

Apostila: NOÇÕES BÁSICAS EM ZOOLOGIA

Autor: Profa. Dra. Renata Gonçalves Ferreira

O objetivo deste texto é oferecer noções básicas de Zoologia, focando principalmente os alunos da disciplina de Comportamento Animal. Não busca substituir os livros clássicos sobre o tema (ex.: Barner ou Pough). Várias frases não são originais, tendo sido copiadas de diversos livros sobre o tema. Durante as aulas ocorrerá indicação de textos específicos.

Índice:

Tema 1: A Ciência da Zoologia: Conceitos Básicos, Origem e Evolução dos metazoários, Origem dos Vertebrata

Conceitos Básicos	5
Origem e Evolução dos Metazoários	10
Filogenia Animal	11
Box 1: Regras de Nomenclatura	14

Tema 2 – Platyhelminthes: Morfologia, Sistemática e Ecologia; Platielminos de interesse médico e veterinário

Filo Platyhelminthe: Morfologia geral	15
Sistemática e Ecologia	17
Importância médico e veterinária	21

Tema 3 – Nematoda: Morfologia, Sistemática e Ecologia; Nematódeos de interesse agrícola, médico e veterinário

Nematoda: Morfologia	23
Sistemática e Ecologia	26
Nematódeos de interesse agrícola, médico e veterinário	27

Tema 4 – Mollusca: Morfologia, Sistemática e Ecologia; Moluscos de importância comercial, agrícola e médica.

Origem do Filo Mollusca	29
Morfologia	29
Sistemática e Ecologia	32
Importância Comercial, Agrícola e Médica:	36

Tema 5 – Annelida: Morfologia, Sistemática e Ecologia; Anelídios de interesse agrícola.

Filo Annelida: Morfologia, Sistemática e Ecologia.	37
Sistemática e Ecologia	38
Anelídeos de Interesse agrícola	42

Tema 6: Insecta: Caracteres Gerais, Sistemática, Ecologia, Importância econômica, agrícola, médica e veterinária

Caracteres Gerais	43
Sistemática	46
Ecologia	47
Importância econômica, agrícola, médica e veterinária	48

O Filo Chordata e o subfilo Vertebrata 50

Tema 7: Superclasse Pisces: morfologia e sistemática 51

Ecologia	56
Importância	58

Tema 8: Amphibia: Morfologia, Sistemática, Ecologia e Importância

Cenário Evolutivo: Origem dos Tetrápodos	59
Morfologia e Sistemática	60
Ecologia	64
Importância	66

Tema 9: Reptilia: Morfologia, Sistemática, Ecologia e Importância

Cenário Evolutivo e Morfologia Geral	67
Sistemática e Morfologia dos Répteis viventes	68
Ecologia	73
Importância	76

Tema 10: Aves: Morfologia, sistemática, ecologia e importância

Cenário Evolutivo	77
Morfologia	78

Sistemática e Ecologia	82
Importância	85
Tema 11. Mamíferos: morfologia, sistemática, ecologia e importância	
Cenário Evolutivo	85
Morfologia dos mamíferos atuais	86
Sistemática	89
Ecologia	92
Importância	93

Tema 1: A Ciência da Zoologia: Conceitos Básicos, Origem e Evolução dos metazoários, Origem dos Vertebrata

Conceitos Básicos

A Zoologia, em seu sentido mais lato, estuda os animais, qualquer que seja o ponto de vista que se deseje. A Zoologia, a Botânica e a Microbiologia compõem a Biologia, a ciência que estuda os seres vivos. O primeiro conceito básico necessário ao estudo da Zoologia é portanto: o que é vida? Quais as características únicas dos seres vivos? E quais as suas diversas formas de expressão?

Segundo o físico austríaco E. Schrodinger os sistemas vivos diferenciam-se dos sistemas não vivos pela manutenção de uma baixa entropia. Em outras palavras, as moléculas orgânicas dos seres vivos (que são compostas principalmente por átomos de Carbono, Hidrogênio, Oxigênio e Nitrogênio) tendem a manter sua organização original. Por outro lado, moléculas em sistemas não-vivos têm composição variada e tendem a se desorganizar com o passar do tempo (isto é, tendem a aumentar a entropia). Esta alta organização interna é conseguida às custas da captação de moléculas do ambiente, que são “quebradas” e a energia utilizada para manutenção e cópia das moléculas dos seres vivos. Desta forma os seres vivos apresentam algumas características que os diferenciam da matéria bruta, a saber:

- Metabolismo ou Nutrição: refere-se à assimilação e quebra de moléculas do ambiente para liberação de energia (que é reutilizada para manutenção e cópia das moléculas orgânicas dos seres vivos);
- Crescimento e Reprodução: refere-se à capacidade de desenvolver novas organelas ou novos seres vivos mais ou menos idênticos aos modelos originais. Esta capacidade está relacionada a dois tipos especiais de moléculas existentes nos seres vivos: o Ácido Desoxirribonucléico (ADN ou DNA em inglês) e o Ácido Ribonucléico (ARN ou RNA).
- Sensibilidade ou Irritabilidade: refere-se à capacidade de perceber e reagir a modificações ambientais.

No início, os sistemas vivos eram compostos apenas por moléculas flutuantes, que foram paulatinamente agregando camadas protetoras (membranas celulares e nucleares) e agregando-se entre si (seres multicelulares). Uma consequência matemática deste novo tipo

de sistema no ambiente é que, lentamente, grande parte das moléculas necessárias à vida passou a ficar menos distribuída no ambiente, e mais concentrada nos próprios seres vivos.

As formas de vida no Planeta Terra podem ser classificadas em cinco categorias¹ (ou Reinos – ver mais adiante discussão sobre Nomenclatura Zoológica) de acordo com dois critérios: a especialização celular e a forma como os elementos ambientais são incorporados aos seres (isto é, a forma de nutrição). As bactérias são representantes do Reino Monera, que caracteriza-se por uma única célula Procariota (sem membrana nuclear que separe o ADN e o ARN em um núcleo definido), e uma nutrição absorptiva ou fotossintética. Os protozoários, juntamente com algumas algas unicelulares, compõem o Reino Protozoa, caracterizado por uma única célula Eucariotas (núcleo definido), com nutrição do tipo absorptiva, ingestiva ou fotossintética. Os outros três Reinos são compostos por seres vivos multicelulares. Os fungos, do Reino Fungi, caracterizam-se por terem muitas células eucarióticas, mas sem limites definidos entre as células, de tal forma que a separação entre as mesmas é dificultada, formando uma estrutura denominada micélio. Fungos têm um tipo de nutrição absorptiva. As plantas, Reino Plantae, têm células eucarióticas com membrana celular definida e um metabolismo principalmente fotossintético. Os animais, Reino Animalia, têm células eucarióticas com membrana celular definida e uma nutrição do tipo ingestiva.

Em tempos passados, quando ainda não havia uma grande quantidade de informações e pesquisas, a Zoologia tratava de temas diversos, desde narrativas acerca da História Natural e Comportamento dos animais até discussões sobre possíveis fósseis em períodos geológicos. Entretanto, com o aumento do conhecimento, passou a haver uma especialização maior dos ramos da Biologia, tais como Anatomia Comparada, Comportamento Animal, Embriologia, Ecologia, Fisiologia Comparada, Geologia e Paleontologia, que passaram a ser abordadas em disciplinas próprias, destacadas da Zoologia. A Zoologia assumiu então um caráter mais específico, com pesquisas e aulas mais voltadas à taxonomia. Entretanto, esta classificação, que começou como uma maneira de organizar a diversidade dos organismos, tem se tornado uma ferramenta poderosa para tentar gerar hipóteses evolutivas testáveis, com o desenvolvimento da Sistemática filogenética.

Desta forma, os principais conceitos da Zoologia referem-se àqueles da área de Sistemática, mais especificamente aos da Sistemática Filogenética. Estão apresentados abaixo alguns destes conceitos, mas é necessário deixar claro desde o início que esta breve

¹ São possíveis divisões em 3, 4 ou 5 Reinos, aqui utiliza-se a divisão mais antiga de 5 Reinos.

caracterização esconde debates e áreas de pesquisa cujo detalhamento está além do escopo deste texto.

O conceito de **espécie** é um tema de fundamental importância para a Sistemática Filogenética (Zoologia, Botânica ou Microbiológica), pois para esta ciência a espécie é a unidade que evolui sendo, portanto, a unidade de análise da sistemática. O conceito de espécie deixou, assim, de ser apenas mais um nível numa hierarquia de categorias (Reino, Filo, Classe, Ordem, Família, Gênero e Espécie), para ser o nível biológico em que os passos evolutivos são definidos. Apesar de fundamental para a Sistemática, o conceito de espécie ainda é alvo de debates, que acontecem em dois níveis. Num nível teórico, discute-se se a evolução ocorre ao nível de espécies ou de populações e, neste último caso, como se estruturaria a construção das árvores filogenéticas com este novo nível. Num nível mais prático, discutem-se critérios e parâmetros para definição de espécies. Tradicionalmente, utiliza-se o critério mixiológico para definição de um espécie, que é: um grupo de indivíduos de populações naturais real ou potencialmente intercruzáveis, que são reprodutivamente isolados de outros grupos semelhantes. Apesar de clássico, este conceito não abarca a variedade de formas de vida observadas. Existem, por exemplo, grupos que se reproduzem assexuadamente, enquanto outros são grupos híbridos ou partenogenéticos capazes de intercruzar com as duas espécies progenitoras. Esta definição também não auxilia na determinação de espécies fósseis.

No momento atual, observa-se uma tendência a aceitar a evolução ocorrendo ao nível de populações e a definir espécies de acordo com critérios fenológicos (segundo o qual a espécie é definida segundo um animal-tipo que é guardado num museu para futuras comparações) e genéticos (segundo o qual diferenças em número ou expressão cromossômica definem a espécie).

Além do conceito de espécie, outros conceitos da Sistemática são importantes para a Zoologia, por exemplo:

1- **Sistemática**: é o estudo da diversidade dos seres vivos procurando definir grupos, relacionando-os de acordo com suas semelhanças e diferenças.

2- **Estrutura e Caracter**: Estrutura refere-se a qualquer órgão ou parte do corpo do animal. Caracter refere-se a diferenças ou modificações na estrutura. Assim, dente molar é uma estrutura, lofodontia (lofos retos posicionados na direção lateral a medial) e selenodontia (lofos retos posicionados na direção rostral a caudal) são caracteres desta estrutura.

- 3- **Plesiomorfia e Apomorfia.** Plesiomorfia é o caráter ancestral de uma estrutura (plesio = perto). Apomorfia é a condição derivada (apo = longe).
- 4- **Série de transformação:** seqüências de modificações que uma determinada estrutura sofreu, tornando-se sucessivamente mais derivada. A série de transformação mais simples envolve duas condições: uma ancestral e uma derivada.
- 5- **Homologia:** duas estruturas têm a mesma origem, mas têm forma e funções diferentes. Exemplo 1: membro anterior dos mamíferos (artiodactyla: locomoção terrestre; Chiroptera: locomoção aérea). Exemplo 2: Arcos branquial em agnatos e maxila em gnatostomados.
- 6 - **Analogia ou Homoplasia:** duas estruturas executam funções idênticas mas têm origens diferentes. Exemplo 1: asas das aves (derivadas do membro anterior dos tetrápoda) e asas das borboletas (derivadas das brânquias das formas larvais ou das escamas dos insetos).
- 7- **grupo monofilético:** grupo que contém a espécie com a forma ancestral e todas espécies com as formas derivadas desta.
- 8- **grupo parafilético:** grupo que contém a espécie com a forma ancestral e parte de todas espécies com as formas derivadas desta.
- 9- **Sistemática Filogenética:** sistematiza a diversidade de seres vivos utilizando apenas relações de ancestralidade comum, busca refletir a história evolutiva dos seres. Utiliza apenas sinapomorfias (caracteres derivados compartilhados) para definir um grupo.
- 10- **Sistemática Fenética:** classificações expressam maior semelhança entre estruturas, não buscam exprimir história evolutiva. Utiliza tanto sinapomorfias quanto simplesiomorfias.
- 11- **Cladograma:** qualquer diagrama ramificado que conecta elementos;
- 12 - **Árvore Filogenética:** um cladograma cujos elementos são táxons, e cujas conexões indicam maior proximidade genealógica, isto é, ancestralidade comum exclusiva. É a representação gráfica de uma hipótese evolutiva.
- 13- **Parcimônia ou regra de Economia das Hipóteses Propostas:** a melhor filogenia é aquela que requer o menor número de eventos mutacionais para englobar os táxons em análise. Este conceito baseia-se no pressuposto de que uma mutação benéfica é um evento raro.

Apesar dos principais conceitos serem aqueles relativos à Sistemática, isto não quer dizer que temas de outras áreas não devam ou não precisem ser explorados para uma melhor compreensão da Zoologia. Assumindo um caráter multidisciplinar, é necessário ao estudioso da Zoologia não apenas uma visão geral dos seres vivos (como o resumo em nível de Reinos

acima apresentado), como também o domínio de alguns conceitos básicos de disciplinas mais proximamente relacionadas à Zoologia tais como Embriologia, Ecologia e Geologia.

Os conceitos da Embriologia acerca origem das camadas germinativas durante a gastrulação distingue os animais diploblásticos (Cnidárias e Ctenóforos, com apenas duas camadas de células, ectoderma e endoderma) e triploblásticos (Platelmintes e todos os outros acima deste nível têm três camadas de células, ectoderma, mesoderma e endoderma) Os diploblásticos têm simetria radial, enquanto os triploblásticos têm simetria bilateral do corpo e um intestino (formado a partir de invaginação do ectoderma) que se abre em ambas as extremidades do corpo: uma boca e um ânus. Dentre os triploblásticos, alguns apresentam Celoma (que é uma cavidade líquida interna à camada muscular e externa ao tubo digestivo na qual encontram-se os órgãos internos dos animais) e outros não apresentam. Os Platelmintes são acelomados, enquanto todos os outros animais acima de Platelmintes são celomados.

Da Ecologia é importante o conceito de Teia Alimentar, que podem ser definidos como: a interconexão dos seres vivos dentro dos ciclos biogeoquímicos do ambiente, assumindo funções de produtores primários, consumidores primários (herbívoros) consumidores secundários, terciários, etc (carnívoros) e detritívoros. Também é importante a noção ecológica de Zoneamento dos ambientes, nos quais existem diferenças quanto à abundância dos recursos orgânicos e inorgânicos necessários aos animais. Vários termos e conceitos relativos a esta variação devem ser utilizados pela Zoologia para caracterização do habitat dos animais, tais como: Zonas Oceânica, Nerítica e Litoral (para águas além, sobre ou acima respectivamente da plataforma continental oceânica), Zona eufótica ou afótica (áreas marinhas em que chega luminosidade ou não, respectivamente), Zona limnética e Zona profunda (áreas do rio em que chega luminosidade ou não, respectivamente).

Da geologia são fundamentais os conceitos de Eons, Eras, Períodos e Épocas geológicas assim como toda caracterização do ambiente terrestre na época de surgimento e evolução da maioria das espécies animais observadas atualmente. Assim, distinguem-se o Eon Arqueano (4.500 bilhões a 2.500 bilhões de anos atrás), época da formação da crosta terrestre, atmosfera sem oxigênio livre e hidrosfera formada há 3,8 bilhões de anos. Eon Proterozóico (proteros = primeiro, zôo = animal, entre 2.500 bilhões e 500 milhões de anos atrás), agora a atmosfera já contém oxigênio, os primeiros eucariontes aparecem há dois bilhões de anos assim como os primeiros pluricelulares incluindo as algas. Eon Fanerozoico (fâneros = visível, a partir de 500 milhões de anos atrás). Este Eon subdivide-se nas Eras

Paleozóica (paleos = antigo), Mesozóica (mesos = metade) e cenozóica (cenos = recente). Toda vida e fósseis que conhecemos surgiu e se diversificou durante o fanerozóico. Por limitação de tempo não será apresentado aqui um detalhamento destes períodos, mas cabe ressaltar que o estudo da zoologia requer um conhecimento aprofundado dos eventos em cada um destes Períodos.

Devido ao seu caráter multidisciplinar, faltam ainda conceitos de Anatomia e Fisiologia, Parasitologia e Saúde Pública, Etologia, Evolução e Genética que são utilizados na área de Zoologia, seja na Pesquisa seja em sala de aula. Não nos é possível descrever aqui todos eles. Passemos, então, ao segundo tópico deste tema.

Origem e Evolução dos Metazoários

A classificação por descendência não pode ser inventada, ela deve ser descoberta. A definição de grupos ancestrais e grupos derivados por vezes é difícil principalmente quando faltam registros fósseis com formas intermediárias. Muitas vezes, a comunidade científica não alcança um consenso acerca da Filogenia dos grupos. Este é o caso do debate acerca da origem dos Metazoários. Os Metazoários são os animais pluricelulares, e há uma concordância de que eles se desenvolveram a partir de protozoários unicelulares. A dúvida reside em qual grupo de Protozoários seria mais similar ao ancestral dos Metazoários. Três possibilidades já foram propostas.

A primeira, que pode ser denominada Teoria Sincicial, defende que os metazoários evoluíram a partir de protistas ciliados multinucleados semelhantes aos do Filo Ciliophora (ex. *Paramecium*). Estes protistas têm simetria bilateral e células com dois tipos de núcleos: os micronúcleos que estão envolvidos na reprodução assexuada por fissão binária (até 80 micronúcleos podem existir numa única célula!), e um macronúcleo, vegetativo, cuja função é o controlar o metabolismo celular. O metazoário primitivo teria desenvolvido membranas celulares entre os micronúcleos, mas mantiveram a coordenação de atividades dos núcleos tornando-se assim um multicelular. Neste esquema o primeiro Metazoa teria sido semelhante a um Platielmente Turbellaria.

A Teoria Colonial defende que os Metazoários se diferenciaram a partir de colônias de reprodução de protozoários flagelados semelhantes ao *Volvox* do Filo Mastigophora. Segundo esta teoria, a esfera oca formada pela agregação de protozoários flagelados (blastéia) cresceria a partir da ploriferação e migração para dentro de células da parede,

resultando numa esfera sólida, a Gastréia. Ocorreria então uma especialização das células em dois tipos iniciais: os tecidos vegetativos e reprodutivos (internos) e os de locomoção e sensibilidade (externos). Esta diferenciação em células somáticas e reprodutivas já é vista em *Volvox*. Supõe-se que este metazoário primitivo era ovóide e radialmente simétrico, sem boca definida, engolfando o alimento por qualquer parte de sua superfície. Uma vez que este organismo hipotético assemelha-se à larva plânula dos Cnidária, o primeiro grupo de Metazoários ancestrais assemelhar-se-ia a um Cnidária. A favor desta teoria há o fato de que muitas células dos metazoários são flageladas, incluindo os gametas. Porém, como *Volvox* são semelhantes às plantas, com parede celular, clorofila e nutrição autótrofa, é necessário especular que o ancestral dos metazoários surgiram a partir de um zooflagelado, com estrutura semelhante ao *Volvox*.

A terceira teoria afirma que os metazoários tiveram origem polifilética. Atualmente, há uma tendência em se aceitar a teoria colonial como a melhor explicação para a origem dos metazoários.

Filogenia Animal

Como já foi falado, o estabelecimento das relações filogenéticas é um dos problemas mais difíceis de resolver. Isto deve-se a diversas dificuldades, desde ausência de exemplares fósseis e determinação de homologies, até a definição do grupo externo, determinação da polaridade do caráter e escolha dos índices para construção das árvores de consenso.

Lamarck em 1815 foi o primeiro a apresentar uma representação filogenética do Reino Animal, separando-os em duas dimensões: animais inarticulados ou articulados; e animais apáticos, sensíveis ou inteligentes. Tanto articulados quanto inarticulados tenderiam a evoluir (neste caso por um mecanismo de uso e desuso) de animais apáticos a animais inteligentes. Ascídias e Radiata seriam inarticulados apáticos, e os Vermes seriam articulados apáticos. Moluscos seriam inarticulados sensíveis e Anelídeos, insetos aractnídeos e crustáceos seriam animais articulados e sensíveis. Os vertebrados seriam os únicos animais articulados e inteligentes.

Haeckel em 1866 também propôs uma árvore filogenética separando os reinos Plantae, Protista e Animália, que teriam origem no Reino Monera. Cuénot apresentou em 1951 uma árvore filogenética de bastante aceitação e que já era bastante similar à filogenia aceita atualmente.

A taxonomia atual aceita uma hierarquia classificatória envolvendo sete níveis: Reino, Filo, Classe, Ordem, Família, Gênero e Espécie. Podem ainda ser intercaladas categorias sistemáticas abaixo e acima destas utilizando os prefixos sub, infra e super. A categoria de Reino é definida segundo o número de células e o tipo de nutrição do ser (como visto acima). Para Filo, tende-se a utilizar diferenças no plano de organização do corpo (Filo Platyhelmentes, Filo Annelida, Filo Mollusca, Filo Chordata). Classes e Ordens são agrupadas segundo forma e função de órgãos internos (Classe Monoplacophora, Classe Polyplacophora, Ordem Artiodactyla, Ordem Perissodactyla). Famílias e Gêneros tendem a ser agrupados segundo adaptações ecológicas, e critérios mixiológicos, fenológicos e Genéticos definem espécies (ver acima).

Assim, a filogenia animal pode ser detalhada até o nível de espécie mas, à medida que se aumenta o refinamento da filogenia, aumenta o número de informações e tempo de discussão para justificar cada agrupamento. Para fins deste tema, descreverei a filogenia apenas até o nível de Filos.

A filogenia animal aceita atualmente o Reino Animalia composto por 29 ou 31 Filos (a depender do método de classificação), o primeiro sendo originado a partir de algum ancestral do Reino Protozoa. Estes filis estão agrupados em três grupos: os Mesozoa, os Parazoa, e os Eumetazoa. Os Mesozoa são representados por apenas um filo, o Filo Mesozoa, e 50 espécies. São animais diminutos (com cerca de 30 células), que se diferenciam apenas entre células epidérmicas ciliadas e células reprodutivas. Já foi aventada a possibilidade destes animais representarem o ancestral dos outros grupos de animais.

Os Parazoa, também têm apenas um representante, o Filo Porífera: cerca de 150 espécies de esponjas. A diferenciação celular destes animais ainda é incipiente, mas já existe um sistema de canais para circulação de água, mantendo um padrão assimétrico de plano de corpo.

Os Eumetazoa já apresentam especialização celular em tecidos, e podem ser subdivididos em dois grupos: os Radiata e os Bilatéria. Os Radiata (animais dos Filos Cnidária e Ctenofora) são os eumetazoários mais simples, sendo diploblásticos, apresentando um intestino diferenciado e um plano de corpo com simetria radial. Mais especializados que estes são os Bilatéria (corpo bilateralmente simétrico), estando esta característica relacionada à motilidade do animal. Os bilatéria são triploblásticos (têm células diferenciadas em três tecidos: o endoderma, o mesoderma, e o ectoderma), cada um originando diferentes partes e órgãos do corpo. A simetria bilateral relaciona-se com a mobilidade do animal, e define uma

extremidade cranial e uma extremidade caudal. Ao que parece, o aparecimento do gene homeobox (gene hox) nos primeiros bilaterios é responsável pelo surgimento deste terceiro folheto germinativo e diferenciação do eixo cranial caudal está relacionada.

Os bilatéria podem ser subdivididos em dois grupos: os protostômios e os deuterostômios. Os protostômios podem ainda ser redivididos em três grupos, a depender da presença e o tipo de celoma: os Acelomados, os Pseudocelomados, e os Eucelomados.

Os Platyhelminthes são os bilaterios mais ancestrais, sendo protostômios acelomados. Os Filos Nematoda, Rotifera e Gatrotrichia e outros 4 filis são agrupados como Pseudocelomados, por terem o celoma formado a partir da permanência da blastocele embrionária. Na árvore filogenética eles são localizados próximos aos Platyhelminthes e anteriormente aos Celomados. Os Protostômios Celomados incluem os Filos Mollusca (sem metamerização corpórea), Annelida (com metamerização corpórea) e Artropoda (com metâmeros especializados formando cabeça, tórax e abdômen). Os Deuterostômios incluem os Filos Echinodermata (estrelas do mar – com simetria radial derivada), Hemichordata (com notocorda dorsal formada por colágeno) e Chordata (com notocorda dorsal em algum momento do ciclo vital). Estes são os filis mais representativos do reino animal. Os outros filis representam linhagens menores e de filogenia menos clara.

De uma forma geral, a filogenia animal ressalta a importância crescente especialização das células em tecidos, destes em órgãos, e destes em sistemas, ao longo da evolução, como resultado de um ambiente ecológico cada vez mais inseguro e preenchido com predadores e competidores, e presas mais eficazes na fuga. Ao longo deste processo as células foram perdendo generalidade e se tornando mais simples e mais especializadas, formando cada vez mais complexos sistemas Nervoso, Reprodutor, Respiratório, Circulatório, Digestivo e Excretor.

