “podos” que significa patas) não apresentam patas, tendo um corpo serpentiforme, e por terem um comportamento mais fossorial possuem os olhos muito reduzidos, ou mesmo, ausente.

FIGURA 52 - EXEMPLAR DE COBRA-CEGA, REPRESENTANTE DOS GYMNOPHIONAS



FONTE: Disponível em: <<https://estudandoabiologia.wordpress.com/ordem-gymnophiona/>>. Acesso em: 18 set. 2016.



Há uma crendice popular afirmando que quando uma perereca gruda na pessoa, para soltá-la só será possível jogando água fervente no animal. Nada disso é verdade, embora a perereca possua disco adesivo, eles apenas seguram o animal na superfície que ele deseja subir, puxando-o levemente, as ventosas já se desprendem e o animal pode ser retirado e solto na natureza.

No Brasil, de acordo com SBH (2016), até julho de 2016 haviam sido registradas 1080 espécies de anfíbios, sendo 1039 anuros, 5 caudatas e 36 gymnophionas.

Como os anfíbios dependem de diferentes ambientes para se desenvolverem, eles estão suscetíveis a diferentes ameaças. As principais ameaças aos anfíbios são: o aquecimento global, a destruição de seu hábitat, que pode ser desde o corte das florestas, a poluição dos rios e lagos em que vivem, a introdução de espécies exóticas, doenças (especialmente a quitridiomycose, causada por um fungo da divisão *Chytridiomycota*, o *Batrachochytrium dendrobatidis*) e em alguns casos até mesmo o tráfico de animais silvestres.

Embora esses três grupos tenham suas particularidades e estratégias próprias de sobrevivência, vamos abordar os anfíbios e suas características de forma bem geral, as particularidades, se importantes, serão pontuadas, mas a grande maioria das características se aplica a todos eles.

2 CARACTERÍSTICAS DOS ANFÍBIOS

Os anfíbios caracterizam-se pelo modo de vida dividido entre **dois ambientes**. Iniciam sua vida na água em uma fase larval, com brânquias bem determinadas, chamada girino, e geralmente sofrem um processo denominado **metamorfose**, quando passam à fase adulta pulmonada, que vive em terra firme. Porém, essa vida em terra firme é intimamente dependente da água, sendo que esses animais nunca se afastam demais dela.

São predominantemente ovíparos e seus ovos estão envoltos por uma substância gelatinosa e sua pele é fina, altamente vascularizada e glandular. As glândulas produzem muco para manter a pele úmida e, em alguns casos, toxinas com função defensiva. Na grande maioria dos casos, os anfíbios têm o muco tóxico. Segundo Bernarde (2012), a secreção da pele dos anfíbios anuros pode ter função nociva, adesiva e odorífera. Geralmente, os anuros que possuem cores brilhantes e chamativas, como no caso dos Dendrobatidae, possuem toxinas nocivas na pele.

Além da pele venenosa, é comum os anfíbios se defenderem através das técnicas de camuflagem, imobilização, **tanatose** (fingir de morto), descargas cloacais e inflando-se para parecerem maiores.

Em algumas espécies de sapo, como as do gênero *Rhinella*, há logo atrás dos olhos uma grande protuberância na pele, que é a glândula **paratoide**. Essa glândula, ao ser pressionada, libera veneno que escorre pela pele do sapo, intoxicando o predador e causando severa irritação nas mucosas. De acordo com Jared et al. (2011), há relatos de que o sapo *Rhaebo guttatus* consiga lançar esse veneno a até dois metros de distância, mas ele é uma exceção.

FIGURA 53 - EXEMPLAR DE SAPO EM QUE AS GLÂNDULAS PARATOIDES SÃO BEM VISÍVEIS (GRANDES VERRUGAS SOBRE OS OMBROS)



FONTE: O autor

Assim como os peixes, os anfíbios são ectotérmicos, ou seja, não conseguem controlar a temperatura do seu corpo fisiologicamente e dependem diretamente do ambiente para conseguir aumentar ou diminuir sua temperatura corporal. Isso faz com que regiões frias tenham uma diversidade bem menor de anfíbios, embora algumas espécies tenham desenvolvido resistência ao congelamento.

Além disso, possuem dois pares de membros para locomoção, duas narinas que se comunicam com a cavidade bucal e uma língua frequentemente prostrátil (STORER et al., 2005).



Existem anfíbios que vivem em desertos e regiões extremamente secas (*Bufo alvarius*), eles, porém, passam boa parte do ano enterrados profundamente no solo e com a chegada das chuvas despertam para se alimentarem e se reproduzirem de forma explosiva.

Há ainda anfíbios que não possuem forma larval, seu desenvolvimento ocorre de forma direta, sem metamorfose. Isso ocorre com alguns anuros típicos de serapilheira no solo da floresta pertencentes ao gênero *Ischnocnema* spp.

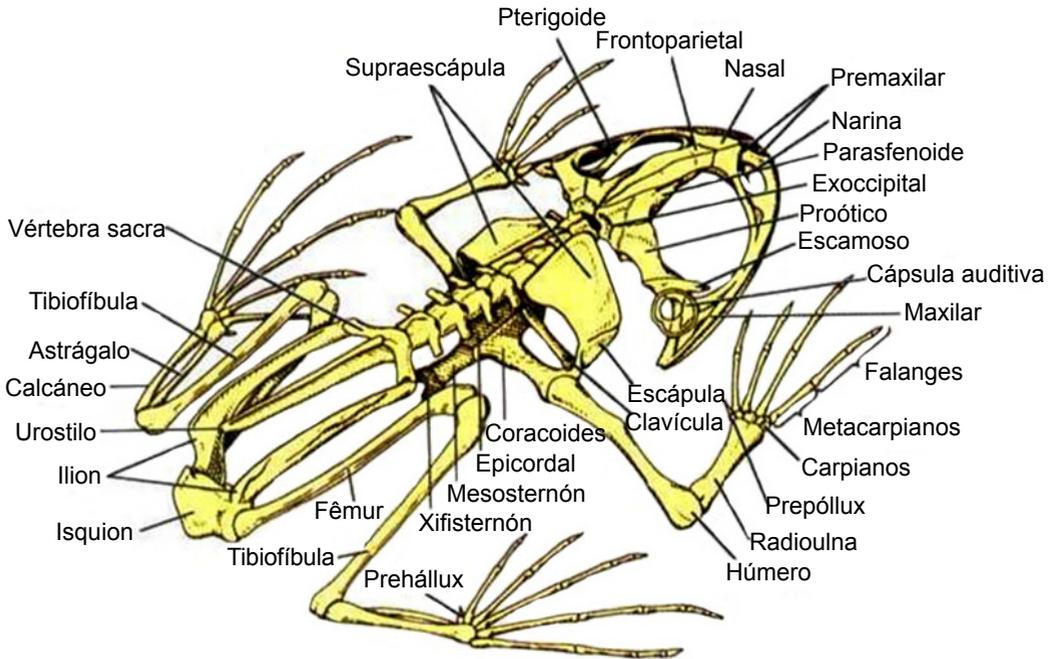
Em outros, a forma adulta continua a viver na água, não seguindo a regra geral dos demais anfíbios, como é o caso do axolote (*Ambystoma mexicanum*), no México. E há ainda casos em que o adulto mantém o formato e estrutura da larva, permanecendo "larval" ao longo da sua vida.

2.1 SISTEMA ESQUELÉTICO E MUSCULAR

O sistema esquelético e muscular deste grupo, embora aparentemente complexo, é o início da transição entre água e terra e, portanto, apresenta modificações importantes para que esses animais se locomovam em terra firme (ORR, 1986). Porém, a capacidade de locomoção dos anfíbios está restrita a curtas distâncias e pouca velocidade, e mesmo as espécies de saltos longos e ágeis não conseguem manter o ritmo durante muito tempo.

Comparativamente aos peixes, os anfíbios agora possuem membros que conseguem andar, saltar, correr, agarrar e escalar. Além disso, conseguem movimentar a cabeça, coisa que os peixes não conseguiam realizar (ORR, 1986).

FIGURA 54 - ESQUELETO DE ANURO



FONTE: Disponível em: <<http://zoobiouneal.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 18 set. 2016.

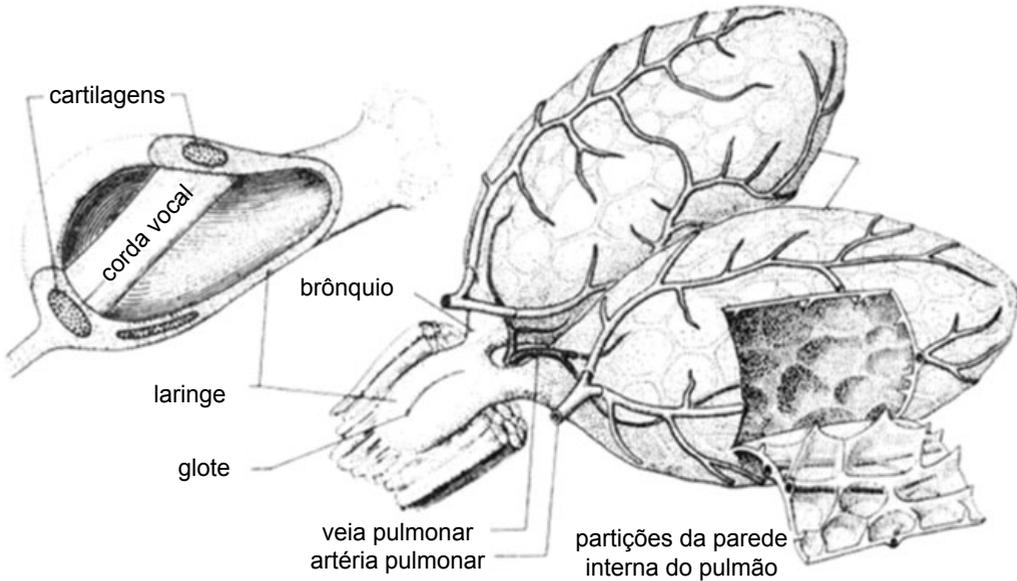
2.2 SISTEMA RESPIRATÓRIO

O sistema respiratório dos anfíbios é bem complexo graças à transição entre água e terra firme em que vivem. Isso faz com que os anfíbios possuam mais formas de respirar que qualquer outro animal conhecido.

Em diferentes estágios da vida, os anfíbios utilizam para sua respiração as brânquias, a pele e bucofaringe (respiração cutânea) e os pulmões, de forma isolada ou em combinações.

Os pulmões dos anfíbios são estruturas muito simples, com formato de saco. Nas espécies que são aquáticas, as paredes internas desses pulmões podem ser lisas. Nas espécies terrestres e mais dependentes dessa forma de respiração, as paredes internas podem possuir dobras contendo muitos alvéolos, o que aumenta a área de contato e a eficiência da respiração da troca gasosa (ORR, 1986).

FIGURA 55 - DETALHE DAS CORDAS VOCAIS DOS ANUROS E DOS PULMÕES. AMBAS ESTRUTURAS PERTENCEM A UMA RÃ-TOURO *LITHOBATES CATESBEIANUS*

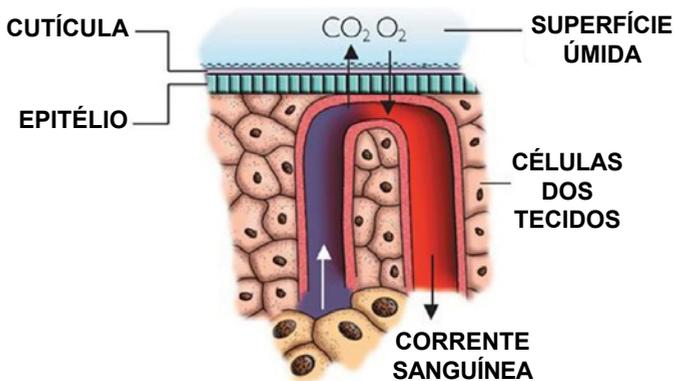


FONTE: Adaptado de Storer et al. (2005)

É importante saber que no caso dos pulmões, pele e cavidade bucal, todas essas regiões possuem um epitélio muito fino, úmido e localizado logo acima de uma rede ricamente vascularizada de vasos sanguíneos. Assim, o oxigênio se difunde na umidade e penetra pela pele nos vasos sanguíneos, enquanto o gás carbônico faz o trajeto contrário (STORER et al., 2005).

FIGURA 56 - ESQUEMA DEMONSTRANDO COMO OCORRE A RESPIRAÇÃO CUTÂNEA ATRAVÉS DA TROCA DE GASES PELA PELE

Respiração (Cutânea nos anfíbios)



FONTE: Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/1640609/>>. Acesso em: 18 set. 2016.

Para as espécies que realizam respiração cutânea e pulmonar, concomitantemente o pulmão é mais importante para absorver o oxigênio, enquanto a pele age como principal difusor do gás carbônico para o ambiente (SHOEMAKER et al., 1992).



Muitas pessoas têm o costume de jogar sal nos anfíbios para espantá-los de perto de onde estão. O sal retira a água da pele desses animais, desidratando-os. Isso além de causar dor ao animal, prejudica sua respiração e pode causar sua morte em alguns casos.

Devido ao seu baixo metabolismo, as anfíbios conseguem permanecer longos períodos em apneia. O pulmão cheio de ar fornece oxigênio durante muito tempo, e liberar o gás carbônico acumulado no organismo passa a ser o principal problema (LIEM et al., 2012).

Já as brânquias dos girinos são expansões da faringe, repletas de vasos capilares sanguíneos que realizam função semelhante à da pele desses animais (STORER, 2005). Elas não são internas como nos peixes, as brânquias dos girinos e das salamandras são externas (LIEM et al., 2012), enquanto a dos anuros é apenas parcialmente recoberta por um opérculo epitelial (ORR, 1986).

Com a metamorfose, o girino sofre algumas transformações fisiológicas, ocorre, por exemplo, uma mudança na quantidade de hemoglobina que era menor no girino e passa a ser maior no adulto. Em algumas espécies, porém, o adulto não possui pulmões, respirando apenas pela pele que é úmida e glandular (ORR, 1986).

FIGURA 57 - BRÂNQUIAS EM UM JOVEM DE SALAMANDRA. SÃO BEM VISÍVEIS AS BRÂNQUIAS EXTERNAS COMO EXTENSÕES DE PELE BEM VASCULARIZADAS



FONTE: Disponível em: <<http://www.charcoscomvida.org/biodiversidade/fauna/anfíbios/salamandra-de-pintas-amarelas>>. Acesso em: 18 set. 2016.



O hábitat do animal sempre fornece dicas de como seu organismo deve “funcionar” para superar as dificuldades. Por exemplo: para um anfíbio que vive no alto das árvores, longe do aporte de água que existe no chão, é mais provável que a respiração pulmonar tenha maior importância e funcionalidade, afinal, manter a pele úmida e com função respiratória ativa demanda muita água, e isso não está disponível no ambiente em que ele se encontra. Logo, utilizar de forma mais eficiente os pulmões é uma boa alternativa.

2.2.1 Vocalização

A vocalização nos anfíbios é uma capacidade importante para muitas espécies. Ela é específica, diferenciando as espécies e permitindo que os casais se formem na época de acasalamento. São os machos que cantam, atraindo as fêmeas e formando então os pares (STORER et al., 2005).

A vocalização é uma capacidade presente nos anuros. As salamandras não possuem cordas vocais, mas emitem guinchos (com apenas uma exceção, o gênero *Dicamptodon* spp. possui cordas vocais) (STORER et al., 2005).

Na parte superior da traqueia, há um alargamento, que é a faringe, contendo duas faixas elásticas, as cordas vocais. Quando o ar passa pelas cordas vocais, permite aos anfíbios realizarem seus cantos. O volume do som é regulado pela tensão das cordas vocais (ORR, 1986; STORER et al., 2005). Além disso, em grande parte das espécies, o macho possui um saco vocal que funciona como caixa amplificadora (BERNARDE, 2012).

Embora o maior foco das vocalizações seja reprodutivo, as vocalizações são utilizadas em diversas situações, existindo diferentes tipos de canto. Há cantos de corte, de encontro, de reciprocidade, de agonia, agressivos e de equívoco (quando um macho abraça outro pensando que é fêmea) (BERNARDE, 2012).

FIGURA 58 - DETALHE DO SACO VOCAL QUE ATUA COMO CAIXA AMPLIFICADORA DA VOCALIZAÇÃO DOS MACHOS



FONTE: Disponível em: <http://www.wikiwand.com/pt/Saco_vocal>. Acesso em: 18 set. 2016.

Existem espécies ainda que não dependem só da vocalização. Elas utilizam sinais visuais movimentando as pernas para sinalizar aos seus parceiros. É o caso, por exemplo, das rãs do gênero *Hylodes* spp., típicas da Mata Atlântica, e que graças a esse comportamento também são conhecidas como sapos-sinaleiros.

Ecologicamente, a vocalização apresenta duas situações, quanto mais alto um macho vocaliza, maior a chance de uma fêmea encontrá-lo e selecioná-lo para o acasalamento, porém, também é maior a chance de um predador encontrá-lo e dar fim a sua vida (POUGH et al., 2008).

2.3 SISTEMA CIRCULATÓRIO

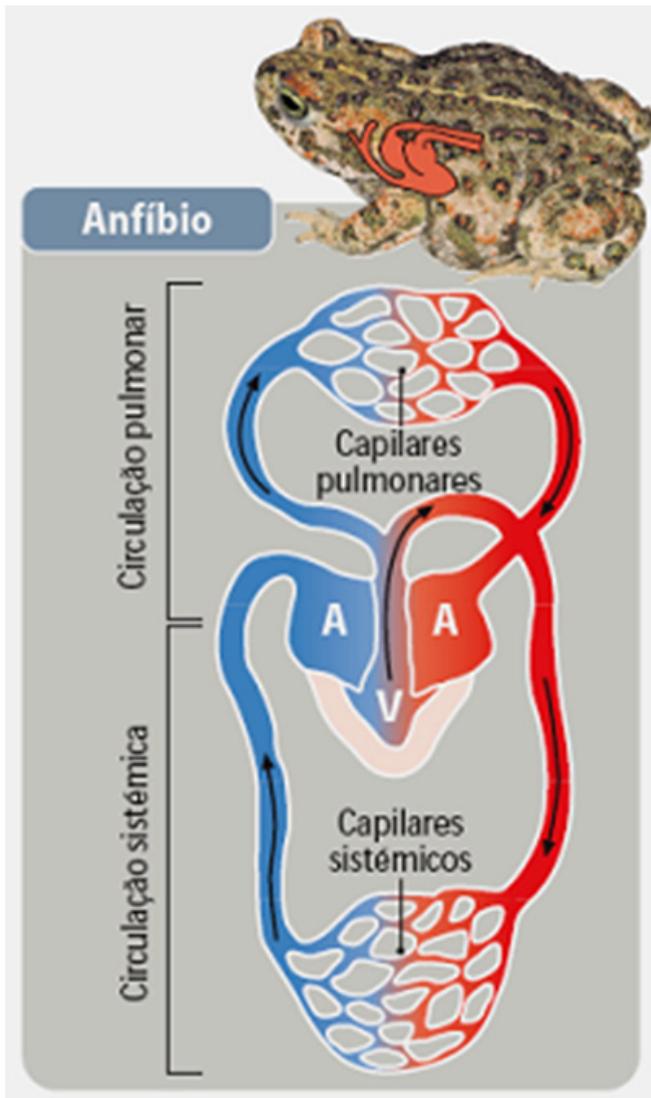
O coração do girino é semelhante ao dos peixes, possuindo apenas duas cavidades e recebendo apenas sangue não oxigenado que é bombeado para as brânquias e dali segue para todo o corpo (STORER et al., 2005). Além disso, durante a metamorfose, a posição do coração muda, pois ele deve migrar caudalmente para próximo dos pulmões, afim de facilitar essa nova interação respiratória-circulatória (LIEM et al., 2012).

Já para a fase adulta, o sistema circulatório dos anfíbios teve que resolver o problema de lidar com duas formas de respiração simultâneas, a cutânea e a pulmonar (STORER et al., 2005). Para isso, foi desenvolvido um sistema circulatório duplo (ORR, 1986).

Após a metamorfose, o coração passa a apresentar três cavidades, duas aurículas (átrios) (esquerdo e direito) de parede fina que são separados entre si por um septo denominado de **interaauricular** e um ventrículo cônico com paredes grossas e fortes que possuem em seu interior uma válvula em espiral (STORER et al., 2005).

Quando o sangue que vem do corpo, cheio de gás carbônico (CO_2 - Venoso) entra na aurícula direita, há sangue vindo dos pulmões, rico em oxigênio (O_2 - Arterial) na aurícula esquerda. Ao se contraírem, as aurículas empurram “os sangues” para o ventrículo. A válvula em espiral auxilia a separar o sangue, mas há uma certa mistura entre o sangue arterial e o venoso (STORER et al., 2005).

FIGURA 59 - ESQUEMA SIMPLIFICADO DEMONSTRANDO A CIRCULAÇÃO EM UM ANFÍBIO



Disponível em: <<http://www.netxplica.com/manual.virtual/exercicios/bio10/transporte.animais.2/10.BIO.circulacao.ducla.incompleta.htm>>. Acesso em: 18 set. 2016.

Também é possível para esses animais controlar o volume de sangue para diferentes partes do corpo, alterando o fluxo entre pele e pulmões de acordo com as diferentes situações a que eles são submetidos (LIEM et al., 2012).

2.4 SISTEMA DIGESTÓRIO

Quanto a sua alimentação, os anfíbios possuem uma amplitude muito grande de tipos de alimentação e presas.

Os girinos, geralmente, são herbívoros e filtrantes, alimentando-se de partículas vegetais em suspensão na água. Essa estratégia alimentar é fundamental, afinal, à medida que o fluxo de água é criado pela sua necessidade de respiração, a cesta branquial já captura as partículas em suspensão através de um muco que é produzido pelas células epiteliais. Posteriormente, esse muco é filtrado por células ciliadas e as partículas são engolidas (POUGH et al., 2008).

Podem alimentar-se de praticamente tudo, em alguns casos até de pequenas larvas, insetos e animais mortos em decomposição, sendo alguns, inclusive canibais. Há casos entre as rãs do grupo Dendrobatidae onde a fêmea põe dois ovos sob uma folha no chão da floresta. Ao eclodirem, ela carrega cada um dos girinos para o reservatório de água que se forma em uma bromélia diferente e passa a alimentá-los através da postura de ovos não fertilizados.

Os adultos apresentam hábitos alimentares que variam entre as espécies. Como regra geral, consideramos que todos os anfíbios são carnívoros, mas existe uma exceção, segundo Silva e Britto-Pereira (2006), a perereca *Xenohyla truncata* vive nas restingas do Estado do Rio de Janeiro e pode se alimentar de pequenos frutos.

A grande preferência alimentar dos anfíbios é por artrópodes, especialmente insetos e aracnídeos. Basta refletir sobre o período em que os vertebrados saíram da água para a terra e imaginar que ela já estava colonizada pelos invertebrados artrópodes, logo, essa relação alimentar remonta de milhões de anos.

Existem, porém, algumas espécies que podem se alimentar de pequenos vertebrados, onde incluímos pequenos lagartos, serpentes, ratos, pássaros, outros anfíbios menores e em alguns casos, como relata Silva, Santos e Amorim (2010), já foram registrados como presas oportunistas até morcegos.

O sistema digestório dos anfíbios merece destaque: logo no começo, em sua boca, geralmente há uma língua prostrátil coberta de glândulas mucosas que a transformam em uma ferramenta adesiva perfeita para captura de suas presas.

Possuem um esôfago curto, diferente do estômago. Os intestinos podem variar entre os grupos, nas cobras-cegas, por exemplo, não há separação entre o delgado e o grosso, enquanto nos anuros o delgado é relativamente grande e o grosso é bem curto, terminando na cloaca (ORR, 1986).

2.5 SISTEMA EXCRETOR

Nos anfíbios, a excreção é realizada por dois rins compactos do tipo opistonéfrico. Como a maioria dos anfíbios vive na água, eles também possuem grandes corpúsculos renais que auxiliam na eliminação da água do corpo, evitando a diluição excessiva dos líquidos corporais (ORR, 1986).

Os rins são formados por cerca de 2000 néfrons. O néfron é uma estrutura filtrante dividida em três partes: o glomérulo, a cápsula de Bowman e o tubo urinífero. Os néfrons retiram do organismo o excesso de água, sais minerais e os resíduos solúveis, especialmente a ureia. Após a filtração do sangue e separação do material, a urina formada segue pelos ureteres para ser eliminada diretamente na cloaca, ou pode ser armazenada na bexiga (STORER et al., 2005).



Há uma crença popular que coloca a urina do sapo como sendo tóxica, irritante, sendo capaz inclusive de cegar uma pessoa. Embora algumas espécies de sapo urinem como forma de defesa, esta estratégia atua assustando o predador, pois não há nenhuma capacidade na urina destes animais de envenenar alguém.

2.6 SISTEMA NERVOSO

O sistema nervoso dos anfíbios é muito parecido com o dos peixes. Diferenciando que, como nesta classe os animais têm predominantemente movimentos lentos, seu cerebelo é menos desenvolvido.

Já nos órgãos dos sentidos, uma diferença importante na gustação é que nos peixes, os botões gustativos estavam presentes em toda boca, inclusive ao seu redor. Já nos anfíbios, eles estão restritos ao teto da boca, língua e mucosa das maxilas.

A visão é bem definida e importante, exceto nos Gymnophionas, e isso pode ser destacado através do fato de que os anfíbios se guiam pelo movimento para encontrar alimento, tendo dificuldade em localizar animais que não se mexem. Segundo Storer et al. (2005), os olhos encontram-se em posição especial e com estrutura propícia para que eles consigam enxergar em quase todas as direções.

A audição é importante pela própria necessidade reprodutiva, lembrando que os anfíbios **anuros** têm sua atividade reprodutiva iniciada através do canto e, portanto, precisam de uma audição eficiente. Contudo, para Orr (1986), nas salamandras e espécies próximas não há ouvido médio, mas acredita-se que elas possam perceber vibrações.

Já para o olfato, nos anfíbios surgiu uma estrutura importante, o órgão de Jacobson. Acredita-se que além de auxiliar na percepção olfativa, ele tenha papel auxiliar na gustação (ORR, 1986). Nos girinos, ainda podemos encontrar o mesmo sistema de linha lateral, tão fundamental e importante.

2.7 REPRODUÇÃO

A reprodução dos anfíbios talvez seja a mais diversa entre todos os grupos animais. Os anfíbios são dioicos, e embora sejam considerados ovíparos por excelência, são conhecidas 39 variações no modo reprodutivo, mas que se dividem em três estratégias principais: ovos aquáticos, ovos terrestres e arborícolas não aquáticos e ovos retidos no oviduto (BERNARDE, 2012).

Trataremos da estratégia basal e mais difundida entre as espécies, os ovíparos com ovos aquáticos.

Diferindo dos peixes com fecundação externa em que não havia contato entre os indivíduos na hora da fecundação, os anfíbios **anuros** machos, após disputarem e conquistarem o direito de acasalar com uma fêmea, realizam o **amplexo**.

O amplexo nada mais é do que um “abraço” que o macho dá para se prender à fêmea, que geralmente é maior que o macho, e assim garantir que ele irá fecundar os ovos dela.

FIGURA 60 - CASAL DE PERERECAS (*TRACHYCEPHALUS MESOPHAEUS*) EM AMPLEXO. A FÊMEA EMBAIXO E O MACHO SE MANTENDO ABRAÇADO EM CIMA



FONTE: Disponível em: <http://www.ra-bugio.org.br/anfibios_sobre_03.php>. Acesso em: 18 set. 2016.

Nos anuros a **fecundação é externa**, à medida que os ovos são liberados pela fêmea, o macho libera o esperma fecundando os ovos. Já nas salamandras a **fecundação é interna**, fato que também é atribuído às cobras-cegas (KARDONG, 2011).

Os ovos dos anfíbios são pequenos, sem casca e sem membranas extraembrionárias, sendo geralmente recobertos por uma substância gelatinosa. Segundo Storer et al. (2005), a quantidade de ovos varia com a espécie, algumas espécies podem ter posturas de apenas um ovo, já outras chegam a 32.000 ovos.

FIGURA 61 - OVOS DE ANFÍBIOS DEPOSITADOS EM AMBIENTE AQUÁTICO. É POSSÍVEL VER A CAMADA GELATINOSA QUE ENVOLVE OS OVOS



FONTE: Disponível em: <<https://pixabay.com/pt/ova-de-sapo-ovos-jovem-sapo-comum-288938/>>. Acesso em: 18 set. 2016.

A substância gelatinosa que recobre os ovos também os protege, impedindo que sejam levados pela correnteza, que desidratem e em alguns casos apresenta sabor desagradável protegendo-os do ataque de predadores (STORER et al., 2005). Há espécies que põem seus ovos em casulos de espuma suspensos em um galho pendendo sobre um corpo d'água. Nesse caso, depois de alguns dias, o casulo de espuma lentamente se liquefaz gotejando os girinos dentro da água.

No caso dos gymnophionas, não ocorre metamorfose, seu desenvolvimento é direto e do ovo já saem pequeninas cobras-cegas que são verdadeiros adultos em miniatura.

FIGURA 61 - OVOS DE GYMNOPHIONAS E UM ADULTO DO GRUPO. É POSSÍVEL VER OS EMBRIÕES EM DESENVOLVIMENTO NO INTERIOR DOS OVOS



FONTE: Disponível em: <<https://netnature.wordpress.com/2012/03/12/wormlike-amphibians-populate-indian-soil-com-resenha/>>. Acesso em: 22 set. 2016.

2.8 METAMORFOSE

Após o nascimento, os girinos iniciam um período de intensa alimentação onde se preparam para uma das etapas mais emblemáticas do grupo, a **metamorfose**.

Nos anuros, de acordo com Storer et al. (2005) e Pough et al. (2008), a metamorfose envolve mudanças físicas e bioquímicas: (não estão em sequência)

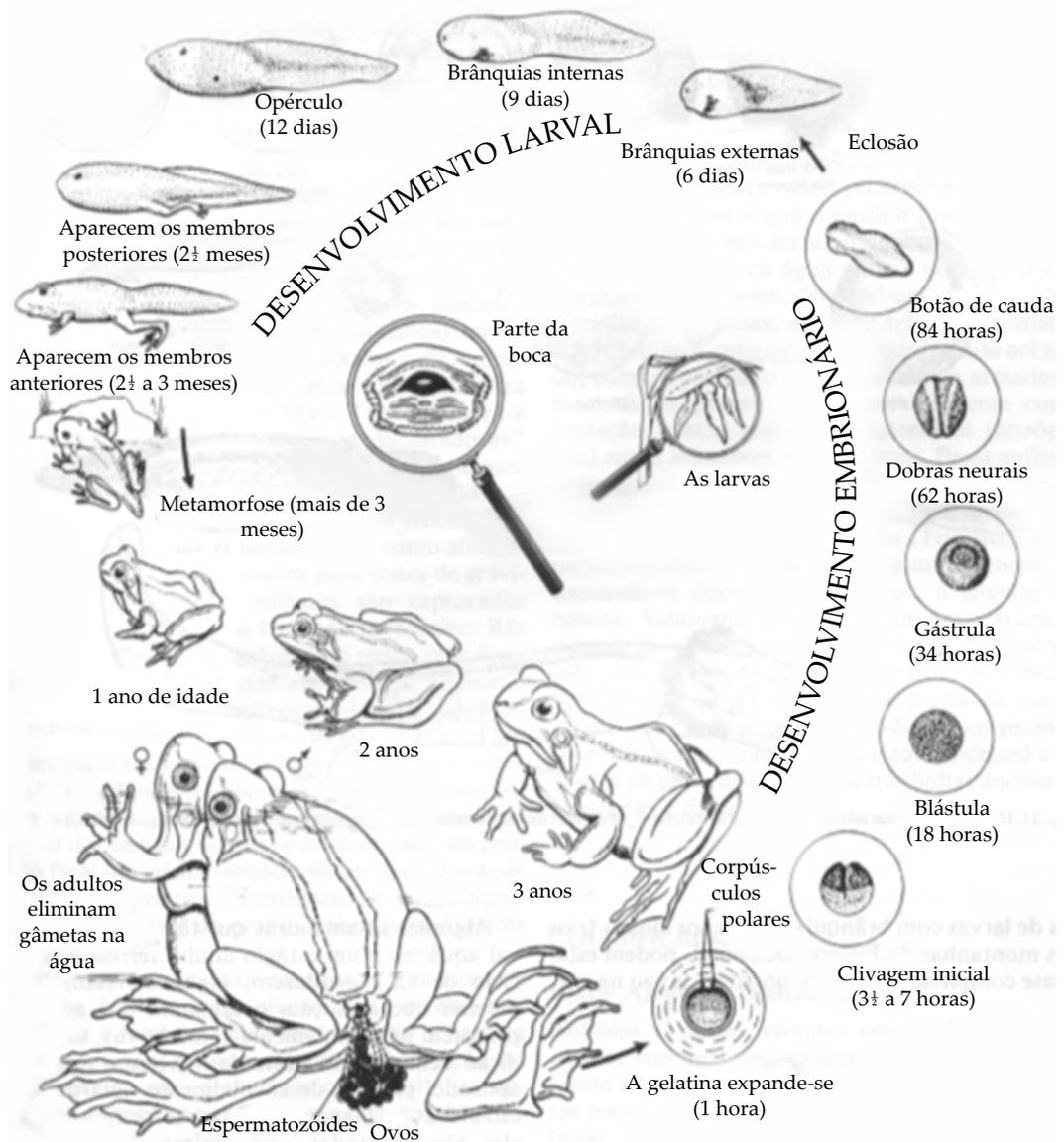
Físicas:

- Crescimento e alargamento da boca.
- Calcificação do esqueleto.
- Perda de placas córneas.
- Perda das brânquias e fechamento das fendas branquiais.
- Desenvolvimento dos pulmões.
- Desenvolvimento da língua prostrátil.
- Aparecimento das pernas posteriores e depois as anteriores.
- Redução do comprimento do intestino (de herbívoro para carnívoro).
- Reabsorção da cauda (anuros) e nadadeiras medianas.
- Formação da membrana nictitante no olho.
- Crescimento do cerebelo.
- Formação de glândulas dérmicas.

Bioquímicas:

- Excreção de amônia muda para ureia.
- A proporção de albumina no sangue aumenta frente à quantidade de globulina.
- A capacidade de o sangue liberar oxigênio nos tecidos aumenta (mudança da hemoglobina larval para adulta).
- Aumenta a atividade da pepsina e tripsina nas espécies carnívoras através da reeducação do pâncreas.

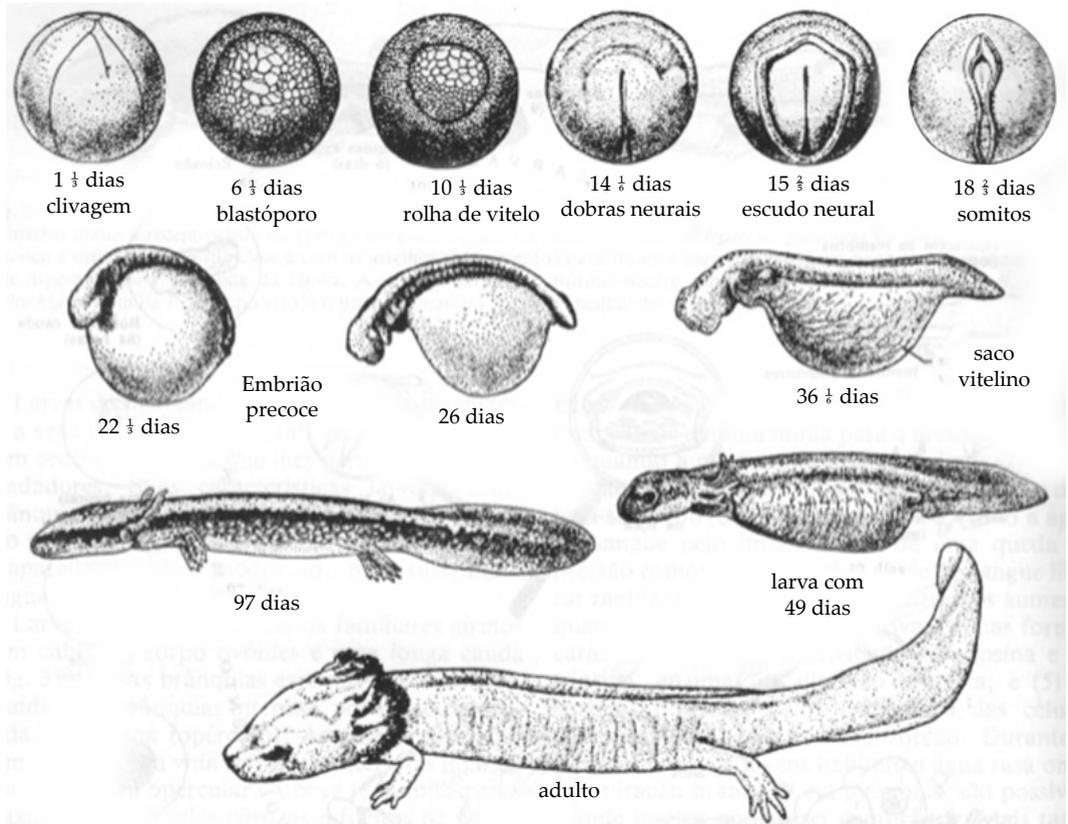
FIGURA 62 - ESQUEMA REPRESENTATIVO DO DESENVOLVIMENTO EMBRIOLÓGICO E DO DESENVOLVIMENTO LARVAL, PRÉ E PÓS-METAMÓRFICO DE UM REPRESENTANTE DOS ANFÍBIOS ANUROS (RÃ)



FONTE: Adaptado de Storer et al. (2015)

As larvas das salamandras são muito parecidas com os adultos se comparadas com as larvas do anuros. Suas características são as brânquias externas, a nadadeira caudal e as fendas branquiais desaparecerem depois da metamorfose. Em alguns casos, porém, os adultos das salamandras mantêm as características larvais indeterminadamente (**neotenia**). Quando isso ocorre estas formas são chamadas de **pedogênicas** (STORER et al., 2005).

FIGURA 63 - ESQUEMA REPRESENTATIVO DO DESENVOLVIMENTO EMBRIOLÓGICO E DO DESENVOLVIMENTO LARVAL, PRÉ E PÓS-METAMÓRFICO DE UM REPRESENTANTE DOS ANFÍBIOS CAUDATAS (SALAMANDRA) QUE MANTÉM AS CARACTERÍSTICAS LARVAIS (PEDOGÊNESE)



FONTE: Adaptado de Storer et al. (2015)



O Brasil é o maior detentor de diversidade em anfíbios do mundo. Só na Mata Atlântica há 543 espécies, sendo 529 anuros e 14 de cobras-cegas. Cerca de 88% delas são endêmicas, ou seja, só existem nesse bioma (HADDAD et al., 2013). O que se pretende dizer com isso? Estude mais, aprofunde-se, busque literatura especializada, visite a página da Sociedade Brasileira de Herpetologia. Com tamanha diversidade, é importante que você, como biólogo e professor, conheça bem os anfíbios da sua região.

LEITURA COMPLEMENTAR**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS SOBRE OS ANFÍBIOS BRASILEIROS**

Dados do Painel Intergovernamental Sobre Mudanças do Clima demonstram que a concentração atmosférica global de dióxido de carbono, medida em 2005, ultrapassou em muito a média dos últimos 650.000 anos (IPCC, 2007). Não surpreende, assim, a observação de que 11 entre os últimos 12 anos estão entre os mais quentes desde 1850. Previsões para o início do século XXII sugerem um aumento da temperatura média global entre 1,8 e 4 °C, a depender do cenário escolhido (IPCC, 2007). Este processo de modificação climática, que inclui não somente incrementos na temperatura, mas também extremos climáticos em escala global, é popularmente referido como aquecimento global. Estudos demonstram que este fenômeno tem sérias implicações diretas e indiretas sobre os fatores abióticos (e.g., clima, água e solo) e em todos os níveis tróficos da biota terrestre (POUNDS et al., 2007).

Animais ectotérmicos (ou seja, aqueles que são incapazes de controlar fisiologicamente a temperatura corporal) são altamente suscetíveis a alterações climáticas. Trata-se do caso dos anfíbios. Extremos de temperatura podem afetar o metabolismo desses animais de forma direta e indireta, afetando, por exemplo, o tempo de metamorfose (NEWMAN, 1998), a taxa de ventilação (KRUHØFFER et al., 1987), a susceptibilidade a infecções (RAFFEL et al., 2006) e a taxa de consumo de alimentos (BRAGA et al., 2001). A temperatura do ambiente pode também influir no comportamento dos anuros, interferindo na frequência e taxa de repetição de vocalizações (SULLIVAN; MALMOS, 1994; GIACOMA et al., 1997; NAVAS; BEVIER, 2001; GUIMARÃES; BASTOS, 2003), uma vez que podem dificultar o reconhecimento intraespecífico e interferir nas relações territoriais entre machos e identificação de parceiros sexuais. Mudanças na taxa de repetição dos cantos podem implicar em perda energética, uma vez que a vocalização é considerada por um dos maiores gastos energéticos dentre os vertebrados (WELLS, 2007).

A distribuição geográfica das espécies de anfíbios é também amplamente afetada pela temperatura (ARAÚJO et al., 2006; CASSEMIRO et al., 2012). Na Mata Atlântica, acredita-se que alterações climáticas futuras resultarão em mudanças nas áreas de distribuição de muitas espécies de anfíbios (HADDAD et al., 2008). Este fato é alarmante, especialmente tendo em vista que os anfíbios são hoje os vertebrados mais ameaçados do planeta (HOFFMANN et al., 2010).

Uma das principais ferramentas empregadas em estudos da distribuição potencial de espécies é a modelagem de nicho ecológico, em particular aquelas que utilizam modelos correlativos de máxima entropia. Essa técnica utiliza as características climáticas das várias localidades de coleta de uma dada espécie (obtidas via trabalho de campo ou pesquisa em coleções biológicas) para inferir o nicho climático da mesma e, através de uma projeção espacial, prever a distribuição potencial do organismo de interesse no espaço geográfico. Para tanto, MaxEnt requer a identificação de pontos

em que a espécie-alvo está presente, bem como capas bioclimáticas que descrevam variáveis ambientais de potencial relevância biológica, incluindo medidas de tendência central e de dispersão da temperatura e precipitação (PHILLIPS et al., 2006).

Para ilustrar a utilidade dessas técnicas e discutir alguns possíveis impactos das alterações climáticas previstas nos próximos 90 anos sobre os anfíbios brasileiros, apresentamos aqui um exercício de modelagem da distribuição de três espécies fictícias, duas de ampla distribuição nos biomas Caatinga e Mata Atlântica, e uma de distribuição restrita às Florestas de Araucárias. Para fins de discussão da importância do uso de variáveis hidrológicas que descrevam os sítios reprodutivos de anuros em exercícios preditivos, apresentamos e discutimos um modelo de uma espécie real de uma espécie de ampla distribuição no Brasil (prioritariamente cerrado), *Eupemphix nattereri* (Leiuperidae).

Métodos

Buscando aproximar os efeitos das mudanças climáticas sobre os diferentes biomas brasileiros, estabelecemos áreas de distribuição para três espécies fictícias endêmicas da Caatinga, Mata Atlântica e das Florestas de Araucária. Dentro destas áreas de distribuição fictícias, aleatorizamos pontos que representam áreas de ocorrência destas espécies, de forma a obter densidade semelhante de pontos (Caatinga 441 pontos, Mata Atlântica = 713 pontos e Floresta de Araucária = 316 pontos). Procedimento equivalente foi realizado com base na área de distribuição de *Eupemphix nattereri*, tendo como base a área de distribuição da espécie fornecida pela IUCN (IUCN, 2010).

Para cada ponto gerado foram identificadas suas coordenadas geográficas, e, com base nelas, gerado um modelo de distribuição de cada espécie em MaxEnt (PHILLIPS et al., 2006). O modelo foi criado a partir de 75% dos pontos disponíveis para cada espécie e utilizando oito variáveis ambientais: cobertura anual de nuvens (cld6190_ann.asc), variação da temperatura diurna (durante o ano) (dtr6190_ann.asc), frequência de geadas anuais (frs6190_ann.asc), precipitação anual (pre6190_ann.asc), temperatura média anual (tmn6190_ann.asc), temperatura mínima anual (tmp6190_ann.asc), temperatura máxima anual (tmx6190_ann.asc) e pressão de vapor anual (vap6190_ann.asc) Para testar o modelo, utilizamos 25% dos pontos gerados por espécie.

Cada mapa resultante da análise indica a distribuição potencial da espécie-alvo dadas as condições climáticas atuais, identificando as regiões de maior probabilidade de ocorrência das espécies. Estas áreas apresentam características ambientais que se assemelham às das localidades de ocorrência das espécies fictícias. Fundamentados num cenário de aumento da temperatura global para o ano de 2100 (aumento de 3 °C na temperatura mínima anual e 4 °C na temperatura máxima anual), projetamos então a distribuição das espécies-alvo com base nesses novos valores.

Para cada espécie identificamos as variáveis ambientais de maior contribuição para o modelo de distribuição. Para avaliar o poder preditivo de cada modelo geramos

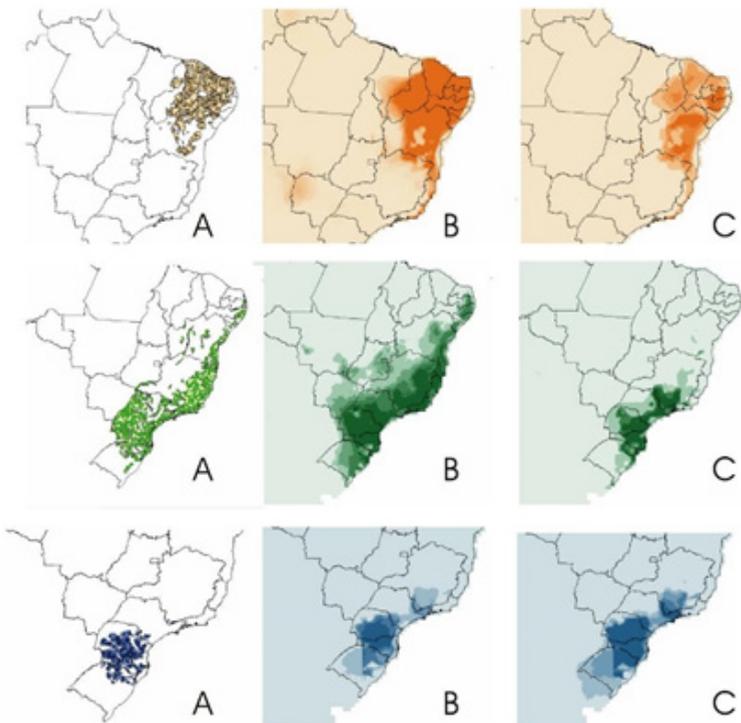
valores de AUC (*area under the curve*: área sob a curva). O valor de AUC varia de 0 a 1, onde 0 indica que o desempenho do modelo é pior do que o de um modelo aleatório e 1 indica que o desempenho do modelo é perfeito.

Resultados e Discussão

Como pode o aquecimento global afetar a distribuição de anfíbios amplamente distribuídos em diferentes biomas brasileiros?

Todos os modelos de distribuição tiveram AUC maior do que 0,8, indicando bom desempenho (Caatinga = 0,97, Mata Atlântica = 0,97, Floresta de Araucária = 0,99, *Eupemphix nattereri* = 0,88). As duas variáveis que mais contribuíram para a geração dos modelos incluíram uma medida indireta de umidade e uma medida de temperatura – um dado não surpreendente dada a intrínseca relação desses biomas com o clima local, bem como dos anfíbios com estas variáveis (WELLS, 2007). São elas: precipitação e temperatura média anual (Caatinga; 49,9 e 37,5%; Floresta de Araucária 18,3 e 31,9%, respectivamente), e temperatura média anual e precipitação (Mata Atlântica; 40,9 e 21,3%, respectivamente). Para *Eupemphix nattereri*, as variáveis mais importantes para a construção do modelo foram a temperatura média anual e a pressão de vapor de água (36,4 e 29%, respectivamente).

FIGURA 1 - ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO DE TRÊS ESPÉCIES FICTÍCIAS (DE CIMA PARA BAIXO: CAATINGA, MATA ATLÂNTICA E FLORESTA DE ARAUCÁRIAS)



Distribuição dos pontos gerados aleatoriamente e área selecionada para

a aleatorização dos pontos (A). Modelo de distribuição gerado com as condições ambientais atuais (B). Modelo de distribuição gerado com o cenário de previsão de aumento da temperatura (C). Em B e C as cores mais escuras representam maior probabilidade de ocorrência da espécie.

Os modelos sugerem uma redução na distribuição das espécies da Mata Atlântica e da Caatinga (Figura 1). Para espécies da Mata Atlântica, o modelo sugere uma retração para as regiões de clima mais ameno no sudeste e sul do Brasil; na Caatinga, é prevista menor probabilidade de ocorrência nas áreas do interior, e persistência de populações ao longo da costa. Por outro lado, os modelos sugerem um aumento na distribuição da espécie das Florestas de Araucárias, expandindo seu limite prioritariamente para a região sul (Figura 1).

Para *Eupemphix nattereri*, o modelo de distribuição prevê que as variáveis ambientais mais importantes são a temperatura média anual e a pressão de vapor anual. Esta espécie ocupa regiões (Cerrado prioritariamente) em que a umidade do ar é inconstante. Da mesma forma que espécies de altitude, as espécies do Cerrado, estão sujeitas a situações de grande variação da temperatura diária, sendo que a variação diária pode ser a mesma que a variação da temperatura média anual. A importância relativa da temperatura média anual no modelo de distribuição dessa espécie sugere que uma limitação fisiológica impeça a ocupação de áreas com temperatura médias muito baixas ou muito altas: apesar da espécie ser capaz de enfrentar com sucesso grande variação de temperatura diariamente, é possível que não esteja adaptada a suportar extremos de temperatura por períodos prolongados.

Anfíbios que vivem em áreas quentes ou desérticas são mais resistentes a elevação da temperatura do que espécies de ambientes frios e florestados?

Os modelos da Figura 1 sugerem que o aquecimento global afetará não somente espécies atualmente distribuídas em climas amenos (e.g. áreas costeiras e mata de araucária), mas também espécies endêmicas da Caatinga. Estudos fisiológicos indicam que não existe relação direta entre temperatura média da área de ocorrência de uma espécie e seu grau de tolerância a incrementos adicionais de temperatura (NAVAS et al. 2008). O fator relevante na definição da resposta biológica ao aquecimento, nesse caso, é a relação entre o limite de tolerância térmica de cada espécie e a amplitude do aquecimento esperado para o futuro; anfíbios de áreas abertas e quentes podem já estar vivendo perto do seu limite térmico máximo (KATZENBERGER et al. 2011). Por exemplo, um animal vivendo sob temperatura anual média de 35 °C pode não sobreviver a 39 °C. Por outro lado, outro vivendo sob temperatura anual média de 25 °C provavelmente não será afetado da mesma forma caso a temperatura local alcance 29 °C (NAVAS et al., 2008). Nos dois casos o incremento da temperatura é de 4 °C (como previsto para 2100, assumindo um cenário mais pessimista), mas as consequências serão mais graves para aquelas espécies que já vivem sob condições próximas ao seu limite térmico máximo. Naturalmente, o uso de micro-habitat como refúgios climáticos (via enterramento, uso preferencial áreas sombreadas para forrageamento, maior número de horas no ambiente aquático etc.) podem auxiliar espécies locais a tolerar

maiores temperaturas médias do ar. Todavia, pouco se sabe a respeito do papel relativo das limitações fisiológicas e modificações comportamentais na magnitude das consequências biológicas do aquecimento global.

Impactos do aquecimento global sobre qualidade de micro-habitat: implicações para conservação

Apesar das mudanças climáticas globais serem frequentemente discutidas a nível macro ecológico, o aquecimento global afeta de forma direta os microambientes utilizados pelos animais. A maior parte dos ambientes aquáticos continentais, por exemplo, é formada por corpos d'água rasos, não excedendo 5 m de profundidade (DOWING et al., 2006). É justamente nestes ambientes que muitos anfíbios anuros depositam seus ovos. Na maioria dos casos, aí se desenvolvem os girinos até a metamorfose.

Ambientes aquáticos de pouca profundidade são altamente susceptíveis à influência das mudanças climáticas. Respostas locais incluem, por exemplo, o aumento da temperatura, da eutrofização, e da turbidez dos corpos d'água (BICUDO; BICUDO, 2008). Isoladamente ou em conjunto, esses efeitos afetam populações de anfíbios (COLLINS; CRUMP, 2009). O aumento da eutrofização de poças temporárias, por exemplo, aumenta a disponibilidade de alimento para girinos herbívoros, mas também permite a proliferação de hospedeiros de parasitas, elevando a prevalência parasitária nos corpos d'água (BLAUSTEIN; JOHNSON, 2003).

A espécie *Eupemphix nattereri* se reproduz em lagoas temporárias formadas pelas águas das chuvas. Nestes corpos d'água os casais depositam seus ovos em ninhos de espuma brancos (Figura 2C). Um aumento significativo da temperatura local pode levar a um rápido ressecamento dessas lagoas, ocasionando na morte de girinos e ovos. Adicionalmente, desovas expostas ao solo estarão mais suscetíveis ao ataque de predadores terrestres (Figura 2D-F).

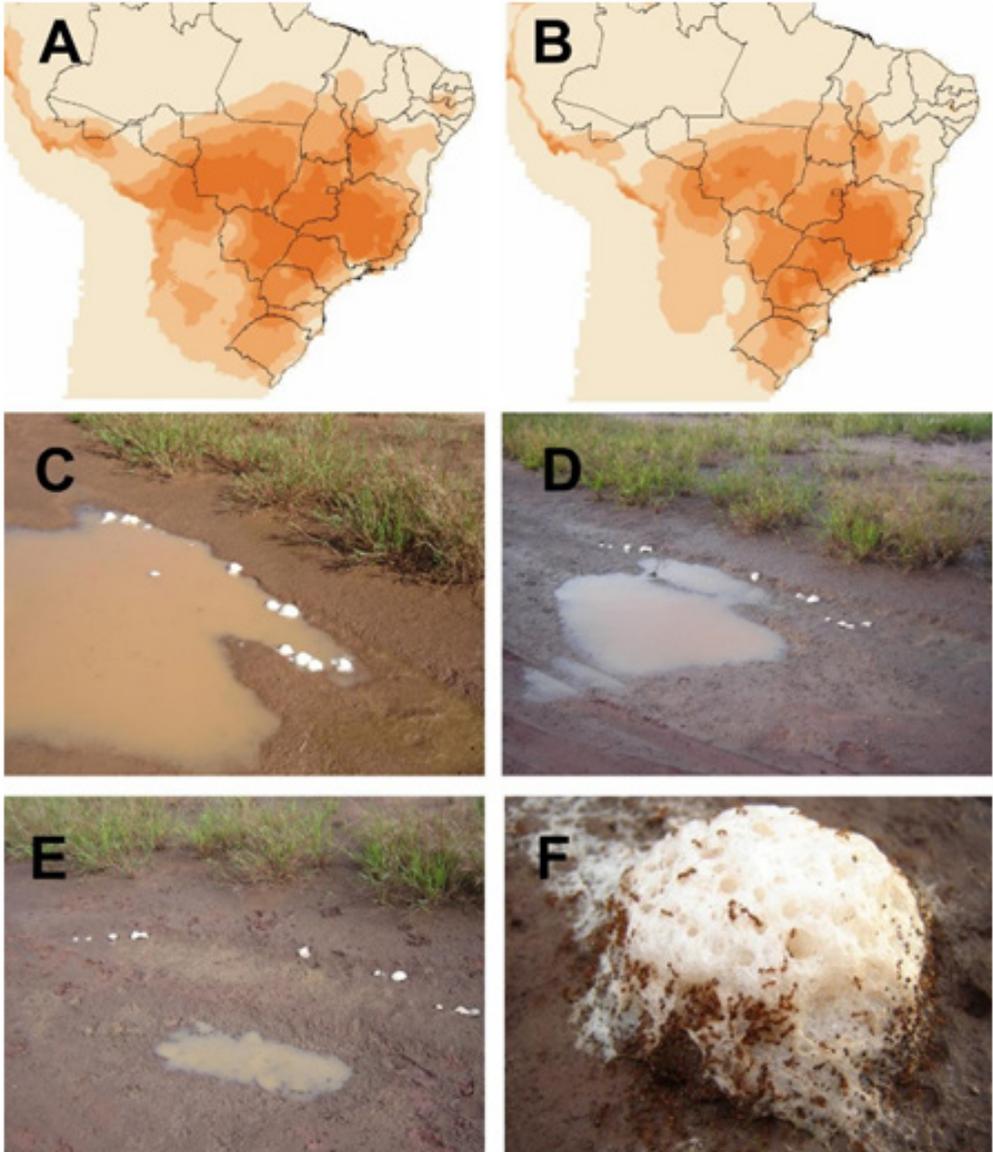
O intuito da discussão acima é demonstrar que mesmo quando um modelo climático de distribuição preveja a permanência local de uma espécie face aos cenários de emissão futura de carbono (Figura 2A e 2B), esta pode vir a sofrer efeitos diretos do clima sobre os micro-habitats utilizados em seu ciclo de vida. Estudos preditivos da distribuição da biodiversidade de anfíbios em resposta ao aquecimento global têm muito a ganhar com a incorporação de variáveis hidrológicas em fina escala em conjunção com dados de história natural. Estudos experimentais estão sendo realizados nestas linhas, mas pouco foi publicado.

Interações entre clima e patógenos: incorporando mais complexidade a estudos preditivos

Além de afetar populações de anfíbios diretamente, tal como ilustrado acima, mudanças climáticas podem interferir na virulência de patógenos e ação de parasitas. Sabe-se, por exemplo, que muitas espécies de anfíbios são susceptíveis

a uma micose causada pelo fungo quitrídio *Batrachochytrium dendrobatidis* (LONGCORE et al., 1999). Essa doença, também conhecida como quitridiomico-se, tem sido associada a declínios populacionais em várias regiões do mundo (LIPS; COL, 2006). Inventários demonstram que esse fungo vem infectando anfíbios da Mata Atlântica ao menos desde os anos oitenta (TOLEDO et al., 2006; CARNAVAL et al., 2006).

FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE *EUEMPHIX NATTERERI* ATUAL



(A) com distribuição potencial futura considerando aumento da temperatura global (B). Quanto mais escuro, maior a probabilidade de ocorrência da espécie. Lagoa temporária onde foram postas 12 desovas de *E. nattereri* (C), a qual secou em dois dias (D e E), expondo os ovos (e embriões) à dissecação e predação por formigas (*Solenopsis* sp.; F), larvas de mosca e aves.

Estudos recentes sugerem uma potencial interação entre fungo e clima (POUNDS et al., 2006) – particularmente dado o que se sabe a respeito da temperatura ideal de cultivo do fungo sob condições de laboratório – que merece estudos adicionais. A hipótese de Pounds et al. (2006) é a de que mudanças climáticas globais estejam fornecendo ao fungo condições climáticas apropriadas para sua sobrevivência nos mais variados ambientes. Ademais, mudanças climáticas globais podem, num futuro próximo, tornar propícias para sua disseminação áreas que hoje não possuem as condições ideais para a sobrevivência do fungo (RÖDDER et al., 2010).

É importante ressaltar, todavia, que esta não é a única possível interação entre o clima e doenças como a quitridiomicose. Imunodepressão é frequentemente associadas a estresse climático, sendo assim possível que o aquecimento global impacte negativamente o sistema imune de muitas espécies de anfíbios, deixando-os mais suscetíveis às infecções (RAFFEL, 2006).

Discussão geral

Antecipa-se que o aquecimento global e os extremos climáticos antecipados para os próximos 80 anos afete populações de anfíbios a nível global (POUNDS et al., 2007). Ferramentas como a modelagem do nicho climático sugerem que muitas espécies de anuros brasileiros serão afetadas em nível macro ecológico, tendo suas distribuições reduzidas ou expandidas em resposta às alterações do clima. Adicionalmente, espécies locais poderão sofrer impactos em uma escala menor, via alteração na oferta de sítios reprodutivos e micro-habitats e susceptibilidade a doenças (ASSIS, 2012). A perda da diversidade de anfíbios é alarmante, podendo trazer consequências graves à saúde e à integridade dos ecossistemas brasileiros e mundiais (TOLEDO et al., 2010). Estudos preditivos e experimentais são fundamentais para definirmos estratégias eficazes para a conservação das espécies e biomas brasileiros.

FONTE: COSTA, Thais R.N.; CARNAVAL, Ana C.O.Q.; TOLEDO, Luís Felipe. Mudanças climáticas e seus impactos sobre os anfíbios brasileiros. *Revista da Biologia*, Universidade Federal do Paraná, Departamento de Zoologia, Laboratório de Dinâmicas Ecológicas, n. 8, p. 33-37, 2012.

RESUMO DO TÓPICO 2

Neste tópico, você aprendeu que:

- Anfíbios vivem entre dois ambientes: aquático e terrestre.
- Anfíbios possuem três estratégias respiratórias: branquial, cutânea e pulmonar.
- A principal estratégia de reprodução destes animais é a oviparidade.
- Existem três grupos atuais de anfíbios: os anuros, os caudatas e os gymnophionas.
- Por sua pele ser fina, úmida e ricamente vascularizada são condicionantes para a respiração cutânea.
- A glândula paratoide dos sapos produz uma toxina que causa irritação nas mucosas.
- Como características, os anuros não têm cauda, os caudatas possuem uma cauda bem desenvolvida e os gymnophionas não possuem patas, tendo o corpo serpentiforme.
- Os anfíbios são ectotérmicos.
- Diferente da crença comum, nem todos os anfíbios possuem girinos e se desenvolvem na água.
- Possuem um coração de três cavidades em que há mistura de sangue arterial rico em oxigênio com sangue venoso rico em gás carbônico.
- A larva dos anfíbios é o girino, que deve sofrer metamorfose para atingir a forma adulta que sobrevive fora da água.
- Anfíbios se defendem através de camuflagem, imobilidade, veneno, descargas cloacais e sons, entre outras estratégias.
- As cordas vocais permitem ao anfíbio a realização do canto.
- Entre os sentidos bem desenvolvidos nos anfíbios temos: audição, visão e olfato. Este último é realizado pelas narinas e pelo órgão de Jacobson.
- Os girinos são filtrantes herbívoros e os adultos são carnívoros.



1 Assinale V para verdadeiro e F para falso com relação às afirmações abaixo:

- () Nem todos os anfíbios possuem ovos que necessitam ser postos na água.
- () A maior parte dos girinos alimentam-se de pequenas larvas e insetos.
- () Sapos, rãs e pererecas pertencem ao grupo dos anuros, pois não possuem cauda.
- () O órgão de Jacobson é responsável pelo sentido do equilíbrio e da audição.
- () A respiração cutânea ocorre através da pele que é fina e úmida.
- () Nos anfíbios a respiração branquial é exclusiva dos girinos.
- () O pulmão dos anfíbios substitui a respiração cutânea, ela não é mais necessária.
- () Todos os anfíbios possuem um estágio larval iniciando sua vida na água.

2 Embora os anfíbios tenham algumas características bem marcantes em comum, eles se dividem em três grupos devido a variações em sua estrutura física. Diferencie os três grupos de anfíbios com relação as suas características anatômicas externas.

3 Cite três mudanças físicas e três mudanças bioquímicas que ocorrem durante a metamorfose.

4 Os anfíbios são conhecidos por terem duas fases de vida. Geralmente uma delas é aquática e a outra é terrestre. Porém, mesmo para a fase de vida terrestre, há uma grande necessidade para a maioria dos anfíbios de se manterem próximos a fontes de água, ou mesmo locais com grande umidade. Quais os motivos que levam a maioria dos anfíbios a serem tão dependentes da água?

1 INTRODUÇÃO

Os anfíbios, ao longo da sua história natural, foram desenvolvendo estratégias para contornar a falta de água. Evolutivamente, essa foi uma demanda que precisou ser vencida pelos antigos anfíbios para se diversificarem e conquistarem o ambiente terrestre.

A estratégia que surgiu foi desenvolver um mecanismo reprodutivo que tornasse as larvas, embriões dos futuros seres vivos, independentes do meio aquático externo. Foi nessa etapa que a evolução dividiu os seres vivos em **AMNIOTAS** e **NÃO AMNIOTAS**.

Os anfíbios são os tetrápodes não amniotas, ou seja, seus embriões desenvolvem-se em ovos que não possuem membranas extraembrionárias. Já os tetrápodes amniotas possuem essas membranas, além do embrião estar acondicionado em um ovo de casca geralmente calcária ou coriácea (KARDONG, 2011).

Os ovos amnióticos, além de terem as membranas extraembrionárias, o âmnio, córion e alantoide, também são maiores, originando filhotes e adultos maiores (POUGH et al., 2008).

Os répteis, aves e mamíferos são os amniotas atuais, e a partir desse tópico e na próxima unidade estudaremos esses grupos.

É importante saber desde já que evolutivamente, após os anfíbios, surgem os répteis. Eles desenvolveram uma série de adaptações e estruturas que os tornaram independentes da água, permitindo que finalmente os vertebrados dominassem o ambiente terrestre e iniciando sua expansão pelos mais diversos ambientes e desenvolvendo uma grande gama de novas espécies.

Os répteis surgem nesse contexto como responsáveis por essa conquista. Muitos deles possuem as mesmas características anatômicas identificadas nos antepassados de milhares de anos atrás. Isso nos mostra que o *design* trazido por eles é realmente eficiente, já que pouco mudou.

Até dezembro de 2015 a fauna de répteis do Brasil apresentava 773 espécies, mais 46 subespécies, totalizando 819 táxons. Esses estão divididos da seguinte

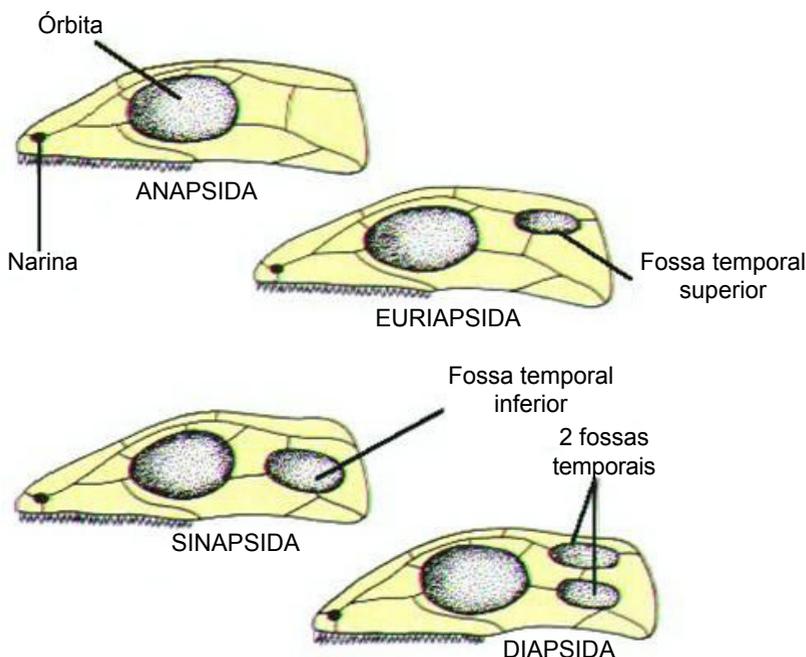
forma: Chelonia (36 espécies), Crocodylia (6 espécies) e 731 Squamata, sendo 266 espécies de “Lagartos”, 73 espécies de Amphisbaenia e 392 espécies de Serpentes (BÉRNILS; COSTA, 2015).

2 EVOLUÇÃO DOS AMNIOTAS E RÉPTEIS

De acordo com Kardong (2011), o surgimento e diversificação dos amniotas foi estudado utilizando como características a região da têmpora no crânio. De acordo com essa região anatômica, observam-se duas características, o número de aberturas e a posição dos arcos temporais. Dessa forma foram reconhecidos quatro tipos primários de crânios:

- O **anápsido**, típico dos amniotas mais antigos e das tartarugas. Esse crânio não possui nenhuma abertura e tem a região temporal totalmente fechada por osso.
- O **sinápsido** (Synapsida), que é característico dos mamíferos e seus antepassados, possui uma única abertura na região temporal e essa abertura tem uma margem inferior formada por ossos.
- O **diápsido** (Sauropsida), que possui duas aberturas na região temporal, compunham os dinossauros e pterossauros e deram origem a todas as aves e aos répteis atuais (exceto tartarugas).
- E há ainda o crânio **euriápsido**, que é uma variação dos diápsidos com uma única abertura na região temporal e a margem óssea que nos sinápsidos era inferior, aqui, fica na região inferior.

FIGURA 64 - MORFOLOGIAS DE CRÂNIO QUE DERAM ORIGEM AOS TETRÁPODES MODERNOS



FONTE: Disponível em: <<http://www.biozoo.com/2012/01/reptiles-classification.html>>. Acesso em: 22 set. 2016.

Atualmente, a Classe Reptilia inclui quatro ordens:

- Squamata – lagartos e serpentes.
- Chelonia – tartarugas, cágados e jabutis.
- Crocodilia – jacarés, crocodilos e gaviais.
- Rhinchocephalia – com uma espécie, o tuatara (*Sphenodon punctatus*).

Para os répteis se tornarem o primeiro grupo a conquistar os lugares secos do ambiente terrestre, a evolução deste grupo desenvolveu diversas características, para Storer et al. (2005) essas características são:

- Maior resistência da pele desenvolvida através do seu espessamento e cornificação, que só foi possível com o abandono da função respiratória que a mesma tinha nos mamíferos.
- A pele ofereceu maior proteção contra o atrito e a perda de água. Áreas de pele fina e flexível permaneceram entre as escamas, dando flexibilidade ao conjunto.
- Garras nas extremidades dos dedos para protegê-los e auxiliar na locomoção.
- Um órgão copulador para transferência direta de espermatozoides, fecundação interna.
- Redução da água perdida através da urina. Isso foi possível por uma alteração fisiológica onde há produção de uma urina hipertônica e contendo ácido úrico (ao invés de amônia e ureia) como excreta nitrogenada.
- Ovos com casca resistente à perda de água, porém, porosa, contendo uma membrana cheia de líquido (âmnio) que protege o embrião da desidratação e de choques mecânicos.
- Aumento da temperatura ótima corporal para funcionamento do organismo, porém há um estreitamento da amplitude dessa temperatura ideal. Isso permitiu uma melhor exploração de ambientes mais quentes, como os desertos. Há indícios de espécies fósseis com provável endotermia.
- Uso da língua como forma de transporte de partículas químicas do meio externo para o órgão de Jacobson, o que antes acontecia por meio da água nos anfíbios.

3 CARACTERÍSTICAS DAS ORDENS DE RÉPTEIS

Mesmo sendo representantes dos vertebrados ectotérmicos, os répteis diferenciam-se dos demais representantes de vertebrados por possuírem características únicas deste grupo e que permitem uma rápida identificação.

Essas características foram fundamentais para permitir a conquista do ambiente terrestre, e embora sejam comuns aos répteis, são também diversificadas o bastante para permitir a classificação destes animais em seus grupos reptilianos específicos.

3.1 CHELONIA

O corpo está inserido dentro de uma caixa óssea formada pelas costelas que se alargaram e se fundiram. Dá-se o nome carapaça a essa estrutura, que na região ventral é denominada de plastrão.

Uma característica única deste grupo é a inserção dos membros e cinturas articuladas para dentro da caixa torácica (KARDONG, 2011). Além disso, elas não possuem dentes, nos quelônios as maxilas superior e inferior estão cobertas por uma bainha córnea que forma uma estrutura semelhante ao bico de uma ave (ORR, 1986).