Em nível de Filo, a crescente especialização do plano corpóreo pode ser descrita desde animais multicelulares sem diferenciação de tecidos (Filo Porifera), passando por animais com duas camadas celulares e um intestino definido (Filos Cnidária e Ctenofora, que são diploblásticos), até animais multicelulares com três tipos diferentes de tecidos (todos os outros Filos, que são triploblásticos, tendo ectoderma, mesoderma e endoderma). A presença e o tipo de um celoma¹ no interior do corpo é outra característica que agrupa os Filos em: Acelomados, Pseudocelomados, e Eucelomados.

O celoma é uma cavidade cheia de líquido que fica interna à camada muscular e externa ao intestino. O Filo Platyhelminthe é triploblástico acelomado, apresentando um corpo compacto, sem cavidade celomática. Todos os outros Filos apresentam celoma no interior do corpo, o que sugere que este tipo de estrutura corpórea conferiu algum valor de sobrevivência para os organismos (aumento de espaço e liberdade para os órgãos internos, uso como esqueleto hidráulico, e ajuda na circulação de materiais através do corpo). Nos Pseudocelomados, o celoma surge devido ao preenchimento incompleto da blastocele durante migração da células na gastrulação. Nos Celomados, o celoma pode ser formado a partir de evaginações do ectoderma intestinal (Deuterostômios) ou por fendas no interior do mesoderma (Proterostômios).

Box 1: Regras de Nomenclatura

Havendo cerca de um milhão de espécies de animais descritas, é evidente a necessidade de sistematizar esta diversidade, e de criar uma nomenclatura que permita a troca de informações precisas entre diversos pesquisadores de diversos países. A Zoologia sistemática compreende, pois, duas partes: a Taxonomia (caracterização, organização, classificação, dos grupos de animais, estabelecendo suas relações de parentesco – no caso da Sistemática Filogenética) e a Nomenclatura.

Deve-se a Lineu (1707-1778) o estabelecimento da primeira regra de nomenclatura, instituindo o Latim como língua a ser utilizada na nomenclatura sistemática e o sistema binomial para designação de espécies, sendo o primeiro o nome de gênero e o segundo o nome específico. Vários congressos e Encontros entre os taxonomistas sucederam (o Primeiro Congresso Internacional de Zoologia, em 1889 em Paris, foi motivado por debates acerca das regras de nomenclatura). Atualmente utilizam-se os parâmetros ditados pelo Código Internacional de Nomenclatura Zoológica aprovada em 1973, que tem como objetivo promover a universalidade e estabilidade dos nomes científicos dos animais. O código contém várias regras a serem seguidas, listaremos abaixo apenas as mais importantes.

1. Grupos no nível hierárquico de Super-Família devem terminar em OIDEA;
2. Grupos no nível hierárquico de Família devem terminar em IDAE;
3. Grupos no nível hierárquico de Sub-Família devem terminar em INAE;
4. Grupos no nível hierárquico de Tribo devem terminar em INI
5. O nome do gênero deve ser um substantivo nominativo do singular iniciando-se com letra maiúscula. Os nomes devem ser em Latim ou latinizados, e impressos em itálico. Também são aceitos nomes em Grego ou derivados, mitológicos, nomes de pessoas (neste caso deve ser acompanhado de sufixo apropriado: -ius, -ia, -ium, -us-, -um);
6. O nome de subgênero deve ser interposto entre parêntesis, entre o nome do gênero e o da espécie;
7. O nome da espécie consiste de dois nomes: o nome do gênero e o nome específico, e pode ser um adjetivo, um substantivo nominativo ou um substantivo genitivo; O nome específico deve iniciar com letra minúscula.
8. De forma geral o nome deve ser curso e fonético;
9. O nome do autor não faz parte do nome do táxon e sua citação é facultativa, mas se se desejar colocar o nome do autor então este deve seguir imediatamente o nome da espécie, sem qualquer sinal ortográfico.
10. Não há regras para categorias acima do nível de super-família.

Tema 2 – Platyhelminthes: Morfologia, Sistemática e Ecologia; Platielminos de interesse médico e veterinário

Filo Platyhelminthe: Morfologia geral

O Filo Platyhelminthe é mais evoluído que os Filo Porífera, Cnidária e Ctenophora por terem simetria bilateral, um corpo formado por três folhetos germinativos e sistemas excretor, nervoso e reprodutivos um pouco mais definidos que nos porífera, cnidários e ctenóforos. A simetria bilateral relaciona-se com a mobilidade do animal, e define uma extremidade cranial e uma extremidade caudal (ao que parece, o aparecimento do gene homeobox (gene hox) nos primeiros bilaterios é responsável pelo surgimento deste terceiro folheto germinativo e diferenciação do eixo cranial caudal está relacionada). O sistema nervoso relaciona-se com esta bilateralidade, estando a maior parte dos órgãos sensoriais localizadas na extremidade cranial do animal e conectando as camadas musculares para locomoção direcionada. Entretanto, os platelmintos são acelomados, apresentando um corpo compacto, preenchidos por células parenquimáticas, o que resulta num menor espaço para os órgãos internos e uma menor mobilidades dos nutrientes pelo corpo. Todos os outros Filos apresentam celoma no interior do corpo.

Os animais do Filo Platyhelminthes são geralmente conhecidos como vermes de corpo achatado (Platy = chato; Helminthes + verme), uma herança da classificação de Lineu (em 1766) que agrupava como Vermes os anelídeos, os platelmintos, os nematelmintos e os rotífera. Existem cerca de 10.000 espécies de platelmintos, a maioria microscópica (alguns platelmintos são bastantes conhecidas do público devido a seu modo de vida parasitário do intestino dos seres humanos - Tênia). A variação de tamanho corpóreo relaciona-se com a forma do corpo: em geral, animais menores são mais ovais e animais maiores são mais achatados. O corpo é indiviso, não apresentando segmentação externa ou interna, e a parede do corpo é formada por epiderme ciliada, com três camadas musculares: uma circular externa, uma longitudinal interna e fibras diagonais. Estas características, juntamente com a simetria bilateral, apontam para uma maior mobilidade e um direcionamento mais preciso do animal durante sua locomoção.

Entretanto, todos os sistemas deste tipo de organismos ainda são pouco estruturados. O sistema digestivo dos platelmintos é incompleto, não apresentando ânus, servindo a boca tanto para ingestão quanto para egestão. Devido ao tamanho e à forma de seu corpo, as

trocas gasosas são efetuadas diretamente com o ambiente, não existindo sistema respiratório ou circulatório. O sistema excretor é composto por uma camada de células ciliadas (células-flama) distribuídas na parede de dois túbulos que se alongam paralelamente em cada lado do corpo (protonefrídios). O batimento dos cílios movimenta água e resíduos nitrogenados do interior do corpo conduzindo-nos pelos protonefrídios até algumas aberturas localizados nas laterais do corpo (nefridióporos), onde ocorre a excreção. Não há bexiga. A principal função dos protonefrídios parece ser a excreção de água, pois a remoção dos resíduos nitrogenados pode ocorrer por difusão osmótica pela parede do corpo destes diminutos animais. Ademais, o sistema de protonefrídios é maior em platelmintos de água doce, corroborando com a hipótese da função osmótica para esta estrutura.

Os platelmintos são monóicos (hermafroditas), e têm caracteristicamente espermatozoides com dois flagelos. Na maioria das espécies, o sistema masculino é composto por: testículos, ducto espermático, vesícula seminal, bulbo peniano (que contém a vesícula prostática) e um pênis, que se abre no poro genital masculino na região ventral posterior. Em algumas espécies existe um órgão copulador eversível denominado cirro. O sistema masculino pode ser múltiplo em muitas espécies. O sistema feminino é formado por ovários, ovidutos, um receptáculo seminal e vagina que se abre no poro genital feminino, à frente do poro masculino. O sistema feminino também pode ser múltiplo, e algumas espécies apresentam uma dilatação no final do oviduto para armazenagem de óvulos fertilizados (um útero). A fertilização é interna e a auto-fertilização é incomum..

Diferentemente dos Cnidária e Ctenóforos (que apresentam uma rede nervosa difusa), os platelmintos já apresentam um incipiente sistema nervoso, composto de um par de gânglios anteriores conectados a 1, 2, 3 ou 4 pares de cordões nervosos longitudinais que se estendem dorsalmente, lateralmente e ventralmente, formando de tempos em tempos, interconexões transversais entre si. Existe um protocérebro que é uma interconexão destes cordões na porção cranial do animal. Nos platelmintos mais desenvolvidos há uma tendência à fusão dos cordões na região ventral, que pode representar os primórdios do cordão ventral dos anelídios e artrópodos. Os órgãos sensoriais são representados por 1, 2 ou 3 pares de olhos anteriores, e cílios quimiorreceptores nas laterais do corpo.

Sistemática e Ecologia

Três classes podem ser definidas neste filo, agrupadas de acordo com estruturas do corpo, principalmente revestimento da parede do corpo, e estruturas da boca e do trato digestivo: a Classe Turbellaria, a classe Trematoda, e a classe Cestoda. As ordens dentro de cada classe são agrupadas de acordo com o sistema reprodutor.

Animais da Classe Turbellaria são comumente conhecidos como planárias. São os únicos platelmintes de vida livre e provavelmente o grupo ancestral do Filo. A maioria tem menos de 1 cm de comprimento, e habitam ambientes aquáticos, principalmente o mar, poucas formas sendo encontradas em águas frias de rios, pântanos e córregos. São bentônicos, vivendo no sedimento, fixando-se a rochas, conchas, gravetos e algas, e evitam a luz. Mesmo as espécies com adaptações secundárias à vida terrestre vivem em locais úmidos locomovendo-se no filete d'água entre os grãos de areia.

As planárias caracterizam-se por um corpo com muitas glândulas mucosas, geralmente pigmentado. A locomoção se dá por batimento ciliar e contração muscular, e as glândulas mucosas proporcionam adesão ao substrato (importante para estas espécies intersticiais). Complexos glandulares compostos por uma glândula viscosa, uma glândula liberadora e uma glândula de ancoragem são observados em algumas espécies, e auxiliam na locomoção.

Os turbelários são principalmente carnívoros, alimentando-se de presas vivas sendo, portanto, predadores. Algumas espécies são herbívoras. O sistema digestivo inicia-se numa boca ventral sem ventosas localizada na região mediana cranial. À boca segue-se a faringe, que apresenta complexidade crescente dentro da classe. As ordens mais primitivas apresentam faringe simples tubular, as mais derivadas apresentam faringe bulbosa ou muscular, que everte-se da boca, sendo capaz de penetrar em regiões delicadas do exoesqueleto de crustáceos e de bombear o alimento para dentro da boca. A faringe conecta-se ao intestino, que varia em número de células a depender do tamanho do animal. Em animais pequenos o intestino é formado por apenas uma camada de células, em animais maiores é formado por um sincício. A digestão inicia-se extracelularmente pela ação de enzimas proteolíticas produzidas por glândulas faríngeas e intestinais. O alimento fragmentado é então fagocitado por células intestinais, e a digestão é completada intracelularmente. Os restos da digestão retornam à boca através de movimentos peristálticos, onde são egeridos. O sistema excretor é formado por protonefrídios, exceto na ordem Acoela.

O formato das gônadas femininas é utilizado como critério para separação das ordens desta classe. Os turbelários arcóforos apresentam ovários simples que produzem óvulos com vitelo como parte integrante do citoplasma (ovos endolécitos- como na maioria dos animais). Quatro ordens fazem parte desta divisão: Acoela, Macrostomida, Catenulida, e Polycladia. Os turbelários neóforos possuem ovários com uma parte das células especializadas apenas na produção do vitelo (glândulas vitelínicas). As células vitelínicas são, portanto, produzidas separadamente dos óvulos, mas aderem-se ao redor do óvulo fecundado e servem de alimento ao embrião (ovos ectolécitos). Cinco ordens de planárias pertencem à subdivisão neófora: Prolecithophora, Lecithoepitheliata, Neorhabdoceola, Tmenocephalida e Seriata. Em geral fêmeas desta divisão produzem mais óvulos do que as da divisão arcófora.

Em algumas espécies pode ocorrer também reprodução assexuada, que pode ocorrer por fissão ou por regeneração. No primeiro caso, ocorre inicialmente a formação de novas células que ficam conectadas ao corpo do animal (zoócitos), ao atingirem uma cadeia suficientemente grande elas se desprendem do animal original durante a locomoção deste e formam um novo animal. No segundo caso, o animal sofre uma fragmentação mediana, cada metade destacada do corpo regenerando a metade ausente.

Platelmintos da classe Trematoda (assim como os da classe Cestoda) são exclusivamente parasitas, e derivam provavelmente dos turbelários. Medem de 1mm a 7 metros, mas a maioria tem menos de alguns centímetros. As fascíolas, como também são conhecidos os trematodos, caracterizam-se por não terem o corpo revestido por uma epiderme ciliada como as planárias, sendo o corpo limitado por um sincício citoplasmático não-ciliado de células do parênquima (nos endoparasitas, este revestimento é resistente a químicos secretados pelo hospedeiro), e por uma boca anterior com uma ventosa e órgãos adesivos (que também podem estar presentes ao longo do corpo na região ventral).

À boca segue-se uma faringe muscular que bombeia células, fragmentos de tecido, e sangue do hospedeiro para um esôfago. O esôfago conecta-se a dois cecos intestinais (raramente um) que se entendem longitudinalmente no corpo da fascíola. Como nos turbelária, os resíduos digestivos são egeridos pela boca.

Os sistemas respiratório, circulatório, excretor e nervoso, são essencialmente iguais aos do turbelários: as trocas gasosas são realizadas pela pele, o sistema excretor é formado por protonefrídios (se bem que alguma troca de excretas nitrogenados ocorra pela pele) e o sistema nervoso contém um par de gânglios craniais e 3 pares de cordões nervosos longitudinais. Os órgãos do sentido são pouco desenvolvidos (como seria de se esperar em parasitas), apenas um ou dois ocelos estão presentes em formas ectoparasitas.

O sistema reprodutor masculino é composto por um par de testículos, ductos espermáticos, que penetram numa região dilatada próxima ao átrio genital comum, onde está localizada a vesícula seminal e glândulas prostáticas. O aparelho copulador é chamado cirro se for eversível e pênis não for eversível. O átrio genital localiza-se na metade anterior ventral do verme. Variações desta descrição geral distinguem as famílias desta classe. O sistema reprodutor feminino é composto por um ovário único e duas glândulas vitelínicas, O oviduto (proveniente do ovário), os ductos das glândulas vitelínicas e o ducto do receptáculo seminal reúnem-se formando o ducto ovovitellino que se abre numa estrutura chamada oótipo. O oótipo é circundado por células glandulares chamadas coletivamente de glândula de Mehlis. Ao oótipo segue-se o útero e se abre no átrio genital comum. Algumas espécies não têm receptáculo seminal, e outras têm duas vaginas (uma abrindo-se na região ventral e outra na região dorsal). A fecundação é interna e cruzada, embora possa haver autofertilização. O Número de ovos produzidos é enorme.

O filo Trematoda é formado por animais parasitas que apresentam complexos ciclos de vida, sendo as ordens desta classe agrupadas de acordo com as mudanças na forma corpórea dos animais durante seu ciclo de vida. A Ordem Monogenea possuem apenas um hospedeiro e assumem apenas uma forma corpórea durante seu ciclo de vida. A Ordem Digenea é a maior das três com pelo menos 6.000 espécies descritas. Este animais têm ciclos de vida que envolvem de dois a quatro hospedeiros e assumem diversas formas corpóreas durante seu ciclo de vida (por exemplo, as formas miriácido, cercaria, e adulta do trematoda *Fasciola hepática*). A Ordem Aspidobothrea tem ciclos de vida com um ou dois hospedeiros e diferenciam-se pela presença de uma grande ventosa que cobre toda região ventral do animal.

Descreve-se abaixo um resumo do ciclo de vida de um trematoda da ordem digenea: a *Fasciola hepática* que infecta tanto bovinos quanto ovinos. Os ovos fecundados são eliminados pelas fezes do animal, e de cada ovo emerge uma larva ciliada (chamada miriácido) dotadas de manchas oclares, gânglio nervoso e dois nefrídios. Este miriácido penetra num caramujo através de seus tecidos moles e aloja-se nos pulmões ou nos vasos linfáticos. Neste local, a larva perde seus cílios e cresce tornando-se um esporocisto em forma de saco. Dentro do esporocisto ocorre crescimento de células germinativas produzindo por partenogênese de 3 a 8 rédias alongadas com boca e intestino. As rédias brotam do esporocisto, migram até o fígado do animal e lá cada uma produz uma larva dotada de ventosa e cauda chamada cercaria. A cercaria sai do corpo do caramujo perfurando sua pele, nada e fixa-se em alguma folha ou grama. Neste local ela perde a cauda e encista-se. Esta

fase de vida do animal é denominada metacercária. Quando o animal come folhas contendo metacercárias, os cistos são digeridos, e a larva segue até o fígado onde danificam este órgão. Após o crescimento e maturação, a forma adulta segue até os ductos biliares, onde vivem durante anos. Os ovos fecundados saem dos ductos biliares, atingem o intestino e são eliminados pelas fezes.

A Classe Cestoda é a terceira e última classe dos platelmintos e também deriva dos turbelários. Todos os animais desta classe são endoparasitos, e apresentam grandes especializações em suas estruturas corpóreas que os adaptam a este tipo de ambiente. O tegumento é recoberto por um sincício de células do parênquima como nos trematoda, e diferem dos animais das outras classe por não apresentarem trato digestivo, um exemplo de especialização extrema à vida parasitária. São divididos em duas subclasses agrupadas de acordo com as estruturas da cabeça.

A Subclasse Eucestoda, que inclui as tênias (popularmente conhecidas como solitárias), têm a parte cranial do corpo diminuída e modificada em uma estrutura para aderir fortemente ao hospedeiro: o escólex. O escólex apresenta quatro ventosas musculares e um círculo de ganchos, situados numa elevação circular chamada rostelo. Ao escólex segue-se um curto colo, que produz proglótides: segmentos corpóreos diferenciados contendo músculos, parênquima, porções dos sistema excretor e nervoso, e estruturas reprodutivas completas. Atrás do colo está o corpo ou estróbilo, que é uma seqüência de proglótides, as mais jovens e menores mais próximas do colo e as mais velhas e maiores mais afastadas. O corpo do animal pode medir até 12 metros! O sistema nervos e excretor seguem o padrão dos turbelários e estendem-se através da cadeia de proglótides. Uma massa nervosa anterior situa-se no escólex. O sistema reprodutivo assemelha-se ao dos trematoda diógenos, e é completo em cada proglótide. O sistema reprodutor masculino amadurece antes, ocorrendo fertilização cruzada quando ocorrem os dois sexos no mesmo hospedeiro, ou autofecundação quando apenas um animal habita o hospedeiro. Quando as proglótides se soltam do corpo elas carregam consigo os ovos fecundados.

O ciclo de vida de um tênia também envolve formas corpóreas diversificadas, hospedeiros intermediários e primários, e pode ser resumido como se segue: Proglótides repletas de ovos fertilizados soltam-se do corpo do animal e são eliminados pelas fezes do hospedeiro. No chão as proglótides dissolvem-se e liberam as oncosferas (embriões encistados). Se estes ovos forem comidos por um mamífero (porco, boi, cachorro, gato, rato, lobo), a casca é digerida e os embriões utilizam seis ganchos bucais para perfurar a parede do intestino e cair em vasos sanguíneos ou linfáticos, onde são conduzidos até os músculos.

Aí, eles se encistam, atingindo o estágio de cisticerco, onde o embrião desenvolve um escólex. Quando a carne mal cozida destes animais é comida pelo homem, o cisto é digerido, o animal prende-se pelo escólex na parede do intestino, e desenvolve um colo e posteriormente proglótides, e uma nova tênia começa a se formar.

Animais da sub-classe Eucestoda apresentam ainda outras adaptações ao ambiente interno de hospedeiros. A nutrição ocorre pelas paredes do corpo (já que não existe sistema digestivo), com a água e nutrientes difundindo-se para dentro do animal. Isto é conseguido provavelmente pela manutenção de uma pressão osmótica menor que a do líquido ou tecido do hospedeiro, o que cria uma difusão de substâncias para dentro do animal. Porém, o tegumento é resistente a ação de sucos digestivos do hospedeiro, com uma alta tolerância a variações de PH (de 4 a 11). Os tecidos têm alto teor de glicogênio, utilizados no metabolismo anaeróbico. Os órgãos dos sentidos são grandemente reduzidos.

Os animais da subclasse Cestodaria assemelham-se a trematódeos, e não apresentam escólex nem estróbilo, mas são classificados juntamente com a Classe cestoda por também não apresenta sistema digestivo. São parasitas intestinais de peixes.

Importância médico e veterinária

Os platelmintos de interesse médico e veterinário são das classes Trematoda e Cestoda, por serem os principais parasitas de metazoários. As fascíolas (Trematoda) utilizam principalmente moluscos, anfíbios e peixes como hospedeiros intermediários e vertebrados como hospedeiros primários, enquanto as tênicas (Cestoda) utilizam vertebrados tanto como hospedeiros primários como intermediários. Durante seu ciclo de vida, as fascíolas e tênicas causam a destruição dos tecidos dos animais, geralmente levando à morte.

As tênicas (ou solitárias) são parasitas intestinais de peixes, cães, gatos, ratos, e carneiros. A *Taenia saginata* (que pode atingir até 12 metros de comprimento) tem como hospedeiro intermediário o boi e a *T. solium* (porco como hospedeiro intermediário) é de grande interesse médico por causarem infecções no homem. As tênicas não matam, mas deixam o hospedeiro bastante debilitado devido ao desvio de nutrientes pelo parasita.

Os trematódeos causam infecções no intestino, fígado, pulmão e sangue tanto de humanos quanto de outros vertebrados. O mais famoso trematoda de interesse médico é o Schistosoma (*S. mansoni*, *S. hematobium*, *S. intercalatum*, *S. Japonicum*, etc). que causam a esquistossomose. Há milhões de casos em todo o mundo, sendo doença endêmica de várias regiões tropicais e subtropicais. Este animais infectam os intestinos, rins, pulmão e fígado humanos causando grandes danos e forte reação imunológica, mas não leva necessariamente

à morte. Devido ao fato da doença infectar mais crianças, que piorarem até à adolescência mas depois melhorarem ou morrerem, a doença é considerada um rito de passagem à maioria em algumas tribos africanas e asiáticas. O hábito dos agricultores de fazer as plantações e trabalhos de irrigação com os pés descalços metidos na água parada, favorece a disseminação da doença crônica causada por estes parasitas. Alguns especialistas acreditam que tanto no Egito como na Mesopotâmia, a esquistossomose foi fundamental no surgimento de estados fortes guerreiros. O povo cronicamente debilitado pela doença, era facilmente dominável por uma classe de guerreiros que, uma vez que não praticavam a agricultura irrigada, não contraíam a doença, mantendo-se vigorosos.

A profilaxia a estas doenças requer saneamento básico e educação sanitária da população. A erradicação é difícil devido ao grande número de ovos produzidos por este animais.

¹ O celoma é uma cavidade cheia de líquido que fica interna à camada muscular e externa ao intestino. Algumas possíveis vantagens do celoma são: aumento de espaço e liberdade para os órgãos internos, uso como esqueleto hidráulico, e ajuda na circulação de materiais através do corpo. O celoma pode surgir de três maneiras, a depender de qual o tecido embrionário foi seu ponto de origem. Quando ocorre uma clivagem embrionária do tipo holoblástica, as células se distribuem de maneira a formar uma esfera oca (chama-se blástula a esfera e blastocele a cavidade interna). Com o aumento da gastrulação ocorre uma invaginação das células formadas na parede externa resultando no preenchimento e obliteração da blastocele. Quando a gastrulação está completa, a esfera apresenta as três camadas germinativas: ectoderma, mesoderma e endoderma.

Tema 3 – Nematoda: Morfologia, Sistemática e Ecologia; Nematódeos de interesse agrícola, médico e veterinário

Nematoda: Morfologia

O Filo Nematoda é tradicionalmente agrupado com os Filos Acantocephala, Gnathostomulida, Gastrotrichia, Kinorhynca, Nematomorpha e Rotífera, formando o grupo dos Asquelmintes, composto por animais com plano de corpo triploblástico pseudocelomado. Os Asquelmintes, entretanto, formam um grupo parafilético (ou seja, é um grupo que não compartilha um único ancestral comum). Ademais, estudos mais recentes com microscopia eletrônica têm revelado que apenas os nematódios possuem uma cavidade interna grande o suficiente para ser chamada de celoma, os outros grupos apresentam apenas pequenas fendas, devendo talvez ser reagrupados juntamente com os Platelmines como acelomados. Porém, o grupo Asquelmines é de uso corrente e aparece em diversas árvores filogenéticas localizados posteriormente aos Platyhelmines e anteriormente aos Celomados.