FIGURA 65 - A – TARTARUGA MARINHA, B – JABUTI, C – CÁGADO DE ÁGUA DOCE



FONTE: Disponível em: <<http://www.tamar.org.br/interna.php?cod=80>>. Acesso em: 22 set. 2016.

Os membros locomotores nesse grupo assumem três formas. Temos as patas totalmente modificadas em nadadeiras nas tartarugas marinhas. Totalmente adaptadas à vida na água, visto que esses animais vão para terra firme apenas no período de postura dos seus ovos, no caso das fêmeas, enquanto os machos, depois que nascem, não regressam mais à terra firme.

Nos cágados que vivem em água doce, as patas possuem os dedos ligados por membranas interdigitais, adaptadas à natação, porém mantém a capacidade de locomoção em terra devido à necessidade destes animais de saírem da água para realizar a termorregulação.

Já os jabutis são totalmente terrestres, possuindo as patas modificadas em forma de toco, sem dedos aparentes. Estas patas são bem fortes para sustentar o pesado corpo e realizar seu deslocamento. Utilizam mais a força do casco do que a agilidade de movimentação para sua defesa (ORR, 1986).

Assim como os demais répteis que passam pelo processo de ecdise, nos chelonias ela também ocorre e no caso desses animais a carapaça e o plastrão liberam placas cornificadas que permitem o crescimento do indivíduo.

O Brasil possui cinco espécies de tartarugas marinhas que visitam e nidificam na costa brasileira, todas na lista de animais ameaçados de extinção (BERNARDE, 2012).

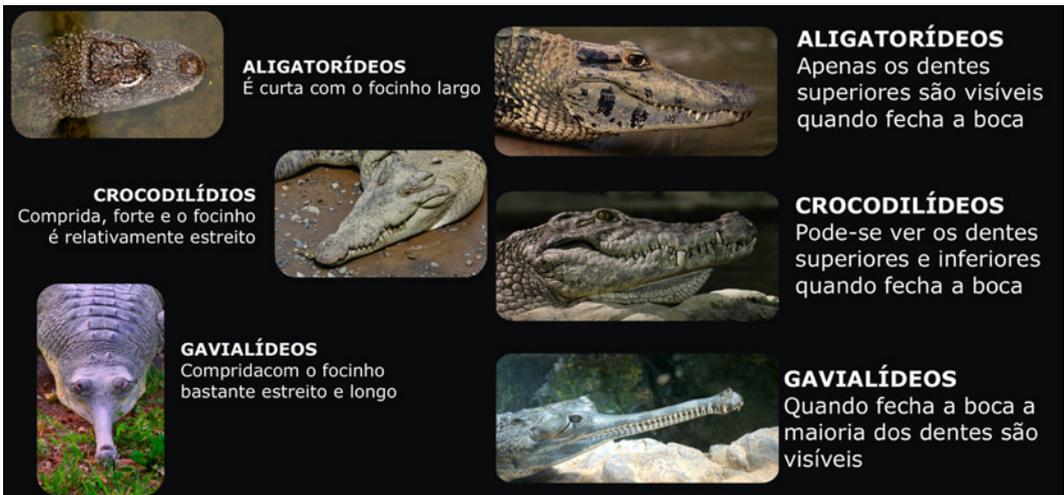
Entre as ameaças que os quelônios enfrentam (principalmente os marinhos) estão a coleta de ovos e caça de adultos para serem utilizados na alimentação humana, a pesca com espinhel, a ocupação desordenada das praias através da exploração imobiliária, a pesca com redes e o lixo lançado nos oceanos que é confundido com alimento e acaba por sufocar e engasgar os animais.

3.2 CROCODILIA

Neste grupo estão os maiores répteis da atualidade. Possuem o corpo coberto por escamas, porém alguns possuem placas ósseas (osteodermos) no dorso, formando uma forte “armadura” protetora (STORER et al., 2005).

Os crocodilianos são capazes de caminhar em terra firme, saem da água para realizar a termorregulação do seu corpo, mas nadam com habilidade, passando boa parte do seu tempo submersos, ou apenas com olhos e narinas para fora da água espreitando suas presas.

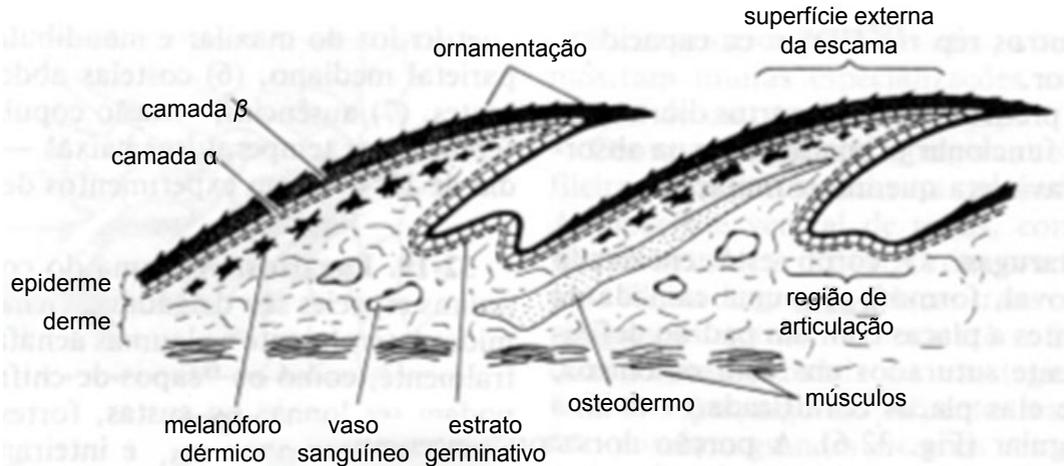
FIGURA 66 - DIFERENÇAS ENTRE OS CROCODILIANOS



FONTE: Disponível em: <<https://zooterra.wordpress.com/tag/crocodilianos>>. Acesso em: 22 set. 2016.

Apesar de possuírem membranas entre os dedos, é o movimento ondulatório do corpo, impulsionado também por uma potente e musculosa cauda que realiza a natação (ORR, 1986).

FIGURA 67 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DE CORTE DE PELE DE RÉPTIL



FONTE: Adaptado de Storer et al. (2015)

Os crocodilianos são temidos no Brasil, em especial o jacaré-açu (*Melanosuchus niger*), que pode atingir até quatro metros de comprimento. Porém, os mais ameaçados são mesmo os crocodilianos que sofrem com a caça ilegal devido à carne e ao couro que é muito valorizado. Em algumas regiões do Brasil esses animais são criados para esses fins (BERNARDE, 2012).

3.3 SQUAMATA

A divisão dos Squamatas nas três subordens: Lacertília (lagartos), Serpentes e Amphisbaenia (cobras-cegas ou cobras-de-duas-cabeças) é artificial devido às relações filogenéticas entre as famílias. Porém, como esses animais são separados em muitos estudos ecológicos e de estrutura de comunidades, manteremos essa divisão das famílias nas respectivas subordens (BERNARDE, 2012).

FIGURA 68 - DIFERENÇAS ENTRE OS CROCODILIANOS



FONTE: Disponível em: <<https://zooterra.wordpress.com/tag/crocodilianos>>. Acesso em: 22 set. 2016.

Nos aligatorídeos estão os jacarés. Já os gavialídeos estão restritos naturalmente no continente asiático, em especial na Índia. Apesar de visivelmente diferentes, lagartos e serpentes possuem semelhanças que os inserem no grupo squamata e os deixam muito próximos evolutivamente. Já as cobras-cegas, apesar do nome, estão mais aparentadas aos lagartos que às serpentes.

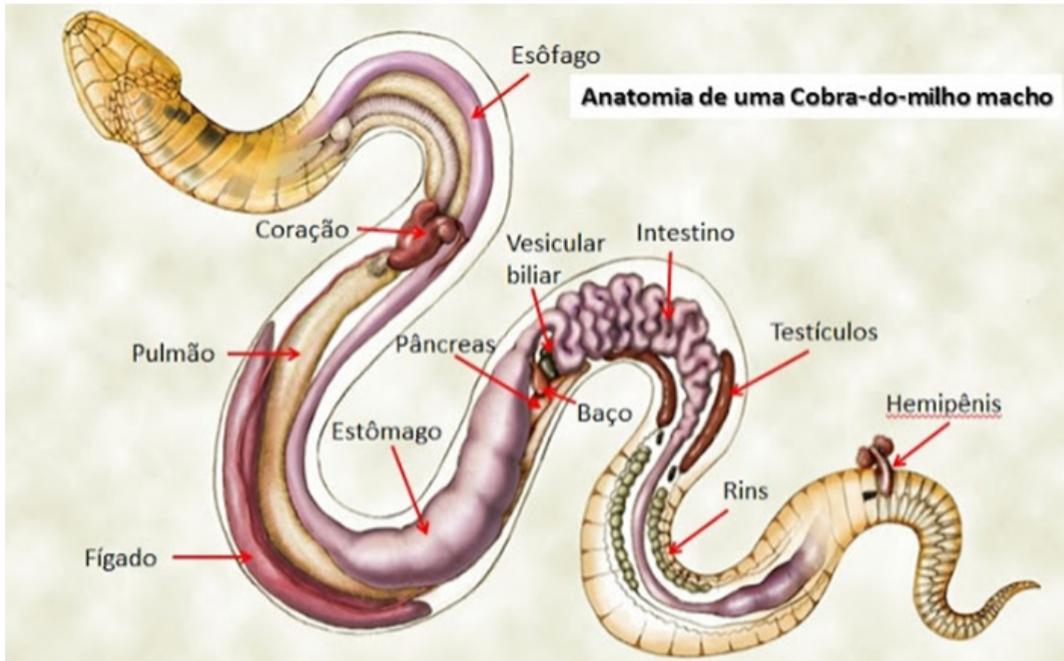
Se formos listar diferenças entre os lagartos e as serpentes, teremos, além da visível falta de patas pelas serpentes, outras características, como: as serpentes possuem órgãos pares em posição alternada dentro do corpo, as serpentes não possuem pálpebras e elas também possuem um pulmão alongado e o outro é pequeno, atrofiado ou mesmo inexistente. De acordo com Orr (1986), os lagartos também possuem um pulmão ligeiramente maior que o outro e supõe-se que essa diferença de tamanho dos pulmões nos répteis esteja associada à forma alongada de seu corpo.



Os machos das serpentes que pertencem à família Boidae (Jiboias e Sucuris, por exemplo) possuem uma garra próximo à cloaca. Internamente, essa garra está ligada a um osso relacionado evolutivamente com resquícios da bacia, em uma época cujos antepassados das serpentes possuíam patas.

Essa garra parece ter alguma função na época reprodutiva, pois já foram vistos machos "acariciando" o dorso das fêmeas com essas estruturas.

FIGURA 69 - ANATOMIA INTERNA DE UMA SERPENTE



FONTE: Disponível em: <<http://www.vevet.com.br/2013/05/anatomia-de-uma-cobra-macho.html>>. Acesso em: 22 set. 2016.

Na figura acima é possível ver o único pulmão, bem como as posições alternadas dos órgãos pares como rins, e testículos. Outra característica das serpentes é que elas ingerem todo alimento inteiro, elas não arrancam pedaços. Para isso, sua mandíbula possui articulações com ligamentos extremamente flexíveis, que permitem a esses animais abrir sua boca mais do que qualquer outro.

Já as amphisbaenias são animais de hábitos fossoriais, de olhos geralmente atrofiados e às vezes cobertos por uma camada de pele com escamas. A grande dificuldade no estudo desses animais é sua localização. Como vivem sob a terra, o encontro com esses animais costuma ser acidental, quando se constrói a fundação de casas e prédios e ao revirar o solo, por exemplo.



O nome cobra-cega no Brasil é usado para uma grande variedade de animais, entre eles os anfíbios ápodos, as amphisbaenias e serpentes fossoriais (escolecofídios).

Possivelmente, a espécie de lagarto mais conhecida do Brasil é a lagartixa de parede e a mais procurada para alimentação é o teiú ou teju (*Salvator merianae*).

Além disso, algumas espécies de Iguana são criadas como animais de estimação e também servem como fonte de alimento (BERNARDE, 2012).



Não existem espécies de lagarto venenosas na América do Sul, apenas na América Central e na América do Norte.

As serpentes são, provavelmente, alguns dos animais mais odiados e temidos do planeta, especialmente devido aos acidentes que algumas das espécies podem causar. Contudo, o veneno das serpentes é fonte de uma grande variedade de compostos químicos, representando um grande potencial para a indústria farmacêutica. Por exemplo, o anti-hipertensivo Captopril, foi isolado do veneno da Jararaca (*Bothropoides jararaca*) na década de 1960 (BERNARDE, 2012).



O Brasil possui uma grande variedade de serpentes. Existem algumas regras para identificar as serpentes peçonhentas que são comumente faladas pela população. A pupila ser vertical, cauda que afina bruscamente, presença de fosseta loreal, cabeça triangular, entre outras, são algumas das características que são atribuídas às serpentes peçonhentas. Todas essas características, porém, podem falhar, pois existem espécies que simplesmente não se enquadram nelas. Assim, para conhecer as serpentes peçonhentas da sua região, não há outro meio senão estudar bastante as serpentes da sua região. Lembre-se: como professor, o seu papel é informar corretamente e não passar adiante ditos e conhecimentos populares que não tenham veracidade científica.

3.4 RHYNCHOCEPHALIA

O único membro vivente dessa ordem é a tuatara, uma espécie restrita à Nova Zelândia. Apesar de visualmente parecida com um lagarto, essa espécie possui algumas características bem primitivas que a separam deles. Essas características são: dois arcos temporais no crânio, osso quadrado fixo, dentes firmemente fixados na mandíbula e nos maxilares, olho parietal mediano, ausência de órgão copulador e a preferência por temperaturas mais baixas (4 °C – 28 °C, com uma média de 18 °C) (STORER et al., 2005).

FIGURA 70 - TUATARA, UM RÉPTIL COM CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS ANTIGAS



FONTE: Disponível em: <<https://zooterra.wordpress.com/tag/crocodilianos>>. Acesso em: 22 set. 2016.

4 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS RÉPTEIS

Os répteis são possuidores de características que foram essenciais na conquista do ambiente terrestre.

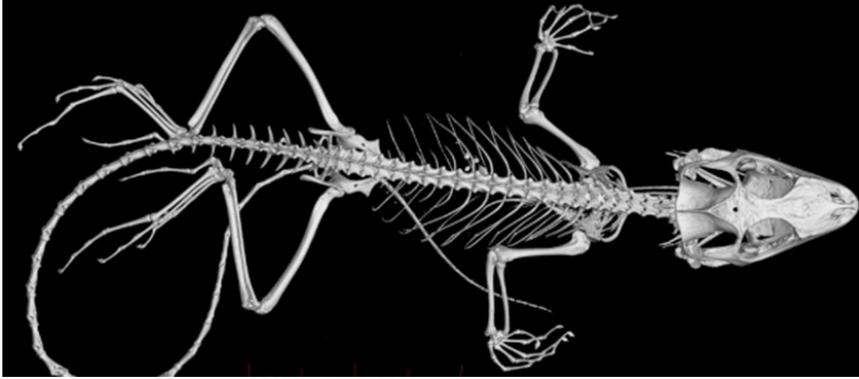
As características que definem esses animais os moldaram para tornar seus corpos e metabolismos resistentes a perda de água, permitindo aos répteis viverem em ambientes que para outros grupos animais são impossíveis de serem colonizados.

Embora possuam características anatômica bem variadas, todos os répteis possuem características em comum e de certa forma um *design* que os tornam semelhantes.

4.1 SISTEMA ESQUELÉTICO

O sistema esquelético é maior nos répteis que nos anfíbios, e a ossificação do crânio também é mais desenvolvida. Exceto nas serpentes e lagartos ápodos, há uma diferenciação na coluna vertebral dos répteis que permite identificar as regiões cervical, torácica, lombar, sacral e caudal (ORR, 1986).

FIGURA 71 - ESQUELETO DE UM LAGARTO



FONTE: Disponível em: <<http://www.anoleannals.org/2011/11/18/anolis-now-in-3d/>>. Acesso em: 22 set. 2016.

As costelas bem desenvolvidas permitiram um maior desenvolvimento dos músculos do tronco. Com isso o movimento respiratório também foi aperfeiçoado permitindo aos répteis a ocupação da terra firme (ORR, 1986).

Entre as serpentes a morfologia craniana é importante, pois as serpentes desenvolveram quatro tipos de dentição relacionadas com a capacidade de inocular veneno em suas presas. Cada tipo de dentição possui suporte no crânio, portanto, as modificações na dentição trouxeram diversas modificações craniais.

De acordo com Melgarejo (2003), a dentição das serpentes pode ser classificada de diferentes maneiras:

- **Áglifas:** não possuem dentes especializados na inoculação de veneno, ou seja, ocorrem em serpentes conhecidas como não peçonhentas. Os dentes, nesse caso, podem ser classificados como homodontes (mesmo tamanho) ou heterodontes (tamanhos diferentes). Exemplo de serpentes: jiboia (*Boa constrictor*), dormideira (*Sibynomorphus* spp.), caninana ou rateira (*Spilotes pullatus*), entre outras.

FIGURA 72 - CRÂNIO DE UMA SERPENTE ÁGLIFA



FONTE: Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/6346>>. Acesso em: 22 set. 2016.

- **Opistóglifas:** caracterizam-se pela presença de um ou mais dentes localizados no fundo da boca, parte posterior da maxila. Estas presas possuem rasos sulcos por onde escorrem por capilaridade, a secreção de uma glândula especializada na produção de substâncias bioativas à glândula de Duvernoy.

Observe, na figura a seguir, um grande dente no fundo da boca para inoculação de veneno.

FIGURA 73 - CRÂNIO DE UMA SERPENTE OPISTÓGLIFA



FONTE: Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/6346>>. Acesso em: 22 set. 2016.

- **Proteróglifas:** neste tipo de dentição há um profundo sulco, porém ele ainda não está completamente fechado. Nas corais verdadeiras, esse dente especializado é o único dente presente no maxilar.

FIGURA 74 - CRÂNIO DE UMA SERPENTE PROTERÓGLIFA

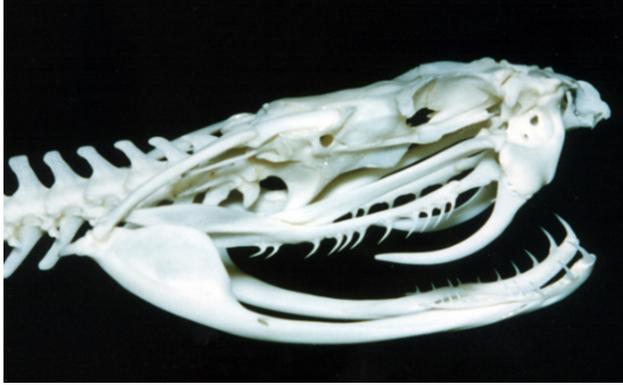


FONTE: Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=15853>>. Acesso em: 22 set. 2016.

- **Solenóglifas:** é a dentição mais especializada entre as serpentes. Há um único dente em cada maxila e ele geralmente é grande, agudo e oco (lembrando uma

agulha de injeção). Ele fica deitado paralelamente ao crânio e se projeta 90º no momento da mordida.

FIGURA 75 - CRÂNIO DE UMA SERPENTE SOLENÓGLIFA

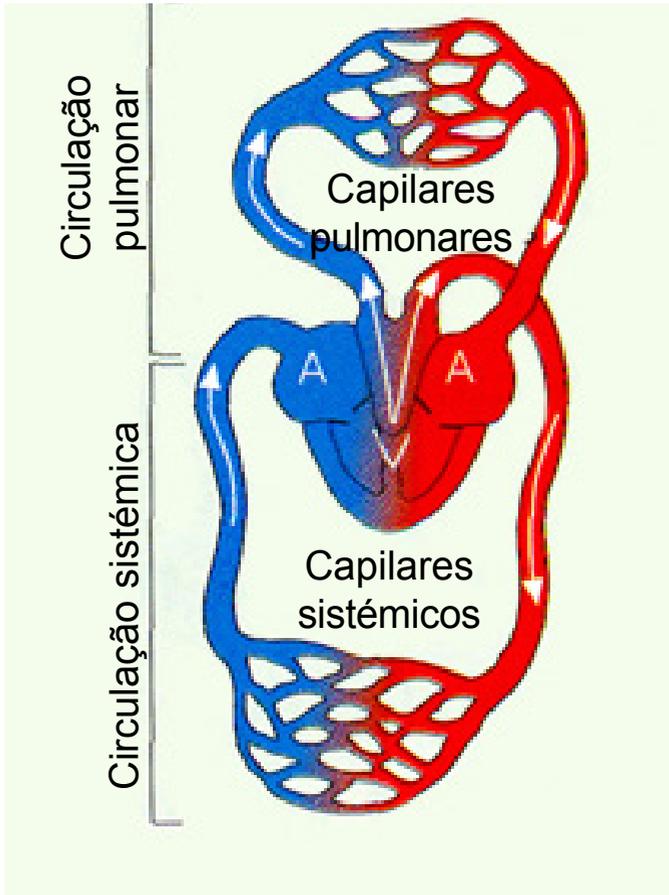


FONTE: Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/6309>>. Acesso em: 22 set. 2016.

4.2 SISTEMA CIRCULATÓRIO

A vida em terra firme exige um sistema circulatório mais eficiente e os répteis conseguiram isso. Eles possuem dois átrios completamente separados e agora o seio venoso está incorporado ao átrio direito. Além disso, o ventrículo é parcialmente dividido na grande maioria dos répteis (nos aligátors e crocodilos ele é completamente dividido). Isso transporta o oxigênio de forma mais eficiente pelo organismo (ORR, 1986).

FIGURA 76 - ESQUEMA EXPLICATIVO DO SISTEMA CIRCULATORIO DOS RÉPTEIS, EXCETO CROCODILIANOS



FONTE: Disponível em: <<https://helenagabriellabioifes.files.wordpress.com/2011/04/circulac3a7c3a3o.jpg>>. Acesso em: 22 set. 2016.

Conforme Orr (1986), embora o sangue esteja completamente separado nos crocodilianos e quase separado nos demais répteis, há mistura de sangue em outras partes do corpo, um exemplo é um ponto de contato que existe entre dois vasos sanguíneos no coração, chamado de forame de Panizza, ali pode haver mistura de sangue (venoso e arterial).

4.3 SISTEMA DIGESTÓRIO

O sistema digestório dos répteis adapta-se ao tipo de alimentação do animal, ou seja, espécies herbívoras possuem um trato digestório adaptado a essa alimentação e répteis carnívoros adaptados à digestão de proteínas.

O que muda nesses animais é a quantidade de glândulas orais que é maior que nos anfíbios, isso porque existe a necessidade de umedecer o alimento que é substancialmente mais seco que no caso dos anfíbios (ORR, 1986).

A língua dos répteis também é bem mais desenvolvida que a dos anfíbios, isso porque, além de servir como forma de capturar alimento (camaleões), ela também é bifurcada nos Squamata e serve para coletar moléculas no ambiente e levá-las aos órgãos vomeronasais (ORR, 1986).

O esôfago é mais alongado e o intestino mais enrolado, oferecendo mais superfície de contato com o alimento. Eles também possuem uma cloaca que é a parte terminal comum dos aparelhos excretor, digestivo e reprodutor (STORER et al., 2005).

4.4 SISTEMA RESPIRATÓRIO

Os pulmões dos répteis são intermediários entre os anfíbios adultos e os vertebrados superiores. Alguns lagartos possuem divertículos, que se estendem para trás do pulmão, aumentando a área de respiração, e se assemelham aos sacos aéreos das aves (ORR, 1986).

De acordo com Orr (1986), os répteis não realizam apenas a deglutição do ar como faziam os anfíbios, eles também utilizam os músculos costais e abdominais para aspirar o ar para dentro dos pulmões.

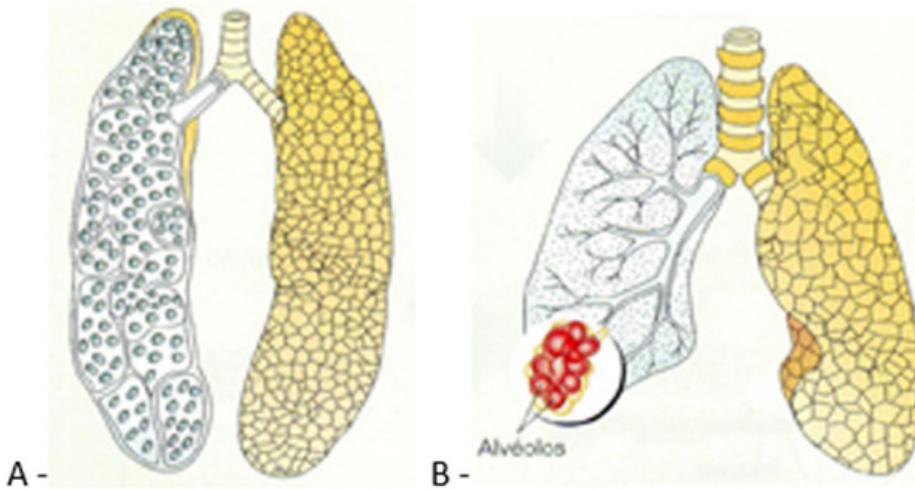
Como já explicamos no início do Tópico 2, os répteis dividem-se de acordo com a morfologia do crânio. Nesses grupos, ao tratar da respiração, devemos olhar especialmente dois grandes ramos evolucionários, os Synapsidas – que deram origem aos mamíferos e seus antepassados, e os Sauropsidas – que deram origem aos répteis, aves e seus antepassados.

Cada um desses grupos desenvolveu pulmões com estratégias respiratórias diferentes.

Os Synapsidas deram origem aos pulmões alveolares em forma de saco. O ar, ao entrar na traqueia, vai passando por tubos que se dividem e ficam progressivamente menores, terminando nos sacos alveolares. Esses sacos possuem cerca de 0,2 mm de tamanho e possuem paredes finíssimas que permitem que a troca gasosa ocorra (POUGH et al., 2008).

Já os Sauropsidas desenvolveram a respiração através de pulmões faveolares. Esse tipo de pulmão apresenta pequenas câmaras que se abrem no espaço ocupado pelo pulmão. Isso aumenta a superfície de contato dos tecidos pulmonares com o ar, porém, na maioria dos lagartos essas câmaras são rasas e muito simples, o que faz com que esses pulmões também sejam chamados de pulmões septados (POUGH et al., 2008).

FIGURA 77 - ESQUEMA DIFERENCIANDO DOS PULMÕES FAVEOLARES (A) E DOS PULMÕES ALVEOLARES (B)



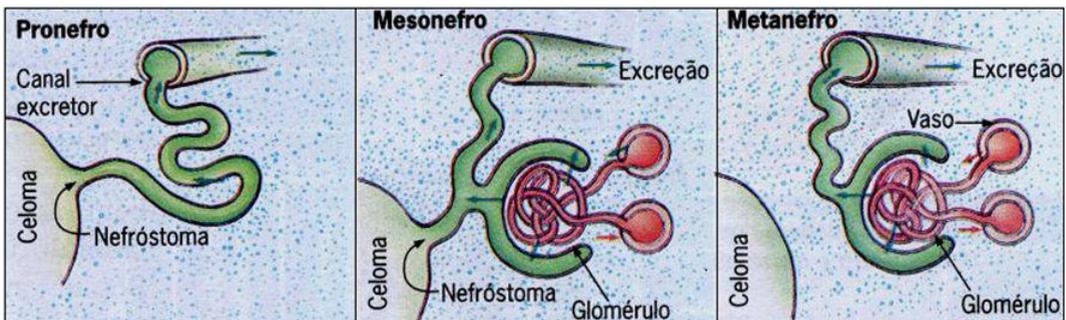
FONTE: Disponível em: <<http://10biogeogondomar.blogspot.com.br/2011/05/hematose-pulmonar.html>>. Acesso em: 23 set. 2016.

Durante os movimentos respiratórios, na exalação do ar sempre permanece um pouco do que foi inalado, ou seja, o pulmão nunca fica completamente vazio. A quantidade de ar que permanece após a exalação do ar é chamada de **volume morto**, e o total que é inalado em cada inspiração é chamado de **volume corrente**. Uma galinha, por exemplo, apresenta 34% do volume de seus pulmões como volume morto. Nos seres humanos o volume corrente é cerca de 500 ml de ar, o que faz o volume morto ser aproximadamente 150 ml (KARDONG, 2011).

4.5 SISTEMA EXCRETOR

Nos répteis, assim como nas aves e mamíferos, os rins são do tipo metanefro, o mais evoluído dos rins, mais compacto e com muito mais unidades filtradoras. Isso pode ser devido a maior taxa metabólica, devido também a um sistema respiratório e circular mais eficientes (ORR, 1986).

FIGURA 78 - TIPOS DE RINS DOS VERTEBRADOS



FONTE: Disponível em: <<http://www.naturais.net/2012/04/tipos-de-rins.html>>. Acesso em: 23 set. 2016.

Conforme Orr (1986), muitos répteis possuem uma bexiga urinária, que como nos anfíbios é uma invaginação da cloaca. Essa estrutura, porém, não é encontrada nos crocodilianos, serpentes e alguns lagartos.

Muitas tartarugas possuem bexiga, nas espécies marinhas ela está relacionada como uma estrutura acessória da respiração, enquanto nos jabutis, que vivem em áreas com restrição de água, ela funciona como um reservatório de água (POUGH et al., 2008).

Os répteis marinhos apresentam ainda uma solução diferente para eliminação do excesso de sal do seu organismo. Um par de glândulas secretoras de sal, situadas na cabeça, que permitem a rápida eliminação de sal do sistema, passa por ductos para a cavidade nasal (ORR, 1986). Nas tartarugas marinhas, o excesso de sal é eliminado por glândulas especiais próximas dos olhos (canais lacrimais), dando a impressão de que a tartaruga está chorando.

FIGURA 79 - EXCREÇÃO DO EXCESSO DE SAL EM UMA TARTARUGA MARINHA REALIZADA ATRAVÉS DOS CANAIS LACRIMAIS



FONTE: Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%A2ndula_de_sal#/media/File:Sea_turtle_head.jpg>. Acesso em: 23 set. 2016.

5 SISTEMA NERVOSO E ÓRGÃOS DOS SENTIDOS

Visto que os mamíferos, com seu cérebro bem desenvolvido, surgiram a partir dos répteis, o sistema nervoso dos répteis deu origem a muitos traços característicos do sistema nervoso dos mamíferos. É nos répteis, que pela primeira vez, o centro da atividade encefálica passa a ser o cérebro. Isto acaba acentuando o desenvolvimento do tamanho dos hemisférios cerebrais. É na maioria dos répteis também que surgem os 12 nervos cranianos (ORR, 1986).

Os répteis possuem visão bem desenvolvida, exceto nas espécies fossoriais, como os amphisbaenias. E nas serpentes peçonhentas, que sendo míopes possuem na visão uma maior importância para a detecção de movimento (MELGAREJO, 2003).

A audição nos lagartos levou a um aprofundamento do tímpano e um ouvido médio bem desenvolvido. Dessa forma, o som deve entrar por baixo de uma dobra de pele e penetrar um canal curto, conhecido como meato auditivo externo, que é a primeira evidência do ouvido externo dos vertebrados (ORR, 1986).

FIGURA 80 - ABERTURA POR ONDE AS ONDAS SONORAS SÃO CAPTADAS NOS LAGARTOS



FONTE: O autor

Após o tímpano, encontramos nos répteis, internamente, três canais semicirculares e o órgão auditivo (STORER et al., 2005).

As serpentes não possuem ouvido, as vibrações são recebidas pelo osso quadrado e então repassadas ao ouvido médio (ORR, 1986).

O paladar, nesse grupo, é pouco desenvolvido, mas os crocodylianos apresentam botões gustativos na boca, mais especificamente na língua.

Seu olfato possui duas narinas com epitélio olfativo bem desenvolvido. Já nos lagartos e serpentes as narinas estão mais relacionadas com a respiração do que com o olfato, nesses grupos, o órgão de Jacobson realiza a percepção olfativa. O órgão de Jacobson é encontrado no palato “céu da boca”. Seu funcionamento está atrelado à captura de moléculas químicas no ambiente externo pela língua

bifurcada, que depois se encaixa no órgão transferindo essas moléculas e permitindo a identificação dos odores (MELGAREJO, 2003).

FIGURA 81 - ESQUEMA DEMONSTRANDO COMO O OLFATO DOS SQUAMATAS FUNCIONA



FONTE: Disponível em <<http://faqbio.blogspot.com.br/2012/02/por-que-as-cobras-projetam-lingua-para.html>>. Acesso em: 23 set. 2016.

Algumas serpentes possuem, ainda, um sexto sentido que é denominado de **termorrecepção**. É uma importante adaptação presente nas famílias Viperidae e Boidae que facilita a detecção, aproximação e captura de alimento, que neste caso é constituído por animais de sangue quente que emitem radiação infravermelha, como mamíferos e aves (MELGAREJO, 2003).

FIGURA 82 - FOSSETA LOREAL



FONTE: Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/6594/cascavel%20fosseta.jpg?sequence=1>>. Acesso em: 23 set. 2016.

Nos boidaeas esses receptores são denominados fossetas labiais e estão localizados nas escamas labiais e podem formar, em alguns casos, fileiras. Já nos viperidaeas temos as fossetas loreais. Elas são orifícios situados entre os olhos e as narinas e permitem a rápida identificação dos animais desta família, que é responsável por 99% dos acidentes ofídicos no Brasil (MELGAREJO, 2003).

FIGURA 83 - CABEÇA DE UMA COBRA-PAPAGAIO (*CORALLUS CANINUS*) EVIDENCIANDO AS FOSSETAS LABIAIS SUPERIORES E INFERIORES



FONTE: Disponível em: <<http://beastbones.tumblr.com/post/149301243031/sources-1-2-%C2%BE-5-6>>. Acesso em: 23 set. 2016.

6 SISTEMA REPRODUTOR

O sistema reprodutor dos répteis adotou uma série de características de modo a independer da água. Assim, esses animais puderam reproduzir-se de modo eficiente em terra firme.

Duas características neste sistema foram fundamentais para essa independência, os ovos e a fecundação interna.

Os ovos formam-se nos ovários e seguem para os ovidutos. Nos ovidutos cada ovo é fecundado, envolvido por albumina, pelas membranas da casca. Ali também a casca será formada antes da postura (STORER et al., 2005). A casca desses ovos pode ser coriácea ou calcária (ORR, 1986).

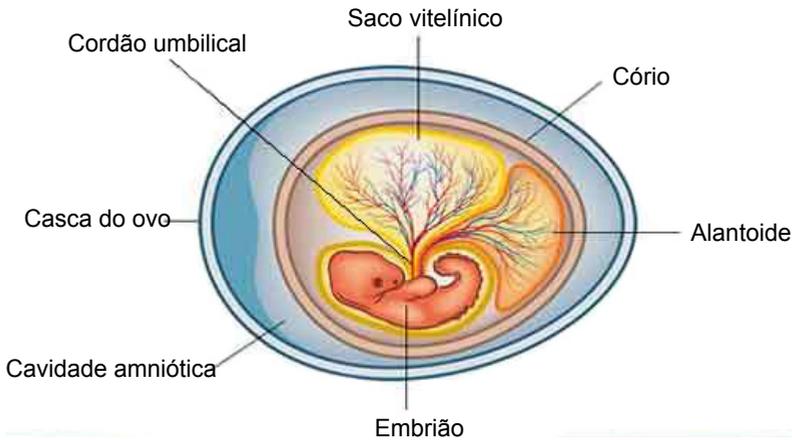
Os ovos dos répteis aparecem em quantidade bem menor que dos vertebrados inferiores, como peixes e anfíbios, mas são relativamente grandes devido ao volume superior de vitelo que contém para dar suporte ao desenvolvimento e crescimento do embrião antes da sua eclosão (ORR, 1986).

Os ovos, como já dito, desenvolveram membranas internas extraembrionárias que dão suporte ao desenvolvimento do embrião.

Podemos citar quatro membranas extraembrionárias:

- Saco Vitelino: estrutura que guarda o vitelo e é um importante anexo que se liga ao intestino do embrião. Conforme o crescimento do embrião, o vitelo saco vitelino vai reduzindo de tamanho até seu completo desaparecimento.
- Âmnio: essa membrana envolve completamente o embrião, formando assim a cavidade amniótica. Inicialmente, sua função é evitar a dessecação e proteger o embrião contra impactos. Com o crescimento do embrião esse líquido vai sendo absorvido pelo animal.
- Córion: esta membrana envolve o embrião e todas as demais membranas. Ela também é conhecida pelo nome de serosa. É possível observar essa membrana facilmente nos ovos de galinha. Quando descascamos um ovo, o córion é aquela membrana fina que fica entre a clara e a casca. Ela tem um importante papel na troca gasosa realizada entre o embrião e o ambiente externo.
- Alantoide: esta membrana, nos répteis e aves, tem como função transferir as proteínas da clara, os sais de cálcio da casca (que formarão o esqueleto do embrião), transferir os gases respiratórios e realizar o armazenamento das excretas, que nesse caso, é o ácido úrico. Dessa forma, as excretas ficam separadas e não contaminam o embrião.

FIGURA 84 - ESQUEMA DE UM OVO AMNIÓTICO



FONTE: Disponível em: <<http://alunosonline.uol.com.br/biologia/anexos-embrionarios.html>>. Acesso em: 23 set. 2016.



A vantagem de excretar ácido úrico é que ele não é tóxico e também é insolúvel em água, necessitando de um volume pequeno de água para ser eliminado do organismo.

Visto que os ovos dos répteis possuem uma casca dura, sua fecundação deve ocorrer antes da casca ser produzida. Para isso, cobras e lagartos desenvolveram um órgão copulador especial para a transferência dos espermatozoides para a fêmea. Essa estrutura é pareada, encontrada na cloaca dos machos e é denominada hemipênis (ORR, 1986). Os hemipênis ficam retraídos na região da base da cauda com a ajuda de músculos especiais denominados de retratores e ejetores (MELGAREJO, 2003).

Já os crocilianos e tartarugas possuem uma estrutura que pode ser considerada homóloga ao pênis dos mamíferos.

Entre as serpentes, a maioria das fêmeas atinge tamanho superior aos machos, fato que está vinculado à necessidade de elas carregarem os ovos, ou mesmo, os filhotes. Já nos machos, os hemipênis são específicos e em muitos casos os taxonomistas os utilizam como critério para separação de espécies muito próximas. Em alguns casos, principalmente em serpentes, onde não existem membros para auxiliar durante a cópula, o hemipênis possui espinhos que se fixam na cloaca da fêmea auxiliando na fixação dessa estrutura para que a transferência dos espermatozoides ocorra por completo (MARQUES; SAZIMA, 2003).

FIGURA 85 - UM DOS DOIS HEMIPÊNIS DE CASCAVEL EVERTIDOS



FONTE: Disponível em: <<http://serpentesmania.blogspot.com.br/2011/11/anatomia-das-serpentes.html>>. Acesso em: 23 set. 2016.

Em algumas espécies de serpentes também ocorre a produção de um “tampão proteico”, evitando que após a cópula outros machos cruzem com a fêmea e copulem com ela, garantindo a fecundação do macho.

Apesar de serem predominantemente ovíparos, os répteis podem ser ovovivíparos e em alguns casos, até vivíparos. No Brasil, entre as serpentes peçonhentas, são ovíparas as Corais Verdadeiras (*Micrurus* spp. e *Leptomicrurus* spp.) e a Surucucu (gênero *Lachesis* spp.). As demais serpentes peçonhentas representadas pelas jararacas (gêneros *Bothropoides* spp., *Bothrops* spp., *Bothriopsis* spp., por exemplo) e cascavéis (gênero *Crotalus*) são todas vivíparas (MELGAREJO, 2003).

Os filhotes dos répteis, quando nascem, já têm autonomia para sobreviver. Isso significa que no caso das serpentes peçonhentas, elas já nascem com os aparelhos secretor e inoculador de veneno completos e funcionais (MELGAREJO, 2003).

Com exceção das serpentes que podem ser vivíparas, os demais répteis são majoritariamente ovíparos.

FIGURA 86 – (A) NASCIMENTO DE RÉPTIL OVÍPARO, (B) NASCIMENTO DE SERPENTE VIVÍPARA



FONTE: Disponível em: <<http://www.ninha.bio.br/biologia/crocodylidae.html>>; <http://bombeirosvaldo.blogspot.com.br/2013_11_01_archive.html>. Acesso em: 23 set. 2016.

Os crocodilianos, as tartarugas marinhas e algumas espécies de lagarto possuem uma característica interessante: o sexo de seus filhotes é determinado pela temperatura de incubação.

O sexo da tartaruga marinha depende da temperatura do ninho durante a incubação (PROJETO TAMAR, 2015). Essa incubação varia entre 45 e 60 dias da postura até o nascimento. A definição do sexo acontece em um período denominado **termossensitivo**, por volta do segundo terço da incubação. Em temperaturas de aproximadamente 29 °C, conhecida como temperatura **pivotal**, há o nascimento de 50% de fêmeas e de machos. Acima de 29 °C mais fêmeas são geradas, podendo chegar a 100% de fêmeas, próximo dos 33 °C. Já em temperaturas abaixo de 29 °C, o número de machos aumenta, podendo chegar a 100% de machos perto de 24 °C.

7 SISTEMA TEGUMENTAR (PELE)

A pele dos répteis foi outra ferramenta importante para o domínio do ambiente terrestre. Diferente da pele dos peixes e anfíbios, nos répteis ela se tornou bem mais espessa.

À medida que os vertebrados se distanciaram da água, a pele passou a atuar contra escoriações e contra a perda de água. É por isso que a pele dos répteis possui um estrato córneo espesso, formado por várias camadas de células mortas preenchidas por queratina (LIEM et al., 2013).

Essa camada córnea, nos Chelonias, está organizada na forma de placas, e nos Squamatas, na forma de escamas córneas. As escamas dos Squamatas são bem complexas. São formadas por diversas camadas celulares, sendo excessivamente queratinizadas externamente (**cutícula ou estrato córneo**) e formadas por componentes celulares vivos internamente (LIEM et al., 2013).

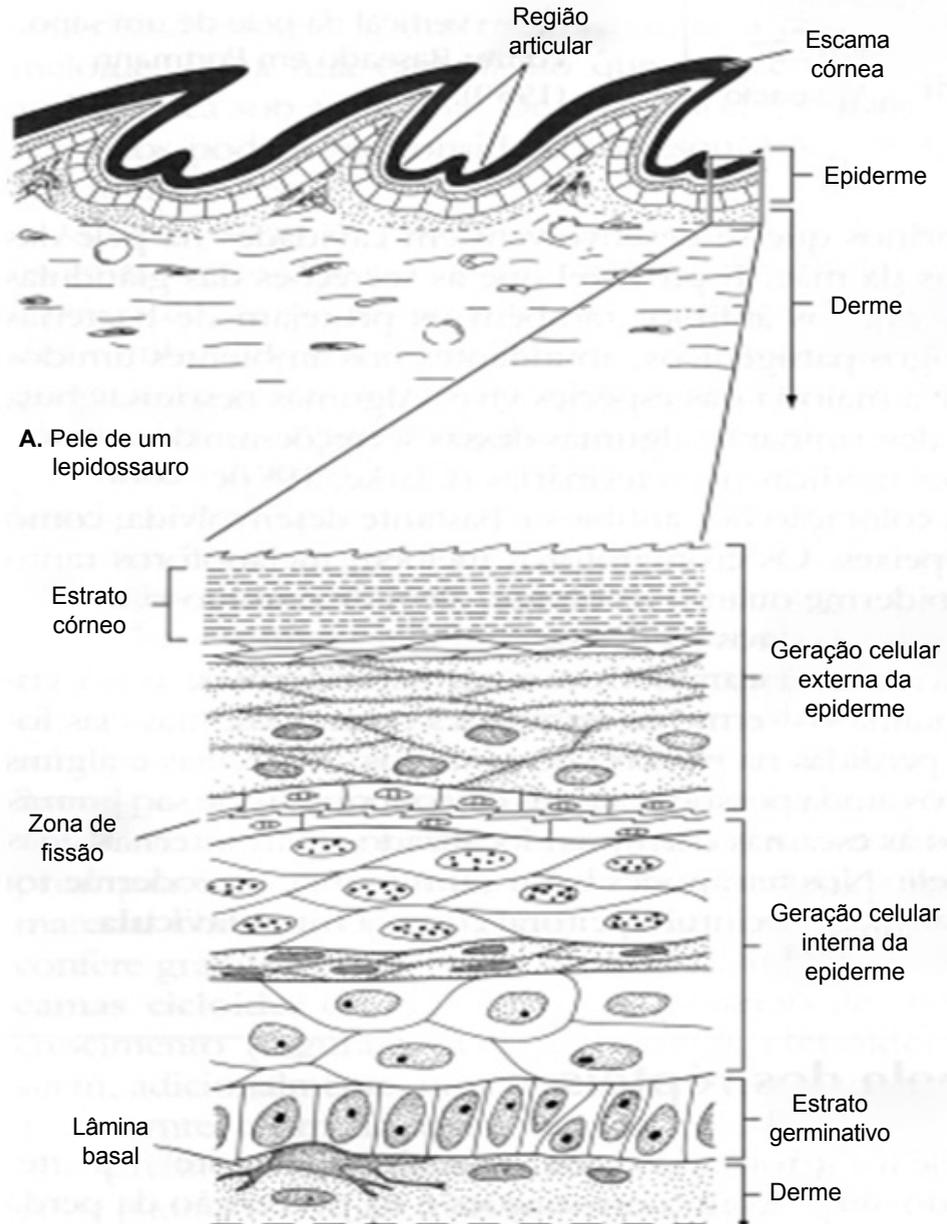
Como a camada externa da pele impede que esses animais cresçam livremente, para que os répteis possam crescer, é necessário que eles passem pelo processo de **muda**.

Na muda a camada mais externa sofre uma dissolução das células da sua base, isso desprende a pele e acumula certa umidade. Isso deixa turva a região do olho das serpentes devido a essa solução que se acumula e provavelmente prejudica a visão (LIEM et al., 2013).

Essas camadas celulares formam o que chamamos de **camada madura**. Logo abaixo da camada madura existe uma nova e igual sequência de camadas queratinizadas e vivas, que formam a camada não madura. À medida que a camada não madura torna-se madura, a camada mais externa se diferencia. A camada mais inferior de células da camada madura externa sofre autólise, despreendendo a camada de pele do corpo e permitindo que apareça uma **zona de fissão** (LIEM et al., 2013).

A partir da zona de fissão, que geralmente inicia na cabeça, a camada externa de pele se desprende saindo inteira, ou em pedaços, e permitindo assim que a camada mais nova de pele tome seu lugar. Dessa forma, o organismo consegue espaço para crescer e o animal aumenta de tamanho (LIEM et al., 2013).

FIGURA 87 - CORTE DE PELE DE UM RÉPTIL



FONTE: Adaptado de Liem et al. (2013)

O intervalo entre as mudas varia entre as espécies, mas está diretamente ligado à alimentação. Quanto mais um animal come, mais rapidamente chegará ao momento de realizar a próxima muda. De acordo com Orr (1986), serpentes que

crecem rápido podem trocar de pele a cada dois meses. Nas serpentes, geralmente a pele sai inteira, de uma só vez, já nos lagartos, ela se solta aos pedaços.



Nas cascavéis, o anel é formado em uma parte da cauda onde a queratina fica acumulada e não se destaca durante a muda. Cada anel do chocalho representa uma muda de pele realizada e não um ano de vida, como popularmente se faz referência.

FIGURA 88 - SERPENTE REALIZANDO A MUDA



FONTE: Disponível em: <<http://auladecienciasdanatureza.blogspot.com.br/2012/10/revestimento-do-corpo-dos-animais.html>>. Acesso em: 24 set. 2016.

Outra capacidade relacionada à pele que alguns répteis possuem está ligada à mudança de cor. Alguns lagartos possuem grande capacidade de alteração da sua cor para se camuflarem ao ambiente.

Isso ocorre, pois a pele desses animais possui células especiais. As células responsáveis pelas mudanças de cor são denominadas de cromatóforos. Imediatamente abaixo da epiderme existem os xantóforos (cromatóforos amarelos), abaixo deles temos os iridóforos que são mais esbranquiçados e no fundo temos os melanóforos, de cor negra. A combinação de expansão e contração destas células especiais determina a cor do animal e sua mudança (STORER, 2005).

RESUMO DO TÓPICO 3

Neste tópico, você aprendeu que:

- Os répteis foram os primeiros vertebrados a conquistarem de forma definitiva e independente da água o ambiente terrestre.
- Seus ovos foram uma ferramenta importante para a conquista da terra firme.
- Diversas características, como pele espessa e impermeável, favoreceram e permitiram o sucesso dos répteis.
- O aperfeiçoamento da fecundação interna garantiu o sucesso reprodutivo do grupo em terra firme.
- Os répteis, didaticamente, são divididos em quatro ordens: Crocodilia, Squamata, Chelonia e Rhynchocephalia.
- A evolução dos répteis foi analisada de acordo com a morfologia cranial, em especial da região temporal.
- Os répteis são predominantemente ovíparos, mas há espécies vivíparas entre as serpentes.
- O uso de veneno para captura de presas foi um grande avanço neste grupo de vertebrados.
- Nos répteis surgiu o rim metanefro, o mais eficiente dos tipos de rim.
- Nos répteis a bexiga pode ter papel respiratório e de armazenamento de água, não apenas de acumulação de urina.
- A circulação com quatro cavidades possui mistura de sangue, exceto nos crocodilianos.
- A respiração pulmonar virou regra geral nos répteis.
- O olfato começa a se tornar um sentido fortemente especializado com o surgimento do Órgão de Jacobson.
- A termorrecepção é um sentido especializado entre algumas das serpentes.
- Dos répteis surgiram as aves e os mamíferos, de acordo com seu ramo evolutivo, respectivamente, Synapsida e Sauropsida.



- 1 A transição entre água e terra não foi fácil para os vertebrados. Para dar conta desse novo ambiente, os vertebrados precisaram desenvolver diversas estratégias adaptativas, até então inéditas entre os vertebrados. Cite algumas características que permitiram aos répteis conquistar o ambiente terrestre.
- 2 Embora possuam diversas características em comum, os répteis podem ser divididos em quatro ordens, pois possuem diferenças morfológicas significativas. Cite características específicas de cada uma das ordens de répteis e dê exemplos de seus integrantes.
- 3 Com relação aos répteis, suas características e peculiaridades, relacione as colunas abaixo: (cada alternativa pode ser referente a mais de uma ordem de répteis).

- | | | |
|-------------------|-----|---|
| 1 Chelonia | () | Possuem hemipênis como órgão copulatório. |
| 2 Squamata | () | Em seu sistema circulatório há mistura de sangue. |
| 3 Crocodilia | () | Possuem osteodermos. |
| 4 Rhynchocephalia | () | Possuem espécies vivíparas. |
| | () | Podem ter respiração cloacal. |
| | () | Possuem pulmões bem desenvolvidos. |
| | () | Possuem plastrão. |
| | () | Possuem espécies venenosas. |
| | () | O sexo é determinado pela temperatura de incubação. |

- 4 A reprodução independente da água foi uma grande vantagem dos répteis para garantir o domínio do ambiente terrestre. Quais características do ovo dos répteis foram fundamentais para essa independência?

VERTEBRADOS ENDOTÉRMICOS E O ENSINO DE ZOOLOGIA

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

A partir desta unidade você será capaz de:

- Conhecer a origem dos vertebrados endotérmicos;
- Conhecer as características gerais dos vertebrados endotérmicos;
- Caracterizar os vertebrados endotérmicos;
- Identificar os principais representantes das aves e mamíferos;
- Reconhecer as características anatômicas e fisiológicas, bem como os modos de vida dos vertebrados endotérmicos;
- Refletir e perceber como o ensino de zoologia dos vertebrados pode ser trabalhado em sala de aula.

PLANO DE ESTUDOS

Esta unidade está organizada em três tópicos. Ao final de cada tópico você encontrará atividades que lhe darão uma maior compreensão dos temas abordados.

TÓPICO 1 – AS AVES

TÓPICO 2 – OS MAMÍFEROS

TÓPICO 3 – ABORDAGEM TEÓRICO-PRÁTICA DO ENSINO DE ZOOLOGIA DOS VERTEBRADOS

1 INTRODUÇÃO

Talvez uma das maiores conquistas dos vertebrados tenha surgido de uma vertente de répteis bípedes, de cauda longa e corpo delgado, que lentamente tiveram suas escamas modificadas em uma estrutura que iria marcar a história natural do planeta, as penas.

A origem das penas não está bem definida, mas acredita-se que elas teriam sua origem em escamas móveis que inicialmente prolongariam a capacidade endotérmica, isolando o animal do calor excessivo do sol. A função endotérmica das penas teria surgido mais tarde, possivelmente com o momento evolutivo em que as antigas aves começaram a colonizar regiões mais frias, e portanto, passaram a depender do calor gerado por seu metabolismo (STORER et al., 2005).

As penas, por si só já nos mostram de qual grupo estamos falando, pois não existe nada mais emblemático com referência às aves do que sua capacidade de voar, e isso não seria possível para elas sem as penas, que são sua característica diagnóstica externa mais marcante.

Embora acredita-se também que inicialmente a ideia de voo para esse grupo resumia-se ao ato de planar, possivelmente partindo de uma área mais elevada e aproveitando a altura para conseguir manter essa atividade, ou mesmo, desenvolvendo grandes velocidades em solo para o qual se lançavam a planar em curtas distâncias (STORER et al., 2005).

As aves apresentaram inúmeras adaptações e diversificações e um grande número de espécies. Hoje, temos aves que variam de 5 centímetros e 2 gramas de peso, no caso da *Melissuga helenae* (beija-flor-abelha), a até 2 metros de altura e 150 quilogramas, como é o caso do *Struthio camelus* (avestruz). A maior ave brasileira é a ema, com cerca de 34 quilogramas, porém, nem ela e nem o avestruz têm a capacidade de voar.

A maior ave voadora que se tem notícia está extinta e viveu na Argentina há 6 milhões de anos. O *Argentavis magnificens* pesava cerca de 70 quilogramas e suas asas abertas mediam cerca de 7 metros de envergadura (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2012).

Outas características que aproximam as aves dos répteis são os ovos que

se desenvolvem completamente fora de seus corpos, e um produto de excreção nitrogenada sem o peso de uma urina excessivamente aquosa (STORER et al., 2005).

Além disso, sua participação na cultura e sociedade humana é muito intensa, pois segundo Storer et al. (2005), elas são comuns, ativas durante o dia e facilmente vistas.

O papel das aves na sociedade vai desde algumas espécies caçadas por mero esporte, a outras que são alvo devido a sua carne, devido ao colorido das penas utilizadas em diversas cerimônias religiosas ou culturais, algumas são domesticadas para produção de carne, ovos ou retirada das penas e há ainda sua utilização como animais de estimação. Estas últimas, geralmente devido à grande habilidade vocal de algumas espécies.

2 CARACTERÍSTICAS GERAIS

As características gerais das aves, listadas por Storer et al. (2005) são:

- Corpo coberto com penas.
- Dois pares de membros, o anterior transformado em asas e o posterior adaptado a empoleirar, andar, nadar e agarrar, sendo cada pé com quatro dedos e as pernas e pés cobertos por pele cornificada com escamas.
- Esqueleto delicado, forte, totalmente ossificado, boca com bico sem dentes nas espécies viventes.
- Osso esterno grande, geralmente com quilha mediana.
- Coração com quatro cavidades e respiração dupla completa.
- Respiração por pulmões compactos, muito eficientes, presos às costelas e contendo sacos aéreos de paredes finas distribuídos entre os órgãos.
- Excreção de ácido úrico realizada por rins metanéfricos, sem bexiga (exceto em avestruz) e com uma urina semissólida.
- São endotérmicos.
- Fecundação interna com ovos calcários duros, com muito vitelo, sendo depositados no ambiente e com filhotes dependentes de cuidados parentais.

2.1 PENAS

Atualmente, as penas são consideradas escamas que sofreram uma profunda diferenciação a partir das escamas reptilianas com as quais as aves mantêm um passado evolutivo. A uma das características que reforçam esse passado são as escamas que recobrem as patas das aves e mantêm sua origem reptiliana em evidência (KARDONG, 2011).

As penas podem ser consideradas, portanto, produtos córneos mortos da epiderme que ao revestir a ave a isolam termicamente, a protegem contra a abrasão e formam o contorno aerodinâmico de seus corpos. Isso permitirá, para muitas

espécies, o voo, através da grande área de contato com o ar que elas fornecem às asas e à cauda desses animais (STORER et al., 2005). O isolamento térmico fornecido pelas penas é eficiente, pois utiliza o ar que se acumula entre elas para isolar o corpo das temperaturas do meio ambiente, afinal, o ar é um ótimo isolante térmico (STORER et al., 2005).

As penas surgem na pele com uma elevação do mesoderma chamado papila dérmica. Essa papila se aprofunda e forma uma depressão de parede dupla, o folículo da pena (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

As penas crescem e fixam-se à pele a partir de uma estrutura em forma de tubo chamada de **cálamo** (POUGH et al., 2008). Elas crescem a partir de sua medula, que no começo do desenvolvimento da pena possui vasos sanguíneos que a nutrem e permitem seu crescimento. Quando a pena terminou de crescer, esta polpa seca completamente e a pena então torna-se uma estrutura, como dito anteriormente, morta (STORER et al., 2005).

Sua distribuição na pele obedece à ocorrência de reentrâncias, arranjadas em regiões denominadas **pterilas**. Entre as pterilas existem áreas apenas de pele, sem penas, estas áreas limpas são chamadas de **aptérias**. Em algumas aves não há essa distribuição aleatória das penas, nos pinguins, por exemplo, elas se distribuem uniformemente sobre a pele, e não há pterilas (POUGH et al., 2008).

De modo geral, a pele das aves possui poucas glândulas, entre elas destacamos duas, a uropigial ou uropigiana, localizada logo acima da base da cauda (STORER et al., 2005). Ela secreta uma substância oleosa e rica em proteína, as aves coletam essa substância com o bico e espalham esse óleo pelas penas, deixando-as impermeáveis e repelentes à água. Isso facilita a natação das aves aquáticas, evitando que elas fiquem encharcadas, aliviando seu peso e mantendo a pele da ave seca e quente. Além disso, em aves não aquáticas essa substância auxilia a manter a ave seca durante épocas chuvosas (KARDONG, 2011).

Outra glândula que pode ser encontrada nas aves se localiza na cabeça. É a glândula de sal, bem desenvolvida nas aves marinhas. Essas glândulas eliminam o excesso de sal que essas aves ingerem quando se alimentam ou ingerem água do mar (KARDONG, 2011).

Existem cinco tipos de pena, cada uma delas cumprindo com funções específicas que auxiliam diretamente no comportamento da ave. Entre esses cinco tipos existem algumas especificidades e particularidades, além de algumas subdivisões. São elas:

Penas de Contorno: Essas penas têm sua função atrelada ao nome. Elas recobrem o corpo do animal, dando seu contorno. As penas das asas fazem parte desse tipo de penas, e no total, milhares delas podem ser encontradas em uma ave do porte de um galo. Cada uma dessas penas é formada por um vexilo achatado. Cada vexilo é preso e sustentado pela ráquis, que é a continuação do cálamo. Cada metade do vexilo possui muitas barbas que se dividem e bárbulas que possuem

ganchos (hâmulos). Esses ganchos prendem as bárbulas e barbas entre si, e dessa forma mantém o formato e estrutura da pena (STORER et al., 2005). Esses ganchos aderem às outras bárbulas como um velcro (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

Ainda no grupo das penas de contorno temos as rêmiges (penas das asas) e retrizes (penas da cauda). Elas são grandes e rígidas e seu formato facilita o voo. A marcante assimetria entre os seus vexilos externo e interno permite fazer com que as pontas das penas se virem quando as asas batem, transformando cada pena em uma pá propulsora individual.

Muitas aves possuem uma variação de pena de contorno sem ganchos, o que dá a elas uma aparência totalmente penuginoso. Esse tipo de penas é encontrado também em aves mais primitivas. Ela é considerada uma pena de contorno duplicada, pois associada a sua base há uma pena mais macia chamada hipopena (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

Semiplumas: As semiplumas se parecem com as penas de contorno, mas aproximam-se das plúmulas, que são uma versão intermediária. As semiplumas, em geral, estão escondidas sob as penas de contorno e fornecem isolamento térmico ajudando a preencher os espaços do contorno das aves (POUGH et al., 2008).

Plúmulas: São penas inteiramente plumáceas. Na ave jovem essa pena possui uma estrutura mais simples que na adulta. Nos jovens, logo após a eclosão, são elas que fornecem o isolamento térmico necessário (POUGH et al., 2008). São penas de hastes pequenas ou que não possuem haste, com barbas longas, sem ganchos. A pena aqui é pequena e macia. Elas estão sob as penas de contorno e se distribuem amplamente, não estando restritas às pterilas. Sua função é realizar o isolamento térmico da ave (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

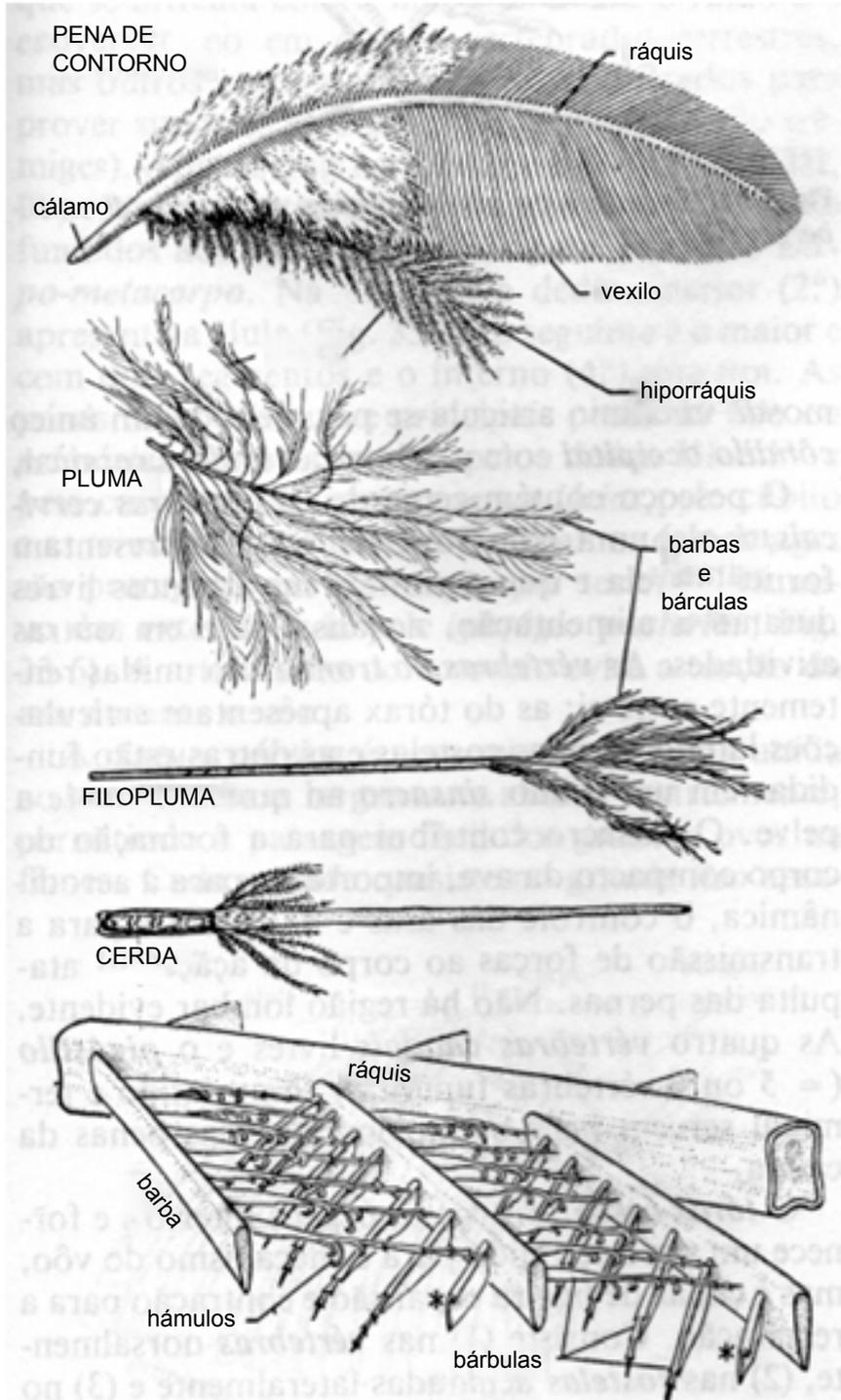
Nos recém-nascidos essas penas antecedem todas as demais. Elas também estão associadas com as áreas aptérias. Além disso, essas penas associam-se à glândula uropigiana, formando tufo em forma de pincel que servirão para auxiliar a transferência do óleo para o bico, facilitando sua aspersão pelas penas do corpo da ave (POUGH et al., 2008).

Cerdas: Estas penas são formas muito especializadas. Elas possuem formato de pelo. Localizam-se perto das narinas para filtrar o ar, também são encontradas ao redor dos bicos dos curiangos, sendo um sensor tátil que os auxilia a capturar insetos em pleno voo (STORER et al., 2005).

Filoplumas: São penas finas, com poucas barbas e bárbulas. Crescem sob as penas de contorno, mas podem estar distribuídas esparsamente pelo corpo. Elas possuem numerosas terminações nervosas livres nos seus folículos. Dessa forma, possuem função sensitiva auxiliando no controle das penas, mantendo-as no lugar durante o voo, banho, isolamento térmico ou mesmo durante exibições em disputas territoriais ou para o acasalamento (POUGH et al., 2008; STORER et al., 2005).

Existe ainda um tipo de pena denominada de **Plumas Pulverulentas**. As barbas nas extremidades dessas penas desintegram-se e assim formam um fino pó que cobre a ave deixando-a impermeável, esse pó também é distribuído quando as aves se alisam (STORER et al., 2005).

FIGURA 89 - OS DIFERENTES TIPOS DE PENAS



FONTE: Adaptado de Storer et al. (2005, p. 671)

Quando observamos todas as penas que formam o corpo da ave, temos sua **plumagem**. As penas são substituídas gradualmente, dessa forma nenhuma parte do corpo da ave fica desprotegida. As grandes penas das asas são trocadas aos pares, de forma simétrica e assim não prejudicam o voo. Esse processo de troca das penas é denominado **muda** (STORER et al., 2005).

Durante o voo, penas diferentes atuam de forma também diferenciada. As penas primárias, ligadas na região da “mão” da ave, agem como hélices empurrando a ave para frente. Enquanto as penas secundárias, da região do antebraço, atuam como as asas de um avião, sustentando o voo, fazendo o movimento de ascensão (KARDONG, 2011).



Atualmente são conhecidas três espécies de aves venenosas. Todas são encontradas na Nova Guiné e pertencem ao gênero *Pitohui* spp. Os cientistas acreditam que o veneno dessas aves não é produzido por elas, mas sim, tem origem na sua alimentação, que são besouros típicos da ilha que contém a mesma toxina encontrada na pele e penas das aves. De acordo com Kardong (2011), esse veneno, uma potente neurotoxina, pode ter função protetora não apenas contra predadores, mas principalmente contra parasitas.

3 ANATOMIA E FISIOLOGIA

Uma das características marcantes deste grupo de vertebrados é a sua complexidade anatômica e fisiológica, que permitiram aos seus representantes colonizar e viver em todos os biomas do planeta e fazer com que só não sejam encontrados nas regiões mais profundas do oceano (embora o cachalote possa mergulhar até cerca de 2500 m).

Assim, conhecer as estruturas e o funcionamento corporal deste grupo torna-se imperativo para poder compreender também muitos dos seus comportamentos únicos e compreender inclusive o ser humano, visto que estamos inseridos neste grupo.

3.1 SISTEMA ESQUELÉTICO E MUSCULAR

O esqueleto das aves também é diferenciado dos demais animais, sendo uma das modificações necessárias para o voo.

Diferentemente dos ossos de outros vertebrados, no interior dos ossos das aves não há tecidos formadores de sangue, ou mesmo gordura (KARDONG, 2011). O esqueleto é leve, delicado e muitos dos ossos contêm cavidades aéreas para diminuir o peso e a densidade do animal (STORER et al., 2005). Isso facilita tanto

o voo quanto a natação das aves aquáticas. Em alguns casos, muitos desses ossos comunicam-se com os sacos aéreos e então são chamados de ossos pneumáticos (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2012).

A ausência do preenchimento interno nos ossos das aves reduz o peso do esqueleto, e dessa forma, reduz o peso que precisa ser lançado ao ar (KARDONG, 2011).

Os ossos do crânio são unidos, exceto na região nasofrontal, onde há uma articulação que é mais perceptível nos papagaios e araras que costumam movimentar mais essa região. Outro destaque nesse esqueleto é o osso esterno, que além de grande, pode apresentar uma destacada **quilha**, também chamada de **carena**, para prender muito bem os grandes e potentes músculos peitorais de voo (STORER et al., 2005).

A cintura peitoral e o esqueleto torácico dão suporte para a atuação das asas. As duas clavículas se fundiram (**ancilose**) e formaram a fúrcula, um osso em forma de forquilha (LIEM et al., 2013). Com relação à fúrcula, existem algumas crenças folclóricas que relacionam esse osso à sorte.

As fusões que ocorreram entre vários ossos das aves são denominadas ancilose, elas tornaram o esqueleto leve, porém forte o bastante para resistir aos esforços realizados durante o voo (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2012).

3.2 SISTEMA DIGESTÓRIO

As aves apresentam sistema digestório completo, ou seja, o alimento é ingerido pela boca, aqui representada pelo bico, e o restante após a digestão é eliminado da cloaca pelo ânus.

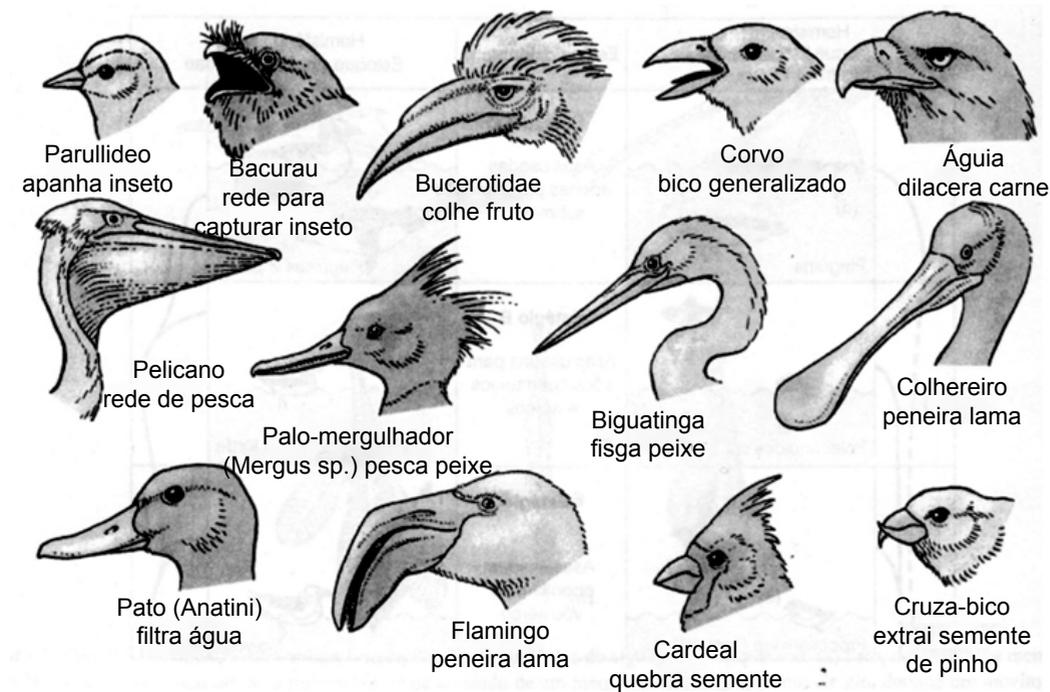
A alimentação neste grupo é bem diversa, as aves podem se alimentar de sementes, frutas, folhas, flores, néctar, insetos, outros vertebrados e de restos de animais (carniça). Há espécies de alimentação especializada, mas também há espécies generalistas que ingerem uma grande gama de tipos alimentares (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2012).