Nos nematodos, a clivagem é espiral e determinada e, como nos outros asquelmintes, existe uma constância celular, ou seja, no momento da eclosão da larva ou logo após este momento, não ocorre mais mitose celular, tendo o indivíduo um número definido de células. O crescimento do corpo se dá pelo crescimento de cada célula individualmente. Por exemplo, todos os adultos de algumas espécies de Rhabditis, têm 200 células nervosas, 120 células epidérmicas e 172 células no trato digestivo.

O nome Nematoda significa “em forma de fio” (gr. Nematos = fio, eidos = forma). De fato, os nematódios têm plano de corpo alongado, fino e afilado em ambas as extremidades. A fêmea do nematódio *Wuchereria bancrofti*, causador da filariose, por exemplo, mede 9cm e tem apenas 0,24mm de largura. A vasta maioria dos nematódeos mede menos de 2,5 mm, mas alguns podem medir até um metro. Este plano de corpo reflete uma adaptação aos espaços intersticiais (ver mais adiante descrições sobre a ecologia do grupo). Espécimens frescos têm cor amarela esbranquiçada ou rósea.

O filo nematoda tem especializações não apresentadas pelo filo Platyhelmines, tais como: um pseudoceloma, um sistema digestivo completo (com boca e ânus) e um sistema nervoso com maior número de nervos (seis pares em nematódeos, contra no máximo quatro pares em platelmintos). Entretanto, o sistema muscular dos nematódeos não apresenta camada muscular circular apresentada pelos platelmintos. Esta menor complexidade do

sistema muscular é provavelmente uma perda posterior sendo uma característica derivada, refletindo os hábitos parasitários de muitos nematódeos.

A parede do corpo dos nematódios é composta por cutícula, epiderme e camada muscular longitudinal. A cutícula consiste de um tipo de colágeno aparentemente exclusivo dos nematódios. A cutícula apresenta protuberâncias como escoras e bastonetes. Durante o crescimento, um nematódio muda a cutícula quatro vezes para crescimento celular. O adulto não realiza muda. A epiderme é celular mas pode ter arranjo sincicial (ausência de membranas celulares entre grupos de células), e apresenta quatro expansões citoplasmáticas para dentro do pseudoceloma, formando quatro linhas longitudinais esbranquiçadas: uma ventral, uma dorsal e duas laterais ao corpo do animal. Esta é uma característica única dos nematódios, utilizada para sua taxonomia e determina a distribuição interna de outras estruturas. A camada muscular é composta inteiramente por fibras longitudinais, estriadas obliquamente, que se fixam entre as linhas longitudinais do corpo. Os nematódios movem-se através de contrações longitudinais do corpo e as protuberâncias da cutícula provavelmente auxiliam na locomoção destes animais.

Os nematódeos têm trato digestivo completo. Além da forma corpórea e das linhas longitudinais, uma terceira característica distintiva (diagnose) do grupo é a simetria radial ou birradial das estruturas ao redor da boca. Nos nematódeos primitivos seis lóbulos semelhantes a lábios margeiam a boca, em espécies mais derivadas houve fusão resultando em três lábios. A boca abre-se numa cápsula bucal tubular revestida de cutícula. Esta cutícula pode apresentar especializações, tais como cerdas, cristas, bastonetes, placas e dentes, a depender do hábito alimentar do animal. Algumas espécies apresentam uma estrutura cuticular em forma de estilete que auxilia a penetração em tecidos (de animais ou plantas). Este estilete pode ser oco e utilizado como um canudo para bombear alimento, ou ser compacto e utilizado como lâmina para cortar os tecidos. A faringe é tubular e freqüentemente muscular, com cutícula revestindo o lúmen, e ocorre a presença de células glandulares que auxiliam na digestão. O intestino é formado por apenas uma única camada de células epiteliais que secretam enzimas digestivas. A digestão inicia-se no intestino mas é finalizada intracelularmente. Ao intestino segue-se um reto cuticular, e logo após um ânus que se localiza na extremidade oposta à boca.

Devido à sua pequena espessura não existe um sistema excretor e circulatório definido nos nematódeos. A excreção e trocas gasosas se dão diretamente através da parede do corpo ou pelo sistema digestivo. O principal produto nitrogenado é a amônia. É verificado nos nematódios um tipo peculiar de célula glandular: a célula de renete. Esta célula abre-se

em um poro excretor próximo à faringe. Grupos destas células podem formar um sistema tubular em forma de H no animal, com a parte mediana circundando a faringe, duas alças seguindo para a parte anterior do corpo e duas alças seguindo para a parte posterior. Sugere-se que esta estrutura tenha função na regulação osmótica, mas ainda não há evidências conclusivas a este respeito.

O sistema nervoso é composto por um anel nervoso localizado ao lado da parte inicial da faringe, conectado a 12 cordões nervosos, seis anteriores que inervam a região bucal, cranial e faríngea, e seis posteriores que seguem para a região posterior do animal acompanhando as linhas longitudinais (os cordões dorsal e ventral são duplos). O cordão dorsal é motor, os laterais são sensoriais e ganglionares, e o ventral é motor, sensorial e ganglionar. Os órgãos sensitivos dos nematódeos são as papilas, as cerdas e os afídios. As papilas localizam-se na boca e na região cranial do animal, e são inervadas por um cordão nervoso anterior. As cerdas são células ciliadas mecanorreceptoras que se distribuem ao longo do corpo, e em maior número na região cranial. Os dois afídios são invaginações em fundo cego da cutícula da região cranial estando cada um deles associado a um cordão nervoso anterior. Acredita-se que tenha função quimiorreceptora (gustação ou olfato). Na região caudal de alguns nematódeos (Classe Phasmida) existe um par de glândulas unicelulares denominadas fasmídeos. Estas glândulas abrem-se separadamente em cada lado da cauda, e são supostamente quimiorreceptoras.

Os sexos em nematódeos são geralmente separados, sendo os machos menores que as fêmeas. Os machos tendem a ter apenas uma gônada e as fêmeas a ter duas. As gônadas são longas e podem enovelar-se dentro do animal. O sistema reprodutor dos machos é composto por um (ou dois) testículo, um ducto espermático, uma veícula seminal, um ducto ejaculatório contendo glândulas prostáticas e músculos que impelem o esperma até a cloaca (na região posterior do animal). Os espermatozoides não têm flagelos, movendo-se de modo amebóide. Para direcionar o fluxo dos espermatozoides existem nas paredes da cloaca duas espículas cuticulares (que variam em forma e comprimento nas espécies), ligadas a músculos espiculares. A estrutura reprodutiva das fêmeas é par sendo cada uma composta por um ovário que se conecta a um oviduto tubular. Este conecta-se a um útero amplo que se abre num curto tubo muscular (a vagina), e depois no poro genital. Os ovários originam-se em pontos distantes dentro do corpo alongado do animal, estendendo-se longitudinalmente até se encontrarem na vagina comum. Diferentemente do macho, o poro genital da fêmea se abre na região mediana do corpo, e não compartilha a mesma saída que o sistema digestivo. Na copulação o macho enrola-se na fêmea, estendendo as espículas copuladoras que são

introduzidas nas fêmeas mantendo seu poro genital aberto (fecundação interna). Os óvulos fecundados secretam uma primeira membrana quitinosa protetora, que é recoberta por outra membrana secretada pelo útero da mãe. Os nematódeos com reprodução sexual são ovovivíparos. Hermafroditismo seqüencial e partenogênese também ocorrem em algumas espécies.

Sistemática

Apresentando este mesmo plano geral de corpo, as duas classes e 14 ordens do Filo Nematoda diferenciam-se pela forma e função dos órgãos internos. O filo Nematoda é subdividido em duas classes, separadas de acordo com a presença ou ausência do fasmídio. Os nematódeos da Classe Adenophorea (ou Aphasmdida) não apresenta estas glândulas. Esta classe está subdividida em 9 ordens classificadas de acordo com o número de compartimentos da faringe e o número de camadas musculares no intestino. Os animais desta classe são geralmente de vida livre, ocorrendo tanto em ambientes marinhos quanto de águas doce. Os nematódeos da Classe Secernentea (ou Phasmida) apresentam fasmídio. Esta classe é subdividida em 5 ordens classificadas segundo o número e formato dos lábios e pela estrutura de glândulas esofágicas. Os animais desta classe são principalmente parasitas.

Ecologia

As características dos animais (sejam morfológicas, fisiologias ou comportamentais) correspondem à maneira como estes animais interagem com o meio (biótico, abiótico e social) de modo a permitir as atividades vitais de alimentação, sobrevivência e reprodução. Desta forma, a racionalidade biológica atual fundamentada em Modelos de Otimização assume que o aumento ou perda de estruturas reflete a importância –em termos de sucesso evolutivo- das estruturas para o animal.

Apesar de muitas vezes desconhecidos do público geral, estes animais ocupam o segundo lugar em número de indivíduos presentes no planeta terra, perdendo apenas para os insetos e podem ser classificados em cerca de 10.000 espécies. Podem existir milhões de nematódeos em um acre de solo fértil. Pode-se dizer que os nematódeos são animais cosmopolitas, pois são encontrados no mar, em rios e lagos (onde apresentam uma distribuição e abundância de acordo com a camada luminosa local), em terra (no sedimento) e em fezes de outros animais, dentro de outros animais, em raízes, pecíolos e frutas em decomposição das plantas. Entretanto, estão sempre em áreas em que contenha água, desde

os oceanos até a parte úmida do solo que contenha película d' água. O seu corpo filiforme adequa-se à locomoção nos espaços intersticiais, e a ausência de um ambiente aquático promove o ressecamento e prejudica a eliminação da amônia. A falta de uma camada muscular circular impede a locomoção direcional caso o animal não apóie a cutícula contra sedimentos ou o corpo contra a água.

Os nematódeos de vida livre podem ser carnívoros, herbívoros ou saprófagos (alimentando-se de matéria em decomposição). Devido ao seu tamanho eles se alimentam de partículas pequenas, constituindo assim um importante elo para a reciclagem de nutrientes nos ecossistemas, principalmente aqueles que têm origem nos decompositores. A cutícula dos nematódeos de vida livre protege-os principalmente contra impactos físicos do ambiente.

Os nematódeos parasitas têm estruturas bucais bastante diferenciadas que possibilitam sua fixação nos tecidos do hospedeiro. Ademais, eles têm glândulas quimiorreceptoras na região caudal, que auxiliam na percepção do ambiente durante sua fixação no hospedeiro. A cutícula destes animais os protege principalmente contra estresses químicos, decorrentes do ambiente interno do hospedeiro e de seus mecanismos de defesa.

Nematódeos de interesse agrícola, médico e veterinário

Praticamente todos os grupos vegetais e animais são atacados por nematódeos parasitas, o que faz deste um dos filos mais importantes para a agricultura, a veterinária e a medicina. Apresentam 11 tipos de parasitismo, o que sugere que esta especialização alimentar tenha se desenvolvido várias vezes dentro do filo, e que a radiação das espécies é um fenômeno recente. São listados abaixo os tipos de parasitismo verificados neste grupo:

- 1- Ectoparasitas de plantas;
- 2- Endoparasitas de plantas;
- 3- Zooparasita saprófago (alimenta-se de tecidos mortos do hospedeiro);
- 4- Juvenis zooparasitas (só os juvenis parasitam, os adultos têm vida livre e não se alimentam, tendo intestino em fundo cego);
- 5- Juvenis fitoparasitas e adultos zooparasitas;
- 6- Juvenis zooparasitas e adultos fitoparasitas;
- 7- Zooparasitismo por fêmeas adultas;
- 8- Zooparasitas com um hospedeiro (exemplo: *Ascaris*, *Oxiurus*);
- 9- Zooparasitas com um hospedeiro intermediário;
- 10- Zooparasitas com dois hospedeiros intermediários;
- 11- Alternância zooparasitismo e vida livre.

Os nematódeos apresentam efeitos tanto negativos quanto positivos para a agricultura. Nematódeos de efeitos negativos são aqueles ecto ou endoparasitas de plantas que causam malformações estruturais em folhas e raízes, e que reduzam a velocidade de crescimento das plantas por drenarem seus nutrientes. Os nematódeos mais conhecidos são os que causam as galhas (intumescências) geradas pelo sistema de defesa das plantas contra os animais que se instalam nas raízes. Os nematódeos parasitas de plantas são de difícil erradicação, causando grandes prejuízos, principalmente a plantações de arroz, tomate e pinheiro. Efeito positivo dos nematódeos para a agricultura é o fato deles serem parasitas de insetos e moluscos que são pragas de agricultura. Assim, existe uma promissora linha de pesquisa que tenta usar os nematódeos como controle biológico de pragas, evitando assim o uso de inseticidas químicos e de seus efeitos ecológicos indesejáveis.

Da mesma forma, os nematódeos zooparasitas (endo ou ectoparasitas) são de grande interesse para a medicina. Diferentemente dos platelmintos, os nematódeos não necessitam de hospedeiro intermediário, sendo adquiridos diretamente através da ingestão de alimentos infectados com ovos, ou contato com ovos no solo. O nematelminto parasita mais conhecido é o *Ascaris lumbricoides*, a lombriga, que provoca a ascaridíase. Existem mais de 50 espécies de nematódeos que parasitam o homem, sendo os mais conhecidos os causadores da Ascaridíase (*Ascaris lumbricoides*), do Amarelão (*Ancylostoma duodenale* ou *Necator americanus*), da Triquinose (*Trichinella spiralis*), da Elefantíase ou Filariase (*Wuchereria bancrofti*), da Oxiurose (*Enterobius vermicularis*), e da Dermatite do bicho geográfico (*Ancylostoma brasiliensis*).

Muitos dos nematódeos acima citados são de interesse veterinário pois também infeccionam animais. O parasitismo por nematódeos é um dos principais limitantes ao crescimento da criação de bois e cabras, pois devido à maior dificuldade de profilaxia nestes animais, estes vermes parecem desenvolver linhagens resistentes a vermífugos com maior rapidez.

A profilaxia é dificultada pelo grande número de ovos produzidos por estes animais e pela contaminação direta com os ovos em solo ou na terra, principalmente a profilaxia veterinária. O tratamento requer uso de drogas, que podem debilitar o hospedeiro (novamente mais complicado no caso do tratamento de animais, especialmente os de

pequeno porte). Comportamentos migratórios de aves silvestres constituem um fator de constante re-ocorrência de focos de doenças de nematódeos.

Finalmente, é importante destacar o valor dos nematódeos para as pesquisas científicas. A clivagem determinada e constância celular permitem estudos acerca de transcrição nuclear, ativação proteica e função celular. Pesquisas com nematódeos nesta área já foram contempladas com prêmio Nobel.

Tema 4 – Mollusca: Morfologia, Sistemática e Ecologia; Moluscos de importância comercial, agrícola e médica.

Origem do Filo Mollusca

O Filo Mollusca é o segundo maior filo animal, existindo cerca de 100.000 espécies viventes e pelo menos 35.000 espécies fósseis. A presença de uma concha mineral nestes animais facilita sua fossilização e o registro fóssil deste filo remonta desde o início do paleozóico no período cambriano (500 milhões de anos atrás). A diversificação posterior (no final do Ordoviciano e início do Siluriano) coincide com o período de diversificação dos peixes gnatóstomados, permitindo formular hipóteses acerca da co-evolução dos moluscos e peixes, pelo menos no que diz respeito às forças evolutivas para desenvolvimento de cobertura mineralizada nos moluscos mais derivados e maxilas trituradoras em peixes.

Os moluscos pertencem à linha protostômia de evolução, sendo triploblásticos celomados. A origem exata do filo Mollusca não está bem determinada. Similaridades na embriologia dos moluscos e anelídeos (clivagem espiral e larva trocófora) indicam que ambos originaram-se de um estoque ancestral comum. O tamanho reduzido do celoma dos moluscos e a presença de um sistema nervoso em forma de escada em algumas espécies sugerem que o ancestral dos moluscos possa ter tido uma semelhança com os platelmintos da classe turbelária.

Morfologia:

Apesar das diferenças entre as classes, a maioria dos moluscos tem em comum uma série de caracteres anatômicos e fisiológicos peculiares ao filo. Diversos livros introdutórios

usam como estratégia didática a descrição da morfologia de uma forma básica generalizada (que alguns consideram seria a forma de um ancestral hipotético) dos moluscos. Esta descrição é apresentada a seguir. Diferenciações desta forma apresentadas pelas classes serão indicadas posteriormente.

O plano corpóreo de um molusco generalizado (ou ancestral hipotético) consiste de um corpo mole, bilateralmente simétrico, ligeiramente ovóide, coberto por um manto fino e abrigado numa concha calcárea externa em forma de escudo. Diferenciam-se uma cabeça anterior, um pé ventral achado e muscular e uma massa visceral dorsal, localizada acima do pé. O manto consiste de uma epiderme contendo glândulas que secretam material protéico (denominado conchiolina) e formam a concha. A concha é formada por três camadas: o perióstraco (camada de conchiolina secretada por células na margem mais exterior do manto), e por duas camadas de carbonato de cálcio: a prismática (secretada por células medianas), e a nacarada (secretada por células internas, na superfície do manto). Assim, a concha cresce tanto em extensão quanto em espessura. Músculos retratores conectam a concha ao pé ventral, permitindo alguma mobilidade da concha. A concha está firmemente acolada ao corpo do animal, exceto na região posterior, onde pode ser verificada uma *cavidade do manto*. Nesta cavidade localizam-se as aberturas dos sistemas respiratório e excretor (brânquias e um par de nefrídios). Células glandulares mucosas distribuem-se ao longo do corpo do animal, mas principalmente no pé, lubrificando o substrato para facilitar a locomoção. A locomoção se dá tanto através de batimentos ciliares quanto através de contrações musculares.

O filo Mollusca apresenta sistema digestivo completo e complexo. A boca localiza-se anteriormente e é seguida pela cavidade bucal revestida de quitina. No interior da cavidade bucal localiza-se o aparelho radular, um órgão raspador peculiar aos moluscos. O aparelho consiste de uma estrutura cartilaginosa rígida (o odontóforo), recoberto por um cinturão muscular com fileiras longitudinais de dentes quitinosos (a rádula propriamente dita). As cúspides dos dentes estão voltadas para trás. Músculos ligam o odontóforo à cavidade bucal e a rádula ao odontóforo. Os músculos protatores empurram o aparelho radular para fora da boca, pressionando-o contra o substrato e músculos da rádula podem realizar pequenos movimentos de raspagem do substrato. Assim, partículas de comida são trazidas para dentro da cavidade bucal quando o aparelho é retraído. Fileiras de dentes são diariamente formadas na base do odontóforo, movendo-se lentamente para frente para compensar o desgaste da raspagem. Glândulas salivares localizadas na boca lubrificam a rádula e aglutinam as

partículas, que são empurradas para dentro de um esôfago curto. Daí as partículas são separadas por batimentos ciliares do estômago e encaminhadas aos ductos digestivos (fígado), onde ocorre uma digestão intracelular. No intestino o material rejeitado é novamente aglutinado em forma de bolotas fecais, que são expelidas pelo ânus, localizado na cavidade do manto.

Os outros sistemas (respiratório, excretor, circulatório, reprodutivo e nervoso) não são ainda tão bem desenvolvidos nos moluscos, como em anelídios e artrópodes. O sistema respiratório dos moluscos é composto por um par de ctenídios (tipo especial de brânquia), que consiste de um eixo central vascularizado e enervado, margeado por lâminas ciliadas que criam correntes de água sob o eixo. A corrente inalante desloca-se próxima à superfície ventral e a exalante próxima à superfície dorsal da concha. A corrente exalante leva partículas de sedimento que por ventura tenham sido inaladas e as bolotas fecais. Os vasos eferentes conectam-se diretamente às aurículas do coração.

O sistema excretor consiste de um par de metanefrídios tubulares, com duas extremidades: uma conecta-se à cavidade pericárdica através do nefrostômio, e outra abre-se na porção posterior da cavidade do manto através de um nefridióporo. O sistema circulatório é aberto, não havendo um sistema de artérias e veias definidas. O coração, localizado numa pequena cavidade celomática e revestido pelo pericárdio, é formado por duas aurículas e um ventrículo. As aurículas recebem o sangue filtrado pelas brânquias, de onde o sangue segue para o ventrículo. O ventrículo muscular bombeia o sangue para uma artéria curta que ramifica-se em vasos menores, de onde o sangue sai para banhar diretamente os tecidos. O sangue retorna às brânquias ou vai até os nefrostômios por difusão entre as células dos tecidos. Amebócitos e hemocianina são encontrados no sangue e auxiliam na defesa do organismo e na captação de oxigênio, respectivamente. Este sistema é ineficiente quanto ao fornecimento de oxigênio e o movimento do sangue é lento, mas é adequado à locomoção lenta da maioria dos moluscos (cefalópodes apresentam especializações deste sistema).

Os moluscos são dióicos e o sistema reprodutivo é composto por um par de gônadas dorsolaterais que eliminam os óvulos e espermatozóides na cavidade pericárdica, sendo transportados ao exterior pelo sistema excretor via nefridióporo. A fertilização é externa, a clivagem da blástula é espiral. A larva é trocófora (com cinturão de cílio) e livre natante, ou do tipo véliger (com o estágio de larva trocófora suprimido). A larva véliger deriva da trocófora e caracteriza-se pela presença de um véu, dois grandes lobos contendo cílios que

auxiliam na natação e na alimentação. No fim da fase larval ocorre a metamorfose, a larva afunda e a concha e o pé crescem.

O sistema nervoso é constituído por um anel nervoso ao redor do esôfago e dois pares de cordões longitudinais: o par pedal inerva os músculos do pé, e o par dorsal inerva o manto e os órgãos viscerais. As espécies viventes apresentam olhos, um par de estatocistos nos pés e manchas de epitélio quimiorreceptor ao lado da margem eferente das brânquias (essas manchas são denominadas osfrádios).

Sistemática e Ecologia

Sete classes podem ser definidas no filo Mollusca, agrupadas de acordo com a presença e forma da concha mineralizada: Monoplacophora, Aplacophora, Poliplacophora, Scaphopoda, Gastropoda, Bivalvia e Cephalopoda. As diferenças na concha remetem a diferenças na organização e funcionamento dos órgãos internos para as atividades de digestão, respiração, excreção e reprodução. Uma descrição detalhada desta anatomia interna e fisiologia não é possível de ser realizada aqui (por exemplo, o filo Mollusca ocupa mais de 150 páginas no livro de Robert Barnes – Zoologia dos Invertebrados). São apresentados abaixo apenas os caracteres diagnósticos e a ecologia geral em nível de Classes.

A classe Monoplacophora era conhecida apenas a partir de espécimes fósseis (2 ordens fósseis) quando em 1952 um conjunto de exemplares de *Neopilina* (um grupo conhecido do Cambriano e Devoniano – 500 a 420 milhões de anos atrás) foi coletado a 3.300m de profundidade da costa do pacífico. Os monoplacóforas possuem uma concha única e simétrica em forma de escudo ou cone e têm entre 0,3 e 3 cm de comprimento. São os animais com plano corpóreo mais semelhante ao descrito acima, diferindo apenas por apresentar um coração com duas aurículas e dois ventrículos pares, e gônadas com gonodutos que levam aos nefridióporos. As neopilinas são abissais e quando coletados chegam mortos à superfície, não sendo possível observar seu comportamento. Conteúdos estomacais indicam que alimentam-se de diatomáceas, foraminíferos, e espículas de esponjas. Os Monoplacóforos são considerados o grupo mais primitivo do filo. Sugere-se que dele tenham diferenciado-se os Scaphopoda, Gastropoda, Bivalvia e Cephalopoda.

Os moluscos da classe Aplacophora (250 espécies viventes) também são encontrados em zonas abissais (9.000 de profundidade). Têm corpo vermiforme, com menos de 5cm de comprimento, e não apresentam concha, mas o tegumento apresenta espículas calcárias que

provavelmente oferecem alguma proteção a esses animais. O manto é enrolado mediano ventralmente, formando um sulco ventral. Os animais podem viver aparentemente sob hidróides e corais, alimentando-se destes pela raspagem com a rádula, ou são cavadores, sendo carnívoros e saprófitos. Não se tem certeza se estas características são primitivas ou derivas, mas aceita-se que os Aplacophora (assim como os Poliplacophora) não divergiram diretamente dos monoplacofora.

Os quítons são os mais conhecidos moluscos da classe Polyplacophora (600 espécies viventes). A característica distintiva deste grupo é uma concha dividida em oito placas transversais imbricadas, sendo muito pesada e achatada dorso-ventralmente. O maior quíton tem 30 cm de comprimento e a maior parte da superfície ventral do animal é coberta por um grande pé. O peso e a divisão da concha permite a esses animais habitarem a zona intertidal, e locomoverem-se em superfícies rochosas. Possuem até 26 pares de brânquias para compensar a dificuldade de entrada da água devido ao achatamento corpóreo. Na cavidade bucal é verificada a presença de um órgão sub-rabdular, contendo terminações nervosas, que é periodicamente protraído da boca, e auxilia na detecção de partículas de alimento nas rochas. Possuem muitas fileiras de dentes na rádula, sendo os dentes laterais revestidos com magnetita (ferro). A cabeça pouco desenvolvida, as brânquias múltiplas e a natureza da concha sugerem que eles divergiram precocemente da linha principal de evolução dos moluscos.