Essa grande diversificação de formas de alimentação permite que muitas aves convivam no mesmo ambiente, pois frequentam e dependem de nichos diferentes. Esse é um dos segredos para se ter tantas aves em um mesmo ambiente (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2012).

Esse sistema digestório, contudo, apresenta suas particularidades. A ausência de dentes é uma delas. Isso, além de reduzir o peso corporal, forçou o sistema digestório a assumir o papel de processamento do alimento que normalmente seria realizado na boca, através da mastigação (POUGH et al., 2008; LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2012).

Os bicos moldam-se evolutivamente ao tipo de alimento que a ave ingere. Logo, pela forma do bico, pode-se ter uma ideia do que a ave possui como grupo alimentar principal.

FIGURA 90 - VARIEDADE DE BICOS



FONTE: Adaptado de Pough et al. (2008, p. 456)

Geralmente as aves tiram proveito de boas fontes de alimento. Elas conseguem isso mantendo parte do alimento ingerido no esôfago, que em algumas espécies é cornificado para proteger os tecidos durante a deglutição de partículas alimentares mais duras (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

Após o esôfago, muitas aves possuem um papo, que é uma porção dilatada do esôfago, permitindo que o alimento seja armazenado de forma temporária (POUGH et al., 2008).

O papo também é importante para levar alimento até os filhotes. Ao chegar no ninho, o adulto regurgita o alimento armazenado no papo. Em alguns casos, além do alimento trazido, o papo possui um conjunto especial de células ricas em lipídios. Essas células formam um líquido nutritivo (leite de papo) que também é alimento para os filhotes (POUGH et al., 2008).

Esse leite possui uma constituição nutricional parecida com o leite dos mamíferos, sendo rico em proteínas e lipídios, mas não contém carboidratos. Esse leite, porém, diferente do leite dos mamíferos, possui células inteiras e não fragmentos celulares (POUGH et al., 2008).

O papo também serve para amolecer partículas de alimento substancialmente duras, como sementes, por exemplo (LIEM et al., 2013). Assim, os próximos estágios da digestão serão facilitados.



Existe uma ave na América do Sul, a cigana (*Opisthocomus hoazin*), que possui um conjunto de papos especializado na digestão de folhas e frutos muito duros. Esse papo, dividido em compartimentos, lembra o estômago de uma vaca, e faz com que a cigana seja a única ave conhecida que utiliza o processo de fermentação na digestão do seu alimento.

O estômago das aves é bem adaptado para cada estratégia alimentar. Esse estômago pode, em alguns casos, ser representado por duas câmaras: um estômago glandular (proventrículo) e um estômago muscular (moela) (POUGH et al., 2008).

Nas aves que se alimentam de grãos, após serem amolecidos no papo, eles seguem para a moela onde serão triturados por um forte conjunto muscular. Dentro da moela é possível encontrar pequenas pedras que são engolidas para auxiliar na trituração do alimento. O interior da moela é denominado de lúmen (KARDONG, 2011).

A força exercida pela moela pode quebrar uma noz pecan que em condições de estudo necessitaram de 50 a 150 quilogramas de pressão para serem finalmente quebradas (POUGH et al., 2008).

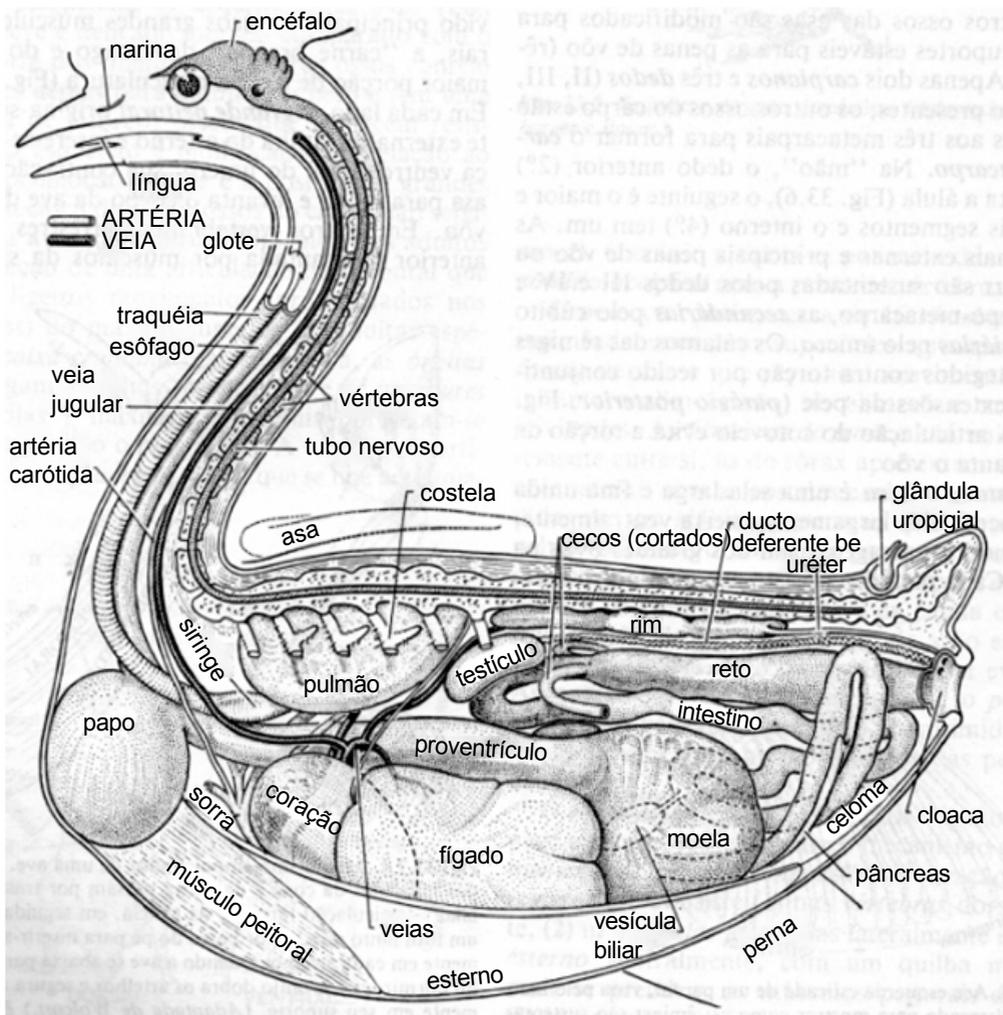
A separação entre moela e estômago é mais evidente nas aves granívoras e menos evidente nas carnívoras (HILDEBRANS; GOSLOW, 2006).

O proventrículo, que é o estômago glandular, produz inúmeras enzimas digestivas (POUGH et al., 2008; STORER et al., 2005; HILDEBRAND; GOSLOW, 2006; LIEM et al., 2013).

A digestão se completa no intestino, que é formado, principalmente, pelo intestino delgado. O intestino grosso corresponde a apenas 10% do comprimento do intestino delgado (POUGH et al., 2008).

A passagem do alimento pelo intestino das aves é muito rápida, podendo ser em algumas espécies carnívoras e frugívoras, uma questão de poucos minutos a poucas horas (POUGH et al., 2008). Assim, para conseguir absorver o máximo de nutrientes, o intestino das aves apresenta dobras e pregas, além de vilos (dobras microscópicas digitiformes) e microvilos. Essas estruturas aumentam em até 600 vezes a superfície de absorção do epitélio intestinal (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

FIGURA 91 - ANATOMIA INTERNA DE UMA AVE (GALINHA)



FONTE: Adaptado de Storer et al. (2005, p. 674)

Na junção entre os intestinos delgado e grosso as aves possuem cecos ou cecos cólicos, que são bolsas onde o alimento é fermentado para que se extraia o máximo de nutrientes, estocagem ou concentração de vitaminas (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

Os cecos mudam de tamanho de acordo com a alimentação da ave, e sabe-se que muitas aves conseguem alterar a morfologia intestinal de acordo com as variações sazonais naturais que sofrem na sua alimentação (POUGH et al., 2008).

O sistema digestório das aves termina na cloaca, que assim como nos grupos que as antecederam, é uma cavidade comum para os resíduos da digestão, excreção e reprodução (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

3.3 SISTEMA CIRCULATÓRIO

As aves tiveram sua origem nos antepassados reptilianos ligados aos dinossauros e crocodilianos, sendo classificadas como archosaurias. Elas, no entanto, são endotérmicas e possuem um nível metabólico muito mais elevado, além de uma respiração pulmonar de fluxo contínuo. Conclui-se, a partir disso, que as aves primitivas deveriam ter um coração similar ao dos crocodilianos, porém, essas características anatômicas e fisiológicas resultaram nas adaptações cardíacas presentes nas aves atuais, onde quantidades iguais de sangue são enviadas tanto para o pulmão quanto para o resto do corpo (LIEM et al., 2013).

Além disso, Liem et al. (2013) destacam que nas aves voadoras, surgiram duas grandes artérias subclávias que irrigam os grandes músculos peitorais responsáveis pelo voo.

O coração desses animais é dividido em quatro cavidades completamente separadas e, portanto, não há mistura entre os sangues arterial e venoso, pois não há um desvio cardíaco que permita ventilar os lados do coração de forma diferenciada (KARDONG, 2011). Isso tem relação com o voo e com a endotermia que demandam grande quantidade de energia e dessa forma precisam de um suprimento constante e com grande quantidade de oxigênio (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2012). Essa composição do coração também é importante para que esses animais consigam realizar um eficiente controle de sua temperatura corporal (STORER et al., 2005).

O coração das aves é uma bomba de circulação dupla, o lado direito reúne todo o sangue sem oxigênio que circulou pelo organismo e o envia aos pulmões (circuito pulmonar) para ser oxigenado. Já o lado esquerdo, recebe o sangue oxigenado que passou pelos pulmões e o envia para o circuito sistêmico (KARDONG, 2011).

Além disso, suas hemácias são nucleadas e ovais, como nos vertebrados que foram estudados nas unidades e tópicos anteriores (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2012).

3.4 SISTEMA RESPIRATÓRIO

O sistema respiratório das aves é muito desenvolvido e isso é vital, pois como já dito, há um intenso consumo de oxigênio na manutenção das taxas de metabolismo celular da endotermia e para o fornecimento de energia celular necessárias para o voo (STORER et al., 2005; POUGH et al., 2008; LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2012; LIEM et al., 2013).

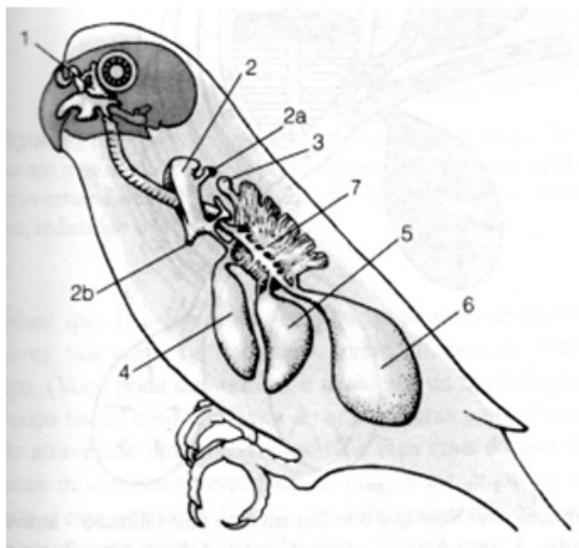
É possível que os pulmões das aves sejam os mais eficientes entre todos os animais. Isso porque o ar não “entra” nos pulmões, ele “passa” por eles. Nesse

processo o ar fresco mistura-se de forma mais eficiente e completa com o ar residual (STORER et al., 2005).

Os pulmões das aves não se movem com facilidade, sua expansão é praticamente inexistente, não mudando muito de volume e eles permanecem aderidos à parede dorsal do corpo (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006; LIEM et al., 2013).

Ao entrar pelas **narinas** o ar passa pelas **coanas**, que são cavidades que ligam a narina à faringe. Na entrada da faringe há a glote, onde está a entrada da **traqueia** que é formada por anéis cartilagosos parcialmente calcificados. A traqueia segue até a siringe e dela saem dois brônquios, um para cada pulmão (STORER et al., 2005).

FIGURA 92 - SISTEMA RESPIRATÓRIO DE UMA AVE



LEGENDA: Os números 3, 4, 5 e 6 são sacos aéreos, o número 7 é o pulmão parabrônquial.

FONTE: Adaptado de Pough et al. (2008, p. 273)

A siringe é a estrutura que dá às aves a capacidade de canto. O canto é específico, sendo único para cada espécie. Porém, indivíduos de uma mesma espécie podem apresentar características e pequenas variações próprias em seu canto (VIELLIARD, 2004).

O canto das aves atende a diversas funções, como: definir e defender territórios, disputa por parceiros em época de acasalamento, organizar o bando e até alertar sobre a presença de predadores (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2012).



O canto não é a única forma de escolha de parceiros, existem espécies em que a disputa ocorre por danças-rituais (Tangará-dançarino) e outras em que a fêmea escolhe seu parceiro pelo padrão de construção do ninho, quanto mais elaborado ou mais seguro. Há ainda espécies que constroem toda uma estrutura (ninho) artística, com coleções de objetos coloridos (frutos, pétalas, flores e até pedaços de plástico) para atrair e impressionar as fêmeas.

FIGURA 93 - TANGARÁ-DANÇARINO (*CHIROXIPHIA CAUDATA*)



LEGENDA: Ave presente na Mata Atlântica, principalmente em Santa Catarina. Além do forte colorido, os machos se reúnem para dançar em conjunto e atrair as fêmeas.

FONTE: Disponível em: <<http://2.bp.blogspot.com/-lesyhUKg3Cg/U5DBd1oQgqI/AAAAAAAAAAds/NX0aCdAChZw/s1600/Tangar%C3%A11.jpg>>. Acesso em: 9 out. 2016.

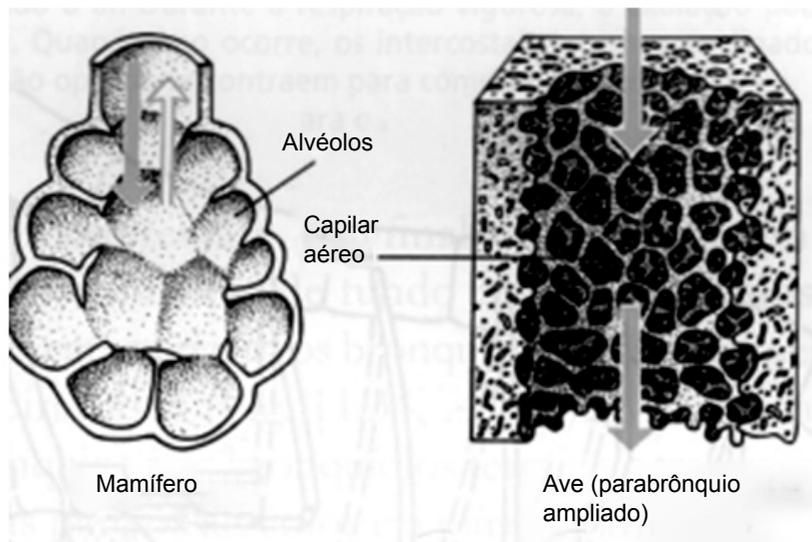
Existem também espécies que conseguem imitar o canto de outras, e é a quantidade e diversidade de cantos que irá impressionar as fêmeas (VIELLIARD, 2004).

O sistema respiratório das aves é exclusivo, os pulmões possuem prolongamentos, os sacos aéreos, cranial e caudal que ocupam boa parte do dorso do corpo. Esses sacos também possuem extensões que se comunicam com os ossos ocos (pneumáticos). Esses sacos aéreos são cerca de nove vezes maiores que os

pulmões, mas não são vascularizados, participando muito pouco da troca gasosa. Assim, os sacos aéreos são apenas reservatórios de ar que permitem às aves criar um longo ciclo único de ar nos pulmões (POUGH et al., 2008).

Nos pulmões, os brônquios se dividem em parabrônquios que se ramificam nos capilares aéreos, esses se entrelaçam com os capilares sanguíneos, e é ali que ocorre a troca gasosa.

FIGURA 94 - DIFERENÇA ENTRE UM ALVÉOLO PULMONAR TÍPICO DOS MAMÍFEROS E O PARABRÔNQUIO QUE É ENCONTRADO NOS PULMÕES DAS AVES



FONTE: Adaptado de Kardong (2011, p. 518)

Os capilares aéreos são muito menores que os alvéolos pulmonares, isso aliado ao grande volume respiratório que as aves conseguem manter, permite às aves ter uma incrível capacidade respiratória, permitindo, por exemplo, que elas voem em altitudes que fariam um mamífero em repouso ficar inconsciente (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

3.5 SISTEMA EXCRETOR

As aves não possuem bexiga urinária e seus rins eliminam pequenos cristais esféricos de ácido úrico e urato em forma de uma pasta branca, que sai junto com as fezes e com pouquíssima água (STORER et al., 2005).

O uso de pouca água para eliminar as excretas nitrogenadas é fundamental, já que esses animais vivem em ambientes em que a disponibilidade de água doce pode ser restrita ou mesmo inexistente (aves marinhas). Dessa forma, reduzir a quantidade de água que é eliminada é fundamental (HILDEBRAND; GOSLOW et al., 2006). Ainda mais frente ao grande volume de excretas nitrogenadas produzidas devido à endotermia, que consome muita energia e produz muitas excretas (LIEM et al., 2013).

Para recuperar a água que seria eliminada na excreção, as aves possuem um conjunto de longos túbulos renais que se aprofundam na medula do rim, outra parte é reabsorvida pela parede da própria cloaca (LIEM et al., 2013).

Outra preocupação é com o ovo. O embrião não tem um grande estoque de água que o permita produzir ureia (altamente solúvel em água), por isso eles produzem o ácido úrico que é insolúvel e pode ser eliminado na forma semissólida, com pouca água (HILDEBRAND; GOSLOW et al., 2006).

A eliminação contínua de urina e fezes é mais uma adaptação ao voo, pois evita o acúmulo de peso (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2012).

3.6 SISTEMA NERVOSO E ÓRGÃOS DOS SENTIDOS

Nas aves o sistema nervoso possui um encéfalo (mantidas as proporções) maior que os répteis (STORER et al., 2005).

O lobo olfativo é pequeno, revelando que para a maioria das aves esse sentido não é muito desenvolvido, juntamente com a gustação, que se resume a alguns botões gustativos na língua e na cavidade bucal (STORER et al., 2005). Em algumas aves, a língua e até o bico, têm função tátil permitindo a essas espécies localizarem e capturarem insetos, larvas e vermes no interior de troncos, ou mesmo enterrados na lama onde são percebidos através dessas estruturas (STORER et al., 2005).

Os olhos também são maiores e além do tamanho as aves possuem, de maneira geral, mais fotorreceptores que os mamíferos e répteis, alguns falcões, por exemplo, possuem oito vezes mais fotorreceptores que o homem. Isso, aliado a uma excelente percepção de cores e cones com óleo que geram uma imagem mais nítida, destacam a visão entre as aves como um sentido muito avançado (STORER et al., 2005).

A audição é muito bem desenvolvida, após o **curto canal auditivo** há um **tímpano** e atrás dele um osso, a *columela auris*, que transmite as ondas sonoras pelo ouvido médio até o interno. A cóclea é mais desenvolvida nos répteis, porém menos que nos mamíferos. Contudo, possuem um número muito superior de células ciliadas (cerca de 10.000 vezes mais), e isso permite a esses animais distinguir frequências de 40 a 29.000 Hz, distinguindo notas e de forma bem mais apurada que o homem (STORER et al., 2005).

Outros sentidos são discutidos quando nos referimos às aves. Por exemplo: aves podem detectar luz polarizada em regiões específicas da retina, bem como a luz ultravioleta que não é percebida pelos mamíferos. Além disso, aves conseguem perceber mudanças na pressão do ar, ouvir infrassons e orientarem-se pelo campo magnético da terra. Porém, os mecanismos para esse último sentido ainda não estão bem esclarecidos (POUGH et al., 2008).

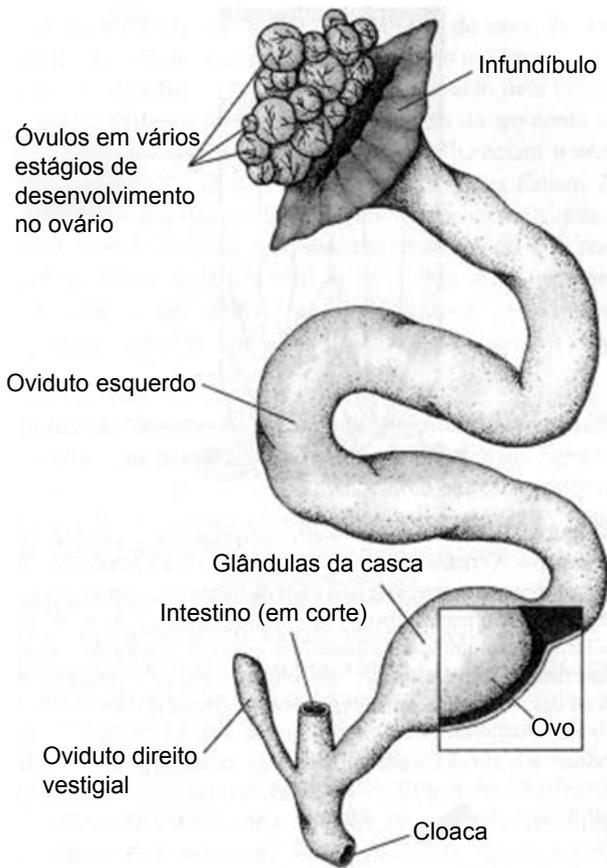
4 SISTEMA REPRODUTOR E REPRODUÇÃO

O sistema reprodutor das aves e suas estratégias reprodutivas merecem ser colocados como um item à parte, tamanha é a significância dessa etapa da vida na fisiologia e no comportamento desses animais.

As aves são dioicas e ovíparas. Não se conhece outra estratégia reprodutiva para as aves além dessa. Não existem aves vivíparas e tão pouco ovovivíparas, como ocorre em alguns peixes e répteis.

Nos machos encontramos dois testículos, dos quais saem ductos diferentes que desembocam diretamente na cloaca. Em algumas espécies há um pênis mediano, parecido com o dos aligátors (Crocodilianos), que é vestigial nas jovens aves dessas espécies (patos, gansos, inambus e avestruz). Logo após o nascimento, essa estrutura permite a diferenciação do sexo entre os filhotes (STORER et al., 2005; LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2012).

FIGURA 95 - APARELHO REPRODUTOR DE UMA AVE FÊMEA, COM OS ÓVULOS, OVIDUTO E O ÚTERO EM DESTAQUE



FONTE: Adaptado de Pough et al. (2008, p. 473)

Nas fêmeas temos, geralmente, apenas o lado esquerdo bem desenvolvido na época reprodutiva, enquanto o direito permanece atrofiado (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2012). Geralmente há um ovário rudimentar direito que pode passar a funcionar caso o esquerdo seja retirado ou sofra algum problema (STORER et al., 2005).

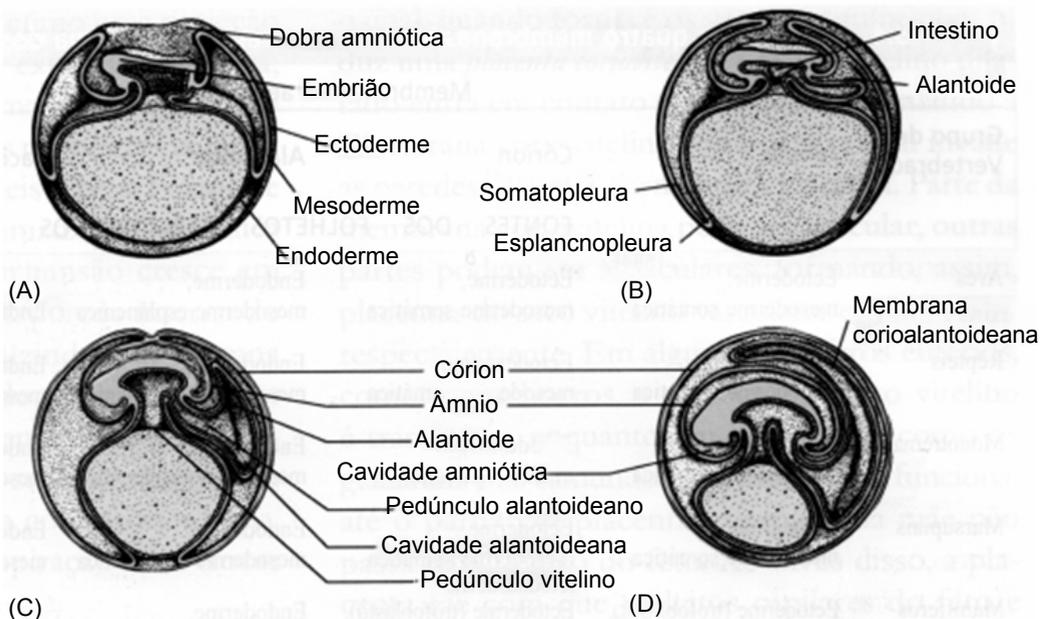
Após o ovário há uma estrutura em forma de funil, o infundíbulo do oviduto. O oviduto se estende até atrás da cloaca.

Cada óvulo recebe uma porção completa de vitelo (gema) antes de ser liberado, e após entrar no oviduto, ele terá a clara (albumina) e a casca formadas por glândulas especiais do oviduto onde os ovos são então postos no ambiente através da cloaca (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2012).

A porção terminal do oviduto é o útero. Nas aves essa região serve para armazenar os ovos com casca que estão prontos até que um local apropriado no ambiente seja feito para a postura (STORER et al., 2005; KARDONG, 2011).

Os ovos das aves possuem casca mais dura e espessa que nos répteis, porém continuam com as mesmas características que permitiram aos répteis tornarem-se independentes da água para reprodução, as membranas extraembrionárias. Elas continuam aumentando de tamanho ao longo do desenvolvimento do embrião, acompanhando suas necessidades. Após o nascimento, o filhote se liberta dessas membranas e deve passar a utilizar exclusivamente seus órgãos internos para realizar todas as funções que o manterão vivo, como respiração, nutrição e excreção (KARDONG, 2011).

FIGURA 96 - ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DO EMBRIÃO NO INTERIOR DO OVO



FONTE: Adaptado de Kardong (2011, p. 231)

O exemplo extremo de ovo, atualmente, é o do avestruz. Cada fêmea põe em média 70 ovos por ano, e cada ovo pesa cerca de 1,5 quilogramas.

Diferente dos répteis ovíparos que dependiam do calor do ambiente para o desenvolvimento do embrião no interior do ovo, as aves, sendo endotérmicas, fornecem ao embrião o calor necessário para seu desenvolvimento.

Para isso, as fêmeas desenvolvem durante a fase reprodutiva a **placa de incubação**, uma região ricamente vascularizada que permite ao sangue quente passar muito perto dos ovos, transmitindo a eles o calor necessário (KARDONG, 2011).

4.1 COMPORTAMENTO REPRODUTIVO

A reprodução das aves ocorre de diversas formas, de acordo com a estrutura e desenvolvimento social da espécie. Algumas das situações que ocorrem com relação ao comportamento reprodutivo são: construção do ninho, cuidado parental, padrões de coloração e cor, exibição visual, vocalização, monogamia, copulação extrapar e poligamia.

Embora já dissemos anteriormente, que as aves são exclusivamente ovíparas, a grande variedade de formas e estratégias desenvolvidas para aplicação dessa estratégia reprodutiva é que se destaca nas aves.

CORTE: Entre as aves, a corte ou comportamento de recrutamento do parceiro para o acasalamento ocorre de diversas maneiras.

Existem espécies em que os machos disputam através do canto a atenção da fêmea, porém é ela quem escolhe o macho.

Em outros casos, além do canto, podem ocorrer brigas ou até mesmo ocorrer apenas combates, e o macho vencedor conquista o direito de acasalar com a fêmea (ou as fêmeas).

Há, ainda, disputas que não dependem de canto e não envolvem luta (contato físico), mas sim, o padrão de cores dos machos que apresentam diversas estratégias envolvendo inclusive danças-rituais para exibir sua superioridade frente aos demais machos. Nesses casos, as fêmeas costumam se deslocar em busca de machos, analisando-os e então seleciona aquele com as características que ela julga mais “atraentes”.

Os destaques na categoria dança ficam, no Brasil, com os tangarás-dançarinos (citados anteriormente), porém as aves que mais se destacam pelo show de exibição de sua plumagem, são as aves do paraíso.

Existem aves que inclusive cortam folhas, preparando os galhos em que irão realizar as suas performances para que a fêmea tenha uma melhor visão da

apresentação. Estas aves, restritas à região norte da Austrália, Nova Guiné e Ilhas Molucas, apresentam penas e plumas de intenso colorido e de incrível diversidade de formas. Além disso, sua corte é incrivelmente elaborada.

FIGURA 97 - REPRESENTANTES DAS AVES DO PARAÍSO



FONTE: Disponível em: <<http://egort.comunidades.net/passaros-aves-do-paraiso>>. Acesso em: 9 out. 2016.

A exibição não envolve apenas as características e atributos físicos. As fêmeas dos pássaros tecelões, por exemplo, selecionam os machos pela eficiência e segurança com que eles constroem os ninhos, geralmente pendurados nas extremidades de galhos em árvores altas. Os ninhos mais fortes e seguros para os filhotes, têm preferência na seleção das fêmeas, e os machos mais habilidosos transmitirão essa característica aos seus filhotes.

NINHOS: Os ninhos se destacam nas aves, pois possuem uma grande variedade de formas e tamanhos, determinados exclusivamente pela dedicação dos pais ou de apenas um deles na sua construção.

No avestruz, por exemplo, o ninho é coletivo, ou seja, várias fêmeas põem seus ovos no mesmo local, uma cova bem rasa ou mesmo apenas uma área no chão escolhida para receber os ovos. No caso do avestruz quem choca os ovos é o macho, que ainda irá proteger e cuidar dos filhotes enquanto crescem.

Outros ninhos, como os de algumas aves de rapina, são aglomerados de galhos que podem ser “consertados” todos os anos, pois muitos casais retornam

aos ninhos dos anos anteriores e assim o ninho vai se tornando maior a cada ano.

Algumas andorinhas fazem seu ninho no interior de cavernas com camadas de saliva que vão sendo depositadas, e ao secarem dão forma e estrutura para receberem os ovos e guardarem os filhotes durante seu desenvolvimento.

Os pássaros costumam usar os mais diversos materiais para a construção dos ninhos. Algumas aves marinhas, como certas espécies de pinguins, preparam apenas um cercado de pedregulhos e mantém o ovo entre eles, outras escavam o solo e realizam a postura e o cuidado dos ovos e filhotes no subterrâneo. Há ainda espécies, como alguns beija-flores, que utilizam musgos e líquens na construção do ninho e unem esse material utilizando teias de aranha, capins, palhas, folhas, talos, pelos, penas e inclusive materiais produzidos pelo homem, como fios, tecidos e até plástico.

FIGURA 98 - NINHO DE JOÃO-DE-BARRO (*FURNARIUS RUFUS*)



FONTE: O autor

O pinguim-imperador vive em uma região tão fria que não faz ninho, ele mantém o ovo sobre seus pés, coberto por uma prega de pele, mantendo o ovo em constante aquecimento. Enquanto um dos pais está fora se alimentando, o outro cuida do ovo. Ao retornar da pescaria, o pai que cuidava do ovo o transfere para o parceiro que acabou de voltar, para que assim ele possa sair e se alimentar.

Existem ninhos que fogem à regra e não têm função apenas de receber os ovos e proteger os filhotes. Essas construções são elaboradas pelos machos do gênero *Amblyornis* spp. Servem para atrair a fêmea e provar a ela que ele é o macho mais habilidoso e capaz de gerar bons filhotes. Este “ninho” servirá apenas para o acasalamento, os filhotes serão criados em outro ninho, mais discreto para evitar predadores.

FIGURA 99 - NINHO DA ESPÉCIE *AMBLYORNIS INORNATA* DE PAPUA, NOVA GUINÉ

FONTE: Disponível em: <<http://home.zonnet.nl/michiel.1/papua/West%20Papua.htm>>. Acesso em: 9 out. 2016.

LEITURA COMPLEMENTAR

Sobre a origem das aves (Theropoda: Aves)

Mario Arthur Favretto¹

Introdução

O homem, há muito tempo, se preocupa com a origem do mundo e com a origem dos seres que habitam o mesmo. Apenas há um século e meio, estudos sobre a origem e transformações das espécies começaram a ser realizados, sendo aprimorado um novo campo da ciência, a evolução. Desde então, as aves têm sido consideradas parentes próximos de diversas linhagens de répteis, incluindo as tartarugas, os lagartos, os crocodilomorfos, os arcossauros e arcossauiromorfos basais, os pterossauros e os dinossauros, tanto ornitíscios como terópodes (CHIAPPE; VARGAS, 2003).

Até o presente momento, com base em todas as evidências que continuam a se acumular, o consenso geral é que as aves apresentam uma origem dinossauria (PANDIAN *et al.* 1999; CHIAPPE; DYKE, 2002; CHIAPPE; VARGAS, 2003; PRUM,

2003; CHATTERJEE; TEMPLIN, 2007; LIVEZEY; ZUSI, 2007). No entanto, como já mencionado anteriormente, este é um assunto controverso e ainda temos pesquisadores que se opõem à origem dinossauria das aves (POMARÈDE, 1999; FEDUCCIA *et al.* 2005; POMARÈDE, 2007a, b). De fato, a contradição de ideias é que permite a evolução do conhecimento científico e seu aperfeiçoamento. Quando se fala na origem das aves, existem algumas questões fundamentais a serem analisadas: a origem das penas, a origem do voo, comparações osteológicas e fisiológicas, questões estas, que, quando solucionadas implicam na origem do grupo em si.

Por que os ornitólogos deveriam se preocupar com a origem das aves? Mesmo que para muitos ornitólogos eventos antigos possam não ser muito relevantes, o fato é que a origem terópode das aves está conectada com praticamente todos os aspectos biológicos das aves e pode influenciar na forma como pensamos a respeito delas, na maneira como estudamos e ensinamos a anatomia das aves, assim como, seu comportamento, fisiologia, ecologia e evolução (PRUM, 2002).

Um dos fatores que por vezes atrapalha o estudo da origem das aves refere-se ao registro fóssil. Sabe-se que o registro fóssil de aves não é bastante completo, devido aos inúmeros processos envolvidos na fossilização, que envolvem desde o local que o animal morto permanece até processos geológicos durante os milhões de anos que se passaram, e a própria estrutura óssea das aves (FOUNTAINNE *et al.* 2005). No entanto as informações que existem até o presente momento possibilitam uma razoável compreensão da origem das aves.

Sobre as penas

Com o avanço do conhecimento, especulações sobre a origem das penas têm caído por terra, como por exemplo, que surgiram com uma única função específica, como o voo (PRUM; BRUSH, 2004). De fato, uma questão abordada por Pomarède (2005; 2008), é a origem das penas a partir da seleção sexual. Fica a dúvida de quem estaria selecionando quem, no que diz respeito a machos e fêmeas. Tomemos como exemplo fêmeas de terópodes maniraptores selecionando machos com ornamentação diferenciada que chegando ao ponto de estruturas semelhantes a penas, após milhões de anos. Para estes dinossauros bípedes, esta seleção sexual poderia ter propiciado não somente a conquista da fêmea, mas, condições mais propícias à sobrevivência, como um melhor controle da temperatura corporal.