A classe gastrópoda é a maior e mais diversificada dos moluscos, contendo cerca de 75.000 espécies, constituindo a mais bem sucedida classe dos moluscos. A evolução dos gastrópodes inclui três alterações principais: 1) desenvolvimento de uma cabeça; 2) adelgamento da concha, deixando de ser um escudo e passando a ser um refúgio protetor; 3) torção da concha (180° em sentido anti-horário) e, posteriormente, torção dos órgãos internos. Apesar da imensa variedade de formas, estas três características peculiares unem os membros desta classe. O desenvolvimento de uma cabeça com órgãos sensoriais (olhos, tentáculos, osfrádios e estatocistos) parecem ser um grande fator para o sucesso adaptativo do grupo. O adelgamento da concha parece estar relacionado com uma maior necessidade de motilidade, e a torção parece relacionar-se com a necessidade de proteger primariamente a região encefálica. De fato, os gastrópodos atuais retraem primeiro a cabeça depois os pés, ficando a cabeça alojada e protegida entre a concha e os pés. Algumas espécies apresentam opérculo para fechar a cavidade da concha quando o animal está retraído.

A torção provocou assimetria corporal e cruzamento dos cordões nervoso, que passaram a formar um 8 dentro do animal. A torção resultou num problema de autopoluição, já que as saídas dos sistemas digestivo, excretor, reprodutivo e respiratório foram comprimidas e estão localizadas agora em cima da cabeça. Esta contração da área posterior do corpo é particularmente prejudicial ao processo de respiração. A torção também resultou na perda de um conjunto de órgãos excretores e reprodutivos (apenas o órgão direito do par foi mantido).

A classe gastrópoda pode ser subdividida em 3 subclasses, agrupada de acordo com a solução apresentada ao problema da autopoluição. A subclasse Prosobranchia, com quase todas as 25.000 espécies marinhas representam o estoque ancestral dos gastrópodes e muitas solucionaram o problema da autopoluição através da abertura de fendas nas conchas. A subclasse Opisthobranchia caracteriza-se por apresentar uma destorção secundária da concha, ou mesmo perda da concha. Nestes, a proteção contra predadores parece ocorrer pelo uso de nematocistos ingeridos de hidróides. A subclasse Pulmonata inclui todos os gastrópodes terrestres. Nestes ocorreu a perda dos ctenídios e a cavidade posterior do manto se vascularizou passando a funcionar como um pulmão.

Os moluscos da Classe Scaphopoda (350 espécies viventes) caracterizam-se pela concha medindo entre 3 e 5 cm, em forma de tubo cilíndrico e alongado, com ambas as extremidades apresentando aberturas (de diâmetros diferentes). São animais cavadores, servindo a abertura maior para saída da cabeça e pé do animal e a menor para fluxo de água, que é conseguido através de batimentos ciliares. Alimentam-se de organismos microscópios capturados por tentáculos modificados (denominados captáculos). Não há um coração ou ctenídios distintos, ocorrendo as trocas gasosas através da superfície do manto. A simetria do corpo, a orientação dentro da concha, a redução da cabeça e o hábito cavador indicam que os escafópodes constituem uma ramificação de um estoque ancestral de bivalves.

Os membros da classe Bivalvia (também conhecida como Lamellibranchia) caracterizam-se por terem uma concha com duas valvas, dorsalmente articuladas, e um corpo e pé lateralmente comprimidos. As principais modificações em relação ao plano corpóreo básico acima descrito relacionam-se à: 1) modificações no pé, que passou a ter uma forma de machado (daí o outro nome da Classe: Pelecypoda). 2) modificações nas brânquias, que expandiram em número e tamanho, para compensar a pouca circulação de água dentro da concha dupla. O processo de cavar consiste no influxo de sangue em direção ao pé, empurrando o pé para dentro do substrato, a contração posterior dos músculos retratores

aproxima o animal do pé, enterrando-o. O sistema branquial expandido permitiu a um grande número de bivalves (antes agrupados na subclasse Lamellibranchia) a alimentação por filtração (auxiliada pela produção de muco para prender as partículas), estando relacionada ao sucesso da classe.

Esta classe compreende cerca de 20.000 espécies, e pode ser encontrada tanto em água doce quanto salgada. Alguns são cavadores de fundo mole, outros aparecem fixos à superfície, ou são perfuradores, e alguns vivem livremente sob o substrato. A classe era tradicionalmente subdividida em três subclasses, tendo como critério a modo de alimentação: Protobranchia (estoque ancestral, sem alimentação por filtração); Lamellibranchia (maior subclasse, composta de bivalves que se alimentam por filtração); Septibranchia (têm as brânquias modificadas formando um par de septos musculares que fazem uma corrente de água suficientemente grande para trazer pequenos animais para o interior do animal). Os septibranchia são carnívoros. A classificação atual aceita seis subclasses de bivalves, mas a classificação tradicional ainda é mantida.

A última classe dos moluscos é também a mais derivada e que apresenta o plano de corpo mais diferente do apresentado no esquema geral. Os Cephalopodas incluem os maiores invertebrados vivos (a lula gigante chega até 16 metros de comprimento), embora a maioria meça menos de 70cm. O corpo do cefalópode consiste de um círculo de tentáculos – homólogos do pé dos outros moluscos utilizados para capturar as presas, que projetam-se de uma cabeça. A concha está ausente ou reduzida em muitas espécies. Nas espécies que ainda mantêm a concha (*Nautilus*), o animal ocupa somente a parte dianteira da concha, servindo as camadas posteriores como órgão hidrostático pelo preenchimento de gás. As principais modificações dos cefalópodes foram: 1) desenvolvimento de um sistema circulatório fechado, com adição de corações na base dos ctenídeos; 2) desenvolvimento de um sifão na cavidade do manto, utilizado na locomoção pela ejeção de fortes jatos de água; e 3) desenvolvimento de olhos, órgãos tácteis e quimiorreceptores, e aumento da encefalização. Todas estas especializações permitem movimentos rápidos, e hábitos pelágicos e predatórios.

Os cefalópodes podem ser categorizados em três subclasses, dependendo da presença e tipo de concha. A subclasse Nautiloidea caracteriza-se por conchas retas ou enroladas com suturas simples. A subclasse Ammonoidea apresenta conchas enroladas, com septos e suturas complexas. Os cefalópodes sem concha são agrupados na subclasse Coleoidea.

Apesar de serem altamente especializados estes animais existem desde o paleozóico, com cerca de 7500 espécies conhecidas no cambriano, o que indica o sucesso evolutivo das

especializações supracitadas. Atualmente, a classe está em fase de retração, havendo apenas 650 espécies viventes. Não há certeza acerca do motivo deste decréscimo, mas parece estar relacionado com o aparecimento de mamíferos marinho predador. Apesar dos cefalópodes terem convivido com grandes predadores marinhos (peixes e dinossauros), as pressões predatórias de um endotérmico marinho é cerca de nove vezes maior.

Importância Comercial, Agrícola e Médica:

Provas do contato do homem com os moluscos remontam a épocas pré-históricas. Conchas de moluscos fazem parte de jazigos arqueológicos, incluindo, aqui no Brasil, os "sambaquis" (Lima, 1991). Os moluscos serviam de alimento e suas conchas eram utilizadas como ornamento e para a confecção de utensílios de corte, abrasão etc. Há relatos de muitas culturas em que conchas eram usadas como moedas ou mesmo ostentação de poder e sabedoria. Ainda hoje os moluscos são extremamente importantes na economia de muitos países, como fonte de alimento rico em proteínas, sendo coletados diretamente da natureza ou mesmo cultivados. Em muitos países, possibilitam até a existência de uma indústria de pérolas e de adornos de madrepérola. Apresentam interesse médico-sanitário, pois muitas espécies são vetores de doenças, enquanto outras, aparentemente, podem ser usadas no controle destas.

O cultivo e comércio de moluscos bivalves (ostras e mexilhões) têm crescido rapidamente em diversos países. No Brasil, o Ministério da Agricultura afirma que apenas no ano de 2005, foram exportadas cerca de 8.400 toneladas deste produto, e que uma quantidade pelo menos igual a esta foi comercializada dentro do país. O preço do quilo do mexilhão varia de acordo com a provável qualidade, sendo esta uma das maiores limitações ao comércio exterior deste produto. Também vem crescendo (no Brasil e em outros países) o cultivo e comércio de moluscos gastrópodes para serem vendidos como “escargot”.

Moluscos têm importância agrícola pelo fato das espécies terrestres serem parcialmente arborícolas e herbívoras generalistas. Os moluscos são considerados pragas de diversas plantações, perdendo talvez apenas para os insetos. Os moluscos comem as folhas das plantas. O caramujo-gigante-africano, *Achatina fulica*, grande molusco terrestre nativo no leste-nordeste da África, que foi trazido para o Brasil visando ao cultivo e comercialização do “escargot”, alastraram-se por quase todo o Brasil, estabelecendo populações em vida livre e se tornando séria praga agrícola, especialmente no litoral. Atacam e destroem plantações, com danos maiores em plantas de subsistência de pequenos

agricultores (mandioca e feijão) e plantas comerciais da pequena agricultura (mandioca, batata-doce, carás, feijão, amendoim, abóbora, mamão, tomate e verduras diversas).

O interesse médico deste filo consiste no fato destes animais serem hospedeiros intermediários de diversos agentes patogênicos, particularmente de platelmintos da classe trematoda (como a esquistossomose). O método de controle mais eficaz desse grupo é a coleta manual dos moluscos e de seus ovos (com luvas descartáveis ou sacos plásticos), colocando-os em sacos plásticos e fazendo incineração total. A catação deve ser repetida com frequência, ao longo do ano, sem interrupção (dada a grande fecundidade da espécie) e deve incluir áreas urbanas, áreas agrícolas (especialmente hortas e roças), áreas agrícolas abandonadas, capoeiras e bordas de florestas e de brejos.

Tema 5 – Annelida: Morfologia, Sistemática e Ecologia; Anelídios de interesse agrícola.

Filo Annelida: Morfologia, Sistemática e Ecologia.

Os animais do filo Annelida são geralmente conhecidos como vermes, uma herança da classificação de Lineu (em 1766) que agrupava como Vermes os anelídeos, os platelmintos, os nematelmintos e os rotíferos. Enquanto os platelmintos são os vermes de corpo achatado, os anelídeos são conhecidos como os vermes de corpo anelado. As minhocas e sanguessugas são os mais familiares representantes deste filo.

O filo Annelida apresenta um nível de organização celular maior que o filo Platyhelminthes na linha protostômica de evolução, sendo triploblástico com grande celoma que funciona como um esqueleto hidráulico. Os anelídeos apresentam simetria bilateral com corpo alongado formado por uma cabeça (ou ácron), um corpo propriamente dito e uma região terminal (ou pigídio). A característica distintiva deste filo é a metameria: o corpo é segmentado, com os segmentos (ou metâmeros) essencialmente idênticos entre si, tanto na aparência externa quanto na estrutura interna. Nem a cabeça nem o pigídio são segmentados. A segmentação se dá por meio de septos transversais que atravessam o celoma, e têm função importante no modo de locomoção destes animais. A segmentação permite que diferentes pressões possam ser exercidas em diferentes partes do corpo, o que permite um maior controle e das contrações musculares (músculos circulares e longitudinais), aumentando a

velocidade e a precisa do movimento. Esta metameria é às vezes acompanhada de uma tagmatização, que é a especialização de alguns segmentos para diferentes funções.

O corpo de um anelídeo generalizado é perfeitamente metamérico, recoberto por uma cutícula fina secretada pela epiderme, e pares de apêndices não articulados (cerdas) distribuem-se ao longo do corpo auxiliando na locomoção. A cabeça contém olhos, antenas e um par de palpos. O sistema digestivo dos anelídeos é completo, composto por boca ventral, faringe protátil com duas mandíbulas serrilhadas e grupos de dentes quitinosos, um esôfago curto ao qual se ligam glândulas digestivas, estômago-intestino longo e ânus no pigídio. Na alimentação a faringe é evertida e o alimento é trazido para dentro da boca. A digestão é extracelular.

A respiração se dá por difusão através da pele dos parapódios ou por brânquias (em alguns habitantes de tubos). Os sistemas circulatório, excretor e nervoso são metaméricos. O sistema circulatório é fechado e compreende vasos ventrais, vasos dorsais e capilares, com ramos transversais que os conectam aos nefrídios, ao intestino, à parede do corpo e aos parapódios. Não há um coração e a circulação se dá por meio de movimentos peristálticos. O sangue contém amebócitos como sistema de defesa do organismo, e hemoglobina (e alguns outros pigmentos) para auxiliar no transporte do oxigênio.

A excreção ocorre por meio de nefrídios em cada segmento, compostos por um funil ciliado dirigido à parte interna do corpo e um nefridióporo situado na parede externa do corpo próximo às cerdas. Os anelídios são monóicos, dióicos ou reproduzem-se assexuadamente por brotamento. O sistema nervoso consiste de uma massa ganglionar anterior (cérebro), conectada a um cordão nervoso maciço medianoventral, que se estende longitudinalmente pelo corpo do animal. Em cada segmento é verificado um pequeno gânglio nervoso e pares de nervos laterais, células e órgãos sensitivos para o tato, paladar e luz.

Sistemática e Ecologia

Rochas do cambriano médio (entre 500 e 490 milhões de anos atrás) exibem fósseis de anelídeos, indicando que a metameria é um caráter derivado dos poliquetos ancestrais que já existiam desde o Cambriano inferior (provavelmente como uma manutenção de proglótides, típicas da classe Cestoda – tênias). A metameria evoluiu provavelmente como

uma adaptação para hábitos escavadores. Cerca de 9.000 espécies de anelídeos são descritas, e as classes deste filo são agrupadas de acordo com o número de cerdas em cada metâmero.

A classe Polychaeta é tida como a mais ancestral e contém 5.300 espécies, a maioria com menos de 10cm de comprimento. Os animais desta classe caracterizam-se pela presença de muitas cerdas em cada metâmero (poly = muitos, chaete = espinhos ou cerdas), e por não terem glândulas sexuais permanentes, sendo os gametas produzidos por células peritonias apenas na estação reprodutiva. Cada indivíduo produz apenas gametas de um tipo (são dióicos) e a fecundação é externa. Devido a esta última característica, muitas vezes ocorre o fenômeno de “enxameamento”, em que vários poliquetos emergem e sincronizam sua produção e emissão de gametas para garantir a fecundação. Algumas espécies são épitocas: os indivíduos ficam com a parte do corpo produtora de gametas nitidamente diferente da parte que não está produzindo gametas. Outras espécies são átocas, não havendo diferença na morfologia corpórea entre os segmentos produtores e não produtores de gametas.

Quanto ao modo de vida, os poliquetos podem ser divididos didaticamente em dois grupos: Errantia e Sedentaria. Os poliquetos Errantia têm vida livre e o corpo mais semelhante com o anelídio generalizado descrito acima. A região cefálica é bem desenvolvida e distingue-se o prostômio (pré-oral) e o peristômio (pós-oral). O prosômio apresenta as estruturas sensoriais como olhos e órgãos nucais (que são fendas ciliadas sensoriais). O peristômio forma as bordas lateral e ventral da boca. Na cavidade oral repousa uma probóscide muscular eversível com dentes. Nas laterais de cada metâmero existem prolongamentos da parede do copo que auxiliam na locomoção (denominados parapódios) com conjuntos de cerdas na base (que auxiliam na locomoção e na percepção do ambiente). Alguns poliquetos errantes têm corpo coberto de escamas (élitros), que garantem a proteção do atrito contra o substrato, ao mesmo tempo em que forma um túnel para passagem de água. Os poliquetos errantia incluem ainda algumas formas pelágicas e algumas cavadoras. As formas pelágicas tendem a ser transparentes, com poucas cerdas e parapódios membranosos que auxiliam na natação. Alguns poliquetos pelágicos apresentam olhos bem desenvolvidos semelhantes aos dos vertebrados. As formas cavadoras constroem galerias recobertas por muco, têm prostômio afilado (que auxilia na penetração do animal na terra), olhos, palpos e antenas reduzidos ou ausentes.

Os poliquetos sedentária são aqueles que vivem exclusivamente em tubos. Difere dos poliquetos errantes pela ausência de parapódios e pela maior concentração de glândulas de muco (localizadas na região ventral, que secretam polissacarídeos que grudam partículas

construtoras da parede do tubo). Apresentam tagmatização corpórea, uma probóscide protátil e uma cabeça reduzida. Alguns poliquetos tubícolas apresentam uma coroa de tentáculos ciliados (derivados dos palpos) que servem para coletar alimento microscópico e, por serem muito vascularizados, auxiliam na respiração (brânquias). Os tubos podem ser construídos muito próximos formando por vezes colônias.

Como pode ser previsto pelo número de espécies da classe, os poliquetos apresentam a maior radiação adaptativa em termos de hábitos alimentares e habitat ocupados. Todas as espécies são marinhas (indicando a sua ancestralidade) sendo encontradas desde fossas abissais até a praia, sendo um importante grupo para o ecossistema marinho. Alguns vivem embaixo de pedras e conchas, em fendas de corais, entre algas, hidróides e briozoários. Os poliquetos errantes são onívoros, podendo assumir o papel ecológico de predadores de invertebrados, herbívoros, e saprófagos. Os sedentários são tipicamente planctívoros. As cerdas de alguns poliquetos são quebradiças e contêm venenos ajudando na defesa do animal.

A classe Oligochaeta deriva de um ancestral comum com os poliquetas e caracteriza-se por possuírem poucas cerdas (Oligos = pouco), apenas quatro por segmento, sem parapódios, e uma cabeça estreita, pouco definida, com redução ou ausência de órgãos sensoriais cefálicos. Medem em geral menos de 10cm, mas algumas minhocas gigantes atingem 3 m de comprimento.

Uma tagmatização dos sistemas digestivo, circulatório e reprodutor é visível. Nos segmentos do corpo do animal o sistema digestivo é distribuído da seguinte forma: segmentos 1 a 3) cavidade bucal, com glândulas salivares; 4 e 5) faringe; 6 a 14) esôfago; 10 a 14) três pares de glândulas calcíferas que auxiliam na digestão neutralizando ácidos dos alimentos ingeridos; 15 e 16) papo; 17 e 18) moela; 19 em diante) intestino com glândulas cloragógenas que funcionam como um fígado e são local de armazenamento de glicogênio; ânus localiza-se no último segmento. O sistema circulatório possui cinco “corações” acessórios nos segmentos 7 a 11.

O sistema reprodutor masculino distribui-se da seguinte forma: (segmentos 10 e 11) dois testículos com um funil espermático e um ducto eferente cada; 9 ao 13) vesículas seminais; 12) ducto deferente formado da união dos ductos eferentes que alonga-se até o 15) onde está o poro masculino. O sistema reprodutor feminino distribui-se da seguinte forma: (no 13) estão os ovários e os funis do oviduto; 14) poro genital feminino. Nos segmentos 9 e

10 estão os receptáculos seminais, onde espermatozóides recebidos durante a fecundação são armazenados. Uma dilatação glandular, chamada clitelo, e que produz material para formação de casulos dos ovos é verificada entre os segmentos 32 ao 37. Os oligoquetas são monóicos, com glândulas sexuais permanentes e a fecundação é cruzada e recíproca. Durante o acasalamento os vermes unem-se ventralmente com as extremidades anteriores voltadas em direções opostas. O clitelo de cada um une-se aos segmentos 7 a 12 do outro, em cada verme forma-se um par de sulcos (do 15 ao clitelo) ao longo dos quais as massas de espermatozóides passam para penetrar nos receptáculos seminais do outro. Alguns oligoquetos de água doce podem reproduzir-se assexuadamente através da fissão transversal e regeneração do corpo.

Os primeiros oligoquetas viviam em água doce, sendo as minhocas terrestres um ramo derivado dos aquáticos. A maioria habita rios ou solo úmido. Os oligoquetas são saprófagos, alimentando-se de folhas mortas, gramíneas e outros vegetais em decomposição. Os terrestres habitam buracos quase verticais no solo, que chegam até 2m de profundidade. São raras em ambientes ácidos, arenosos ou secos, e a presença de oligoquetos pode servir como indicador de qualidade ambiental. Devido a estas limitações os oligoqueta apresentam distribuição geográfica reduzida, concentrando-se em áreas tropicais e temperadas e próximas de rios.

A classe Hirudínea é composta por vermes aquáticos (sanguessugas são representantes desta classe), caracterizada pela ausência de cerdas, e uma subdivisão externa dos metâmeros dando origem a pequenos anéis na parede do corpo. São animais pequenos (cerca de 34 segmentos apenas, entre 2 e 5 centímetros, os maiores medindo 30 cm). O plano de corpo destes animais é o mais derivado do grupo, e pode ser dividido em cinco regiões. A cabeça, formada por seis segmentos, um prostômio reduzido, diversos olhos e uma ventosa circundando a boca. Uma região pré-clitelar (com 4 segmentos) e uma região clitelar (com tr3 segmentos), onde se abrem os gonóporos masculinos e femininos. Uma região média com 15 segmentos, e uma região posterior (com 8 segmentos) que se modificam para formar uma grande ventosa. Assemelham-se aos oligoquetos por não apresentarem parapódios, serem monóicos e terem glândulas permanentes. De todos os anelídios é o que tem o um complexo muscular mais desenvolvido, que são utilizados na locomoção juntamente com as ventosas.

Os hirudíneos habitam regiões rasas de águas doces. Vinte e cinco por cento das espécies tem hábitos predadores, alimentando-se de outros vermes, caracóis e larvas de

insetos. A maioria das espécies tem hábito parasita, alimentando-se através de bombeamento de sangue ou tecidos do corpo de vários animais. Os vertebrados são os principais hospedeiros, podendo fixar-se em partes moles (brânquias e boca), mas em geral não são nocivas (no passado sanguessugas eram usadas na medicina para fazer sangrias). A digestão depende da atividade de uma flora bacteriana simbiote localizada no intestino das sanguessugas.

Uma possível quarta classe refere-se aos anelídeos branquibdelídeos. São animais pequenos (com 15 segmentos corpóreos), com a cabeça e a região posterior transformadas em ventosas (como nas sanguessugas). São ectoparasitos de lagostins, e supõe-se que seja um representante de uma divergência muito antiga do Filo.

Anelídeos de Interesse agrícola:

As minhocas (oligoquetos), juntamente com as formigas, são consideradas os animais mais importantes do solo, devido às suas atividades na decomposição, desenvolvimento do solo e ciclagem de nutrientes. As galerias que os cavadores criam aumentam a aeração e drenagem do solo, e o ato da escavação revolve o solo, podendo aumentar a profundidade do solo arável em áreas menos férteis. O anelídeo *Lumbricus terrestris* é conhecido por facilitar o transporte de água e elementos químicos do solo devido ao seu hábito de cavar galerias com quase dois metros de profundidade. Os anelídeos também influenciam as propriedades físicas do solo: a ingestão e digestão de partículas minerais com subsequente formação de coprólitos diminuem o tamanho das partículas no solo. Esta atividade influencia no ciclo de nutrientes, pois tornam as partículas mais facilmente absorvíveis pelas plantas.

A presença de minhocas é, portanto, indicativa da qualidade do solo. Entretanto, ainda há dúvidas se as minhocas tem de fato capacidade de melhorar o solo, ou se elas só se encontram em solo que já são bons mantendo apenas sua qualidade. Também são levantadas dúvidas acerca de um possível impacto negativo no solo, pois as galerias poderiam aumentar a lixiviação do nitrogênio, e o corpo dos animais poderia servir para a disseminação de patógenos e pragas de agricultura (nematódeos com ciclo de vidas juvenis zooparasitas e adultos fitoparasitas).

Recentemente, houve crescimento da atividade de criação de minhocas. Países como Canadá, Inglaterra, Alemanha e Japão têm grandes investimentos nessa área, tanto para comércio (como ração animal) quanto para venda de húmus.

Tema 6: Insecta: Caracteres Gerais, Sistemática, Ecologia, Importância econômica, agrícola, médica e veterinária.

Caracteres Gerais:

O filo Arthropoda engloba os animais mais especializados da linha protostômica de evolução, sendo o filo com maior número de espécies do reino animal. Os artrópodes e os anelídeos compartilham algumas características, o que sugere uma possível ancestralidade comum (um provável ancestral poliqueta do Cambriano). Animais de ambos os filios têm: 1) corpo celomado e segmentado externamente; 2) epiderme coberta por cutícula e, 3) cordão nervoso ventral. Porém, os artrópodes diferem dos anelídeos por: 4) apresentar os segmentos fundidos em três grandes regiões com especializações funcionais; 5) um exoesqueleto quitinoso duro que fornece rigidez ao corpo, e 6) redução para três ou quatro pares de extremidades pares que proporcionam locomoção através de um sistema de alavancas articuladas ao corpo. Esta maior mobilidade (muitas vezes ampliada pelo desenvolvimento de asas), associada a uma maior especialização de órgãos sensoriais e um modo ectotérmico de funcionamento fisiológico (no qual há baixo gasto para manutenção da temperatura corpórea, sendo toda energia consumida e utilizada para crescimento e reprodução), é a provável fórmula do sucesso evolutivo deste filo.