É claro que somente a seleção sexual não poderia ter forçado o surgimento de penas muito maiores, pois como em alguns casos até perceptível nas aves atuais, caracteres sexuais, por vezes, ocorrem somente nos machos e não nas fêmeas, ou de forma menos aparente nas fêmeas (DARWIN, 1871; TORI *et al.*, 2008). Sendo assim, a pressão do meio em conjunto com a seleção sexual pode ter propiciado a origem das penas.

Uma das áreas que tem contribuído de forma significativa para os estudos sobre a origem das penas é a biologia do desenvolvimento. Utilizando-se da

ontogenia, esta área do conhecimento pode ser uma janela dentro da evolução da anatomia das espécies (PRUM; BRUSH, 2004).

Deve-se mencionar também as novas descobertas de fósseis de dinossauros emplumados. Estes animais tinham uma diversidade de penas primitivas diferente das penas das aves modernas ou do *Archaeopteryx*. Entretanto, essas penas primitivas fornecem informações importantes sobre a estrutura, função e evolução das penas presentes nas aves modernas (PRUM; BRUSH, 2004). Como cabelo, unhas e escamas, penas são apêndices tegumentários da pele, formados por células da epiderme que produzem queratina. Em seu desenvolvimento, tanto penas como escamas são formadas pela interação entre epiderme e mesênquima, sendo caracterizadas por um complexo de inovações morfológicas e bioquímicas (CHUONG et al., 2000; PRUM, 2005).

No que se refere à comunicação visual ou camuflagem, tanto a seleção natural como a seleção sexual poderiam ter auxiliado no desenvolvimento das penas. Não há razões para não pensar que a queratina das primeiras protopenas não fossem pigmentadas com melanina ou carotenoides, como nas penas modernas. Entretanto, muito dos padrões de coloração que observamos nas penas atuais só são possíveis devido às estruturas de gradientes formados pelas barbas e barbúlas (PRUM, 1999).

Assim, vemos que como já mencionado anteriormente, seleção natural em conjunto com seleção sexual contribuíram para o surgimento das penas, envolvendo inúmeros benefícios para os terópodes. O desenvolvimento das penas é plausível com a filogenia, um complementando o outro, reforçando o fato de as aves serem membros de Dinosauria Theropoda (PANDIAN et al., 1999; SUMIDA; BROCHU, 2000).

Osteologia e Fisiologia

A similaridade entre Terópodes e Aves não se encontra somente na presença de penas. Há também a relação do sistema respiratório. Os sacos aéreos presentes nas aves não são uma característica exclusiva das aves em si. Análises de ossos pneumáticos indicaram a presença deste sistema de ventilação em dinossauros terópodes, assim como no tão discutido *Archaeopteryx* (O'CONNOR; CLAESSENS, 2005; SERENO et al., 2008). Similaridades cerebrais, estudadas por meio de tomografias computadorizadas dos crânios, são encontradas em ambos os grupos Theropoda e Aves, incluindo *Archaeopteryx*, similaridades estas que possibilitariam o surgimento do voo (ALONSO et al., 2004; KUNDRÁT, 2007).

Muitas inovações esqueléticas de importância crítica para o voo surgiram para outros fins nos primeiros terópodes (SERENO, 1999), como por exemplo:

- a) Ossos longos ocos (ex. Theropoda);
- b) Remoção do dígito um nos pés, perdendo seu papel no apoio de peso (ex. *Ceratosaurs* Neotheropoda);

- c) Evolução de uma junta rotativa no punho, possibilitando o uso das mãos para apreensão eficiente (ex. *Allosaurus* Neotetanurae);
- d) Expansão do coracoide e do esterno permitindo um aumento da musculatura peitoral e penas plumáceas para regular a temperatura (ex. *Sinosauropteryx*, *Pelecanimimus* Coelurosauria);
- e) Presença de penas com raque, dispostas como primárias, secundárias e retrizes para exibições ou para chocar ovos, ou ambos (ex. *Caudipteryx* Maniraptora);
- f) Encurtamento do tronco e aumento da rigidez na extremidade da cauda, bem como, seu encurtamento distal para aumento do equilíbrio e maneabilidade (ex. *Velociraptor* Paraves);
- g) Aquisição de um voo básico e função de empoleirar-se (função obtida antes do término do Jurássico), alterações na articulação do ombro, propulsão de voo com penas assimétricas e hálux invertido, chaves para o refinamento de um voo energético (ex. *Archaeopteryx* Aves);
- h) Canal triósseo para o principal tendão rotor das asas, penas na álula para controle do fluxo de ar na asa durante velocidades lentas, retrizes em leque permitindo maneabilidade durante o voo e frenagem durante o pouso e hálux completamente oposto, permitindo empoleirarse (ex. *Sinornis* Ornithothoraces);
- i) Fúrcula elástica e um esterno grande em quilha para uma musculatura peitoral maciça (ex. *Columba* Euornithes).

Sobre a origem do voo

Existem duas teorias que discutem a origem do voo nas aves, uma conhecida como chão-ar, ou seja, animais correndo começaram a voar, e outra árvore-ar, quando um animal arborícola, pulando de uma árvore e usando suas penas como um paraquedas, alçaria voo. A segunda teoria poderia ser mais fácil, ao contrário do surgimento do voo no chão, que supostamente iria contra a força da gravidade (HEDENSTRÖM, 2002).

Apesar de a teoria árvore-ar ser aparentemente mais simples, em especial com a descoberta de novos fósseis (ex. *Microraptor gui*), a origem das penas em si, deriva de dinossauros cursoriais (HEDENSTRÖM, 2002). Atualmente existem espécies de vertebrados não-avianos que são planadores, no entanto, não há nenhum exemplo nestes vertebrados que possa ser considerado um intermediário entre o voo planado para o voo em si (com consumo de energia durante o bater de asas). Este fato pode ser um indicativo de que o paraquedismo animal pode não ser o caminho para um voo característico das aves (DIAL *et al.*, 2006).

O *Archaeopteryx* apresenta penas assimétricas nos membros anteriores e na cauda, protopenas e plumagem em diversas partes do corpo, o que é apenas um dos fatores que o aproxima das aves (CHRISTIANSEN; BONDE, 2004). Estudos de análise da anatomia do *Archaeopteryx* e modelos para análise de seu voo, indicaram que no início de sua corrida, as pernas poderiam funcionar como uma força de impulso. A batida de asas pode suplementar a força produzida na corrida, e quando ambas as forças se unem, as duas produzem uma força única

que é suficiente para erguer o animal do solo, e assim passando apenas a utilizar as asas (e sua respectiva força) fazendo o *Archaeopteryx* sustentarse no ar (BURGES; CHIAPPE, 1999).

O estudo de Burges; Chiappe (1999), demonstra que as asas do *Archaeopteryx* poderiam sim gerar um impulso suficiente para fazê-lo voar, pois a força do impulso é perpendicular à gravidade e não contra ela, sendo assim, afirmações do uso excessivo de energia seriam irrelevantes. Por vezes, a teoria árvore-ar pode parecer mais adequada para a origem do voo, no entanto aerodinamicamente a teoria chão-ar também é possível (BURGES; CHIAPPE *op cit.*). E assim, outros dinossauros que possuíam penas também poderiam complementar seu deslocamento em corridas usando o impulso de suas asas (HEDENSTRÖM, 2002).

Chão-ar ou árvore-ar? Possivelmente algo entre os dois, ou algo completamente diferente. Muitas aves, como alguns Tinamiformes e Galliformes, quando buscam abrigo para dormir, recorrem às árvores, ou seja, mesmo com seu hábito terrestre, procuram por locais elevados para se abrigar (DIAL, 2003a).

Penas nos membros anteriores, mesmo quando não muito desenvolvidas, podem auxiliar no aumento da velocidade em uma corrida, isso nas aves modernas (ex. Galliformes), assim como, possivelmente, em protoaves também (DIAL, 2003a). Da mesma forma que a tendência das aves terrestres de refugiarem-se em locais elevados, pode ser uma tendência que ocorreu durante o período evolutivo de protoaves.

Ambas as teorias de origem do voo falham ao apresentar as fases necessárias para um desenvolvimento mecânico, deixam lacunas em aberto, que acabam por prejudica-las. Estudos com o chamado WAIR (*wingassisted incline running*), que envolve a ontogenia pós-natal, em uma análise do desenvolvimento dos movimentos nas aves até que estas cheguem à maturidade, foi concebido sem envolver as características das duas teorias de origem do voo, e sem tentar ser um compromisso para com alguma delas, ainda assim, apresentou ingredientes de ambas as teorias (DIAL, 2003b; DIAL *et al.*, 2006).

Ao contrário das duas hipóteses usuais, que envolvem principalmente o cunho filosófico, e por vezes não são testáveis através de um método, a hipótese do WAIR é testável e aplicável (DIAL *et al.* 2006). As aves, desde filhotes até a maturidade, apresentam uma forma de movimento para o bater de asas que é estereotipado e envolve, ainda nos filhotes, a função aerodinâmica de suas protoasas (tendo em vista que nos filhotes as asas não estão completamente desenvolvidas), incorpora movimentos simultâneos e independentes das asas e das pernas, desta forma estabelece que o bater de asas foi estabelecido para funções aerodinâmicas nos ancestrais bípedes das aves (DIAL, 2003b; DIAL *et al.*, 2008).

Este estudo também fornece um caminho evolutivo parcimonioso para explicar algumas características presentes em terópodes não-avianos, como por exemplo a fúrcula, as protoasas, as penas simétricas, e outras apresentadas anteriormente na Tabela 1. A hipótese ontogenética explica também as mudanças

no ombro das aves durante a evolução (DIAL *et al.*, 2008).

O aparecimento de asas parcialmente desenvolvidas em dinossauros terópodes (ex. *Caudipteryx*, *Sinosauropteryx*, *Protarchaeopteryx*, *Rahonavis*, *Unenlagia* e outros), aparentemente confundiu muitos cientistas, criando hipóteses e perguntas se essas asas eram usadas para o animal correr mais rápido, para planar, para proteger ovos e filhotes nos ninhos, ou para capturar alimento (DIAL *et al.*, 2006).

Os estudos de Dial *et al.* (2006; 2008) sugerem que penas nos membros anteriores de pequenas protoaves bípedes podem ter fornecido vantagens locomotoras em corridas da mesma forma que nas aves atuais. Correndo em locais acidentados, com obstáculos para cima e para baixo, e em superfícies quase verticais, sendo perseguido ou perseguindo, um animal que utiliza o WAIR (ou seja, utiliza-se dos membros anteriores emplumados) poderia se beneficiar com um auxílio de tração extra fornecida pelos membros posteriores (DIAL *et al.*, 2006).

Uma protoave com um comportamento semelhante ao WAIR representa um estágio intermediário no desenvolvimento da capacidade de voar e das asas aerodinâmicas. Forças aerodinâmicas das protoasas inicialmente poderiam ter sido direcionadas para aumentar a tração dos membros posteriores, e, subsequentemente, teriam permitido ascensões aéreas rudimentares, bem como, descidas controladas de refúgios elevados, como observado atualmente em indivíduos juvenis de Galliformes (DIAL, 2003b; DIAL *et al.*, 2006; 2008). A transformação ontogenética observada em juvenis de algumas espécies que apresentam o WAIR, é um caminho comportamental e morfológico plausível nos estágios adaptativos que estiveram presentes nos maniraptores terópodes para atingirem o voo aviano.

O caso *Cosesaurus*

Cosesaurus aviceps, estudado por Ellemerger (1977), é um réptil diapsida pseudoavimorfo, que provavelmente tratava-se de um indivíduo juvenil. Afirmava-se que estava rodeado por impressão de penas, tinha um crânio semelhante ao de uma ave, e até uma fúrcula. A espécie foi refutada (PAUL, 2002). Ellenberger (1977) sugeriu que o *Cosesaurus* e as aves formavam um clado distinto dos diapsidas e que o *Archaeopteryx* convergiu junto com as aves. Exames realizados no *Cosesaurus* mostraram que sua fúrcula e as penas são ilusórias, e o suposto crânio grande e pélvis estão fragmentados (ou esmagados) demais para serem precisamente restaurados (PAUL, 2002).

As supostas características avianas do crânio do *Cosesaurus*, um tamanho grande em si, com olhos grandes, e o focinho curto e pontiagudo, não são únicas das aves, e são observadas em pequenos répteis e em alguns dinossauros, especialmente jovens, assim como nas aves. Uma relação com as aves não é aceita pelos pesquisadores, pois afirmar que o *Cosesaurus* é ancestral das aves é descabido. Ele não possui nenhuma relação próxima com as aves. Afirmar isto é posicionar-se contra os dados das mais variadas áreas de conhecimento que demonstram a origem terópode das aves e contra as análises do fóssil de *Cosesaurus* (PAUL, 2002).

Conclusões

É perceptível, com base em todas as informações aqui discutidas, que a origem das aves a partir de dinossauros terópodes não se deve apenas a um ou dois fósseis, como o *Archaeopteryx* e o *Microraptor*, mas sim a um conjunto de dados determinados por pesquisadores dos mais variados campos da biologia, que quando reunidos apontam de forma parcimoniosa para a origem Theropoda das aves. Ou seja, a teoria não é aceita só porque surgiu nos Estados Unidos ou na Inglaterra, isso nada significa, aqui se está falando de ciência e não de sentimentalismo ou nacionalismo para tentar defender uma teoria. A presente teoria é aceita devido a todos os dados que se tem disponível.

Se todos esses dados aqui apresentados e se todos os fósseis de terópodes que apresentam características avianas fossem falsos como no caso *Archaeoraptor*, já teríamos obtido a resposta, a falsificação caiu por terra, outras falsificações também cairiam. O método científico não é feito de “acreditar” e nem de “eu acho”, mas explica fatos através de regras obtidas a partir de metodologias coerentes que podem ser reproduzidas por diversos pesquisadores, no caso da origem dinossáuria das aves, resultados semelhantes estão sendo encontrados por diversos pesquisadores em diferentes países. O caso de alguns poucos apresentarem opiniões contrárias deve-se muito provavelmente a observações errôneas.

Artigos sobre a origem Theropoda das aves continuam a ser publicados, novas descobertas continuam a ser feitas, conforme foram apresentadas neste trabalho, não há nenhum silêncio que tenha se abatido sobre os dinossauros emplumados indicando os erros dos paleontólogos.

FONTE: FAVRETTO, Mario Arthur. As aves do período cretáceo da era mesozoica. **Atualidades ornitológicas**, n. 150, p. 60-63, 2009. Disponível em: <http://www.ao.com.br/download/AO150_46.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2016.

RESUMO DO TÓPICO 1

Neste tópico, você aprendeu que:

- Aves têm as penas como característica diagnóstica externa.
- As penas derivaram das escamas dos antigos répteis e são as estruturas queratinizadas que recobrem as aves.
- Todas as aves são ovíparas.
- Sendo todas ovíparas, existem diferentes estratégias reprodutivas de corte, acasalamento e diferentes tipos de ninhos.
- Embora todas as aves possuam penas, nem todas as aves são voadoras.
- As aves são endotérmicas, produzindo o calor necessário através da queima energética de seu metabolismo.
- Assim como os répteis, os ovos das aves possuem membranas extraembrionárias e uma casca resistente e porosa, que permite à ave reproduzir-se de forma independente da água.
- Sua respiração é exclusivamente pulmonar, possuindo sacos aéreos e ossos pneumáticos.
- Seu sistema digestório é completo, e além das estruturas comuns, possui papo e moela.
- O papo amolece e armazena alimento, e em algumas espécies, produz um leite nutritivo para os filhotes.
- A moela pode ter em seu interior pequenos pedregulhos e grãos de areia para triturar de forma mais eficiente as partículas de alimento, afinal, as aves não têm dentes para processar o alimento.
- As penas fornecem a aerodinâmica corporal para o voo, isolamento térmico e a aerodinâmica das asas.
- As aves não possuem bexiga e excretam ácido úrico.
- Existem diferentes tipos de penas para diferentes funções no corpo e diferentes comportamentos.

- As aves podem ter uma grande variedade de itens alimentares.
- O esqueleto das aves é adaptado ao voo, tendo ossos ocos que distribuem o peso da vez de forma a permitir o voo.
- Seu coração possui quatro cavidades e não há mistura de sangue entre os lados.
- A respiração das aves tem um fluxo de ar unidirecional.



- 1 Embora nem todas as aves possuam a capacidade de voar, esta é uma das grandes características desse grupo. Voar, porém, foi uma conquista que necessitou de grande número de adaptações. Cite as adaptações que as aves precisaram desenvolver para voar.
- 2 A característica diagnóstica mais marcante das aves é que possuem seu corpo coberto por penas. As penas na verdade são exclusivas delas, nenhum outro animal as possui. Além disso, as penas são importantes para as aves de diversas maneiras. Quais as funções das penas?
- 3 Poder voar e manter a temperatura do corpo constante exige da ave uma grande capacidade respiratória. Isso fez com que as aves desenvolvessem um sistema respiratório único e muito desenvolvido. Quais as características desse sistema respiratório que permitiram às aves alçar voo e tornarem-se endotérmicas?
- 4 A evolução nos fornece pistas que relacionam os seres que já existiram com os seres vivos atuais. Isso nos permite verificar como a evolução age. Dessa forma, sempre temos características em comum que nos permitem vincular a origem dos seres vivos a partir de seus antepassados já extintos. Quais características podem ser relacionadas que evidenciam os répteis como antecessores das aves?
- 5 Os ninhos são uma característica curiosa na reprodução das aves. Em algumas espécies a construção do ninho consome muito tempo, esforço e recursos. Quais as funções desempenhadas pelos ninhos que fazem valer tanto esforço em sua construção?

1 INTRODUÇÃO

Os mamíferos surgiram de um grupo denominado Synapsida, que os paleontólogos denominavam de “répteis parecidos com mamíferos”. Embora hoje em dia isso seja considerado errôneo, pois os Synapsidas não deram origem apenas aos mamíferos, e levar essa interpretação ao pé da letra levará ao erro (KARDONG, 2011). Isso porque os mamíferos, na verdade, não são aparentados com quaisquer animais semelhantes aos répteis modernos, e considerar seus antecedentes como algum tipo de animal grande semelhante a um lagarto é um grande erro (POUGH et al., 2008).

A linhagem dos Synapsidas foi o primeiro grupo de amniotas a irradiar-se e dominar de forma ampla o ambiente terrestre. Durante o Permiano, eles eram os vertebrados terrestres mais abundantes e eram compostos por animais de porte médio, a grande maioria com peso variando entre 10 a 200 quilogramas, podendo, em alguns casos, atingir cerca de 500 quilogramas. A maioria dos Synapsidas desapareceu no final do Triássico e as espécies sobreviventes pesavam menos de um quilograma (POUGH et al., 2008).

Dentro da irradiação que os Synapsidas teriam sofrido, surgem três grupos: os pelycosaurias, os therapsidas e finalmente os mamíferos, que derivaram de um grupo de therapsidas primitivos chamados de cinodontes (KARDONG, 2011).

O surgimento efetivo dos mamíferos está relacionado ao surgimento da **glândula harderiana**, que produz um óleo levado até o nariz por um ducto especializado. No nariz, essa secreção é coletada e utilizada para vedar a pelagem contra a umidade e contra o frio. Os cinodontes não possuíam essa glândula, mas seus predecessores sim. O surgimento dessa glândula, juntamente com outras características da morfologia cranial, redução de tamanho e surgimento dos pelos, deu origem, finalmente, aos mamíferos (POUGH et al., 2008).

Os mamíferos teriam surgido nessa irradiação dos terápsidos. As formas iniciais dos mamíferos eram compostas por animais pequenos, que de certa forma lembram os musaranhos atuais. As formas atuais dos mamíferos são compostas por três grupos: os monotremados, representados por ornitorrincos e o equidna, os metatérios, que são os marsupiais, como o canguru, os gambás, cuícas e os eutérios, onde estão a grande maioria dos mamíferos, os placentários (KARDONG, 2011).

2 CARACTERÍSTICAS GERAIS

Entre todos os vertebrados existentes, os mamíferos possuem a maior complexidade evolutiva. Eles incluem grupos de saltadores, nadadores, voadores, marsupiais, ovíparos, entre outros. Aqui encontramos animais como capivaras, cutias, macacos, morcegos, baleias, focas, botos, cuícas, hipopótamos, lobos, graxains, girafas, coalas e inclusive nós, seres humanos.

Esse grupo inclui os maiores animais e as mudanças mais extremas, partindo da baleia-azul, maior animal que já viveu no planeta, até os morcegos (POUGH et al., 2008).

O cuidado parental é o mais desenvolvido entre todos os animais e atinge seu ponto máximo na espécie humana (STORER et al., 2005).

Assim como as aves, os mamíferos possuem grande capacidade de interação com a espécie humana e por isso são um dos grupos mais bem conhecidos e estudados.

Para identificar os mamíferos entre todos os demais grupos, existem características exclusivas do grupo que os separam dos demais vertebrados. Entre elas, duas são marcantes, os pelos e as glândulas mamárias (POUGH et al., 2008). As demais são listadas a seguir, de acordo com Storer et al. (2005):

- Corpo geralmente coberto por pelos.
- A pele possui muitas glândulas, entre elas sudoríparas (suor), sebáceas (oleosidade), odoríferas (cheiro) e mamárias (leite).
- Crânio com dois côndilos occipitais, cada metade da mandíbula é formada por um único osso, três ossículos ligados à audição, boca com dentes em alvéolos.
- Ouvido externo circundado por um pavilhão carnoso.
- Língua muscular e pálpebras, ambos móveis.
- Coluna vertebral bem dividida em cinco regiões: cervical, torácica, lombar, sacral e caudal.
- Quatro membros (exceto cetáceos), com pés contendo cinco artelhos adaptados de acordo com a necessidade da espécie para correr, nadar, escalar, voar, cavar etc. Cada pé com garras, unhas ou cascos, e frequentemente muito almofadados.
- Coração dividido em quatro cavidades.
- Respiração apenas pulmonar alveolar.
- Doze pares de nervos cranianos e encéfalo altamente desenvolvido.
- Endotérmicos.
- Machos com pênis e testículos protegidos por escroto, enquanto as fêmeas produzem óvulos geralmente minúsculos, sem casca e que ficam retidos no útero.

2.1 PELE E PELOS

O revestimento dos mamíferos foi peça-chave na superação das dificuldades que levaram esses animais a dominarem todos os ambientes do planeta em que são encontrados.

Já vimos nas aves que a endotermia é um processo dispendioso de energia para ser mantido, e possuir um revestimento que facilite e otimize esse processo foi fundamental para sobreviver em climas inóspitos (POUGH et al., 2008). Os mamíferos também produzem o calor de seus corpos (endotérmicos) e termorregulam sua temperatura, utilizando funções fisiológicas e não o ambiente.

A pele dos mamíferos é formada por uma epiderme bem grossa, com um espesso estrato córneo formado por várias camadas de células mortas, achatadas e repletas de queratina unidas a fosfolípidios. Esse revestimento limita as trocas realizadas entre o corpo e o meio ambiente, isolando o organismo do meio externo (LIEM et al., 2013).

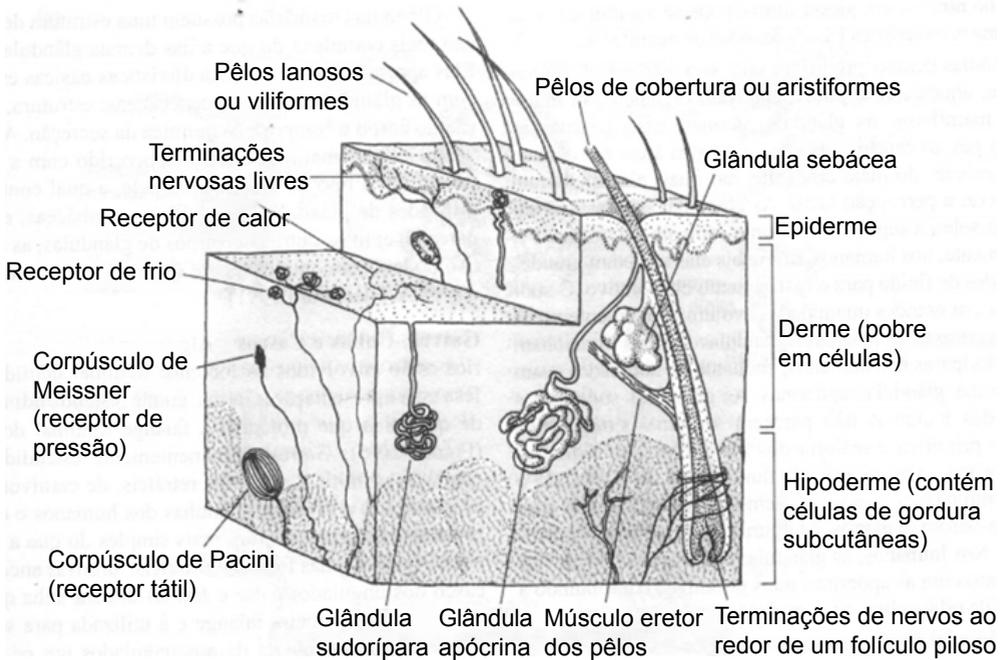
Esse estrato córneo é bem mais espesso em regiões específicas do corpo, como as solas das mãos, pés e nos dedos, isso forma os coxins plantares (LIEM et al., 2013).

O pelo é a peça-chave do revestimento dos mamíferos e é um derivado da queratina. Eles não fornecem apenas proteção térmica ao segurar uma camada de ar entre a pele e o ambiente, mas funcionam também como proteção mecânica contra abrasão e contra o ataque de outros indivíduos (juba do leão) (LIEM et al., 2013).

Cada pelo possui, em sua base, um pelo que ao se contrair “arrepia” o pelo e dessa forma aumenta a espessura da pelagem, retendo mais ar entre os fios e isolando de forma mais eficiente o animal (POUGH et al., 2008).

FIGURA 100 - REPRESENTAÇÃO DA PELE DE UM MAMÍFERO

Características Compartilhadas por Todos os Mamíferos



FONTE: Adaptado de Pough et al. (2008)

Nos seres humanos, os pelos são reduzidos para favorecer a função tátil da pele. Um pelo possui uma estrutura típica. Ele é constituído por uma haste de queratina bem formada e sua base está inserida no folículo piloso. A base desse folículo é aumentada e forma uma raiz, que é mantida e nutrida pela papila pilosa que possui nervos e vasos sanguíneos capilares responsáveis por nutrir o pelo em crescimento (LIEM et al., 2013).

Em corte é possível perceber a estrutura do pelo, formada por um córtex denso, contendo pigmento, e é revestido pela cutícula, formada por escamas microscópicas que variam na forma como recobrem o pelo. Esse padrão de revestimento é específico e serve para identificar a espécie quando um pelo é encontrado. Pelos mais grossos possuem uma região central denominada cerne ou medula, formada por células mortas e espaços vazios (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

Além disso, os mamíferos podem ter pelagens diferentes, mais adaptadas para diferentes estações do ano. A época em que realizam a troca da pelagem é denominada de muda (STORER et al., 2005).

Existem diferentes tipos de pelos. Hildebrand e Goslow (2006) os classificam como:

- **Pelos de Cobertura:** são longos e retos e dão ao animal sua cor e textura. Geralmente apresentam-se em grupos de dois ou três pelos. Eles podem cumprir outras funções, como fornecer uma superfície hidrodinâmica (focas), absorver e conduzir a radiação solar (urso polar) e podem possuir células cheias de ar otimizando o isolamento térmico.
- **Pelos Lanosos:** são pelos numerosos, mais finos, menores, achatados longitudinalmente e levemente ondulados. Ocorrem em grupos de 12 ou mais. Seu formato facilita a formação de bolsas de ar, e portanto, aumentam e melhoram o isolamento térmico.
- Existem pelos maiores e mais grossos, são os **cílios e crinas**. Há ainda um grupo de pelos mais grossos, com função tátil, são os **bigodes ou vibrissas**. Estes possuem uma rede de nervos bem desenvolvida.
- Um grupo especial de pelos é conhecido por serem ocos, extremamente rígidos e com cutícula modificada formando farpas, estes são os **espinhos**.

Outras estruturas relacionadas à pele e ao revestimento desses animais são seus Cornos e Chifres.

Os cornos, como por exemplo os do rinoceronte, são formados por queratina e são estruturas permanentes que crescem ao longo de toda vida do animal. Já os chifres crescem sob uma camada de veludo e tem um núcleo ou base óssea. Após estarem prontos, a circulação deste tecido aveludado é cortada e o tecido morre e cai, expondo o chifre. Diferente do corno que é permanente, o chifre, após a estação reprodutiva, cai e deve ser produzido novamente no próximo ano (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

Além disso, a pele dos mamíferos possui um grande número de glândulas. Há as **glândulas sebáceas**, que produzem óleo para lubrificação da pele. Esse óleo é liberado quando as células que o produzem morrem (**Secreção holócrina**). Existem as **glândulas tarsais**, que se localizam nas margens das pálpebras e produzem uma secreção oleosa que protege a superfície do olho. As **glândulas sudoríparas**, cujo produto é o suor, é secretado sem a destruição das células (**secreção merócrina**) e serve para auxiliar no controle de temperatura e excretar determinadas substâncias. E há ainda a **secreção apócrina**, quando apenas uma extremidade da célula se rompe para realizar a secreção (LIEM et al., 2013).

Existem também as glândulas odoríferas, que liberam feromônios com função territorial, reprodutiva e às vezes de defesa (LIEM et al., 2013).

Por último temos as glândulas mamárias, que deram nome ao grupo. Elas são uma mistura de glândula sebácea com sudorípara apócrina. Ali é produzido o leite, uma mistura de carboidratos, proteínas, lipídios, minerais e anticorpos (LIEM et al., 2013).

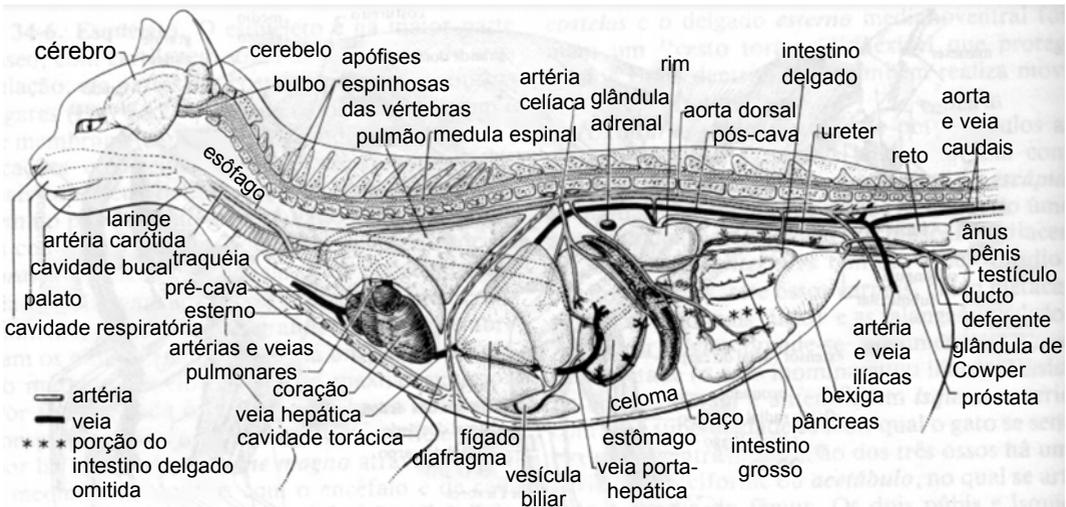
2.2 LACTAÇÃO

As fêmeas de todos os mamíferos têm lactação, portanto, glândulas mamárias. Os machos também as possuem e em alguns casos essas glândulas também podem ser ativas e produzirem leite. Um mistério é saber porque os machos têm essas glândulas se não produzem leite. Na espécie humana, como possuem as glândulas mamárias, os homens também podem ter câncer de mama (POUGH et al., 2008).

O termo mamífero derivou da presença de glândulas produtoras de leite, mas essa característica não é exclusiva dos mamíferos, visto que algumas aves produzem um leite nutritivo em seu papo para alimentar os filhotes.

3 ANATOMIA E FISIOLOGIA

FIGURA 101 - REPRESENTAÇÃO DOS SISTEMAS DE UM MAMÍFERO (GATO)



FONTE: Adaptado de Storer et al. (2005)

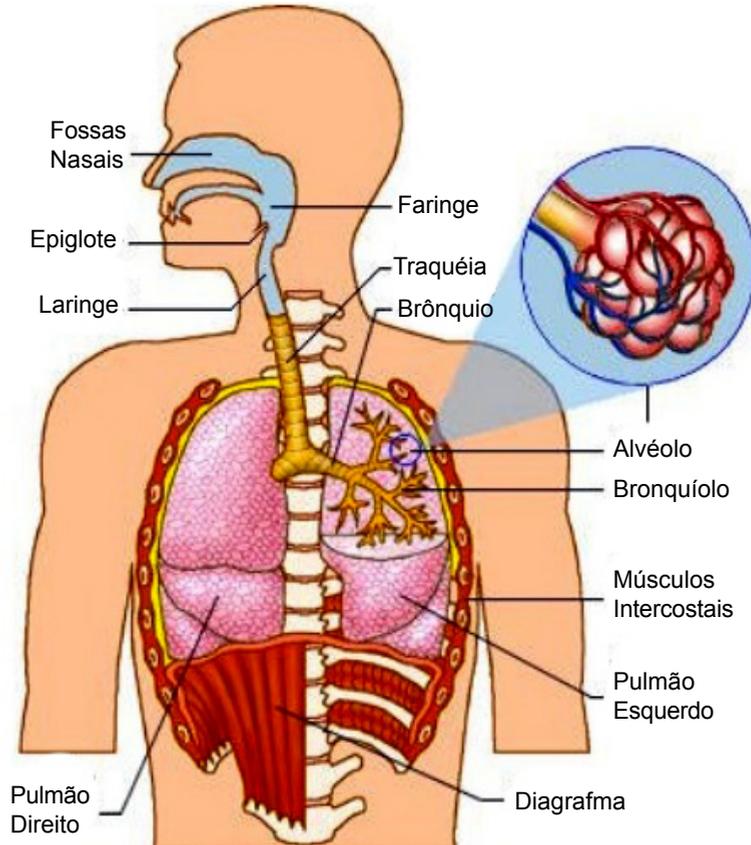
3.1 SISTEMA RESPIRATÓRIO

Os mamíferos são animais de respiração totalmente pulmonar alveolar. Isso significa que a aparência esponjosa desses pulmões ocorre devido à ramificação dos brônquios em bronquíolos e a ocorrência dos alvéolos em cada extremidade. Os alvéolos são as câmaras fechadas onde ocorre efetivamente a troca gasosa (POUGH et al., 2008).

O tronco dos mamíferos dividiu-se em duas partes, uma cavidade peritoneal, onde estão as vísceras, e uma cavidade pleural, onde estão os pulmões (POUGH et al., 2008).

Os pulmões dos mamíferos são mais homogeneamente divididos e por isso são mais eficientes. Essa divisão em lobos varia, podendo estar ausente em alguns deles, mas geralmente está presente através de dois lobos no esquerdo e três no direito (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

FIGURA 102 - O SISTEMA RESPIRATÓRIO DE UM MAMÍFERO



LEGENDA: Todas as estruturas identificadas, o músculo diafragma responsável pelo movimento respiratório. Em destaque no círculo, um alvéolo pulmonar coberto por uma rede de vasos sanguíneos capilares.

FONTE: Disponível em: <<https://anacristinabioiefes.wordpress.com/2011/02/27/115/>>. Acesso em: 16 out. 2016.

Para funcionar, uma bomba de aspiração ventila o sistema respiratório dos mamíferos, essa bomba atua, principalmente, através das contrações do diafragma. Essa ventilação nos mamíferos é bidirecional, ou seja, inspiração e expiração. Com a dilatação da cavidade pleural, os pulmões se expandem e se enchem de ar. Ao diminuírem o tamanho da cavidade pleural, esse ar é expulso dos pulmões (KARDONG, 2011).