Os insetos existem desde o Devoniano (420 milhões de anos atrás), e os insetos com asas existem desde o Carbonífero (350 milhões de anos atrás). As quase 1.000.000 de espécies podem ser agrupadas em três subfilos classificados de acordo com o número e tipo de apêndices cefálicos. O subfilo Trilobita está extinto (existem formas do Ordoviciano – 490 milhões de anos atrás) e não apresentava apêndices cefálicos. O subfilo Chelicerata apresenta apêndices cefálicos em forma de pinça (quelíceras), sendo os Arachnida a maior classe deste subfilo. O subfilo Mandibulata têm antenas como apêndices anteriores, e inclui duas grandes classes: Crustacea e Insecta.

Uma descrição detalhada da anatomia interna e fisiologia dos insetos não é possível de ser realizada aqui. São descritos abaixo apenas os caracteres gerais que permitem distinguir um inseto dos outros artrópodes. Os insetos caracterizam-se por apresentarem:

- 1) O corpo dividido em três partes: cabeça, tórax e abdome. Na região da cabeça está localizada um par de antenas lateralmente (e não dois como nos crustáceos) e um par de olhos dorsalmente. Entre as antenas existem três ocelos. As peças bucais estão dirigidas para baixo (hipognatia na maioria das espécies), e são compostas de mandíbulas, maxilas e lábios.

Alterações nestas peças refletem hábitos mastigadores, sugadores ou lambedores em diversas espécies. O tórax é composto por três segmentos (protórax, mesotórax e metatórax), e em cada um deles articula-se um par de pernas. Quando presentes, as asas articulam-se no meso e metatórax. O abdome é composto de 9 a 11 segmentos, com um par de cercos sensoriais no 11º segmento.

2) O trato digestivo é completo, composto por: peças bucais, faringe anterior, esôfago, papo, proventrículo, um intestino tripartido (anterior, médio e posterior), reto e ânus. As peças bucais apresentam adaptações a depender do modo de obtenção do alimento (mastigação, sucção ou perfuração), e a boca apresenta glândulas salivares que iniciam a digestão e lubrificam o alimento. A função destas glândulas varia a depender da espécie. Em lepidópteros, por exemplo, as glândulas salivares secretam a seda usada na fase de pupa. Em mosquitos as glândulas salivares produzem agentes venenosos ou irritantes (que produzem a coceira da mordida no homem). A faringe é muscular nos sugadores e funciona como uma bomba. O papo é um local de armazenagem, e pode estar ausente em algumas espécies. O proventrículo conecta-se ao intestino, e pode funcionar como uma moela nos insetos que se alimentam de comida sólida, ou como uma válvula que regula a passagem de líquidos ao intestino anterior. O intestino médio (ou estômago) é o principal local de produção de enzimas, digestão e absorção. A membrana peritrófica existe no estômago de muitos insetos, e tem a função de secretar um muco que engloba as partículas sólidas de alimento, que protege as paredes do intestino, mas que é permeável às enzimas e aos alimentos digeridos. E muitas espécies de insetos o intestino médio possui evaginações (cecos gástricos), onde se supõe estarem localizadas bactérias simbiotes que auxiliam na digestão. No intestino posterior (proctodeu) ocorre a absorção de águas e sais, e a ejeção de detritos. O corpo adiposo é uma rede frouxa de tecido localizada entre os espaços dos órgãos, que armazena reservas de alimento, e podem armazenar excretas nitrogenadas, nos insetos empupados.

3) O sistema circulatório é aberto, sem capilares ou veias. O coração localiza-se na região dorsal, num seio pericárdico, separado do seio perivisceral por um diafragma transversal. O coração estende-se pelos nove primeiros segmentos abdominais. O sangue, que não contém pigmentos, e apresenta amebócitos utilizados como sistema de defesa, chega à região pericárdica por difusão e osmose a partir dos órgãos viscerais, e é conduzido por contrações musculares por uma aorta dorsal até a região anterior do animal, onde é despejado nos espaços do corpo. O sangue circula, portanto no sentido posterior-anterior dentro do coração e no sentido anterior-posterior nos órgãos. Insetos com asas podem apresentar um coração secundário que ajuda na circulação do sangue nas asas.

4) A circulação ocorre através de um sistema de estigmas, traquéias, traquéolas e sacos aéreos. Os estigmas são perfurações na parede do corpo que se localizam na base nas duas pernas posteriores e nos oito primeiros segmentos abdominais. Em geral os estigmas possuem um sistema de fechamento com mecanismos de filtração. O sistema traqueal consiste de um par de túbulos aéreos elásticos, reforçados por anéis de cartilagem, com conexões transversais. Os sacos aéreos são regiões expandidas das traquéias que auxiliam no bombeamento de ar. As traquéolas originam-se nas traquéias e formam uma rede fina sobre os tecidos, a partir de onde a troca gasosa ocorre por meio de difusão. Em insetos menores o sistema de traquéias pode estar ausente, e em insetos maiores a troca gasosa é auxiliada por um sistema de pressão promovida pelo sistema de sacos aéreos e fechamento controlado dos estigmas.

5) O sistema excretor é composto pelos Túbulos de Malpighi: prolongamentos em forma de saco com fundo cego, que ficam livres no homocelo, estando ligados ao intestino (entre o médio e o posterior). Os excretas nitrogenados passam através da parede dos túbulos e são conduzidos ao intestino posterior, sendo eliminados juntamente com os produtos da digestão.

6) Os insetos são dióicos. O sistema reprodutor feminino é composto por dois ovários, dois ovidutos laterais, que se unem na região posterior formando um oviduto comum e desembocam na vagina. A vagina abre-se na região ventral no oitavo e ou nono segmento. Ao lado do oviduto comum localizam-se uma espermatoteca, uma bolsa copuladora e um par de glândulas acessórias. O sistema reprodutor masculino é composto por dois testículos, dois ductos laterais (que apresentam regiões alargadas formando vesículas seminais), um ducto ejaculatório mediano e um pênis localizado no oitavo segmento abdominal. Glândulas acessórias localizam-se na extremidade superior do ducto ejaculatório. Caracteres sexuais secundários são verificados nos últimos segmentos abdominais, tais como: cláspes masculinos e ovopositor feminino. A fecundação é interna e por meio de espermátóforos, que são transferidos do macho até a bolsa copuladora das fêmeas na maioria das espécies. A maioria das espécies é ovípara, havendo algumas espécies vivíparas (alguns dípteros), e outras podem se desenvolver partenogeneticamente (Thysanopteros). O desenvolvimento dos ovos até atingir a forma adulta pode ocorrer de suas formas. No desenvolvimento do tipo Hemimetábolo, os jovens são parecidos com a forma adulta desde a eclosão, havendo apenas um crescimento de tamanho e de algumas estruturas como as asas. Os estágios imaturos são chamados ninfas (se terrestres) ou náíades (se aquáticas). Na metamorfose holometábola o

plano corpóreo das formas em desenvolvimento diferenciam-se bastante da forma adulta final. Neste caso, o desenvolvimento segue os estágios: larva, pupa e adulta.

7) Nos insetos pode ser diferenciado um sistema nervoso e um sistema endócrino. O sistema nervoso é composto por três pares de gânglios supraesofágicos (o protocérebro, o deutocerebro e o tritocerebro). E três pares de gânglios subesofágicos (mandibular, maxilar e labial). Estes dois conjuntos de gânglios estão interconectados por um par de nervos, e o gânglio labial conecta-se a um par de nervos longitudinais que percorrem o corpo do animal. O incipiente sistema endócrino é formado pelos corpos cardíacos, corpos alados (estes dois sendo gânglios nervosos situados acima do intestino anterior), algumas glândulas protorácicas, e células neurosecretoras. Cabe ao sistema endócrino o controle da metamorfose (tanto hemi quanto holometábola), a reabsorção de água, os batimentos cardíacos, e algumas outras funções metabólicas. Os olhos estão conectados ao protocérebro e as antenas ao deutocerebro. Outras estruturas sensitivas para percepção ambiental são: sensilas (células modificadas espalhadas sob a cutícula); quimiorreceptores para olfação e tato espalhados nas antenas, pernas e peças bucais; órgãos timpânicos (formados a partir de expansão traqueal e, portanto, não homólogos do tímpano dos vertebrados) próximos aos sacos aéreos; ocelos localizados entre as antenas; e olhos compostos na lateral da cabeça.

Sistemática:

Os insetos existem desde o Devoniano, e desde o carbonífero (época das primeiras grandes florestas) são encontrados fósseis de insetos alados, tendo sido os primeiros animais a poderem voar. Apenas no mesozóico (cretáceo inferior) outros animais (algumas espécies de vertebrados) desenvolveram estruturas também capazes de permitir o vôo: os pterossauros, as aves e os chiroptera (estes mais recentemente). Vale salientar que em nenhum dos quatro grupos alados a estrutura da asa é homóloga, representando, pois, evoluções convergentes.

Existem duas teorias para a origem das asas nos insetos. A teoria paranotal propõe que as asas sejam expansões dos tergos torácicos (notos) na região do meso e metatórax. Inicialmente, estas expansões eram usadas apenas para planar, mas que depois teriam sido expandidas para formar as asas. Um ponto fraco nesta teoria é que neste caso seria necessários o surgimento de articulações, músculos e inervações posteriores para o batimento das asas. Uma segunda teoria propõe que as asas sejam expansões das brânquias torácicas que ficam expostas em muitas ninfas de insetos do gênero Ephemeroptera. As asas surgiriam como uma característica neotênica. A favor desta teoria há o fato de que as brânquias já possuem um sistema de articulações, músculos e inervações. Contra esta teoria

pesa a ausência de um antepassado terrestre com brânquias externas (os efemerópteros são aquáticos).

Seja qual tenha sido o caminho evolutivo, o desenvolvimento das asas possibilitou aos insetos a exploração de nichos distantes (tanto geograficamente quanto em altura pelo forrageio em flores) e a facilidade de fuga de predadores, e esta característica parece estar bastante relacionada com a grande radiação adaptativa da Classe. Os insetos podem então ser agrupados em duas subclasses a depender da presença de asas.

A subclasse Apterigota é composta por insetos sem asa e que não apresentam metamorfose (ametabolos). Compreendem ordens Protura, Thysanura (traças de livros) e Collembola (que são considerados os mais primitivos da classe).

A subclasse Pterigota é composta por insetos alados, e apresenta duas divisões. A divisão Hemimetábola é composta por 14 ordens: Odonata (libélulas), Corrodentia (piolhos-de-livros), Hemíptera (percevejos), Homóptera (cigarras), Orthoptera (gafanhotos, grilos, baratas, louva-a-deus e bichos de pau), Isoptera (cupins), Anoplura (piolhos), Dermaptera, Embrioptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Zoraptera, Thysanoptera, Mallophaga. (o-c-h-h-o-i-a-pl-e-z-thy-ma) A divisão Holometábola é composta por nove ordens: Coleóptera (besouros, maior ordem), Lepidóptera (borboletas e mariposas), Díptera (moscas), Hymenoptera (formigas, abelhas e vespas), Siphonoptera (pulgas), Strepsiptera, Mecoptera, Trichoptera, Neuroptera. (c-le-d-hy-si-s-me-tri-ne). O desenvolvimento por meio da metamorfose na classe insecta provavelmente ocorreu apenas no período Permiano, quando ocorreram grandes variações climáticas e houve o aparecimento de angiospermas estacionais. Assim, o desenvolvimento poderia ser “suspenso” durante um período de menor abundância alimentar e retomado em épocas mais férteis.

Ecologia:

Os insetos ocupam essencialmente todos os nichos do ambiente terrestre, sendo relativamente bem sucedidos em ambientes de água doce, mas pouquíssimas espécies vivem próximas ao mar (na areia ou na água). Algumas espécies são cosmopolitas outras têm distribuição geográfica reduzida. Os insetos adaptam-se a todos os tipos de dietas. Cerca de metade das espécies de insetos são fitófagas, alimentando-se de raízes, caules, folhas, flores, frutos. Quando se alimentando de vegetais mortos, estes insetos são elo importante na ciclagem de nutrientes. Quando se alimentando de vegetais vivos, podem causar sérios danos a plantações (ver próximo tópico).

A outra metade da classe é composto por insetos saprófagos, inseto carnívoro (que se alimentam de tecidos e líquidos de animais, libélulas, percevejos, neurotera alguns hymenoptera); e outros insetos são parasitas ou parasitóides. Os insetos saprófitos, como as larvas de besouros e moscas, são também importantes na ciclagem do material orgânico. Outros insetos, aranhas, escorpiões, e vertebrados são predadores desta classe. Assim sendo, este é um dos grupos animal mais importante ecologicamente, pois a maior parte da energia dos ecossistemas terrestres passa pelo corpo destes animais.

Uma notável adaptação ecológica dos insetos é a organização social observada nas ordens Isoptera (cupins) e Hymenoptera (formigas, abelhas e vespas). Todos os insetos sociais vivem em construções elaboradas (ninhos ou colméias) que freqüentemente têm condições térmicas e hídricas diferentes da observada no ambiente externo. Cupins e algumas espécies de formigas “cultivam” jardins de fungos servem de alimentos. Os insetos sociais geralmente apresentam castas com diferentes planos corpóreos (trabalhadores menores, soldados maiores), o que diminui a competição entre formas adultas da mesma espécie. A vida em sociedade facilita ainda a defesa cooperativa, modificando a pressão predatória vivenciada por estes animais em comparação com as formas não sociais.

Em termos evolutivos, o estudo da co-evolução da classe dos insetos com diversos outros grupos animais e vegetais é área de grande atividade. Os insetos constituíram uma grande força seletiva no reino vegetal. Uma série de adaptações das plantas tais como folhas coriáceas ou com espinhos e estruturas de defesa similares, e as substâncias químicas (alcalóides) presentes em diversos tecidos vegetais estão intimamente relacionados com o hábito alimentar fitófagos dos insetos. Ademais, dois terços das angiospermas dependem dos insetos para sua polinização. Insetos também estão relacionados a diferentes adaptações no plano corpóreo de diversas aves e mamífero. O estudo dos tentilhões por Darwin é um exemplo clássico desta interação. A ordem Xenartha dos mamíferos (tamanduás) também constitui outro exemplo de co-evolução vertebrado – inseto.

Importância econômica, agrícola, médica e veterinária:

A Entomologia é o ramo da biologia que estuda os insetos. Os insetos são vitais para o equilíbrio do ecossistema por agentes polinizadores de diversas plantas e por constituírem o principal caminho de acesso energético dos consumidores secundários. Para além de sua importância nas teias alimentares, os insetos são de grande importância para o homem, alguns sendo úteis, e a maioria sendo prejudiciais.

São extremamente importantes para a agricultura, pois anualmente são gastos milhões no controle de “pragas” das plantações. Estas consistem principalmente de insetos das ordens Orthoptera (gafanhotos), Coleoptera, larvas de Lepidóptera (lagarta da borboleta) e Hymenoptera (formigas), mas outros insetos também são prejudiciais à agricultura. Os Hemípteros (percevejos) são praga para plantação de trigos e outros cereais. A praga do melão é um hemíptero da família Coreidae collembulos prejudicam o cultivo de cogumelos. Os Plecoptera e Homóptera (cigarras) infestam árvores frutíferas (pêras e maçãs). Os Homópteros afídios são praga de milho, algodão, uva e melão. Dermaptera (lacraínhas) são pragas de jardins. Os Thysanoptera raspam a cutícula de flores, folhas deixando cicatrizes e transmitindo doenças às plantas. São nocivos às plantações de tomate, laranja e limão. As galhas das árvores são resultado a ovipostura de ovos de Díptera, Hymenoptera e Homóptera. A importância dos insetos para a agricultura é tão grande que a Entomologia é disciplina obrigatória nos cursos de agricultura do país.

Os insetos parasitas são de interesse médico e veterinário. Alguns são ectoparasitos, que causam irritações na epiderme, e podem causar anemia e transmitir doenças ao sugarem o sangue os hospedeiros. Outros têm larva endoparasito, como a berne do boi, e podem causar grandes inflamações nos tecidos dos hospedeiros. Os piolhos da ordem Mallophaga são exemplos de insetos ectoparasitos. Eles alimentam-se de penas, pelos e epiderme de aves e mamíferos, sendo os piolhos comuns em galinhas e várias aves domésticas, assim como em bois e cachorros. Os piolhos sugadores (ordem Anoplura) infestam aves e outros animais domésticos, sendo também comum em crianças. Tanto os Mallophaga quanto os Anoplura podem transmitir sérias doenças. Os Mallophaga são hospedeiros intermediários da tênia e os Anoplura são vetores da febre tifóide e febre das trincheiras. Os dípteros (mosquitos e moscas) transmitem uma série de moléstias tanto aos animais quanto ao homem, tais como: a malária das aves, a malária humana e a dengue, febre terçã, febre amarela, moléstia do sono. As pulgas (ordem Siphonaptera) transmitem peste bubônica e tifo do rato, além de infestarem diversas aves e mamíferos, e os hemípteros (triatoma, barbeiro) transmitem a doença de Chagas.

Em casa é comum encontrar baratas (orthoptera), cupins (isoptera), traças de livros, piolho de livro (corrodentia), carrapatos (Hemiptera) que além de desconforto e possibilidade de transmissão de doenças causam prejuízos econômicos menores.

A criação para fins comerciais das larvas do bicho da seda (Lepidóptera bombycidae) é um exemplo de ganho econômico que pode ser alcançado quando se tem um bom conhecimento biológico. Apicultura é outro bom exemplo, assim como a criação de

Lepidópteras para venda a colecionadores. Os insetos podem ainda ser úteis como controle natural de outros insetos que são pragas de agricultura.

O Filo Chordata e o subfilo Vertebrata

Os Cordados (gr, chorda, cordão) constituem o maior filo e ecologicamente o mais significativo da linha Deuterostômica de evolução. O que caracteriza os Chordata, separando-os dos outros filios é que, durante pelo menos uma parte do ciclo vital, é possível verificar as seguintes estruturas corpóreas:

- 1) notocorda dorsal. Uma estrutura cartilaginosa ou óssea, semelhante a um bastonete, sob o qual fixam-se os músculos para efetivar a locomoção. (os Hemichordatos tem notocorda composta de colágeno).
- 2) Um tubo nervoso dorsal oco.
- 3) Fendas branquiais na região faríngea.

Os animais com estas características de plano de corpo podem ser agrupados em 3 subfilos: Urochordata (tunicados), Cephalochordata (anfioxos) e Vertebrata. Os vertebrados compõem o maior subfilo do Filo Chordata, tendo os seguintes caracteres diagnósticos:

a) uma coluna vertebral que substitui a notocorda após o período embrionário, que constitui o sistema axial de suporte do corpo e que serve de apoio e proteção para um feixe de cordões nervosos dorsais;

b) um encéfalo dividido em três partes (prosencefalo, mesencefalo e rombencefalo),

c) um crânio (ósseo, cartilaginoso ou fibroso) que protege o encéfalo;

d) presença de tecidos mineralizados (ossos, esmalte e dentina), que podem contribuir para: proteção, percepção sensorial e armazenamento de cálcio e fósforo. Devido a sua dureza, o osso (e demais tecidos mineralizados) pode ter uma função de proteção corpórea e maior resistência para movimentos musculares (como o crânio e a coluna vertebral). Por outro lado, o fato de que os tecidos mineralizados são eletricamente isolantes, levanta a possibilidade de que estes tecidos possam contribuir para uma melhor percepção sensorial, ao criar câmaras (ou cápsulas) onde os órgãos sensoriais se alojam, facilitando o refinamento da eletorrecepção. Por fim, tecidos mineralizados podem servir para armazenagem de cálcio e fósforo, importantes para tamponagem do baixo PH produzido pelo metabolismo anaeróbico durante altos índices de movimentação.

De uma forma geral, observa-se nos vertebrados um aumento do tamanho corpóreo, e um aumento da motilidade, o que requer uma maior especialização dos sistemas que nos organismos menores pode ser realizado por meio de difusão ou ação ciliar. Peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos mostram uma séria progressiva de avanços estruturais e funcionais de todos os sistemas e aparelhos a partir do plano corpóreo básico dos vertebrados.

Tema 7: Superclasse Pisces: morfologia e sistemática

Os peixes constituem o mais numeroso grupo de vertebrados. Apesar das diferenças estruturais dentro de cada classe o plano corpóreo básico dos peixes é:

- um corpo longo e cilíndrico, com uma região pós anal bem desenvolvida e achatada nas laterais;
- esqueleto axial cartilaginoso ou ósseo, com presença de pelo menos dois pares de nadadeiras (peitorais e pélvicas), podendo haver também nadadeiras dorsais e anais.
- boca anteroventral;
- coração com duas câmaras e seis ou quatro pares de arcos aórticos (variando a depender da classe);
- respiração realizada por pares de brânquias sustentadas por arcos aórticos (internas aos arcos em agnatos e externas aos arcos em gnatostomados);
- excreção realizada por rins mesonéfricos sendo a uréia o produto de excreção mais comum nos adultos;
- Gônadas geralmente pares (exceto nos peixes agnatos), fertilização externa, ovos com quantidade de vitelo variável (a depender da espécie). Reprodução ovípara é a mais comum, podendo ser ovovivíparos e vivíparos.
- Dez pares de nervos cranianos.

A presença de maxilas é o primeiro critério para separação das classes. A classe Cyclostomata é composta por peixes que não possuem maxilas (Agnathos) e têm redução nas estruturas esqueléticas, sendo por isso considerado os vertebrados mais primitivos. Os animais que apresentam maxilas (Gnathostomados) e nadadeiras pares podem ser agrupados em duas classes de acordo com o tipo de tecido mineralizado apresentado. A Classe Chondrichthyes (ou Elasmobranchiomorphi), composta por animais com esqueleto cartilaginoso, e a Classe Osteichthyes, composta por animais com esqueleto ósseo.

Feiticeiras (super-família Myxinoidea) e lampréias (super-família Petromyzontoidea) são os representantes vivos da classe Cyclostomata. Este, entretanto, é um grupo parafilético pois as lampréias são mais parecidas com os gnatostomados do que com as

feiticeiras. As cerca de 60 espécies de feiticeiras são caracterizadas por um corpo bastante alongado (com menos de 1 metro de comprimento), sem vértebras, o que as torna capazes de dar um nó em si mesmas. As feiticeiras não têm nadadeiras, e o corpo é coberto com várias e grandes glândulas de muco (utilizado aparentemente na defesa contra predadores). Sua anatomia interna também apresenta caracteres primitivos como: os olhos e sistema de linha degenerados ou rudimentares, um rim único, uma abertura nasal única, e ausência de órgãos reprodutivos. Como caracteres derivados destacam-se a presença de corações acessórios e não inervados ao longo do corpo, e estruturas da boca. A boca é circundada por seis tentáculos, contendo duas placas córneas semelhantes a dentes situadas de cada lado da língua, e funcionam como pinças arrancando pedaços do alimento. As brânquias têm dois arcos branquiais de suporte, um interno e um externo, e as lamelas estendem-se entre estes dois arcos. Os primeiros quatro pares de arcos branquiais são modificados para sustentar uma aba muscular bombeadora, e as quatro brânquias posteriores têm lamelas distendidas formando bolsas branquiais. Esta modificação na estrutura branquial, com maior capacidade sugadora, já denota um aumento da mobilidade e atividade predatória em relação aos outros cordados não vertebrados, mas ainda é considerada característica primitiva em relação às modificações nas brânquias que serão apresentadas pelos gnatostomados.

As 50 espécies de lampreia apresentam vértebras e, portanto, um plano corpóreo, mais derivado que as feiticeiras, e mais parecido com o dos gnatostomados. A boca é circular, conectada a um esôfago muscular, e apresenta uma estrutura semelhante a uma língua com espinhos córneos. A lampreia utiliza esta estrutura para fixar-se a um outro animal, onde passa a levar uma vida parasita, alimentando-se do sangue do hospedeiro. O trato digestivo é simples, mas o sistema circulatório apresenta uma modificação em relação aos outros vertebrados branquiais. Como as lampreias ficam presas pela boca ao corpo do hospedeiro, a ventilação de fluxo contínuo, com a água entrando pela boca e saindo para fora pelas brânquias observada nos vertebrados branquiais não é possível. Nas lampreias ocorre um sistema de ventilação intermitente, em que a água entra e sai pelas brânquias, através da ação muscular do tubo respiratório (que localiza-se na faringe). Este é um sistema análogo ao observado nos mamíferos, com a separação da traquéia para o sistema respiratório e do esôfago para o sistema digestivo, com a ressalva que nos mamíferos o ar entra e sai pela boca.

O aparecimento dos peixes gnatostomados (no final do Ordoviciano e início do Siluriano) coincide com o período de diversificação do filo Mollusca (principalmente classe Gastrópoda), o que sugere um processo de co-evolução destes dois filós. Neste período, os

continentes eram cobertos por imensos mares rasos e, enquanto os moluscos tentavam aumentar a capacidade protetora de suas conchas, as maxilas permitiram uma revolução no nicho alimentar dos peixes, incluindo a capacidade de agarrar firmemente e quebrar alimentos duros. As maxilas são homólogas dos arcos branquiais dos agnatos. Teoriza-se que os dois primeiros arcos branquiais desenvolveram-se para sustentar poderosos músculos que moviam estes arcos durante estágios de inalação forte. Assim, a função primeira das maxilas era a de auxiliar na respiração, só depois tendo sido reaproveitada para alimentação, com a sucção de alimentos para dentro da boca. Esta maior capacidade respiratória aponta para uma maior mobilidade e agilidade de movimentos. De fato, além da presença de maxilas, os peixes gnatostomados caracterizam-se pela presença de:

- um esqueleto axial, formado por vértebras e costelas e pela presença de, pelo menos, dois pares de nadadeiras (um par na região peitoral e outro na região pélvica);
- Músculos em forma de W, com regiões epi e hipo-axial;
- Três canais semi-circulares no ouvido médio;
- Desenvolvimento de cerebelo, e neurônios envolvidos por camadas de mielina.

As formas viventes mais conhecidas da classe Chondrichthyes são os tubarões e as raias, e caracterizam-se pela presença de um esqueleto um esqueleto cartilaginoso coberto por escamas placóides (pele áspera). Vale ressaltar, entretanto, que o esqueleto cartilaginoso dos Chondrichthyes é uma característica derivada, visto que os peixes fósseis (ostracodermos) já apresentavam estruturas ósseas. De fato, o registro fóssil revela uma tendência a redução das partes ósseas (principalmente das escamas) o que gera maior leveza e mobilidade ao animal.

Os Chondrichthyes podem ser subdivididos em duas sub-classes: os Elasmobranchii e os Holocephali. A sub-classe Holocephali é composta por 34 espécies viventes de quimeras e caracteriza-se pela presença de apenas uma abertura branquial em cada lado da cabeça. O clado Elasmobranchii têm de 5 a 7 aberturas branquiais na lateral da cabeça e é composto pelos tubarões e raias. Os Elasmobrânquios passaram por pelo menos três períodos de radiação adaptativa desde o Devoniano, tendo as formas atuais diversificado no Triássico. Estas radiações são caracterizadas por modificações na estrutura para alimentação (em direção à heterodontia e boca localizada ventralmente), no aparelho locomotor (vértebras tornaram-se mais sólidas e calcificadas, nadadeiras com triplo suporte cartilaginoso na base, cobertura de esmalte sobre os dentes) e no tamanho do corpo (tendência ao gigantismo para

evitar predadores e dificultar perda de temperatura). Os elasmobrânquios atuais podem ser divididos em Pleurotrematas (com aberturas branquiais localizadas ao lado da cabeça), e os hipotremata (com aberturas branquiais localizadas abaixo da cabeça).

As cerca de 360 espécies de tubarões fazem parte da divisão elasmobrânquios pleurotremata. Os menores tubarões (cerca de 80cm) compõem o grupamento Squaela, e os maiores (2m ou mais) compõe o grupamento Gálea. Todos se caracterizam por: a) uma mandíbula hiostílica (composta pela hiomandíbula e palatoquadrado), o que proporciona grande abertura mandibular; b) dentes tricúspides com formação contínua durante toda vida e; c) pela fecundação interna conseguida através da modificação de nadadeiras pelvianas em cláspes (que transferem os espermatozóides da cloaca masculina à feminina). Os tubarões também apresentam vários órgãos sensitivos para localização de presas: na linha lateral observam-se órgãos neuromastos (receptores mecânicos), e na cabeça observam-se sensores químicos (olfato), olhos com *tapetum lucidum* e ampolas de Lorenzini (sensores elétricos). Tantos mecanismos sensoriais são controlados por um grande cérebro.

As 450 espécies de raias parecem ter derivado dos tubarões Squaela, que adaptaram-se a hábitos bentônicos. São achatadas dorso-ventralmente, têm nadadeiras peitorais bem aumentadas (utilizadas na natação), grandes áreas desprovidas de escamas, e uma grande e geralmente afilada nadadeira caudal. As raias apresentam adaptações à alimentação de itens duros: placas dentíferas cobertas por coroa de cosmina e uma grande capacidade de sucção.

Todas as outras 24.000 espécies de peixes fazem parte da Classe Ostichthyes, e caracterizam-se por: um esqueleto ósseo que substitui o esqueleto cartilaginoso durante a ontogênese e, uma placa óssea recobrindo a câmara branquial (opérculo). Eles aparecem nos registros fósseis do final do Siluriano (420 milhões de anos atrás). No meio do Devoniano, período em que ocorre formação de grandes cadeias de montanhas (na América do Norte e na Europa) separando antigos mares rasos e formando de lagos de água doce em terra, houve uma grande radiação (cladogênese) dos Osteichthyes, com dois grandes grupos divergindo: os Actinopterygii, e os Sarcopterygii. O Devoniano é, por isso, conhecido com a Era dos Peixes.

Na linhagem Actinopterygii (actino = raios; pteryg = nadadeira) os vários pares de nadadeiras são sustentadas por raios ósseos dérmicos. Estes peixes também apresentam de escamas de ganoina (derivada do esmalte) e uma bexiga natatória, localizada dorsalmente entre a cavidade peritoneal e a coluna vertebral, que ajuda na flutuabilidade destes animais

(os elasmobrânquios carecem desta estrutura e precisam estar ou encostados ao subsolo ou em constante movimento para não afundar).

Os teleósteos constituem a linhagem moderna mais diversificada dos peixes de nadadeiras raiadas e apresentam especializações para natação e alimentação. A nadadeira caudal dos teleósteos é homocerca (simétrica e flexível). Esta característica, juntamente com uma bexiga natatória finamente controlada, permite que o animal nade horizontalmente sem muita ajuda das nadadeiras peitorais. Estas, então, puderam crescer e se diversificar nas diversas famílias. É também verificada evolução do aparato bucal (liberação dos ossos hiomandibular e pré-maxilar do crânio, formação do processo coronóide) que permitiram uma sucção mais forte e direcionada para captura das presas. A partir deste plano corpóreo básico, as cerca de 400 famílias de teleósteos diversificaram-se através de modificações nas estruturas relacionadas à alimentação.

A Linhagem Sarcopterygii caracteriza-se por nadadeiras que possuem bases musculosas (sarco = carnosas). Outros caracteres peculiares aos sarcopterígeos são: a) ausência de articulação entre os ossos pré-maxilares e maxilares e fusão do palatoquadrado ao crânio; b) escamas de cosmina (derivada da dentina); c) presença de um pulmão no aparato respiratório e; d) coração com átrio dividido em duas câmaras, com separação parcial entre circulação sistêmica e pulmonar. Os pulmões consistem de evaginações altamente vascularizadas do assoalho da laringe. Estas estruturas provavelmente evoluíram devido ao hábito dos sarcopterígeos de ocupar as margens dos mares rasos e lagos estacionais do Devoniano. Nestas águas quentes, o nível de oxigênio é baixo, restando aos animais utilizar o oxigênio do ar. Evolutivamente os Sarcopterígeos vivos são mais antigos que os teleósteos (pois estes diversificaram-se apenas no mesozóico). Assim, ao contrário de teorias antigas, é a bexiga natatória que deriva do pulmão, perdendo parte de sua vascularização e assumindo uma posição mais dorsal.

Também diferente do que ocorreu com os actinopterígeos, o número de espécies de sarcopterígeos diminuiu desde o Devoniano, existindo atualmente apenas 4 gêneros: três na linhagem Dipnoi (os peixes pulmonados) e um na linhagem Actinistia (mais primitiva). Os sarcopterígeos são de grande valia para a Biologia Evolutiva, pois constituem o grupo do qual os tetrápodes se originaram.

Ecologia

A racionalidade biológica atual -fundamentada em Modelos de Otimização- assume que o surgimento, a perda e as modificações de estruturas refletem a importância das estruturas para o animal em termos de sucesso reprodutivo, e em termos de sucesso evolutivo para a espécie. Desta forma, as características dos animais (sejam morfológicas, fisiológicas ou comportamentais) correspondem à maneira como estes animais interagem com o meio (biótico, abiótico e social) de modo a permitir as atividades vitais de alimentação, sobrevivência e reprodução. Será apresentada, então, uma breve discussão da ecologia dos peixes com base nas características gerais da classe acima delineadas.

De acordo com seu plano de corpo, com poucas especializações para proteção (sem escamas), para percepção do ambiente (olhos e linha lateral rudimentares) e sem nadadeiras, todas as espécies de feiticeiras habitam áreas profundas do ambiente marinho (alguns vivendo em galerias escavadas no lodo), que é pouco freqüentado por predadores e tem pouquíssima luminosidade. As feiticeiras alimentam-se de poliquetos e camarões, que são detectados pelos tentáculos. Algumas espécies são saprófitas. Dada também à dificuldade de encontro de parceiros neste tipo de ambiente, a razão sexual deste grupo é extremamente viesado (cerca de cem fêmeas para cada 1 macho). Os ovos são numerosos e ricos em vitelo indicando ausência de cuidado parental.

Diferentemente das feiticeiras, as lampreias são parasitas de mamíferos marinhos e peixes. Em acordo com este hábito alimentar, as lampreias têm grandes olhos (utilizados para localizar os hospedeiros), mas um tubo digestivo reduzido. Também apresentam nadadeiras, o que está de acordo com a maior necessidade de mobilidade durante a busca por hospedeiros. Este animais têm distribuição mundial e são anádromas.

Tubarões são os predadores dos mares, existindo também algumas espécies em rios. A diversidade de órgãos sensoriais e a grande mobilidade adequam-no a esta função. A protração da maxila e o crescimento continuado de dentes indicam que estes animais alimentam-se de presas grandes que se defendem (normalmente outros peixes, mas também mamíferos marinhos e tartarugas). A fecundação interna indica uma opção reprodutiva por ninhadas menores e mais desenvolvidas (tendendo mais à estratégia k que à r), havendo oviparidade, ovoviviparidade, viviparidade matrotrofica e viviparidade placentotrofica nos tubarões. Estas últimas três estratégias só são bem sucedidas quando há uma grande expectativa de vida para a idade adulta e uma alta taxa de sobrevivência dos filhotes. Novamente, esta característica está de acordo com o nicho ecológico de topo de cadeia ocupado pelos tubarões.

As raias alimentam-se de invertebrados bentônicos e plâncton, protegendo-se de predadores ao permanecer parcialmente enterrados na areia. Esse baixo índice de atividade associada a uma ectotermia requer pouca alimentação, permitindo a exploração deste diminuto recurso alimentar marinho. Ademais, raias evitam competição apresentando dimorfismo sexual na dentição. Assim, machos e fêmeas alimentam-se de recursos diferentes.

Os peixes dipnóicos são restritos à água doce, e a morfologia de suas nadadeiras indica uma vida próxima ao substrato (seja este em águas profundas ou rasas). Os dipnóicos não apresentam altos índices de natação locomovendo-se ao apoiar o corpo em suas nadadeiras. Por outro lado, a diversidade de formas dos teleósteos vivos coaduna-se com a sua distribuição cosmopolita e diversos hábitos alimentares. Os teleósteos ocupam todos os ambientes aquáticos da terra, desde rios e lagos até o oceano, ocupando o nível de consumidor (primário ou secundários) nas teias tróficas dos diversos ambientes.

É possível saber o hábito alimentar dos peixes pela sua morfologia:

- 1) Fitoplanctófagos: não apresentam dentes e têm numerosos rastelos branquiais.
- 2) Zooplanctófagos: não apresentam dentes, têm rastelos branquiais bem desenvolvidos, e boca protátil.
- 3) Predadores de poliquetos e moluscos: boca com grande capacidade de protusão e sucção.
- 4) Herbívoros: incisivos bastante desenvolvidos, utilizados para raspar o alimento, e dentes faríngeos bem desenvolvidos.
- 5) Onívoros: dentes molariformes.

Como em todos os níveis da cadeia trófica, existe uma diminuição do número de peixes com o aumento da profundidade, sendo os peixes mesopelágicos geralmente migratórios verticais (ou seja, sobem para regiões menos profundas no por do sol). As poucas espécies batipelágicas são limitadas pela escassez de alimento morto que afunda até as profundezas. Estas espécies vivem em tais ambientes por apresentarem especializações extremas, como um estômago capaz de abrigar uma presa maior que o próprio peixe. Em outras espécies batipelágicas os machos reduzem seu tamanho corpóreo, tornando-se “parasitas” das fêmeas, como um mecanismo para assegurar cópula futuras num ambiente em que a probabilidade de encontro de parceiros é muito baixa.

Um ambiente totalmente diferente é experienciado pelos peixes que vivem em recifes de coral. Nestes, minuciosas especializações anatômicas permitem ocupar nichos hipervolumétricos num ambiente com abundância de alimentos e de competidores. Por outro

lado, a disponibilidade de refúgios contra predadores, permitiu a evolução de elaborados padrões de cores nestes peixes.

A morfologia variada correlaciona-se tanto com os hábitos alimentares e com a estratégia de fuga de predadores, quanto com a necessidade de diminuição do arrasto (fricção) na água. Um corpo alongado sofre muito arrasto viscoso (decorrente da fricção por uma grande superfície de corpo), um corpo espesso produz grande arrasto inercial (decorrente da força contrária ao volume de água que desloca-se na frente do peixe). As formas dos peixes representam uma solução de compromisso entre as necessidades vitais frente a todas estas variáveis ecológicas.

Importância

Animais ectotérmicos são importantes elos na cadeia alimentar. Como a temperatura corpórea é mantida a partir de fontes térmicas ambientais e não a partir do metabolismo alimentar, todo alimento ingerido é utilizado para produção de tecidos e de reprodução. Assim, animais ectotérmicos, e peixes em particular, constituem o principal caminho de acesso energético dos consumidores secundários.

Para além de seu papel no ecossistema, peixes são importantes para o homem num nível econômico. As companhias pesqueiras mundiais retiram milhões de toneladas de peixes do mar e dos rios, que são vendidos à população de todo o mundo. Em todo este processo (desde a pesca até o consumidor) existe geração de emprego. Tudo no peixe é aproveitado. A carne serve de alimento, as escamas têm valor decorativo, a gordura e óleos fornecem vitaminas, combustível (para candeeiros) e cola. As feiticeiras e as lampreias prejudicam o comércio de peixes de que se alimentam. O tegumento da feiticeiras (couro de enguia) e dos tubarões são vendidos comercialmente para confecção de roupas e acessórios. A criação e comércio de peixes comerciais (como a carpa) e ornamentais são atividades bastante lucrativas e que geram empregos.

Desequilíbrios ecológicos podem ter grande impacto econômico. Um crescimento de lampreias pode prejudicar o comércio de peixes, e a mudança de rotas migratórias de tubarões podem destruir o setor turístico de cidades costeiras. No momento atual, cresce a preocupação com mudanças climáticas globais. Os peixes são animais ectotérmicos e a maioria deles (os teleósteos) apresenta fecundação externa com produção de grande número de óvulos e pouco cuidado parental. Mudanças na temperatura da água podem

matar ou interromper o desenvolvimento larval de muitas espécies, causando sérios problemas em nível ecológico e econômico.

Tema 8: Amphibia: Morfologia, Sistemática, Ecologia e Importância

Este texto está estruturado da seguinte forma. No início é feita uma breve descrição do surgimento dos tetrápodes e dos anfíbios. A seguir é apresentada a Classe Amphibia dando ênfase aos caracteres morfológicos diagnósticos e às relações filogenéticas (similaridades e diferenças) entre as Ordens viventes. A parte relativa à Ecologia correlaciona a morfologia ao nicho ecológico e ao comportamento geral das ordens. Devido à limitação de tempo e espaço as descrições abaixo não podem ser muito detalhadas, portanto, não são apresentadas diferenças entre famílias (exceto algumas mais significativas), assim como é feita apenas uma breve descrição da anatomia interna ou do funcionamento fisiológico dos diversos sistemas, pois este detalhamento mereceria um tópico próprio. No geral, não são oferecidas definições de termos embriológicos, anatômicos, ou da sistemática filogenética. Estes são os conceitos básicos necessários a qualquer estudo de Zoologia, e são abordados em outro tema (tema 1) deste documento. Parte-se do pressuposto que os leitores e ouvintes deste texto tenham domínio do significado e funcionamento dos mesmos.

Cenário Evolutivo: Origem dos Tetrápodos

Desde o Siluriano já existiam plantas vasculares complexas, artrópodes e moluscos em terra, ao mesmo tempo os mares estavam repletos de peixes (Chondrichthyes e Osteichthyes) e de várias espécies de moluscos, que competiam entre si na posição de consumidores e saprófagos da cadeia alimentar. No Devoniano (420 milhões de anos atrás) ocorreram formações de grandes cadeias de montanhas (na América do Norte e na Europa) separando antigos mares rasos e formando de lagos de água doce em terra. O cenário estava, portanto, preparado para uma invasão do ambiente terrestre pelos vertebrados, onde havia alimento em abundância e pouca competição. A origem dos tetrápodes coincide com o período de diversificação dos insetos no Carbonífero.

Os peixes Sarcopterígeos foram os primeiros a se aventurar em terra. Mas para um animal com plano corpóreo de vertebrado viver em ambiente terrestre, os órgãos e sistemas

do corpo precisam passar por algumas modificações para lidar com dois fatores principais: gravidade e escassez de água. As nadadeiras peitorais e pélvicas são modificadas e ossificadas tornando-se os membros anteriores e posteriores, respectivamente. As vértebras desenvolveram zigapófises (conexões ósseas) tornando a coluna vertebral uma haste contínua que suporta o peso do corpo. Da mesma forma as costelas alongam-se ventralmente criando um espaço protetor para os órgãos internos. Os membros anteriores e posteriores se prendem à coluna por meio de cinturas (escapular e pelvina). A respiração é efetuada por pressão positiva (o ar é empurrado para dentro do corpo do animal). Apenas posteriormente a respiração por pressão negativa (em que o tórax é expandido) foi desenvolvida. Como a locomoção em terra é energeticamente mais cara que a locomoção em água, existe a necessidade de maiores níveis de oxigenação. Assim, o coração torna-se progressivamente mais dividido, e modificações nos seis arcos aórticos (que inervavam as brânquias dos peixes) resultam numa maior divisão entre sangue oxigenado e sangue não oxigenado. As brânquias, ineficientes no ar (pois seus filamentos colapsam-se) foram perdidas e a musculatura que movimentava as brânquias foi reaproveitada para musculação das maxilas e da língua. Com a perda das brânquias, o rim assume um papel principal na excreção de íons nitrogenados, tornando-se mais convoluto e irrigado (i.e. deixa de ser mesonéfrico (como nos peixes) e passa a ser opistonéfrico (anfíbios) ou metanéfrico (amniotas)). A distância da água, também é pressão para modificações no modo de reprodução. Apesar da fecundação interna já existir alguns em peixes, na maioria dos tetrápodes terrestres, esta passa a ser a forma principal de acasalamento, e os ovos passam a ser cada vez mais protegidos por invólucros que evitam o ressecamento (ovo amniótico), ou assume-se a viviparidade como forma predominante de reprodução (mamíferos).

No final do Devoniano haviam várias formas de tetrápodes que apresentavam um conjunto maior ou menor das alterações estruturais acima delineadas. Eles podem ser agrupados em duas grandes divisões. Os tetrápodes Temnospondy (batracossauros) eram formas pequenas e aquáticas, enquanto os tetrápodes antracossauros (reptilomorfa) eram maiores e mais terrestres. Os anfíbios derivam dos Temnospondy, apresentando algumas das especializações acima mencionadas, mas mantendo um padrão ancestral de reprodução e de respiração nos filhotes. Os amniotas derivam dos Antracossauros.

Classe Amphibia: Morfologia e Sistemática

As formas atuais de anfíbios existem como linhagens separadas desde o Jurássico inferior (205 milhões de anos atrás). Assim como os peixes e répteis, os anfíbios são

ecotérmicos, e as cerca de 5.700 espécies de anfíbios viventes² caracterizam-se pelas seguintes sinapomorfias:

- 1) Tegumento glandular desprovido de escamas. Este tegumento permeável e úmido é utilizado para troca gasosa;
- 2) Quatro dedos em cada membro (uma característica primitiva herdada do ancestral Temnospondy – que por acaso tinha quatro artelhos em cada membro);
- 3) Papilla amphibiorum e Papilla basilaris: órgãos sensoriais localizados na orelha interna;
- 4) Complexo operculum-pectrum: dois ossos derivados do arco hióideo localizados na orelha interna e utilizados na audição;
- 5) Bastonetes verdes: tipo especial de célula retiniana;
- 6) Dentes pedicelados (ou seja, compostos por dentina não calcificada ou tecido conjuntivo fibroso);
- 7) Estrutura do músculo levator bulbi (faz com que os olhos sejam projetados para frente aumentando a abertura da cavidade bucal).

Apesar de peixes sarcopterígeos e anfíbios possuírem pulmões, este não é o principal órgão para trocas gasosas, pois a sua área interna é pequena relativamente a tamanho do animal (exceto em algumas espécies de peixes pulmonados). Porém, fisicamente, a troca gasosa pode ser efetuada por qualquer superfície suficientemente fina e irrigada para que as moléculas possam se difundir. Assim, a característica derivada mais importante dos anfíbios é o tegumento.

O tegumento dos anfíbios é composto por duas camadas: um extrato córneo externo muito fino e um extrato germinativo mais interno, no qual originam-se novas células. Nesta camada localizam-se os vasos sanguíneos, as glândulas de muco, glândulas de veneno (nas espécies venenosas) e cromatóforos (responsáveis pela coloração da pele). As glândulas de muco secretam polissacarídeos, mantendo a pele úmida e facilitando a troca gasosa (e o resfriamento da pele). O pulmão é pouco convoluto, e o ar chega até eles por pressão positiva (o anfíbio “engole” o ar empurrando-o para dentro com a boca, língua e aparelho hióideo)

O sistema circulatório é formado por uma rede de capilares irriga a pele e conduz o sangue a um coração com um ventrículo e um átrio parcialmente dividido. O sangue venoso segue para o átrio direito, deste para o ventrículo, e dirige-se pelo arco pulmocutâneo para

² Este número foi retirado dos estudos de biodiversidade mundial, o que é maior que o indicado pelo livro de Pough (4.600 espécies).

pulmões e pele. O sangue oxigenado entra no átrio esquerdo, deste para o ventrículo e segue pelos arcos carotídeo e sistêmico para a região anterior e posterior do animal, respectivamente. Algumas espécies de anfíbios podem apresentar respiração bucofaringeal.

O equilíbrio entre respiração cutânea e pulmonar varia nas diversas espécies de anfíbios e com a temperatura ambiente, mas em qualquer caso, a evaporação da água do tegumento limita a distribuição dos anfíbios a ambientes úmidos. O modo de vida do anfíbio outro fator é importante: quanto maior o nível de atividade maior a necessidade do pulmão para as trocas gasosas.

Adaptações para vida na terra também envolvem controle de perda de água. Os anfíbios não bebem água, mantendo o balanço hídrico pela absorção cutânea de água ou através de Manchas Pelvicas, uma área de tegumento fino e extremamente vascularizado na região pélvica que permite absorção de água em algumas espécies de anfíbios terrestres. Diferentemente dos peixes, os anfíbios apresentam bexiga urinária que produz uma urina hiposmótica em relação ao sangue, e serve de reservatório de água. Espécies terrestres tem bexiga urinária maior que espécies aquáticas.

Apesar dos anfíbios viverem em terra, a reprodução ocorre por fecundação externa (na maioria das espécies) com depósito de ovos e desenvolvimento das larvas em poças de água (daí o nome da classe: *amphi* = dual; *bios* = vida). Ovos não têm proteção de camadas externas (ovos anamnióticos) e a quantidade de vitelo interno varia para cada espécie. Algumas espécies produzem muitos ovos com pouco vitelo, e não apresentam cuidado parental. Outras espécies produzem poucos ovos com muito vitelo, e apresentam cuidado parental. Este cuidado varia desde a produção de uma espuma que mantém os ovos unidos e fixos a algum substrato, até o carregar dos filhotes nas costas ou na boca. Poucas espécies apresentam viviparidade. Ao eclodirem, as larvas apresentam brânquias, e uma longa cauda. Na metamorfose, as brânquias são perdidas, a cauda reabsorvida e os membros posteriores e anteriores se desenvolvem. Muitas espécies de anfíbios apresentam divergências em relação a este padrão geral, principalmente as cecílias e salamandras.