Uma mudança importante na respiração desse grupo foi o surgimento de um palato secundário que separou as passagens da respiração e da alimentação. Dessa forma, as cavidades nasais dos mamíferos estão dorsalmente localizadas no palato duro.

Cada cavidade possui três dobras ósseas, os ossos turbinados que conferem às cavidades nasais uma maior superfície de contato do ar com os tecidos. Esse maior contato com o ar é importante para que a mucosa dessa região possa umedecer e filtrar o ar que entra no sistema, tornando-o limpo, aquecido e úmido para sua chegada nos pulmões (LIEM et al., 2013).

As cavidades nasais se conectam à nasofaringe e seguem até a epiglote, uma dobra de tecido que realiza a separação de alimento e ar em cada um dos processos, deglutição e respiração (LIEM et al., 2013).

A epiglote fica apoiada em uma estrutura que não é encontrada em nenhum outro grupo, a glote. É na glote que ficam as cordas vocais (LIEM et al., 2013).

Ao passar pelas cordas vocais o ar passa para a traqueia, um tubo reforçado por cartilagens em forma de C. Ela se divide em dois brônquios, um para cada pulmão. Esses, por sua vez, se ramificam em diversos canais, os bronquíolos, para então, cada um terminar em um alvéolo (STORER et al., 2005).

Essa configuração ramificada formada por traqueia, brônquios, bronquíolos e alvéolos pulmonares, recebe o nome de árvore respiratória. Nenhuma troca gasosa ocorre ao longo do caminho do ar, a troca gasosa ocorre exclusivamente nos alvéolos (KARDONG, 2011).

3.2 SISTEMAS ESQUELÉTICO E MUSCULAR

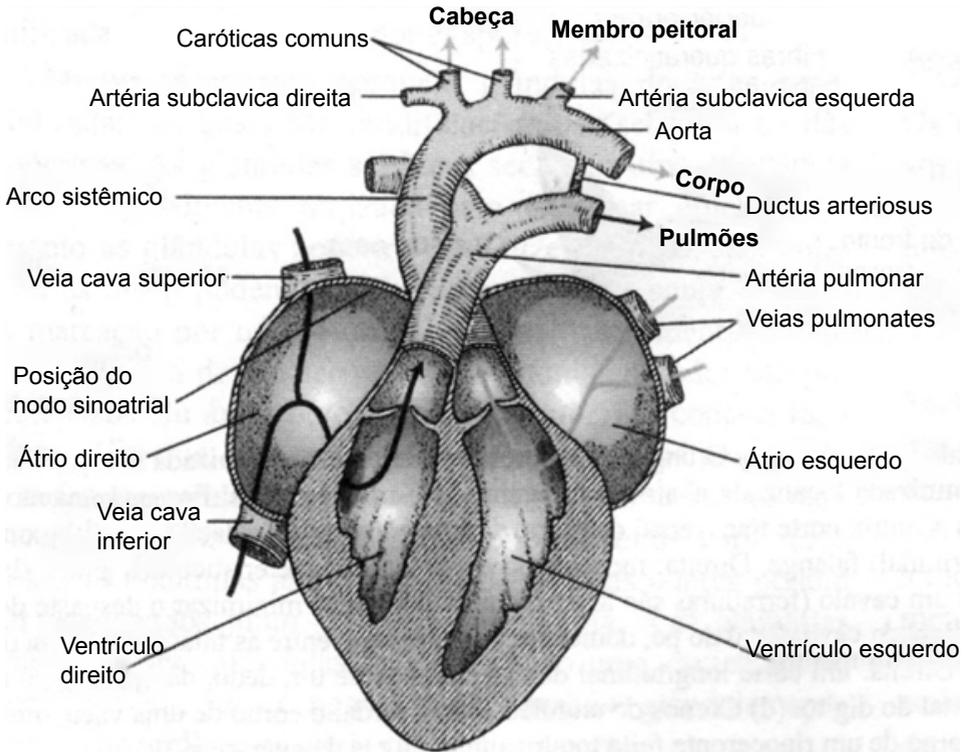
O esqueleto desse grupo é ósseo, com cartilagens nas articulações, revestindo os ossos para facilitar o movimento. O crânio é arredondado, formando uma caixa dura com todos os ossos unidos fortemente. Na superfície posterior há um grande forame magno por onde a medula se comunica com o encéfalo. A coluna compreende cinco regiões bem definidas, como a cervical, torácica, lombar, sacral e caudal (STORER et al., 2005).

Já seu sistema muscular, quando comparado com os músculos dos vertebrados inferiores, apresenta menor volume de músculos nas vértebras e costelas. Além disso, possui músculos mais aperfeiçoados na cabeça, permitindo que os animais consigam realizar algumas expressões faciais (STORER et al., 2005). Essa característica é importante para o desenvolvimento da comunicação intraespecífica.

3.3 SISTEMA CIRCULATÓRIO

O coração dos mamíferos encontra-se envolto por uma delicada membrana, o pericárdio (STORER et al., 2005). Seu coração, com quatro cavidades, é completamente separado internamente por um septo ventricular (POUGH et al., 2008).

FIGURA 103 - REPRESENTAÇÃO DO CORAÇÃO DE UM MAMÍFERO COM SUAS CAVIDADES E VASOS



FONTE: Adaptado de Pough et al. (2008)

Assim como nas aves, os mamíferos possuem uma circulação dupla, sendo um lado responsável pelo envio do sangue venoso, rico em gás carbônico para os pulmões, enquanto o outro lado é responsável por enviar o sangue oxigenado para todo o corpo.

Os monotremados mantêm um pequeno sino venoso como uma câmara distinta do coração. Já os térios, incorporaram essa estrutura e a transformaram no nodo sinoatrial, que é o marca-passo do coração (POUGH et al., 2008).

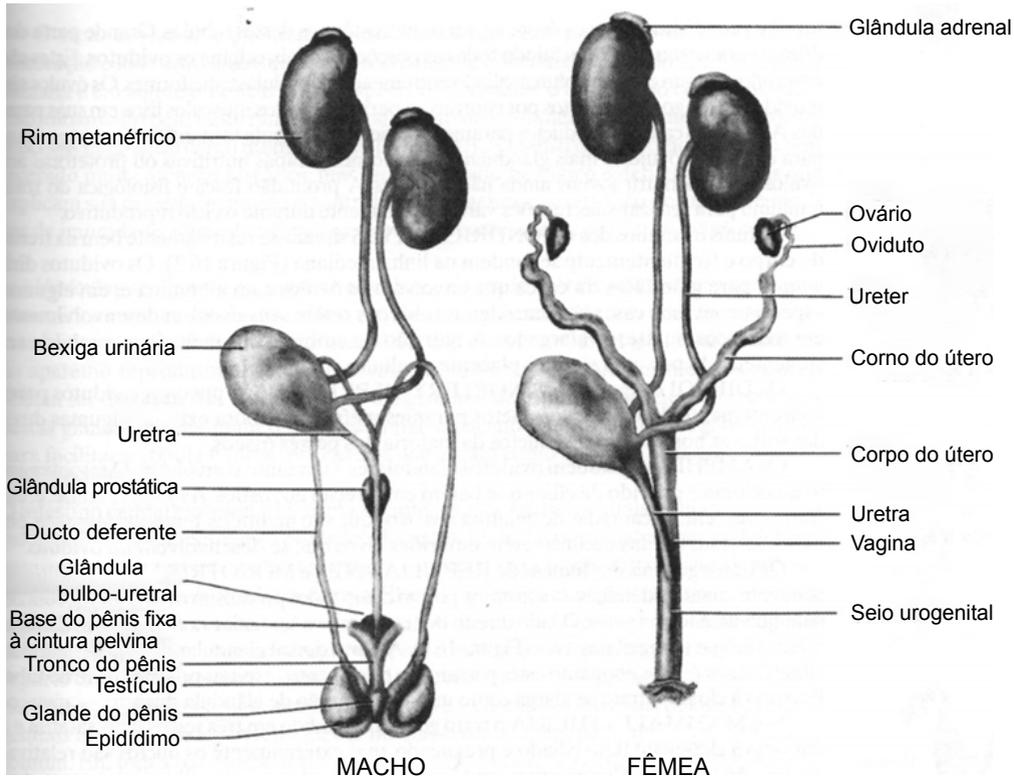
Além disso, os glóbulos vermelhos (eritrócitos) dos mamíferos são diferentes dos demais vertebrados, pois são bicôncavos e anucleados (STORER et al., 2005).

3.4 SISTEMA EXCRETOR

Possui dois rins que filtram o sangue formando uma urina relativamente bem diluída (POUGH et al., 2008).

Como excretam ureia, que é removida do sangue por corpúsculos renais proeminentes, ocorre a formação de um bom volume de filtrado diluído. Os rins dos mamíferos, porém, são os mais eficientes em retornar a água da urina para o sangue. Graças a esse ótimo sistema de reaproveitamento de água, apenas 1% do filtrado produzido é eliminado do organismo na forma de urina (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

FIGURA 104 - REPRESENTAÇÃO DOS SISTEMAS EXCRETOR E GENITAL DOS MAMÍFEROS MACHOS E FÊMEAS



FONTE: Adaptado de Hildebrand e Goslow (2006)

A urina sai de cada rim e passa pelo ureter até ser armazenada na bexiga, que sendo feita de tecido muscular, possui uma boa elasticidade. Depois disso, a bexiga pode ser voluntariamente contraída para eliminar a urina que sai pela uretra (STORER et al., 2005).

Os *therapsidas* possuem um sistema excretor diferenciado dos demais vertebrados. Os outros vertebrados possuem a cloaca, que abrange em uma grande cavidade, as saídas dos sistemas digestório, reprodutor e urinário. Nos *therapsidas* a cloaca foi substituída por aberturas separadas para esses sistemas (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

3.5 SISTEMA NERVOSO E ÓRGÃOS DOS SENTIDOS

O sistema nervoso dos mamíferos é incrivelmente desenvolvido. O encéfalo sofreu um bem acentuado arqueamento, enquanto nos mamíferos primitivos os hemisférios cerebrais são lisos (lisencéfalos), na grande maioria eles apresentam muitas dobras (circunvoluções), portanto, são chamados de girencéfalos (FERNANDES, 1981).

Dessa forma, a porção aumentada dos hemisférios no cérebro de um mamífero, seu neocórtex ou neopálio é formado diferenciadamente dos prosencéfalos, aumentados nos sauropsidas (POUGH et al., 2008).

Além disso, existem outras características exclusivas do encéfalo dos mamíferos, seu cerebelo é dobrado, fato relacionado com uma maior capacidade de coordenação motora e existe uma grande área para o sétimo nervo craniano no encéfalo que está associado à musculatura facial (POUGH et al., 2008).

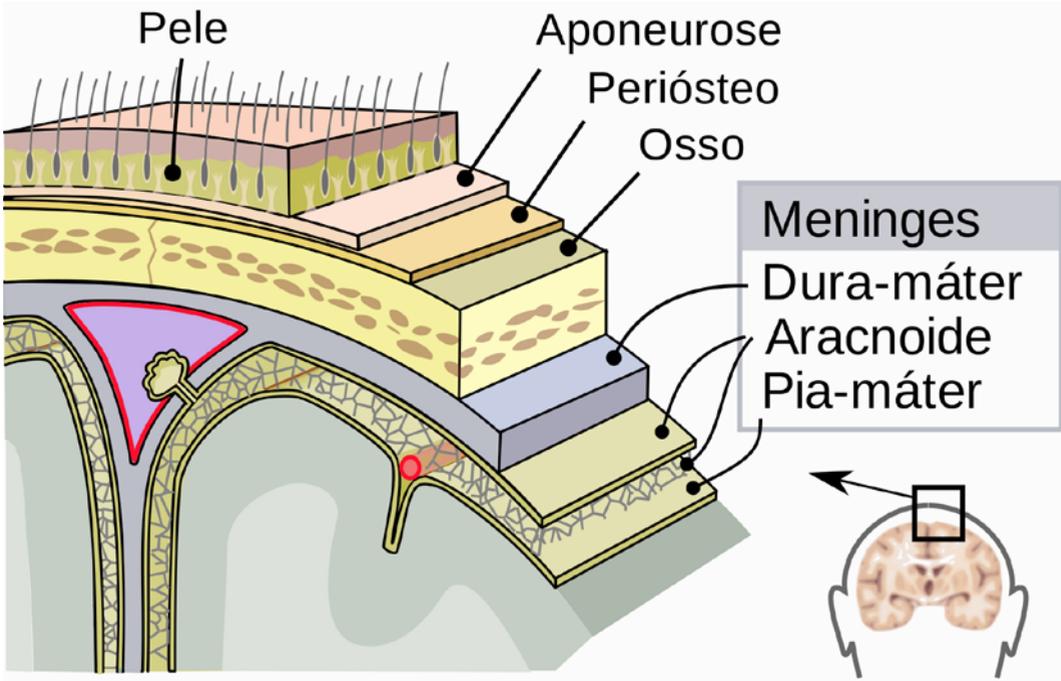
Os dois hemisférios cerebrais estão unidos por uma estrutura denominada **corpo caloso**, que é típica dos mamíferos e atua como uma rede de comunicação entre os hemisférios (STORER et al., 2005).

As circunvoluções aumentam a superfície do córtex cerebral (FERNANDES, 1981). É uma forma inteligente de aumentar a área em um local fechado (crânio) sem espaço para crescimento. De acordo com Storer et al. (2005), esse aumento do tecido cerebral está relacionado ao aumento da inteligência desses animais.

As dobras arredondadas são denominadas giros e as ranhuras entre elas são os sulcos. Embora algumas espécies de mamíferos não possuam tais dobramentos, existe uma relação entre o tamanho do animal e a presença dessas estruturas (KARDONG, 2011).

O sistema nervoso central dos vertebrados apresenta estruturas de defesa na forma de tecido epitelial. Nos peixes essa estrutura é um envelope fibroso chamado de meninge primitiva, nos anfíbios e répteis há duas dessas estruturas, uma chamada de dura, que é externa e mais resistente que a interna, chamada de pia-aracnoide. As aves estariam entre os anfíbios e répteis, e os mamíferos apresentariam o princípio de um terceiro envoltório. Já nos mamíferos encontramos as três meninges envolvendo e protegendo o cérebro, a dura-máter (mais externa), pia-máter (a camada mais interna e mais delicada que a dura-máter) e a camada que fica entre as duas, formada por uma rede delicada de fibras, a aracnoide (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

FIGURA 105 - AS CAMADAS DO CORPO QUE ENVOLVEM E PROTEGEM O SISTEMA NERVOSO CENTRAL



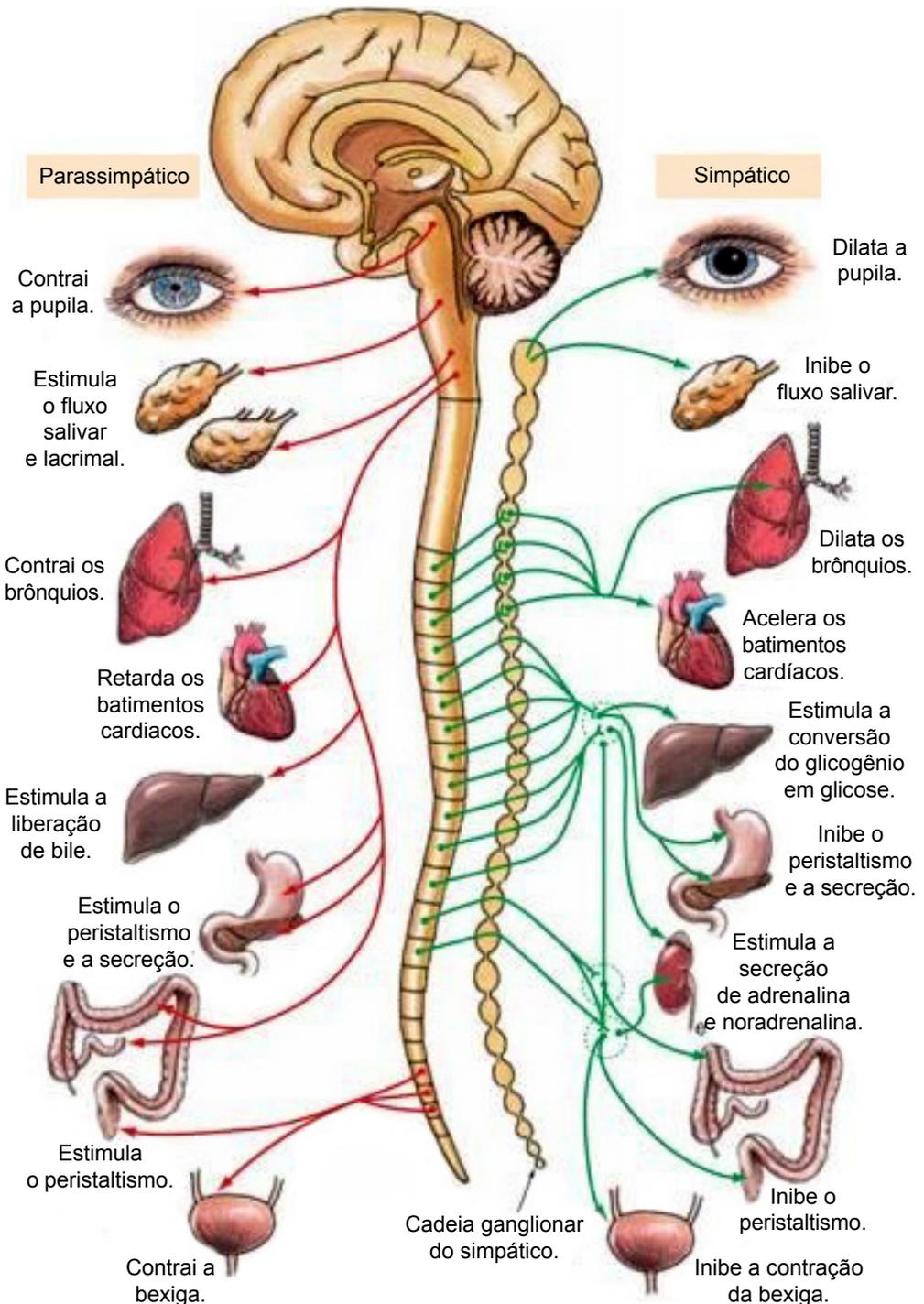
FONTE: Disponível em: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6a/Meninges-pt.svg>>. Acesso em: 16 out. 2016.

Nos tetrápodes, onde estão incluídos os mamíferos, o sistema nervoso autônomo é bem desenvolvido, possuindo gânglios colaterais, nervos cranianos e espinhais bem representados, além de fibras motoras autônomas espinhais que saem através das raízes localizadas ventralmente nos nervos espinhais (KARDONG, 2011).

Nos mamíferos quase todos os órgãos possuem inervação simpática e parassimpática, exceto a glândula adrenal, vasos sanguíneos periféricos e as glândulas produtoras de suor. Estas últimas estruturas possuem apenas a estimulação simpática, que ao cessar o estímulo faz com que elas retornem ao estado de repouso (KARDONG, 2011).

Há 12 pares de nervos cranianos e um par de nervos da medula (nervos espinhais) para cada somito do corpo (STORER et al., 2005).

FIGURA 106 - O SISTEMA NERVOSO CENTRAL DOS MAMÍFEROS



LEGENDA: Desenho representando o sistema nervoso central dos mamíferos e as relações dos nervos espinais com as regiões do corpo que cada um deles atua.

FONTE: Disponível em: <<http://n2w.com.br/portal/?link=blog&sc1=estudos&sc2=neuroci%EAncia&pg=49711&titulo=sistema+nervoso>>.

Acesso em: 16 out. 2016.

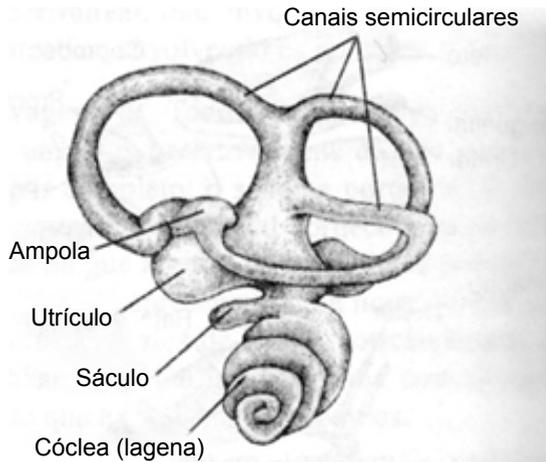
3.6 SISTEMA SENSORIAL

Existem terminações nervosas não especializadas em muitos locais da superfície corporal dos mamíferos, que permitem a esses animais interpretar e reagir aos estímulos do meio ambiente (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

Com relação aos sentidos analisados de forma ampla, seu encéfalo mais desenvolvido permitiu um aprimoramento dos sentidos, que em comparação com os demais amniotas, evoluíram de forma independente. Podemos verificar algumas peculiaridades dos sentidos dos mamíferos através das observações de Pough et al. (2008):

- **Olfato:** a área deste sentido no cérebro possui uma grande relação com o comportamento noturno dos primeiros mamíferos. Embora em muitos mamíferos esse seja um sentido bem desenvolvido, nos macacos esse sentido parece ser pouco desenvolvido, possivelmente devido aos seus hábitos diurnos. Esse sentido também é pouco desenvolvido nas baleias e demais mamíferos marinhos. Segundo Hildebrand e Goslow (2006), as células desse sentido são ciliadas. A área ampliada, devido à ocorrência de cílios, aumenta muito a área de contato da mucosa com o ambiente, e dessa forma, a captura dos sinais químicos. Além disso, a sensibilidade aos odores varia para cada espécie, bem como os tipos de odores que mais “interessam” a cada animal.
- **Visão:** os mamíferos tiveram sua origem evolutiva em animais de atividade noturna, logo, para eles, era mais importante conseguir formar as imagens com pouca luz do que formar imagens com muita precisão. Suas retinas possuem muitos bastonetes que detectam luz com bastante eficiência, mas possuem baixa acuidade. Essa característica visual será fornecida por uma área do olho denominada de fóvea, repleta de cones que além de fornecer acuidade, também são responsáveis pela percepção das cores.
- **Tato:** embora a espessa cobertura de pelos atrapalhe a funcionalidade desse sentido, geralmente, nas patas há regiões desprovidas de pelo, e ali, a pele possui uma maior função tátil. Na pele há um grande número de terminações nervosas livres, responsáveis pela percepção da dor, redes nervosas ao redor dos vasos sanguíneos, corpúsculos de Meissner responsáveis pela recepção tátil, corpúsculos de Pacini responsáveis pela percepção da pressão, além de terminações e receptores nervosos ao redor da base e raiz dos pelos e receptores de calor e frio.
- **Audição:** sua orelha média é mais complexa e desenvolvida que a dos outros tetrápodes. Ela contém três ossículos (bigorna, estribo e martelo) ao invés de ter só um osso. A orelha externa, ou aurícula, que é única dos mamíferos, ajuda a determinar a direção de onde está sendo emitido o som, e sua cóclea muito desenvolvida e grande teve que ser enrolada para se adequar ao tamanho da cavidade interna onde está inserida. Já os mamíferos aquáticos utilizam a mandíbula para captar sons sob a água, afinal eles não possuem aurículas.

FIGURA 107 - REPRESENTAÇÃO DO OUVIDO INTERNO DE UM MAMÍFERO



FONTE: Adaptado de Pough et al. (2008)

No ouvido dos mamíferos, bem como nos demais tetrápodes, existe uma estrutura complexa chamada de labirinto. Ele possui um conjunto de tubos chamados de canais semicirculares, que são cheios de um líquido, a endolinfa. O movimento da endolinfa nos estereocílios de células especializadas permitiu aos mamíferos refinar a capacidade de equilíbrio, que teve seu auge com o surgimento do bipedalismo.

- **Paladar:** de acordo com Kardong (2011), assim como o olfato, o paladar utiliza quimiorreceptores para realizar a percepção dos estímulos do meio. Os mamíferos possuem três nervos cranianos responsáveis por esse sentido. Esses nervos se ligam às papilas gustativas, que são estruturas em forma de barril, formadas por 20 ou mais células de três tipos. Essas células da papila vivem cerca de uma semana e são substituídas constantemente. Cada sabor (amargo, doce, azedo e salgado) envia diferentes padrões de sinais nervosos ao cérebro. De acordo com Hildebrand e Goslow (2006), os mamíferos possuem botões gustativos em toda boca, inclusive na faringe, porém eles se concentram na língua carnosa.

3.7 SISTEMA REPRODUTOR

No sistema reprodutor das fêmeas dos mamíferos, cada óvulo é formado por uma camada externa (túnica albugínea) que contém um espesso córtex e uma medula. Os óvulos são encontrados no córtex. O crescimento e desenvolvimento dos óvulos é denominado ovulação. Caso o óvulo seja fecundado, ele segue seu caminho pelo oviduto e se fixa em uma estrutura característica da grande maioria dos mamíferos, o útero (KARDONG, 2011).

Já para os machos, os testículos também contêm a túnica albugínea, porém ela está revestindo os túbulos seminíferos que produzem os espermatozoides.

Essas células reprodutivas, após estarem maduras, ficam armazenadas em uma estrutura enovelada aderida ao testículo, o epidídimo (KARDONG, 2011).

A fecundação dos mamíferos é interna e existe um órgão copulador específico para a transferência dos gametas dos machos para as fêmeas (STORER et al., 2005).

Para tratar das especificidades do sistema reprodutor, bem como as estratégias de reprodução, estudaremos os grupos de mamíferos separadamente para verificar como esses grupos se diferenciam, principalmente porque é no modo reprodutivo que essas diferenças são tão marcantes.

3.8 SISTEMA DIGESTÓRIO

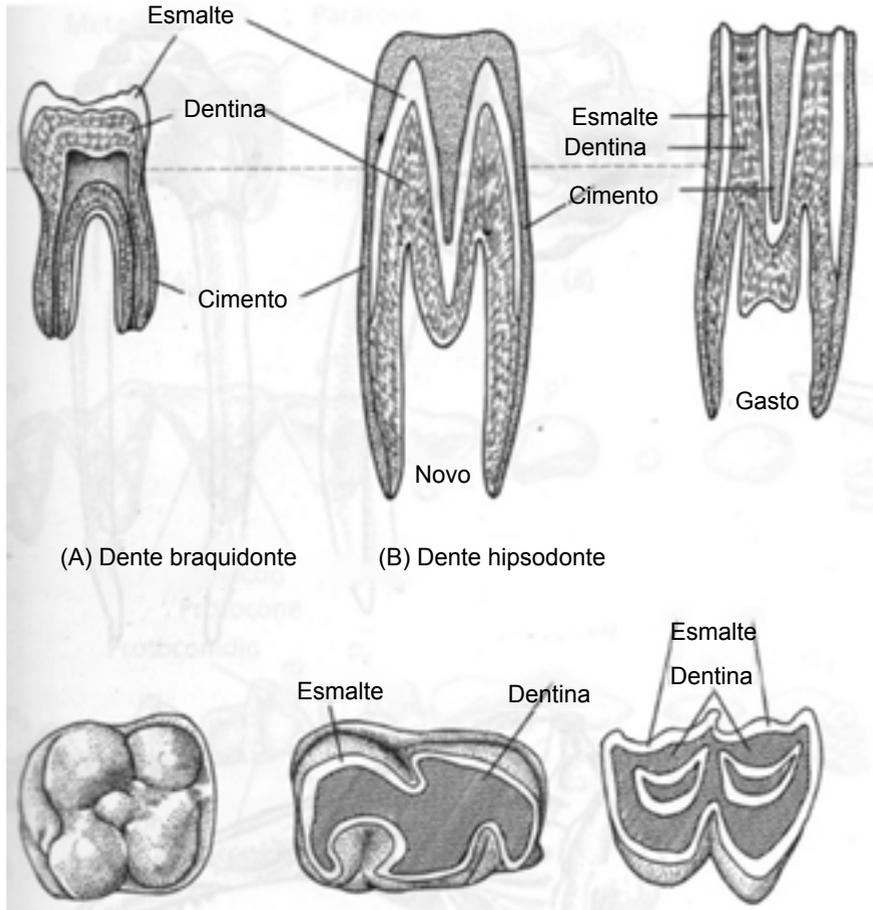
A grande maioria dos mamíferos possui uma dentição especializada adaptada a sua alimentação. Porém, com exceções, podem ser encontrados na dentição dos mamíferos quatro tipos de dentes: incisivos, caninos, pré-molares e molares.

Nos mamíferos os dentes não apenas capturam e cortam o alimento, mas a dentição evoluiu para mastigá-lo, tornando a dentição deste grupo complexa (KARDONG, 2011).

Em cada dente, a parte que fica exposta fora da gengiva é chamada **coroa**, ela é revestida por um **esmalte** duro que fica ao redor de uma **dentina**, que é semelhante ao osso e possui uma **medula**. A base do dente, sua **raiz**, é fixa em uma cavidade do osso chamada **alvéolo**, e é presa ali por **cimento** ósseo (STORER et al., 2005).

Os dentes molariformes podem ter diferentes funções e formas especializadas. Dessa forma, eles são classificados de acordo com o formato de suas coroas. Quando a coroa é baixa, são os **braquidontes**, essa configuração é encontrada, por exemplo, em seres humanos e porcos. Já as coroas mais altas (**hipsodontes**) são encontradas nos cavalos. Os molares **bunodontes** são encontrados em animais onívoros e são caracterizados por possuírem as cúspides, formando picos arredondados. Se as cúspides tiverem forma de cristas, como ocorre nos roedores, teremos dentes **lofodontes**, e por último, dentes em forma de crescente, como nas vacas, camelos, queixadas e hipopótamos, são os **selenodontes** (KARDONG, 2011).

FIGURA 108 - REPRESENTAÇÃO DAS DIFERENTES DENTIÇÕES DOS MAMÍFEROS



LEGENDA: Na parte superior temos os dentes em perfil e na parte inferior temos os dentes sendo vistos de cima.

FONTE: Adaptado de Kardong (2011)

O início do aparelho digestório dos mamíferos já apresenta algumas novidades importantes, a boca é marginada por lábios musculares finos e moles, com capacidade de movimentação, em muitos casos sendo funcional na apreensão do alimento. Os dentes são parcialmente cobertos por uma grossa gengiva, e a língua, mole e muscular, está coberta por papilas gustativas (STORER et al., 2005).

Na boca ainda existem quatro pares de glândulas salivares, que além de umedecer o alimento, em alguns casos, já possuem enzimas que participam da digestão. Na faringe temos as coanas que se comunicam com as vias respiratórias, atrás da língua temos a glote que é tampada pela epiglote durante a passagem do alimento. O esôfago conduz o alimento até uma bolsa muscular, o estômago, que tem como sequência o intestino delgado, fino e enrolado. Após o intestino delgado, temos um intestino grosso que termina em um reto muscular curto terminando no ânus, pois a maioria dos mamíferos não tem cloaca, mas sim aberturas externas diferentes para cada um dos sistemas excretor, digestório e reprodutor (STORER et al., 2005).

4 DIVERSIDADE E IRRADIAÇÃO ADAPTATIVA

Os mamíferos são um grupo com registro fóssil bem estruturado e conhecido. Cerca de 3000 espécies são conhecidas, porém, 2000 já foram extintas. Temos duas subclasses viventes: Prototheria, com a ordem Monotremata e a subclasse Theria, com duas infraclasses: Metatheria, com uma única ordem, Marsupialia e a infraclasse Eutheria, onde estão todos os outros mamíferos em 12 ordens (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

De acordo com Linhares e Gewandsznajder (2012), as 12 ordens de eutherios são:

- **Xenarthra (Edentata):** com dentes reduzidos ou mesmo ausentes, mas garras longas, bem desenvolvidas. Ex.: preguiças, tatus e tamanduás.
- **Lagomorpha:** dois incisivos na maxila superior e um par na mandíbula, todos com crescimento contínuo. Ex.: coelho e lebre.
- **Rodentia:** é a ordem que possui mais espécies. A grande maioria são herbívoros. Dois pares de incisivos em cada maxilar e crescem continuamente. Ex.: rato, capivara, cutia, porco-espinho, paca e preá.
- **Carnívora:** caninos bem desenvolvidos e garras. Comem apenas carne, mas há espécies com alimentação variada. Ex.: leão, hiena, puma, onça, entre outros.
- **Insectívora:** com focinho longo e pontiagudo, corpo pequeno e se alimentam principalmente e preferencialmente de insetos. Ex.: toupeira, ouriço-cacheiro e musaranhos.
- **Primates:** cinco dedos nas mãos e pés adaptados para movimento de segurar e agarrar, unhas no lugar de garras, visão bem acurada (cores), cérebro bem desenvolvido e grande cuidado com os filhotes. Ex.: gorilas, micos, homem, orangotango, babuínos, entre outros.
- **Artiodactyla:** são animais herbívoros que possuem número par de dedos (2 ou 4) protegidos pelo casco. Ex.: boi, veado, porco, camelo, entre outros.
- **Cetacea:** mamíferos marinhos com ausência de membros posteriores, possuem nadadeira caudal e membros anteriores transformados em nadadeiras e narina no alto da cabeça. Possuem uma grossa camada de gordura para isolamento térmico. Ex.: golfinho, baleias e botos.
- **Perissodactyla:** possuem número ímpar de dedos (1 ou 3) e casco. Ex.: zebra, cavalo, anta, rinoceronte.
- **Sirenia:** são aquáticos. Seus membros posteriores são inexistentes, os anteriores viraram nadadeiras, e a cauda possui forma de remo, achatada e larga. Ex.: peixe-boi.
- **Proboscidea:** mamíferos herbívoros com nariz e lábio superior transformados em tromba. Ex.: elefante.
- **Chiroptera:** voadores com membros anteriores modificados para sustentá-las. Grande maioria com alimentação à base de frutas e insetos. Ex.: morcegos.

FIGURA 109 - UM REPRESENTANTE DOS CHIROPTERA, UM MORCEGO



LEGENDA: Observe uma das adaptações à vida noturna, como a visão não é muito utilizada à noite, esse animal possui orelhas bem aumentadas, demonstrando a importância e a adaptação deste animal ao seu estilo de vida.
 FONTE: O autor



Existem outras ordens de mamíferos, essas são as principais e mais populares. Para se aprofundar um pouco nelas e conhecer as demais, sugiro a leitura do Capítulo 34 - Classe Mammalia, de Storer et al. (2008). Lembre-se: o aprofundamento é importante, pois com certeza seus alunos terão dúvidas e é preciso sempre estar atualizando para poder orientá-los da melhor maneira possível.

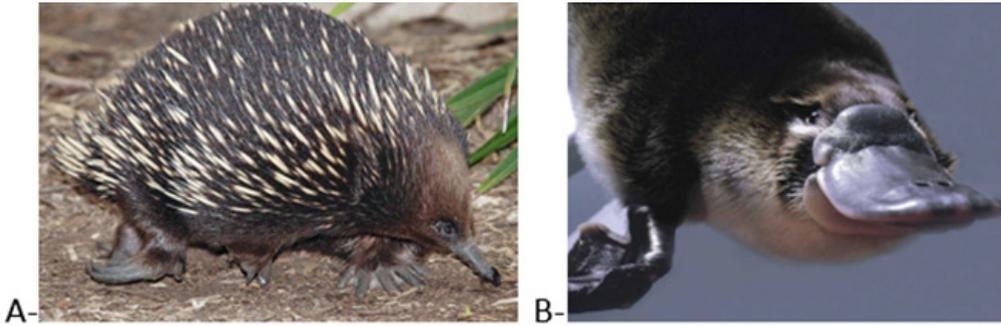
Todos os Therios possuem uma placenta que se forma das membranas extraembrionárias (POUGH et al., 2008). Eles são dioicos, com desenvolvimento direto e acentuado dimorfismo sexual.

Vamos abordar estes três grupos e tratar das peculiaridades de cada um deles.

4.1 MONOTREMATA

Também chamados de monotremados, neste grupo temos os famosos ornitorrincos, que junto com os equidnas, são os únicos representantes e estão restritos à Austrália, Tasmânia, Nova Guiné e algumas outras ilhas ao redor.