Os anfíbios podem ser agrupados em três linhagens de acordo com adaptações locomotoras. As salamandras (Ordem Urodela) apresentam o plano de corpo mais generalizado: o corpo é alongado variando entre 3cm a 1,5 metros (a maioria tem menos de 30cm), os membros curtos e a locomoção se dá através da contração alternada de músculos na lateral do corpo. Os membros localizam-se lateralmente ao corpo (e não abaixo do corpo), servindo apenas de apoio. Dez famílias e 425 espécies compõem esta ordem, sendo *Plethodontidae* a família mais representativa com 265 espécies.

Muitas salamandras apresentam pedomorfose, que é a manutenção de características larvais na forma adulta, incluindo manutenção do sistema de linha lateral e a retenção de brânquias externas. Estas formas (geralmente da família Plethodontidae) habitam cavernas úmidas, o que impede o ressecamento das brânquias. Como os ossos e músculos do aparelho hióideo destas espécies estão “liberados” da função de bombear ar para dentro dos pulmões, elas apresentam uma especialização para protração da língua para captura de alimentos. As salamandras Plethodontidae também caracterizam-se por um sulco nasolabial que, quando pressionado contra o chão conduz, por capilaridade, informações químicas para o órgão vomeronasal localizado no assoalho das narinas.

Sapos e rãs (Anura) compõem a maior ordem dos Anfíbios (27 famílias e cerca de 4.300 espécies), e caracterizam-se por possuírem especializações esqueléticas para locomoção através de golpes simultâneos dos membros (em saltos ou na natação). Os membros posteriores são longos, a tíbia e a fíbula são fundidas, as vértebras mais caudais são fundidas formando um urostílio, o ílio é alongado e se estende bastante para frente do animal, a coluna vertebral é curta, e os músculos posteriores são desenvolvidos. Estas modificações criam uma estrutura corpórea que enrijecem a parte posterior do animal, e geram potência para o salto. Especula-se que estas modificações são decorrência de uma pressão para fuga de predadores: os saltos rápidos permitem que o animal descanse perto ao rio e tenha agilidade para fugir em saltos rápidos quando o predador se aproxima. Os anuros medem entre 1,5 e 30 cm, e a partir deste plano corpóreo básico, diversas famílias desenvolvem especializações para locomoção em água (ex.: membranas interdigitais), para escavação do solo (queratinização dos pés traseiras e cabeça afilada), e para vida arborícola (discos digitais com glândulas mucosas para prenderem-se a superfícies verticais).

As cecílias (160 espécies de Gymnophiona) medem entre 10cm e 1,5 metros, e apresentam as seguintes sinapomorfias: a) redução ou perda completa de todos os membros, sendo escavadoras ou aquáticas; b) um par de tentáculos protáteis e sensoriais em cada lado do focinho entre os olhos e as narinas. Estes tentáculos utilizam muitos músculos oculares (retrator bulbi, elevador bulbi), e em algumas espécies de cecílias, o olho acompanha o movimento do tentáculo saindo da cápsula ocular. As cecílias cavadoras apresentam ainda outras especializações corpóreas, tais como: olhos recobertos por tegumento ou osso, ou perda completa dos olhos, anéis dérmicos (com escamas em algumas espécies) para proteção do corpo contra o atrito. Por esse conjunto de caracteres alguns anfíbios Gymnophiona podem ser confundidos com anelídios pela população geral.

Ecologia

A racionalidade biológica atual -fundamentada em Modelos de Otimização- assume que o surgimento, a perda e as modificações de estruturas reflete a importância das estruturas para o animal em termos de sucesso reprodutivo, e em termos de sucesso evolutivo para a espécie. Assim, as características dos animais (sejam morfológicas, fisiológicas ou comportamentais) correspondem à maneira como estes animais interagem com o meio (biótico, abiótico e social) de modo a permitir as atividades vitais de alimentação, sobrevivência e reprodução.

Todo os anfíbios adultos são carnívoros e esta correspondência (morfologia-ecologia) é melhor observada nos anfíbios anuros. Muitas espécies que dão grandes saltos são predadoras passivas, do tipo senta-e-espera. Estas espécies também têm grandes bocas, capazes de capturar pequenos vertebrados (incluindo aves e mamíferos) com um grande e rápido salto. Os anuros predadores passivos apresentam coloração críptica, para evitar eles mesmos serem detectados. As espécies capazes de saltos pequenos são geralmente predadoras ativas, locomovendo-se pelo ambiente em busca de alimento. Estas espécies costumam ter bocas menores, glândulas de veneno no corpo e coloração aposemática, como forma de proteção contra predadores. Os anuros que vivem próximos da água e podem realizar grande parte da respiração pelo tegumento, têm aparelho hióideo liberado da função de bombeamento de ar para o pulmão. Assim, os anuros aquáticos utilizam a sucção para capturar as presas e os semi-aquáticos possuem línguas pegajosas que são protraídas para capturar a presa.

As salamandras têm distribuição geográfica restrita, concentrando-se principalmente na América do Norte, algumas espécies ocorrendo no Japão e China. Esta distribuição deve-se possivelmente à necessidade de climas mais temperados. Todas alimentam-se basicamente de insetos, e os machos defendem pequenos territórios. Durante conflitos (ou em risco de predação), uma parte da cauda (onde existe acúmulo de tecido adiposo) pode ser autotomizada para facilitar a fuga do indivíduo. Estudos de Ecologia Comportamental (ou mais especificamente: estudos sobre teoria de forrageio social) demonstram que as salamandras são capazes de ajustes comportamentais para forrageio ótimo: em ambientes sem competidores as salamandras capturam apenas os maiores itens alimentares, em ambientes com competidores as salamandras capturam todos os itens alimentares possíveis sem distinção de tamanho. Variações no tamanho da cabeça em espécies simpátricas indicam redução de competição alimentar.

Um outro fenômeno observado em salamandras é o do “querido inimigo” (dear enemy). Este fenômeno foi descrito pela primeira vez em pássaros, mas estudos mostram que salamandras machos são capazes de distinguir pelo odor machos que habitam territórios vizinhos de machos completamente estranhos, e se comportarem diferentemente diante deles, atacando mais ativamente os estranhos que os vizinhos. Em pássaros o fenômeno vai um pouco mais além, com machos de territórios vizinhos aliando-se contra machos intrusos! A observação destes dois comportamentos (forrageio ótimo e dear enemy) em animais com neocórtex pouco desenvolvido levanta questões acerca das teorias sobre evolução do cérebro e do comportamento social.

Pouco se sabe da ecologia das cecílias além do fato de que ocorrem em regiões tropicais, e alimentam-se de pequenas presas (cupins, minhocas, larvas de insetos). Seu plano de corpo indica hábitos fossoriais.

Outros vertebrados são os principais predadores de anfíbios, que têm como mecanismo de defesa a presença de glândulas mucosas e/ou venenosas em seu tegumento. Muitos anuros anunciam sua toxicidade através de coloração brilhante (aposematismo), e algumas espécies não venenosas defendem-se por apresentarem coloração semelhante à das espécies venenosas.

Modificações da estrutura corpórea também estão relacionadas à reprodução. Nos anuros a fertilização é externa, com o macho segurando a fêmea na região peitoral (amplexo axilar) ou na região pelvina (amplexo pelvino). A reprodução pode ser explosiva, com muitos animais agregando-se em charcos ou lagoas, ou prolongada. Neste caso, os machos chegam antes das fêmeas e estabelecem territórios onde ficam por vários meses à espera das fêmeas, que os escolhem com base na vocalização emitida. Assim, em anuros de reprodução prolongada a seleção sexual, além da seleção natural, age como pressão para determinação de formas corpóreas dos anuros.

Nas salamandras a fecundação é interna na maioria dos grupos, realizada pela transferência de espermatóforo do macho para a fêmea. A forma do espermatóforo serve como indicador taxonômico para espécies. É possível verificar um continuum de exibição de comportamentos de corte nas salamandras, desde um simples aproximar-se, até um ritual de movimentação de caudas e expansão da região gular. Algumas espécies possuem glândulas hedônicas que são utilizadas para atrair fêmeas. Novamente aqui, a seleção sexual age como pressão para determinação de formas corpóreas das salamandras, com algumas espécies apresentando grande dimorfismo sexual.

Nas cecílias a fecundação é interna, realizada através de um órgão copulador do macho que é uma extensão da cloaca, e a viviparidade matrotrofica ocorre em 75% das espécies (ou seja, após a eclosão os embriões permanecem dentro do oviduto da mãe, alimentando-se através de ramificações capilarizadas do tecido do oviduto - leite de útero).

Em espécies metamórficas a especialização corpórea dos girinos reflete uma ecologia particular, diferente da dos adultos, e permite que os filhotes não entrem em competição com os adultos pelo mesmo tipo de alimento. Os girinos são geralmente herbívoros filtradores, com a corrente de água que entra para ventilar as brânquias sendo filtrada pela cesta branquial e transportados através de movimentos ciliares pela faringe até o esôfago. A forma de por a água em movimento pela cesta branquial varia deste permanecer com a boca aberta em águas correntes, movimentar o lodo do fundo com uma região bucal queratinizada até formar grupos (de irmãos!) que se movimentam criando correntes de água. Com o processo de amadurecimento e crescimento corpóreo as brânquias tornam-se progressivamente mais ineficazes para coletar alimento suficiente, a metamorfose é completada com a absorção da nadadeira caudal.

Importância

A principal importância ecológica dos anfíbios é o controle de populações de insetos, pois os anfíbios são seus maiores predadores. Como animais ectotérmicos (com a temperatura corpórea sendo mantida a partir de fontes térmicas ambientais e não a partir do metabolismo alimentar), todo alimento ingerido pelos anfíbios é utilizado para produção de tecidos e de reprodução. Assim, os anfíbios constituem um importante caminho de acesso energético dos consumidores secundários, com grande parte da energia dos ecossistemas passando pelo corpo destes animais. Uma terceira importância dos anfíbios é a de bioindicadores. Como a respiração cutânea é prejudicada em ambientes poluídos, a contagem do número e tipo de anfíbios encontrados serve como indicador da qualidade do ar local.

Para além de seu papel no ecossistema, os anfíbios são aproveitados pelo homem num nível econômico. Uma grande variedade de substâncias farmacológicas é extraída do tegumento de anfíbios e constituem importantes analgésicos em tratamentos médicos. O comércio de rãs tem crescido, sendo uma potencial fonte de renda e empregos para muitas pessoas.

Tema 9: Reptilia: Morfologia, Sistemática, Ecologia e Importância

Cenário Evolutivo e Morfologia Geral

Os animais vivos tradicionalmente conhecidos como Répteis são as tartarugas (Ordem Testudina ou Chelonia), os jacarés e crocodilos (Ordem Crocodylia), os lagartos e serpentes (Ordem Squamata) e as duas espécies de tuatara vivos (Ordem Rhyncocephalia)³. Este, entretanto, não é um grupo monofilético, porque o ancestral comum mais recente dos Crocodylia é compartilhado com as Aves, e não com os Squamata ou Testudines. Em outras palavras os Crocodylia são mais aparentados às Aves do que aos Squamata e Rhyncocephalia. Desta forma, as aves deveriam compor uma outra ordem de répteis e não constituir uma classe separada como na classificação tradicional. O grupo Réptil sem aves é, portanto, um grupo merofilético, oriundo de uma época em que tanto as sinapomorfias quanto as simplesiomorfias eram utilizadas como critério para verificar proximidade entre os táxons. Só recentemente a Sistemática Filogenética argumentou que apenas caracteres sinapomórficos devem ser utilizados para inferir ancestralidade comum. O termo, entretanto, é de uso comum e mantido para fins didáticos.

Após o surgimento dos primeiros Tetrápodes no final do Devoniano ou início do Carbonífero, os répteis são os primeiros Tetrápodos a realmente levarem uma vida totalmente terrestre. A invasão deste ambiente foi possível devido a especializações para vida longe da água, principalmente no modo de reprodução e no tegumento.

A reprodução dos répteis ocorre por fecundação interna obrigatória e produção de ovos amnióticos. Os ovos anamnióticos (dos peixes e anfíbios) apresentam apenas uma fina camada de endoderme embrionária recobrendo o vitelo. Nos ovos amnióticos, três outras camadas são depositadas sobre esta: o âmnio (originado do ectoderma), o alantóide (uma camada líquida, originada do endoderma e mesoderma do tubo digestivo) e o cório (originado do mesoderma). A fecundação é interna em todos os répteis, e uma casca porosa secretada por glândulas do oviduto da fêmea recobre este ovo amniótico antes da postura. Ou seja, os ovos dos répteis apresentam camadas que além de fornecerem alimento, e meio líquido, protegem o embrião contra choques mecânicos e evitam a dissecação, ocorrendo assim “independência” da água.

Os répteis apresentam também especializações contra perda de água. A pele é não glandular, sendo espessa, cornificada e recoberta por escamas queratinizadas que promovem

³ Por limitação de espaço e tempo serão omitidas discussões acerca de répteis fósseis (dinossauros) que formam um grupo monofilético com as Crocodylia e Aves.

a retenção de água no corpo. A beta-queratina é um tipo de queratina mais resistente e flexível observada apenas nos répteis. Este escudo dérmico é trocado periodicamente para o crescimento do animal, e a troca pode ser completa (como nas cobras) ou paulatina (como nos jacarés). O corpo é dividido em cabeça, pescoço, tronco e cauda, com pernas curtas localizadas lateralmente. Ocorre a presença de garras, protegendo a extremidade dos dedos e artelhos, e auxiliando na locomoção.

Especializações nos outros sistemas acompanham este novo modo de vida. O sistema excretor é formado por rins metanéfricos que secretam ácido úrico (mais concentrado que a uréia), reduzindo a perda de água pela urina. Glândulas de sal, localizadas na abertura nasal ou na bainha da língua fornecem um caminho extra-renal para a excreção de sal, e contribuem para conservação da água. A respiração dos répteis é realizada através de pulmões com bastante área interna (não brânquias ou tegumento), o que melhora a captação de oxigênio, e por mecanismos de pressão negativa (expansão das vértebras ou contração e expansão das vísceras em tartarugas). O coração é imperfeitamente dividido em quatro câmaras, e a circulação dos répteis ocorre através de dois circuitos: um circuito venoso e um circuito pulmonar. O átrio direito recebe sangue desoxigenado do corpo, daí o sangue segue para o cavum venoso (no ventrículo) e deste para a artéria pulmonar. O sangue oxigenado chega no átrio esquerdo, segue para o cavum arterioso (no ventrículo) e este para os arcos aórticos. O sistema digestivo é completo, e a vesícula biliar, o fígado e o pâncreas são bastante desenvolvidos, aumentando a eficiência metabólica. O sistema nervoso é composto por encéfalo dividido em três partes (prosencefalo, mesencefalo e rombencefalo), com doze pares de nervos que se entendem e ramificam-se longitudinalmente no animal. Ocorre redução da linha lateral, mas aperfeiçoam-se os sentidos da visão, gustação, cheiro (algumas espécies com órgão vômeronasal) e audição.

No geral, percebem-se especializações que capacitam o animal não apenas a viver e ter filhotes em terra, como também a manter um alto nível de atividade e de explorar vários nichos ecológicos. Apesar de ecotérmicos, os répteis exibem uma menor amplitude de variação para o funcionamento fisiológico, o que culminou com o desenvolvimento da endotermia nas aves.

Sistemática e Morfologia dos Répteis vivos

De posse deste plano corpóreo básico ocorreram diversos eventos de evolução paralela e convergente de diversas linhagens de répteis durante o Mesozóico, o que dificulta o conhecimento das relações filogenéticas deste grupo. Uma primeira divisão segue o padrão

de fenestração do osso temporal do crânio, junto à órbita ocular, para inserção de músculos adutores da mandíbula (temporal e masseter) e separa os répteis Anapsídeos dos Diapsídeos. As tartarugas são répteis Anapsídeos (Ana = sem; psida = arco), ou seja, elas não apresentam fenestração no crânio e, conseqüentemente, não apresentam o arco temporal entre orifícios. Nos testudines alguma mobilidade da mandíbula é alcançada pelo aumento marginal da porção caudal do crânio, onde se inserem os músculos mandibulares. As outras três classes de répteis são Diapsídeos, ou seja, apresentam duas fenestrações no crânio (e dois arcos temporais - superior e inferior) para passagem dos músculos mandibulares. Esta diferença cranial reflete diferenças na complexidade da musculatura muscular (tamanhos e posições de inserção dos músculos) e, portanto, diferenças na de cinese e força da mordida dos animais, e nichos ocupados.

Os diapsídeos podem ainda ser subdivididos em Archosauomorpha (grupo ao qual pertencem os Crocodylia e as Aves) e os Lepidosauomorpha (grupo ao qual pertencem os Squamata e Rhyncocefalia). Os archosauomorpha apresentam duas outras fenestrações no crânio (o forame rostro-orbital e o forame mandibular), e os lepidosauomorpha perderam a barra orbital inferior (lagartos) ou ambas as barras orbitais (serpentes). A abertura de mais fenestrações indica uma maior potência da mordida pela inserção de mais músculos mandibulares, enquanto a perda de barras orbitais indica uma maior abertura das mandíbulas.

Ao todo existem atualmente cerca de 6.800 espécies de répteis (excluindo as aves), que podem ser agrupadas em quatro ordens de acordo com outras especializações corpóreas além do padrão de fenestração craniana. Diferenciam-se: os répteis anapsídeos (Testudines), os diapsídeos archosauomorfos (Crocodylia) e os diapsídeos Lepidosauomorfos (Squamata e Rhyncocephalia).

Ordem Testudines

Os testudines existem desde o Triássico, e a chave do seu sucesso foi o desenvolvimento de um casco altamente ossificado que é formado por uma parte superior, a carapaça, e uma parte inferior, o plastrão. Ao todo, o casco cresce a partir de 59 centros diferentes de ossificação que se fundem à coluna vertebral e às costelas, sendo estes animais os únicos a apresentarem as costelas externas às cinturas (peitorais e pélvicas). Este casco é recoberto por escudos córneos de origem epidérmica. Na carapaça observam-se os escudos cervicais, vertebrais, marginais e pleurais (próximos à margem). No plastrão visualizam-se os escudos gular, humeral, peitoral, abdominal, femoral e anal. Áreas flexíveis (charneiras)

podem existir entre alguns centros de ossificação, permitindo alguma maleabilidade ao casco. As charneiras podem ser sexualmente dimórficas.

Estes animais têm crescimento indeterminado (ou seja, crescem durante toda a vida) e atingem quando adultos comprimentos entre 15 e 150cm. Apresentam maxila e mandíbula sem dentes, mas com lâminas cornificadas utilizadas para esmagar o alimento. A respiração pulmonar dos testudines aquáticos pode ser complementada por respiração cutânea, bucofaringeal e através de uma bexiga cloacal (sacos com paredes finas nesta região onde é possível manter uma reserva de oxigênio durante longos mergulhos). Durante a cópula, tartarugas e jabotis exteriorizam um órgão copulador cloacal que é inserido na fêmea para depósito dos espermatozóides.

As tartarugas e jabotis apresentam membros de mesmo tamanho e, como não é possível uma grande expansão e contração do casco, a respiração das tartarugas se dá através de contrações e expansões dos órgãos internos. Apenas 220 espécies de quelônios existem, organizadas em 13 famílias e duas subordens. Os cryptodira retraem a cabeça para dentro do casco curvando o pescoço em forma de S. Os pleurodira retraem o pescoço curvando-o horizontalmente. Todos os Pleurodira são aquáticos, enquanto os cryptodira podem ser aquáticos, semi-aquáticos e terrestres.

Os Diapsida Lepidosauromorfos: Ordens Squamata e Rhyncocephalia

Lagartos, serpentes e duas espécies de tuatara compõem os representantes vivos dos diapsídeos lepidosauromorfos, que compartilham o fato de terem um tegumento coberto de escamas relativamente impermeável à água, que é trocado por completo em intervalos. A locomoção se dá por movimentos dos músculos axiais do corpo (como nos peixes), com pouca movimentação dos membros. A respiração ocorre por pressão negativa com a expansão das costelas. Isto significa que enquanto se locomovem, estes animais têm dificuldade para respirar, sendo necessário interromper a locomoção em intervalos para poder respirar. Todos os lepidosauromorfos apresentam órgão copulador bifurcado e paralelo (hemipênis) na base da cauda, mas apenas um é inserido na cloaca feminina durante a cópula.

Estes animais são agrupados em duas ordens: a ordem Rhyncocephalia, que tem apenas uma família (Sphenodontidae) e duas espécies de tuatara; e a Ordem Squamata composta pelos lagartos e cobras. A ordem Squamata é subdividida em duas linhagens: Iguania (animais com língua mucosa) e Scleroglossa (animais com língua rígida, queratinizada).

Os tuatara adultos medem cerca de 60cm, e são encontradas apenas em ilhas da Nova Zelândia. São noturnos com temperaturas do corpo variando entre 6° C (à noite) e 28° C (ao dia). A dentição é firmemente fixada aos bordos da maxila e mandíbula (acrodontes ou pleurodontes), e apresentam uma fileira de espinhos na região dorsal. Os tuatara não têm órgão copulador, mas a fertilização é interna com o macho pressionando sua cloaca contra a cloaca da fêmea.

A ordem Squamata é composta pelos lagartos e cobras. Diferentemente dos crocodilos (e semelhante aos mamíferos e aves) o crescimento destes animais é determinado, ou seja, o crescimento pára quando as placas cartilagosos entre os ossos são obliteradas no fim do crescimento. A divisão entre cobras e lagartos não encontra respaldo nas análises de filogenia sistemática, sendo as cobras lagartos que apresentam redução apendicular.

Cerca de 4.000 espécies de squamatas mantém os quatro membros (são lagartos típicos). O menor lagarto mede apenas 3 cm, e o maior lagarto é o dragão de Cômodo que atinge até 3m de comprimento. Alguns Iguania apresentam modificações no aparelho hióideo, projetando a língua para frente para capturar insetos. Esta especialização é acompanhada de refinamentos nos olhos para detecção de presas e correta estimativa de distância.

A redução apendicular ocorreu várias vezes na ordem. Cerca de 140 espécies de lagartos da família Amphisbaenia apresentam redução do tamanho dos membros, e as 2.700 espécies de serpentes são totalmente ápodes. Os Amphisbaenia possuem tegumento recoberto por anéis dérmicos (ânulos), que são quase desconectados do corpo do animal, formando um tubo dentro do qual o animal desliza para frente ou para trás. Alguns amphisbaenia apresentam especializações do crânio para cavar, tais como: cabeça rombuda, escamas queratinizadas na frente da cabeça ou focinho em forma de pá. Esta especializações, entretanto, dificultam a ingestão alimentar, e portanto, poucas espécies conseguiram desenvolvê-las.

Cerca de 2.700 espécies de lagartos escleroglossos são totalmente ápodes e têm corpo muito alongado, sendo conhecidos popularmente como serpentes. O tamanho do corpo varia desde 10cm até 10metros de comprimento. Serpentes não apresentam ânulos, mas as formas terrestres têm escamas ventrais alargadas como proteção contra o atrito e auxílio na locomoção (como pontos de apoio). Todas as serpentes têm língua bífida, que são expostas ao ar ou encostadas no chão e que transfere estímulos químicos aos órgãos vômeronasais localizados no assoalho das narinas. Mas a língua bífida ocorre também em outros lagartos (principalmente Amphisbaenia, Lacertiformes e Caranoidea), não constituindo, portanto,

uma sinapomorfia deste grupo. O alongamento e redução do diâmetro do corpo impõe dificuldades na ingestão de presas, pois as mandíbulas diminuem de tamanho, acompanhando a espessura do corpo. O aumento da cinesse maxilar foi alcançado nos lagartos fossoriais pela perda do arco temporal inferior, e nas serpentes pela perda dos dois arcos temporais (superior e inferior). As serpentes apresentam ainda outras especializações que aumentam a cinesse cranial, como a existência de oito articulações entre os ossos craniais, incluindo um ligamento entre as mandíbulas. O alongamento do corpo também foi acompanhado de rearranjos na anatomia interna: o pulmão esquerdo é reduzido ou ausente, a vesícula biliar é caudal ao fígado, o rim direito é cranial ao esquerdo, e a gônada direita é cranial a esquerda.

Ordem Crocodylia

Os crocodilos e jacarés são os maiores répteis vivos (algumas espécies podem alcançar 7 metros quando adultas), sendo esta uma característica compartilhada com os répteis ancestrais (dinossauros): a gigantotermia como uma estratégia de manter a temperatura do corpo estável. Este tamanho corpóreo é alcançado por um crescimento indeterminado dos ossos, ou seja, os ossos continuam a crescer durante toda a vida do animal.