FIGURA 110 - DOIS MONOTREMADOS CONHECIDOS, A – UM EQUIDNA E B – UM ORNITORRINCO



FONTE: Disponível em: A- <<https://ateotalamo.wordpress.com/tag/monotremados/>> B-<<http://tudorochoa.blogspot.com.br/2016/01/natureza-incrivel-4-o-fantastico-e.html>>. Acesso em: 16 out. 2016.

O ornitorrinco é seu representante mais conhecido e já foi considerado o cruzamento entre espécies diferentes devido às características físicas que o tornam único.

O ornitorrinco é um animal terrestre que passa boa parte do seu tempo na água, procurando por seu alimento, geralmente vermes e invertebrados aquáticos. Para isso possui uma cauda parecida com a do castor, que ele usa para nadar. Possui um “bico” cujo formato lembra o dos patos, porém maior. Esta estrutura não é rígida como nas aves, mas sim macia, coriácea e levemente flexível. Pough et al. (2008) destacam que o bico possui receptores magnéticos para localização das presas que muitas vezes estão enterradas no fundo dos rios.

Os ornitorrincos são os únicos mamíferos venenosos conhecidos. Os machos possuem em suas patas traseiras um esporão ligado a uma glândula venenosa, além de serem utilizados para conquista territorial em disputas com outros ornitorrincos, são utilizados também para defesa.

Os monotremados foram separados dos demais mamíferos por terem características “impressionantes” para um grupo de animais conhecidos por gerarem seus filhotes internamente, no útero, onde estão envolvidos pela placenta.

A placenta, porém, não é exclusiva deste grupo, alguns répteis, peixes e anfíbios a possuem também (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006).

Os monotremados põem ovos, mas essa não é a única diferença que os distingue dos demais mamíferos. Eles também não possuem mamilos (POUGH et al., 2008). A presença de cloaca neste grupo está ligada com a postura dos ovos, e seu leite não é sugado pelo filhote diretamente das tetas. O leite escorre entre os pelos da mãe, sendo então bebido pelos filhotes (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2012).

Os ovos desse grupo não possuem muito vitelo, dessa forma os filhotes

nascem em um estágio quase embrionário após 12 dias de incubação (POUGH et al., 2008).

Os representantes desse grupo também perderam os ossos lacrimais e frontais do crânio, enquanto os demais mamíferos mantiveram essas características (POUGH et al., 2008) e não possuem pavilhão auditivo (STORER et al., 2005).

4.2 MARSUPIALIA

Os maiores e mais emblemáticos representantes deste grupo, assim como os monotrematas, também são pertencentes à Austrália, que são os cangurus.

Anatomicamente, as diferenças que separam os marsupiais dos demais mamíferos, conforme Pough et al. (2008) são:

- ossos dentários com ângulo distinto na área onde o músculo pterigoide se insere;
- ossos nasais sobrepõem os frontais em forma de diamante;
- não possuem a bula auditiva, uma formação de ossos ao redor da região da orelha;
- fórmula dental diferente, com mais incisivos e molares e menos pré-molares;
- o pênis, nos machos, possui a ponta bifurcada.

Os filhotes dos marsupiais nascem visivelmente prematuros e devem escalar o corpo da mãe para chegar à bolsa característica que originou o nome do grupo, o marsúpio. Embora essa bolsa seja bem característica do grupo, ela não ocorre em todos os marsupiais, como no caso das cuícas, encontradas no Brasil (POUGH et al., 2008), mas ela é bem desenvolvida em espécies arbóreas e saltadoras (LIEM et al., 2013).

FIGURA 111 - UMA CUÍCA



LEGENDA: Típica representante dos marsupiais brasileiros que geralmente é confundida pelas pessoas sendo chamada de rato.

FONTE: O autor

A maioria dos marsupiais possuem os mamilos dentro da bolsa (POUGH et al., 2008). Assim, quando os filhotes completam sua escalada e entram na bolsa, eles se fixam às tetas das mães para nutrir-se e completarem seu desenvolvimento. O tempo que os filhotes permanecem presos às tetas supera e muito o tempo que os filhotes passaram no útero de suas mães durante a gestação (STORER et al., 2005).

Uma das hipóteses para explicar o nascimento prematuro dos filhotes dos marsupiais é de que o material genético cedido pelo pai faz com que a mãe rejeite o embrião, e dessa forma estimule o nascimento prematuro para que o desenvolvimento dele se complete totalmente fora do organismo (LIEM et al., 2013).

FIGURA 112 - FILHOTE PREMATURO DE UM CANGURU



LEGENDA: Após seu nascimento, já dentro da bolsa (marsúpio da mãe) aderido a uma das tetas da mãe e ficará ali pelos próximos meses se alimentando e completando seu desenvolvimento.

FONTE: Disponível em: <http://3.bp.blogspot.com/-2yg8IJwO8iY/U4NpXuv8b8I/AAAAAAAAADM/rPg5TiH_QOKw/s1600/canguru-vermelho-bebe-filhote-bolsa.jpeg>.

Acesso em: 16 out. 2016.

4.3 EUTÉRIOS

Os mamíferos eutérios são popularmente conhecidos como mamíferos placentários, mas essa designação está errada já que os marsupiais também possuem placenta (LIEM et al., 2013). Sem bolsa ou ossos marsupiais, vagina única, o feto desenvolve-se totalmente dentro do corpo da fêmea, fica aderido ao útero pela placenta e tem crescimento do cório (STORER et al., 2005).

FIGURA 113 - BANDO DE CAPIVARAS



LEGENDA: Além de ser o maior roedor do mundo, a capivara também é um mamífero eutério, típico das regiões brasileiras em que há bastante água disponível. Elas se dão bem na água e se alimentam de uma grande variedade de plantas, além de serem excelentes nadadoras.

FONTE: O autor

Eles também possuem um período de gestação maior que os marsupiais, porém não há motivos para acreditar que o método reprodutivo dos eutérios seja mais eficiente que dos marsupiais (LIEM et al., 2013).

Todos os mamíferos copulam com um pênis, e na maioria dos insetívoros, carnívoros, morcegos, roedores e na maioria dos primatas, exceto humanos, existe um báculo que é um osso peniano. Neste grupo, as espécies maiores tendem a produzir menos filhotes, enquanto as espécies menores produzem uma quantidade de filhotes bem maior em cada uma de suas ninhadas, mas isso acaba sendo compensado pelo maior tempo de vida que as espécies maiores têm. Além disso, em muitos casos, os filhotes nascem em um estágio apenas um pouco mais desenvolvido que de muitos marsupiais (POUGH et al., 2008).

Enquanto nos mamíferos carnívoros os filhotes nascem numa condição altricial, nos ungulados os filhotes nascem bem mais desenvolvidos, podendo correr apenas algumas horas depois do nascimento. Uma justificativa para os filhotes dos herbívoros nascerem mais desenvolvidos é a de que eles precisam correr logo que nascem para fugir dos predadores, entretanto, outra possibilidade é de que como a dieta desses animais geralmente é muito pobre, permanecerem mais tempo no útero favorece o aporte de nutrientes da mãe para eles e assim faz com que eles cresçam mais rapidamente (POUGH et al., 2008).

Mesmo que seja mais curto que comparado com os demais mamíferos, todos os eutérios precisam de um período de lactação, pois é nesse período que a mãe transfere, pelo leite, anticorpos que são essenciais (POUGH et al., 2008).

RESUMO DO TÓPICO 2

Neste tópico, você aprendeu que:

- Os mamíferos tiveram sua origem evolutiva em um grupo de répteis, os sinapsídeos.
- A característica diagnóstica mais precisa a esse grupo são os pelos, é uma característica única e exclusiva.
- Existem diferentes pelos para diferentes funções, como: revestimento, percepção, isolamento térmico, entre outras.
- A pele dos mamíferos possui uma grande variedade e quantidade de glândulas sudoríparas, sebáceas, odoríferas e mamárias.
- A respiração desse grupo é exclusivamente pulmonar.
- Em seu sistema digestivo, as maiores mudanças ocorreram na boca, que é a entrada do sistema, e na saída, que agora não possui cloaca (maioria).
- Os mamíferos formam o grupo de vertebrados mais diversificados e com morfologias bem adaptadas para todos os ambientes, terrestres, aquáticos e voadores.
- A produção de leite não é uma exclusividade deste grupo, já que algumas aves produzem no papo líquidos nutritivos para seus filhotes.
- Os mamíferos possuem três estratégias reprodutivas, elas são responsáveis pela sua divisão em três grupos: os monotrematas (ovíparos), os marsupiais (marsupiais) e os eutherias (eutérios, com desenvolvimento total do filhote dentro da placenta).
- Grupo com encéfalo bem desenvolvido, com presença de muitas dobras na maioria das espécies mais atuais.
- Seus sentidos são bem desenvolvidos, principalmente visão e audição. O tato é representado pela capacidade tátil da pele e dos pelos.
- O sistema circulatório desse grupo é bem desenvolvido, possuindo um coração com quatro cavidades onde não há mistura dos sangue venoso e arterial.

- São endotérmicos, ou seja, utilizam as suas próprias energias para regular sua temperatura corporal.
- Todos os mamíferos possuem pênis para realizar a cópula e transferir os espermatozoides para o sistema reprodutor da fêmea.
- Como regra geral, os mamíferos possuem uma placenta para desenvolver seus filhotes no interior do corpo da fêmea, no útero.
- Os monotrematas são mamíferos, pois possuem pelos cobrindo seus corpos e alimentam seus filhotes com leite da mãe, porém esse grupo põe ovos.
- Os marsupiais têm seus filhotes de forma prematura, e ao nascerem terminarão seu desenvolvimento em uma bolsa externa no corpo da mãe.
- Os mamíferos possuem uma bexiga que é utilizada para armazenar a urina antes da mesma ser lançada para fora do seu organismo.
- O sistema excretor dos mamíferos é muito eficiente em reabsorver a água que seria eliminada através da urina.



- 1 Os mamíferos diferenciaram-se evolutivamente dos répteis. Embora sejam bem diferentes, esse parentesco entre eles possui bons registros fósseis bem determinados. Quais são as modificações que os mamíferos sofreram que os separam dos répteis?
- 2 As escamas dos répteis, bem como as penas das aves, forneciam a esses animais a proteção necessária para seus corpos. Com relação à cobertura corporal dos mamíferos, quais as diferenças entre a cobertura dos répteis e a cobertura dos mamíferos?
- 3 Ao trabalhar os mamíferos em sala de aula, é muito comum utilizarmos o ser humano como exemplo para todas as questões referentes a esse grupo. Contudo, utilizar e falar apenas de pessoas pode levar o professor e os seus estudantes a alguns erros. Algo muito comum é “tratar os mamíferos como sendo o grupo em que as fêmeas dão à luz aos seus filhotes”. Essa afirmação está correta? Justifique.
- 4 Entre todos os grupos de vertebrados, as aves e mamíferos foram aqueles que conseguiram colonizar os ambientes mais diversos do planeta. Isso não aconteceu por acaso. Quais as adaptações que os mamíferos sofreram e que permitiram a eles habitar os mais diversos ambientes do planeta?
- 5 Nas colunas abaixo, relacione as características aos grupos de animais. Podem existir características onde será necessário assinalar mais de um grupo animal correspondente:

- | | |
|---------------|--|
| 1 – Peixes | () Possuem uma pele rica em glândulas. |
| 2 – Anfíbios | () São ovíparos. |
| 3 – Répteis | () Possuem bexiga. |
| 4 – Aves | () Possuem cloaca como regra no grupo. |
| 5 – Mamíferos | () A sua fecundação é interna. |
| | () Possuem fecundação externa. |
| | () Possuem exclusivamente respiração pulmonar. |
| | () Respiram através de brânquias. |
| | () Possuem pênis como órgão copulatório. |
| | () Tem o corpo coberto por escamas. |
| | () Realizam respiração cutânea. |
| | () Conseguem voar. |
| | () Põem ovos com membranas extraembrionárias. |
| | () Iniciaram a colonização do ambiente terrestre. |

() Possuem um bico córneo.

() Em seu coração há mistura de sangue arterial e venoso.

- 6 O termo mamífero foi derivado das glândulas mamárias, estruturas que produzem um leite nutritivo com o qual as fêmeas alimentam seus filhotes. Durante muito tempo, a alimentação dos filhotes com leite foi considerada o grande diferencial dos mamíferos para os demais grupos. Explique por que essa característica não é mais exclusiva dos mamíferos e diga qual característica poderia substituí-la como diagnóstica para os mamíferos.
- 7 Conhecer o processo de evolução dos seres vivos é fascinante, devido entre outros fatores, às diversas transformações físicas e fisiológicas que eles sofreram ao longo do tempo sob influência da seleção para diferentes habitats. Descreva brevemente, resumindo os processos e adaptações que os vertebrados desenvolveram para passar dos peixes, que eram totalmente aquáticos, até os mamíferos.

ABORDAGEM TEÓRICO PRÁTICA DO ENSINO DE ZOOLOGIA DOS VERTEBRADOS

1 INTRODUÇÃO

Ensinar ciências nos dias atuais é uma tarefa árdua, mas não atrele à palavra árdua um sentido negativo, o árduo aqui se refere à complexidade da tarefa e à grande energia que será despendida para sua elaboração. O cansaço está presente em todas as profissões, o segredo é fazer com que o trabalho como professor seja recompensador pelos momentos que serão proporcionados aos estudantes e conseqüentemente a você, como professor.

Não há como conciliar o ensino de ciências com pouca leitura e falta de atualização do professor. Em uma era onde descobertas, em alguns casos, levam apenas dias para serem feitas, e sua publicação roda o mundo instantaneamente através da internet, não há como manter-se antenado à ciência sem estar em contínua atualização.

A busca pelo conhecimento, a curiosidade natural para compreender o funcionamento das coisas deve ser uma premissa em você, futuro professor de ciências, assim como instigar e desenvolver essa mesma vontade de descobrir o mundo, deve ser uma de suas propostas toda vez que preparar e planejar uma aula.

Isso mesmo, as suas aulas devem ser planejadas, devem ser definidas passo a passo, elas devem ter um roteiro e devem partir de um rascunho que será gradativamente aprimorado ao longo dos anos e do seu tempo de atuação na profissão, nem sempre dará tudo certo, mas estar planejado significa também saber lidar com as adversidades e saber adaptar-se às situações, tirando o melhor proveito delas. Ao entrar em sala, você deve saber qual objetivo pretende atingir, o que seus estudantes devem fazer, como você irá intervir junto a eles e o que deseja que eles retribuam, ou seja, como sua aula irá atingi-los, despertá-los e, por vezes, modificá-los.

O planejamento tão necessário à atividade escolar deve ser um meio para facilitar e viabilizar a democratização do ensino, e justamente por isso necessita ser revisto, reconsiderado e redirecionado (FUSARI, 1990).

Para o professor de ciências, em especial, existe uma característica de conhecer o de “tudo” e isso é ótimo, pois tudo é ciência e tudo a ela se aplica.

As questões levantadas em sala de aula devem atuar como guias, pois é ali que está a dúvida do aluno, nunca desperdice uma boa pergunta, com ela se faz uma aula inteira.

Este tópico pretende servir de inspiração a você, esperamos auxiliar em como podemos abordar o assunto zoologia de vertebrados em sala, e garanto, se bem conduzido, e se você estiver bem preparado, os seus alunos ficarão ansiosos para que as aulas de ciências comecem, e esperarão a semana inteira por ela.



Este tópico é apenas um auxílio, uma fonte de ideias, lembre-se de utilizar a Matriz Municipal Curricular, bem como a Matriz Curricular Estadual ao elaborar seu Planejamento Anual e as suas aulas semanais.

2 ABORDAGENS NO ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO

O ensino de ciências e, conseqüentemente o ensino de zoologia, sofreu diversas modificações ao longo da história da escola e do ensino.

Já foi importante, em certa época, conhecer o latim (língua mãe da zoologia), foi importante conhecer os grupos taxonômicos e as características anatômicas que diferenciavam esses grupos, porém, os objetivos que se pretende atingir com os educandos hoje em dia são um pouco diferentes.

Não que a taxonomia e características anatômicas não sejam mais úteis e devem ser deixadas de lado, mas as aulas não devem ter como objetivo final a simples memorização desses assuntos. Não há como fazer reflexões e aprofundamentos sem conhecimento da base de conceitos, porém, se não houver o aprofundamento utilizando esses conhecimentos, eles realmente não terão utilidade na formação do estudante.

A ideia não é apenas fazer com que os alunos saibam ciência, mas fazer com que eles sejam devidamente alfabetizados na área, compreendam como a ciência funciona e como as peculiaridades da ciência podem ser usadas para auxiliar na sua vida.

O ensino de Zoologia de Vertebrados geralmente ocorre em dois momentos. Os vertebrados são estudados nos anos iniciais e finais do ensino fundamental, e mais tarde também no ensino médio. É importante saber como explorar esse conteúdo de acordo com as fases em que eles são apresentados aos estudantes.

O importante é estabelecer algumas particularidades para cada etapa em que deve ser abordado o tema vertebrados.

O que o aluno pode aprender em determinado momento da escolaridade depende das possibilidades delineadas pelas formas de pensamento de que dispõe naquela fase de desenvolvimento, dos conhecimentos que já construiu anteriormente e do ensino que recebe. Isto é, a intervenção pedagógica deve se ajustar ao que os alunos conseguem realizar em cada momento de sua aprendizagem, para se constituir verdadeira ajuda educativa. O conhecimento é resultado de um complexo e intrincado processo de modificação, reorganização e construção, utilizado pelos alunos para assimilar e interpretar os conteúdos escolares (BRASIL, 1998, p. 37).

Nos anos iniciais do ensino fundamental, fase de alfabetização, geralmente os animais são apresentados de forma bem genérica, e os professores dessa fase, por não terem formação específica na área, abordam os grupos mais conhecidos e tidos como mais importantes, e geralmente os vertebrados estão representados pelos peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

O significativo nesta fase é que os animais e as suas características anatômicas, fisiológicas e ecológicas sejam um recurso para que se apliquem as técnicas e atividades necessárias à alfabetização, ou seja, o estudo dos seres vivos nesta etapa não é o foco, mas sim o meio pelo qual se pretende adquirir as habilidades e conhecimentos necessários para a alfabetização. Conforme Zanon e Freitas (2007) relataram em seu estudo que os alunos das séries iniciais tiveram dificuldade em percorrer todos os passos do método investigativo.

Já nos anos finais, com as habilidades de alfabetização desenvolvidas, o estudo de seres vivos pode ser aprofundado. Há, por parte do aluno, uma melhor percepção e uma maior capacidade de compreensão do mundo e dos seres vivos.

Nesta etapa, as características biológicas, fisiológicas e ecológicas que envolvem os vertebrados podem ser aprofundadas e melhor exploradas. Não apenas para o desenvolvimento das habilidades escolares do aluno e aperfeiçoamento da leitura e escrita, mas para conhecimento dos conceitos, habilidades e método científico que permitem o estudo dos seres vivos e demais áreas. A alfabetização científica adquire, nesta fase, uma importante responsabilidade perante o estudo dos vertebrados.

No ensino médio, todos os conteúdos referentes à zoologia dos vertebrados são intensamente aprofundados, sua origem evolutiva, que em muitos casos é confusa, seus grupos ancestrais, bem como o parentesco entre elas visível em alguns casos apenas pelas características embrionárias que os unem e seu desenvolvimento filogenético. Estes são alguns exemplos de assuntos que podem e devem ser abordados pelo ensino de zoologia dos vertebrados no ensino médio, porém, nos anos finais do ensino fundamental, devem ser explorados com cautela, pois além de complexos, faltam bases importantes que serão devidamente aprofundadas nas aulas de biologia do ensino médio.

Em todos esses casos, seja no ensino fundamental ou no médio, além do grau de aprofundamento utilizado, o importante é a metodologia utilizada pelo professor, bem como os objetivos que ele deseja atingir em seus alunos.

3 ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE VERTEBRADOS

Para superar o senso comum, os professores devem contar com um suporte pessoal de conhecimento mais robusto. Sem isso não é possível orientar os alunos a superar as ideias, muitas vezes superficiais dos conteúdos, que estão disseminadas no senso comum (ZANON; FREITAS, 2007).

As práticas de ensino convencionais que são adotadas pelos professores podem incluir metodologias desgastadas e desinteressantes por parte dos alunos, além de excluírem o ambiente propício à realização de questionamentos, observações e experimentos. Dessa forma, as dificuldades aparecem sempre que se deseje implementar a sistemática de atividades investigativas no ensino.

Contudo, o professor deve dar um passo inicial e permitir a seus alunos vivenciar atividades e momentos de troca de experiências, bem como de realizar atividades práticas cujo enfoque é o aprofundamento dos conteúdos em sala, porém, de forma pessoal e individual através de observações, produções e confecções de modelos.

Quando os alunos realizam as atividades, a construção e desenvolvimento das mesmas permite a eles assimilar e perceber características e peculiaridades do conteúdo que em uma simples aula expositiva não seriam possíveis.

De acordo com Ward et al. (2009), os professores devem ser criativos a partir de objetivos simples, eles devem buscar oferecer aos alunos momentos de exploração e investigação. Além disso, é possível realizar a mesma atividade em diferentes turmas, com diferentes idades e diferentes perfis de alunos, afinal a abordagem e aprofundamento das questões será direcionada pelo professor.

É importante que essas atividades permitam ao aluno realizar suas inferências, criar hipóteses, refletir sobre elas e então socializar as ideias.

Além disso, de uma mesma atividade podem ser explorados diferentes conteúdos e diferentes pontos de vista.

Observe algumas atividades simples sugeridas por Ward et al. (2009):

QUADRO 20 - EXEMPLOS DE ATIVIDADES EXPLORATÓRIAS SIMPLES EM SALA DE AULA

Recurso	Atividades práticas criativas
	Adivinhe qual o objeto
Câmera digital, fotografias de vários objetos como por exemplo: abacaxi.	Fotografias de pequenas partes do objeto para procurar detalhes. Os alunos tiram fotos em close e desafiam os outros a identificar.
Olhos.	Olhar os olhos uns dos outros. Observar as diferentes cores dos olhos. Registrar os olhos do colega usando lã colada em papelão. Cobrir os olhos e observar a mudança nos alunos.
Dentes de bebês, escova de dentes e pasta de dentes.	Olhar as diferentes formas de dentes e sua função. Misturar pasta de dente com água e observar quanta espuma forma e se toda a pasta se dissolve.
Olhar ossos de diferentes animais.	De que animal ele veio? Como você sabe? De que maneiras eles são parecidos? Quais são as diferenças? Qual osso pode ter sido de um rato e qual de um elefante?
Blusão de lã.	Observação minuciosa da lã. Olhar de onde vem a lã e como é tratada para virar um blusão. Olhar a lã no microscópio.
Termômetro de Arquimedes.	Observar o bulbo cheio de líquido subir e descer com a temperatura. Explorar como outras coisas cheias de água flutuam e afundam. Mergulhos cartesianos.
Esponjas.	Observação: do que é feito? Esponjas feitas pelo homem e esponjas naturais. Quanta água absorvem? Flutuam ou afundam? Quantos furos existem? Há um padrão nos furos com relação à quantidade de água que absorvem?
Cubo de gelo.	Como só pode manter um cubo do gelo na sala de aula pelo maior tempo possível? O que podemos fazer? Criar um pegador de cubos de gelo.
Areia e potes de iogurte em uma bandeja ou caixa de areia.	Que proporção de areia e água se precisa para fazer um bom castelo de areia?
Sementes de papoula.	Dispersão de sementes. Pensar sobre como pode ser por dentro. Que cor e tamanho as sementes podem ter?

<p>Pacotes de sementes, uma variedade de tipos deve ser observada e discutida.</p>	<p>Olhe a figura das plantas no pacote de sementes. Que tamanho os alunos pensam que a semente será e por que pensam isso? Que cores eles acham que será? Os alunos pequenos costumam pensar que as plantas grandes terão sementes grandes e serão da mesma cor da planta resultante. Semente maior produz planta maior? Isso pode levar imediatamente à investigação. Certifique-se de que as sementes não sejam tratadas com pesticidas.</p>
--	--

FONTE: Adaptado de Ward et al. (2009)

Além de experimentos em sala é possível programar e planejar outras atividades:

- Passeios de estudos zoológicos.
- Jardins botânicos.
- Em um bosque próximo à escola.
- Visitas a museus.
- Visitar os laboratórios da Faculdade ou Universidade da região.

São atividades que com o devido **planejamento** e com **objetivos** bem traçados, permitirão ao aluno refletir e desenvolver um olhar de pesquisador, buscando os “porquês”, refletindo sobre os “como” e desenvolvendo a habilidade e capacidade de transmitir e explicar o que viu, o que aconteceu e porque aconteceu. Enfim, a alfabetização científica utilizando o assunto “Vertebrados” como fonte de desenvolvimento.

Sempre que realizar uma aula diferenciada, faça uma autoavaliação de como a mesma fluiu. Nem sempre vale a pena o esforço de uma aula diferenciada, a autoavaliação deve indicar o que pode ser alterado, como deve ser mudado e porque é preciso mudar. Assim, uma atividade que hoje não deu certo, na próxima vez que for realizada poderá ser a grande sensação do ano escolar, marcando os alunos profundamente. Peça que seus alunos avaliem sua aula, isso pode ser aterrorizante a princípio, mas o resultado de uma avaliação séria por parte deles é recompensador.

Para um aprofundamento no assunto, por parte dos alunos, é necessário que o professor antes de realizar essas atividades esteja bem embasado com relação ao conteúdo proposto. Como aproveitar e orientar uma visita ao zoológico sem conhecer as espécies que lá estão e um pouco da biologia e do comportamento das mesmas? Como levar os alunos para o bosque próximo à escola para estudar rastros e identificar os animais da região se o professor não os conhece? Como aplicar uma aula de percepção das penas de diferentes aves se o professor não as conhece e não sabe pelo menos um pouco das aves da região?

As atividades que envolvem vertebrados e que podem ser utilizadas em sala são riquíssimas, porém, sempre partirá do preparo do professor, o que ele poderá ou não desenvolver.

Tenha como base de estudo o livro didático, ele é um bom guia para os alunos, e em alguns casos, a única fonte de conhecimento que eles terão (lembre-se: há regiões em nosso país sem luz elétrica e internet). O livro didático pode ou não ir para casa com os alunos, se for, há o poder de informar toda a família, utilize-o muito bem. Você, professor, deve ser o primeiro a estudá-lo e saber como retrabalhar essas informações para melhor aproveitá-las.

Manter um alimentador de aves com frutas da região para observação das aves, dos diferentes bicos, horários de atividades, construção de ninhos, estratégia de voo, entre outras possibilidades é muito interessante.

Utilizar as campanhas de vacinação como tema de estudo para raiva e demais doenças que são alvo da vacinação.

Criar com os alunos campanhas de alerta, confeccionando cartazes, *jingles* e vídeos. Fazer um levantamento dos rastros em torno da área da escola, de vestígios como fezes, trocas de peles (répteis), ninhos e cascas de ovos para que os alunos conheçam a fauna da região.

Criar e manter um terrário com girinos, acompanhando seu desenvolvimento e metamorfose.

Como tarefa, a realização de um safári fotográfico no quintal ou rua das suas casas, bem como a montagem de uma exposição da fauna regional. Pode ser organizada inclusive para que se use fotos só de celulares (hoje em dia tão disseminados e criticados em sala de aula).

Utilize filmes e desenhos que falem sobre natureza e animais, destaque o comportamento deles, como vivem, onde vivem, como interagem entre si.

Estimule a produção de maquetes e modelos com material reciclável ou não, de argila, ou apenas leve-os para fora da sala e estimule que desenhem o animal alvo do estudo utilizando os materiais que encontrarem no pátio, dê sua aula tendo como base os desenhos feitos por eles.

Monte uma coleção didática com material encontrado por você e pelos alunos para ser utilizado em sala (conchas, ossos, cascas de ovos, animais em meio líquido atropelados que são levados à escola, fotos, cartazes, entre tantas outras possibilidades). O simples fato de levar um osso de boi cortado ao meio e um osso de asa de galinha para comparação de suas estruturas.

Uma aula expositiva pode ser bem diferenciada, depende da forma como você, professor, a conduz. Enfim, o segredo é permitir que os alunos explorem com

objetivo, pois a exploração sem objetivo virará bagunça, atividade sem orientação será perda de tempo e isso não é desejado.

É importante sensibilizar os alunos para a problemática entorno da fauna no mundo, Brasil e seus estados, bem como municípios.

Alertá-los sobre a caça, tráfico de animais, esportes de tortura animal (rinhas de cães, aves), introdução de espécies exóticas, esclarecer sobre o crime de abandono e maltrato de animais domésticos, entre tantas outras problemáticas que devem ser desenvolvidas. Educação Ambiental é um tema transversal na educação e deve ser trabalhado sempre que possível e por todas as áreas.

Lembre-se que ao estudar os vertebrados, mesmo que utilizando ossos, cascas de ovos, peles, chifres, fotos, maquetes, modelos em argila, entre tantas outras representações, é estudar um grupo de seres vivos. Nenhum animal pode ser maltratado, ou a ele deve ser infligido sofrimento, caso contrário estaremos indo contra um dos grandes objetivos do ensino de ciências que é, segundo Santos e Terán (2015), a formação de um cidadão reflexivo e que seja crítico sempre que presenciar uma inquietação ambiental, resultando sempre na melhoria de nossa sociedade.

RESUMO DO TÓPICO 3

Neste tópico, você aprendeu que:

- Planeje suas aulas.
- Saia da rotina sempre que puder/conseguir/desejar.
- Ofereça desafios aos alunos que devem ser realizados e cumpridos em sala ou fora dela.
- Eterna atualização, estudo contínuo e sempre aumentar seu conhecimento sobre a fauna (principalmente local) com livros e fontes confiáveis.
- Autoavaliar suas atividades em sala e peça que seus alunos avaliem também.
- Use e abuse da criatividade, sempre com um objetivo.
- Simplicidade nas aulas, bom planejamento no método, sucesso nos resultados.
- Use a participação dos alunos.
- As perguntas e histórias dos alunos são excelentes meios de se intervir com um conteúdo.
- Criatividade é a chave para uma boa aula de ciências.



- 1 Uma das premissas para uma boa aula é um bom conhecimento sobre a área que se pretende ministrar em sala, junto aos alunos. Dessa forma, o professor de ciências, ao abordar vertebrados, deve estar bem preparado com relação às espécies de animais vertebrados do Brasil e de sua região. Lançamos aqui um desafio: faça uma lista com o nome de 10 aves, 10 anfíbios, 10 répteis, 10 mamíferos e 10 peixes de sua região. Caso não saiba, mãos à obra, pesquise. **IMPORTANTE:** Valem apenas as espécies nativas, por exemplo, colocar tilápia como espécie de peixe não vale, ela é exótica, originária da África.
- 2 Um professor não pode entrar em sala de aula sem estar com seu planejamento em dia, ou seja, sem estar preparado. No início, planejar as aulas é uma atividade que ocupa bastante tempo, mas com o passar do tempo, planejar e estruturar uma aula vão se tornando atividades cada vez mais fáceis de serem executadas. Após estudar vertebrados e ter passado por diversas disciplinas referentes ao ensino, elabore um plano de aula sucinto a respeito de um dos grupos de vertebrados estudados.

REFERÊNCIAS

- BERNARDE, P. S. **Anfíbios e Répteis**: introdução ao estudo da herpetofauna brasileira. Curitiba: Anolis Books, 2012.
- BÉRNILS, R.S.; COSTA, H.C. (Org.) **Lista Brasileira de Répteis**. Disponível em: <<http://www.sbherpetologia.org.br/index.php/repteis>>. Acesso em: 21 set. 2016.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: Ministério da Educação, 1998.
- CONFORTIN, et al. **O ensino de embriologia a partir de moldes didáticos**. Chapecó, 2011. Disponível em: <<https://www.unochapeco.edu.br/static/data/portal/downloads/1519.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2016.
- FUSARI, José Cerchi. O planejamento do trabalho pedagógico: algumas indagações e tentativas de respostas. **Série Ideias**, São Paulo, n. 8, p. 44-53, 1990.
- HADDAD, Célio F.B. **Guia dos Anfíbios da Mata Atlântica**: diversidade e biologia. São Paulo: Anolis Books, 2013.
- HILDEBRAND, M.; GOSLOW JR, G. E. **Análise da estrutura dos vertebrados**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2006.
- JARED, C. et al. The Amazonian toad *Rhaebo guttatus* is able to voluntarily squirt poison from the paratoid macrogland. **Amphibia-Reptilia**, n. 32, p. 546 – 549, 2011.
- KARDONG, K. V. **Vertebrados**: anatomia comparada, função e evolução. 5. ed. São Paulo: Roca, 2010.
- KARDONG, K. V. **Vertebrados**: anatomia comparada, função e evolução. 5. ed. São Paulo: Roca, 2011.
- LIEM, K. F. et al. **Anatomia funcional dos vertebrados**: uma perspectiva evolutiva. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- LIEM, K. F. et al. **Anatomia funcional dos vertebrados**: uma perspectiva evolutiva. Tradução da 3. ed. norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- LIEM, K. F.; BEMIS, W. E.; WALKER JR, W. F.; GRANDE, L. **Anatomia funcional dos vertebrados**: uma perspectiva evolutiva. Tradução da 3ª edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. **Biologia hoje**: seres vivos. São Paulo: Ática, 2012.

MARQUES, O. A. V.; SAZIMA. História natural das serpentes. In: CARDOSO, J. L. C. et al. **Animais peçonhentos do Brasil**: biologia, clínica e terapêutica dos acidentes. São Paulo: Savier, 2003.

MELGAREJO, A. R. Serpentes Peçonhentas do Brasil. In: Cardoso, L. C. et al. **Animais Peçonhentos no Brasil**: biologia, clínica e terapêutica dos acidentes. São Paulo: Savier; 2003, p. 33-61.

MINCARONE, M. M. Avaliação do risco de extinção do peixe-bruxa. *Eptatretus menezesi*. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 150-153, 2012.

MINCARONE, M. M. Avaliação do risco de extinção do peixe-bruxa. *Eptatretus multidens* Fernholm & Hubbs, 1981 no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 154-157, 2012.

ORR, Robert T. **Biologia dos vertebrados**. São Paulo: Roca, 1986.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A vida dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, 2008.

ROSA, Ricardo S.; LIMA, Flávio César Thadeo. Peixes In: Machado, Angelo Barbosa Monteiro; Martins, Cássio Soares; Drummond, Gláucia Moreira. **Lista da fauna brasileira ameaçada de extinção**: incluindo a lista das espécies quase ameaç.... Belo Horizonte, Biodiversitas, p. 65-81, 2005.

SABINO, J.; PRADO, P.I. Avaliação do estado do conhecimento da diversidade biológica do Brasil. **Vertebrados**: versão preliminar. 2003. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/porUsbf/chm/doc/verteb.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2005.

SANTOS, A. C. P. et al. A inserção de recursos lúdicos e visuais no ensino de embriologia e histologia: uma proposta alternativa no processo didático-pedagógico. **Janus**, Lorena, v. 11, n. 19, 2016.

SEIFFERT SANTOS, Saulo César; FACHÍN-TERÁN, Augusto. O planejamento do ensino de zoologia a partir das concepções dos profissionais da educação municipais em Manaus-Amazonas, Brasil. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, Buenos Aires, v. 8, n. 2, 2015.

SHOEMAKER, V.H. et al. Exchange of water, ions and respiratory gases in terrestrial amphibians. **Environmental Physiology of the Amphibians**. Chicago: University of Chicago Press, 1992. p. 125-150.

STORER, T.I. et al. **Zoologia geral**. 6. ed. São Paulo: Nacional, 2005.

VIELLIARD, J. M. E. A diversidade de sinais e sistemas de comunicação sonora

na fauna brasileira. In: **Seminário, Música, Ciência Tecnologia: Acústica Musical**, n. 1, 2004, São Paulo: Anais... IME / USP, 2004. p. 145-152.

WARD, Hellen et al. **Ensino de ciências**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

ZAHER, H.; YOUNG, P. S. As coleções zoológicas brasileiras: panorama e desafios. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 55, n. 3, p. 24-26, 2003.