O corpo é dividido em cabeça, pescoço, tronco e cauda, com pernas curtas localizadas ventrolateralmente. Esta posição mais ventral dos membros é outra herança dos ancestrais fósseis que possuíam membros localizados mais abaixo do corpo (inclusive com tendências ao bipedalismo), o que facilita a respiração durante a locomoção (diferentemente dos Squamata e Rhynchocephalia). Em verdade, esta posição “deitada” dos crocodylia atuais é um carácter secundário da linhagem.

Crocodilos e jacarés não têm cascos, mas o tegumento é formado por uma pele que contém muitos ossos (osteodermos) recoberto por escamas córneas distribuídas em fileiras longitudinais. O tegumento é trocado em fragmentos (e não de uma vez só como nas cobras). O crânio é maciço e recebe inserção de vários músculos o que permite uma mordida poderosa. Os dentes são fortes e numerosos e o aparelho digestivo inclui uma moela muscular e grandes fígado e pâncreas secretores de enzimas que auxiliam na digestão de grandes bocados de carne.

Estes animais diferenciam-se dos outros répteis por apresentarem as narinas na extremidade anterior de um longo focinho e um palato secundário, separando completamente a cavidade nasal e oral. Os pulmões dos crocodylia são bastante divididos e convolutos e a

respiração se dá por pressão negativa pela expansão das costelas. O coração é completamente dividido em quatro câmaras, havendo entretanto, um forame (Forame de Panizza) que interconecta os arcos aórticos direito e esquerdo. Quando o animal está em movimento o sangue que chega no arco aórtico direito (ligado ao ventrículo esquerdo que recebendo sangue oxigenado) tem mais pressão que o sangue no arco aórtico esquerdo (ligado ao ventrículo direito!). O forame de Panizza é aberto e ambos os arcos recebem sangue oxigenado que segue para o corpo. Um padrão oposto é observado quando o animal está em repouso ou em mergulho. A pressão do sangue no arco aórtico direito é menor, o forame é fechado, e o sangue venoso passa por ambos os arcos sendo distribuído ao corpo. Este desvio direita-esquerda faz com que o sangue circule duas vezes pelo corpo otimizando a utilização da hemoglobina sanguínea (durante o mergulho), permitindo que íons de hidrogênio sejam captados pelo estômago pra produção de ácido clorídrico para digestão durante o repouso, e aumentando o aquecimento do sangue.

Apenas 21 espécies de crocodylia existem atualmente e elas podem ser agrupadas em três famílias de acordo com a largura do focinho. Os Aligatoridae (2 espécies de jacarés) têm focinhos largos e habitam águas doces. Os Crocodylidae (18 espécies de crocodilos) têm focinho estreito e habitam água salgada, estuários, pântanos e áreas costeiras. A única espécie de Gavialidae (gavial) tem focinho extremamente fino e é piscívoro em águas doces.

Ecologia

A racionalidade biológica atual -fundamentada em Modelos de Otimização- assume que o surgimento, a perda e as modificações de estruturas reflete a importância das estruturas para o animal em termos de sucesso reprodutivo, e em termos de sucesso evolutivo para a espécie. Assim, as características dos animais (sejam morfológicas, fisiologias ou comportamentais) correspondem à maneira como estes animais interagem com o meio (biótico, abiótico e social) de modo a permitir as atividades vitais de alimentação, sobrevivência e reprodução.

A diversidade morfológica dos répteis correlaciona com a diversidade de zonas adaptativas ocupadas por estes animais. Os répteis ocupam quase todos os ambientes terrestres (não há répteis na antártica), tendo outros ocupado o ar (pelo desenvolvimento de penas nas aves ou membranas epidérmicas em pterossauros), ou ainda retornando ao ambiente aquático. Descreveremos abaixo apenas algumas correlações entre morfologia, ambiente e comportamento mais ilustrativas.

Testudines são animais de locomoção lenta, não apenas devido ao peso do casco, como devido à baixa frequência respiratória. O aparato durofágico destes animais habilita-os a se alimentarem de moluscos, mas também fazem uso de peixes, águas-vivas e plantas de diversos tipos. Os cryptodira ocorrem principalmente no hemisfério norte, enquanto pleurodira ocorrem preponderantemente no hemisfério sul, mas não se sabe ao certo a razão desta diferente colonização.

A forma da carapaça é indicativo do modo do vida dos Testudines. Os jabutis terrestres têm casco alto para proteção contra predadores, e pés iguais aos elefantes. O jabuti-toupeira é escavador, seu casco tem cúpula menos convexa, e os membros peitorais são achatados como pás. Os jabuti-panqueca têm casco com ossificação reduzida, o que permite estes animais escalar rochas e esconderem-se em buracos, achatando o casco. Tartarugas aquáticas têm carapaças baixas e membranas interdigitais. Tartarugas arborícolas apresentam redução dos plastrão, o que as permite maior curvatura do corpo durante as escaladas.

Tartarugas e jabotis apresentam comportamentos sociais elaborados, incluindo a formação de hierarquias de dominância nas tartarugas terrestres que não são capazes de longas migrações. Os adultos não sofrem grande pressão de predação, mas os filhotes são mais vulneráveis. Entretanto, não há cuidado parental além da construção de ninhos subterrâneos pelas fêmeas. O sucesso reprodutivo é alcançado pelo postura de um grande número de ovos. A determinação sexual dos ovos se dá pela temperatura do ambiente, e uma variação de 3 ou 4° C é suficiente para determinar o sexo dos indivíduos: altas temperaturas produzem fêmeas, e baixas produzem machos. A localização do ninho em áreas mais sombreadas ou abertas é, portanto, de extrema importância para estes animais.

Os crocodylia modernos são animais semi-aquáticos, encontrados em ambientes tropicais ou sub-tropicais. São predadores ativos ou do tipo senta-e-espera. Seu tamanho e a força de sua mordida permitem-nos alimentar-se de animais grandes como grandes mamíferos, mas podem alimentar-se também de moluscos e peixes. Assim como os testudines, jacarés e crocodilos adultos não sofrem grande pressão de predação mas os filhotes são mais vulneráveis. Neste caso, o sucesso reprodutivo é alcançado através da apresentação de cuidado parental (por ambos os sexos). Estes répteis também apresentam territorialidade.

Os tuatara habitam ilhas da costa da Nova Zelândia, onde se alimentam de restos ou filhotes de aves que ali nidificam, ou de invertebrados que também são atraídos aos ninhos das aves. Da mesma forma, a maioria dos lagartos de pequeno porte é insetívora, com poucos tipos apresentando especializações alimentares (mimercofagia), enquanto a maioria

dos lagartos de grande porte é herbívora. Lagartos da família Varanidae (dragão de Komodo) são predadores de vertebrados.

Lagartos são animais adaptáveis, ocupando uma variedade de nichos, e sua ecologia pode ser estudada em relação à distribuição horizontal (da costa para o interior) e vertical (do chão ao topo das árvores). Todos os animais movimentam-se em algum grau dentro deste ambiente bidimensional para sua termorregulação e atividades de forrageio. Diversas especializações anatômicas permitem às muitas espécies ocupar diferentes nichos hipervolumétricos dentro de um mesmo ambiente.

Duas estratégias de forrageio são verificadas: senta-e-espera e forrageio ativo. Os lagartos que usam a estratégia senta-e-espera geralmente têm corpo robusto, cauda curta e coloração críptica, coração menor, menos células vermelhas e metabolizam glicogênio anaerobicamente. Lagartos forrageadores ativos têm corpo mais delgado e alongado, caudas longas e autotomizáveis, coração maior, mais células vermelhas e metabolizam glicose aerobicamente.

Lagartos são territoriais e os machos competem pelas fêmeas, utilizando sinais vocais, visuais, olfativos, movimentos corpóreos e distensão do apêndice gular. Isto indica que a seleção sexual, além da seleção natural, é uma força evolutiva que molda a morfologia, fisiologia e comportamento destes animais. Os movimentos são tão esterotipados que podem ser utilizados como critério para determinação de espécies.

Diferentemente dos testudines e crocodylia, a predação é um risco constante na vida da maioria dos lagartos (exceção feita ao dragão de Komodo que mede 2m). Lagartos são predados por aves, mamíferos e outros lagartos. Os mecanismos de defesa são fuga, autotomia e glândulas venenosas no tegumento. A oviparidade como condição reprodutiva ancestral é acompanhada de um cuidado parental dos ovos no ninho, mas não se sabe se há cuidado dos filhotes após a eclosão. A viviparidade evoluiu em algumas espécies de clima frio. A partenogênese é observada em algumas espécies com território que se sobrepõem, sendo possivelmente resultado de uma especiação incompleta.

A redução apendicular das serpentes está relacionada à vida em estratos herbáceos e arbustivos densos, onde um corpo alongado pode ser manobrado mais facilmente. Aparentemente, ocorreu um efeito fundador na invasão dos continentes pelas serpentes, pois o novo mundo é caracterizado por serpentes da tribo Boinae, enquanto que o Velho mundo é ocupado por serpentes da tribo Pythoninae. Devido à ausência de membros para segurar a presa e evitar que esta se debata enquanto é capturada, as serpentes desenvolveram dois especializações predatórias: constrição e glândulas venenosas. As espécies constritoras

possuem músculos e vértebras curtos, o que permitem-nas enrolar-se em torno da presa. No entanto, estes pequenos músculos também limitam a velocidade de deslocamento: serpentes constritoras locomovem-se lentamente.

Serpentes velozes têm mais vantagens em campos abertos, não apenas para captura de roedores como para fuga de predadores. Estas serpentes desenvolveram glândulas de veneno par captura da presa. Três tipos de serpentes peçonhentas podem ser reconhecidos. Nas serpentes opistóglifas as glândulas de veneno localizam-se na base de dois dentes aumentados na região causal do maxilar. Nas serpentes proteróglifas as glândulas de veneno localizam-se na base de dois dentes aumentados na região cranial do maxilar. Nas serpentes solenóglifas existem apenas dois únicos e longos dentes na boca (cada um com uma glândula de veneno), e este dentes se deitam na cavidade oral quando a cobra mantém a boca fechada.

Por fim, vale destacar a importância da termorregulação na distribuição dos répteis. Por serem animais ecotérmicos, a maioria do alimento ingerido é transformado em tecido corpóreo e investido em reprodução. Análises de regressão mostram que um ectotermo necessita de cerca de um décimo do alimento necessário a um endotermo de mesmo tamanho. Desta forma, a disponibilidade de locais apropriados para a termorregulação parece ser um fator anterior à disponibilidade de alimentos no ambiente para a distribuição e comportamento destes animais. Uma limitação que é resolvida com a endotermia.

Importância

A principal importância ecológica dos répteis é a manutenção do equilíbrio ecológico, através do controle do tamanho das populações de suas presas. Os lagartos alimentam-se de insetos, as serpentes realizam um importante controle biológico de roedores, incluindo camundongos e ratazanas, as populações de piranhas são controladas pelos jacarés, enquanto as lagartixas auxiliam no combate de vários insetos domésticos. Da mesma forma, os répteis constituem um importante caminho de acesso energético dos consumidores secundários, com grande parte da energia dos ecossistemas passando pelo corpo destes animais.

Para além de seu papel no ecossistema, os répteis são aproveitados pelo homem num nível econômico. Crocodilos e jacarés já foram quase dizimados pela caça para a retirada de sua pele. Da mesma forma, ovos de tartaruga compunham a alimentação de diversas populações caiçaras ao longo do tempo. Atualmente, a observação de tartaturgas marinhas e jacarés em ambiente natural constitui lucrativo setor de turismo ecológico. Recentemente,

vem crescendo o comércio de lagartos para uso como animais domésticos, o que trás o risco de zoonoses.

Tema 10: Aves: Morfologia, sistemática, ecologia e importância

Cenário Evolutivo

Desde o Siluriano já existiam plantas vasculares complexas, artrópodes e moluscos em terra. Ao mesmo tempo os mares estavam repletos de peixes (Chondrichthyes e Osteichthyes) e de várias espécies de moluscos que competiam entre si na posição de consumidores e saprófagos da cadeia alimentar. No Devoniano (420 milhões de anos atrás) ocorreram formações de grandes cadeias de montanhas (na América do Norte e na Europa) separando antigos mares rasos e formando de lagos de água doce em terra. O cenário estava, portanto, preparado para uma invasão do ambiente terrestre pelos vertebrados, onde havia alimento em abundância e pouca competição. A origem dos tetrápodes coincide com o período de diversificação dos insetos no Carbonífero.

Os peixes Sarcopterígios foram os primeiros a se aventurar em terra, dos quais derivam os tetrápodes terrestres. No final do Devoniano haviam várias formas de tetrápodes que apresentavam um conjunto maior ou menor das alterações estruturais acima delineadas. Eles podem ser agrupados em duas grandes divisões. Os tetrápodes Temnospondy (batracossauros) eram formas pequenas e aquáticas, enquanto os tetrápodes antracossauros (reptilomorfa) eram maiores e mais terrestres. Os anfíbios derivam dos Temnospondy, apresentando algumas das especializações acima mencionadas, mas mantendo um padrão ancestral de reprodução e de respiração nos filhotes. Os amniótas derivam dos Antracossauros. Os antracossauros podem ser divididos em três linhagens: os Anapsida que não apresentam fenestração cranial para passagem de músculos mandibulares (temporal e masseter); os Synapsida que apresentam uma fenestração cranial unida à orbital ocular, e os Diapsida, que apresentam duas fenestrações craniais atrás da órbita ocular. Os testudines são derivados dos Anapsida, os mamíferos derivam dos synapsidas, e os répteis e aves derivam dos diapsidas.

A taxonomia que separa os Répteis e Aves em duas classes é oriunda de uma época em que tanto as sinapomorfias quanto as simplesiomorfias eram utilizadas como critério para verificar proximidade entre os táxons. Quando a Sistemática Filogenética argumentou que apenas caracteres sinapomórficos devem ser utilizados para inferir ancestralidade comum, algumas modificações foram feitas na classificação tradicional, sendo a junção entre répteis

e aves uma delas. Isto decorre do fato de que o ancestral comum mais recente das Aves é compartilhado com os Crocodylia sendo estes, portanto, mais aparentado com as Aves, do que com os Squamata ou Testudines. Em outras palavras, segundo a Sistemática Filogenética as aves deveriam compor uma outra ordem da classe dos Répteis e não constituir uma classe separada como na classificação tradicional. O termo Aves, entretanto, é de uso comum e mantido para fins didáticos.

Considerando as espécies fósseis, o ancestral comum das Aves é compartilhado com os dinossauros Terópodos (grupo ao qual pertence o famoso Tiranossauro). Estes animais compartilham as seguintes apomorfias:

- pescoço longo e móvel em forma de S;
- pé tridáctilo com postura digitígrada;
- junta intertarsal no tornozelo;
- ossos pneumáticos ociosos.

Muitas formas de répteis com penas já existiam no Cretáceo (entre 145 e 65 milhões de anos atrás), tendo as formas atuais de aves (Neornithes) surgido no final deste período. No Eoceno houve diversificação das aves aquáticas e formas não passeriformes. No Mioceno as aves terrícolas ocuparam habitats secos.

Morfologia

A biologia da Aves é dominada por duas características: a endotermia e a capacidade para o voar. Ressalta-se, entretanto, que estas duas características não são sinapomorfias das aves, pois morcegos são endotérmicos e podem voar. Morfológicamente a característica que distingue as aves (viventes e fósseis) é o corpo coberto por penas. Consideremos cada ponto separadamente.

Nos animais ecotérmicos, a maioria do alimento ingerido é transformado em tecido corpóreo e investido em reprodução, e não gasto em produção de calor. Análises de regressão mostram que um ectotermo necessita de cerca de um décimo do alimento necessário a um endotermo de mesmo tamanho. Desta forma, a disponibilidade de locais apropriados para a termorregulação parece ser um fator anterior à disponibilidade de alimentos no ambiente para a distribuição e comportamento destes animais. Esta limitação não existe para animais endotérmicos (aves e mamíferos), para estes, a disponibilidade de alimento é o fator limitante.

A endotermia provavelmente surgiu como consequência da necessidade de locomoção rápida (seja para captura de presas seja para fuga de predadores). A locomoção

em velocidade requer todo um aparato sistêmico no organismo para garantir glicose e oxigênio durante a corrida: pulmões maiores e mais convolutos, coração mais forte e compartimentalizado, mais mitocôndrias nos músculos, entre outras modificações. A presença destes sistemas mais desenvolvidos no corpo do animal significa que eles geram mais calor não apenas durante a atividade, mas também durante o repouso. Por um caminho fisiológico ainda não bem estabelecido, a taxa máxima de metabolismo aeróbico durante a corrida é cerca de dez vezes a taxa do metabolismo em repouso ou basal. Desta forma, se o ancestral das aves e dos mamíferos precisava correr muito, suas taxas de metabolismo basal também aumentariam. Bastaria o desenvolvimento de uma camada isolante no corpo para transformar um animal ecotérmico muito ativo num animal endotérmico, e dar-lhe a vantagem adicional de não ficar restrito a ambientes adequados à termorregulação. Aparentemente foi isso o que aconteceu quando os ancestrais das aves e mamíferos desenvolveram penas e pelos.

O uso das penas para o voo é, portanto, um uso derivado desta estrutura. As penas são escamas dérmicas (como as observadas em crocodilos e lagartos) extremamente alongadas e ramificadas. A composição da pena é 90% beta-queratina, 8% água, 1% de lipídio e 1% de outras proteínas e pigmentos. A estrutura básica da pena é:

- cálamo: uma base curta e tubular que fica inserido em folículos na pele até que ocorra a muda;
- raque: parte longa e afilada que origina-se do cálamo. ;
- barbas: ramificações laterais da raque. As barbas podem ainda ramificar-se formando bárbulas. As bárbulas possuem ganchos que se interconectam e as mantém alinhadas
- vexilo: conjunto de barbas da raque. Os vexilos podem ser simétricos ou assimétricos, e têm barbas plumáceas na parte próxima ao corpo, e barbas laminares, firmes, compactas e interlaçadas na parte distal.

Cinco tipos de penas podem ser distinguidos:

1) penas de contorno ou penas com vexilo: apresentam todas as estruturas acima descritas, e recobrem o corpo da ave. São denominadas rêmiges, se localizadas nos membros anteriores, ou rectrizes, se localizadas na cauda. As rêmiges podem ser primárias (se localizadas na mão) ou secundárias (se localizadas no antebraço). As regiões do corpo da ave recobertas por penas são chamadas pterilas, as que não contém penas são chamadas aptérias.

2) Plúmulas: são penas inteiramente plumáceas, nas quais a raque é menor que a barba.

3) Semiplumas: têm estrutura intermediária entre as plúmulas e as penas de contorno. A raque é longa mas todo o vexilo é plumáceo.

4) Cerdas: são penas especializadas, com longa raque e pouca barba (apenas na parte proximal). Localizam-se na base do bico, ao redor das pestanas, na cabeça ou nos artelhos (em algumas aves). Servem para filtrar partículas estranhas e percepção tátil.

5) Filoplumas: são penas extremamente finas com numerosas terminações nervosas livres nas paredes dos folículos. Auxiliam no vôo detectando variações de pressão e vibração, indicando o posicionamento das penas de contorno.

De acordo com a hipótese para origem da endotermia acima apresentada, os registros fósseis indicam que as primeiras penas eram do tipo plúmulas, havendo poucas penas com vexilo na cauda (observadas no *Protoarcheopteryx* do cretáceo inferior). As rêmiges primárias e secundárias, essenciais para o vôo, não estavam presentes no *Protoarcheopteryx*.

Existem duas teorias para a origem do vôo. A teoria arborícola argumenta que os terópodos ancestrais das aves eram animais arbóreos, que pulavam de galho em galho. Haveria, portanto, uma pressão para modificações que favorecessem um aumento da distância e da precisão destes saltos. As formas voadoras teriam, então, evoluído a partir de formas planadoras. Esta foi a teoria dominante durante muito tempo até ser substituída pela teoria do-chão-para-cima (esta também tendo sofrido alguns refinamentos). Em sua forma final, esta nova teoria argumenta que os terópodos ancestrais eram bípedes terrícolas predadores que utilizariam as asas compostas por penas com vexilos poderiam ser estendidas para ajudar no salto final sobre a presa após a perseguição. Ao movimentar as asas durante o salto a proto-ave poderia controlar a arfagem, balanço e guinada, assim como o pouso. Seria o primeiro passo para o desenvolvimento do vôo batido.

Quase toda morfologia e fisiologia das aves atuais (*Neornithes*) está vinculada com a capacidade para o vôo. Assim, apesar das especializações de cada família de aves (discutidas no próximo tópico), um plano de corpo generalizado pode ser descrito.

Os ossos pneumáticos são uma característica ancestral, mas a distribuição da pneumatização é diferente. Em geral os ossos do crânio e do membro superior são bastante pneumatizados, enquanto que os ossos dos membros posteriores são mais pesados. A coluna vertebral é bastante rígida, com as vértebras torácicas mantidas juntas por ligamentos, e duas regiões com fusão de vértebras: o sinsacro, (fusão das vértebras lombares) e o pigóstilo (fusão das vértebras caudais). Na base do pigóstilo existe uma glândula uropigeal que secreta muco para impermeabilizar as penas. A flexão da coluna só é possível entre estas três regiões. O esterno é muito alongado formando uma quilha, no qual fixam-se os músculos que movimentam as asas (peitoral e supracoracóideo). A cintura peitoral é reforçada pela união das clavículas na parte distal (a fúrcula – osso da sorte). O ílio e o ísquio são

alongados, e o fêmur estende-se do íleo até o tíbiotarso e fíbula. O tarso é alongado e funde-se cranialmente à tíbia e caudalmente ao metatarso. Os músculos de vôo representam grande parte da massa corpórea, e têm grandes concentrações de mioglobina.

O coração é completamente dividido em quatro câmaras (sem forame de Panizza). O sistema respiratório das aves é um dos mais complexos entre os vertebrados e apresenta duas estruturas exclusivas deste grupo. Um conjunto de nove sacos aéreos que tem várias vezes o volume do pulmão, e permite que o ar passe em apenas uma direção dentro dos pulmões (nos mamíferos o ar passa em duas direções: entrada e saída). Na inspiração o ar vai para os sacos aéreos posteriores e abdominais e destes para os pulmões. Na expiração, o ar sai dos pulmões para os sacos aéreos clavicular e toraxico. Assim, o ar segue sempre uma mesma rota dentro do pulmão. A captação de oxigênio é otimizada por um sistema de contra-corrente, em que o sangue nos filamentos pulmonares segue em sentido oposto ao da corrente de ar. O conjunto de sacos aéreos também contribui para a leveza do corpo e ajuda no vôo. A segunda estrutura é a siringe, um sistema de anéis cartilagosos modificados originários da traquéia e/ou brônquios, envoltos por músculos, que vibram e produzem o som.

O sistema digestivo das aves é composto por um bico sem dentes, um esôfago (em muitas espécies distendido para formar o papo – onde o alimento pode ser temporariamente estocado), um estômago com duas partes (o proventrículo: parte glandular, e a moela muscular mais caudal), um intestino delgado que recebe enzimas do pâncreas, sendo o local de digestão química, um curto intestino grosso, que desemboca numa cloaca. Algumas espécies apresentam um par de cecos entre o intestino delgado e grosso.

O sistema excretor é composto por rins metanéfricos, e ureteres que se abrem na cloaca. A precipitação de ácido úrico (mais concentrado que a uréia) e retirada da água é realizada na cloaca. Glândulas de sal, localizadas na abertura nasal ou na bainha da língua fornecem um caminho extra-renal para a excreção de sal, e contribuem para conservação da água. Aves não têm bexiga urinária. O sistema nervoso é composto por encéfalo dividido em três partes (proencéfalo, mesencéfalo e rombencéfalo) sendo deslocado dorsocaudalmente em muitas espécies. Doze pares de nervos entendem-se e ramificam-se longitudinalmente no animal. O sentido da visão é extremamente desenvolvido, os olhos são grandes e com estruturas únicas (pécten e gotículas de óleo) cujas funções exatas no auxílio à visão ainda não estão bem determinadas. Apesar da cóclea das aves ser menor que a de um mamífero de mesmo tamanho, o número de células ciliares é muito maior, o que indica que a audição das aves é, no mínimo, tão eficiente quanto a dos mamíferos. O sentido da olfação varia nas

diferentes espécies de aves. Algumas aves ainda podem orientar-se no ambiente através de outros sentidos podendo, aparentemente, detectar luzes ultravioletas, infra-sons e campo magnético da terra.

O sistema reprodutor é par nos machos, mas é impar nas fêmeas de muitas espécies. As gônadas hipertrofiam-se apenas na estação reprodutiva. A fecundação é interna ocorrendo pela fricção das cloacas, mas não havendo órgão intermitente (exceto na família Anseriformes). As aves são ovíparas, pois a viviparidade dificulta o vôo. Os ovos são amnióticos, ou seja, além da camada epidérmica que recobre o vitelo em ovos anamnióticas, três outras camadas são depositadas: o âmnio (originado do ectoderma), o alantóide (uma camada líquida, originada do endoderma e mesoderma do tubo digestivo) e o cório (originado do mesoderma). Este conjunto é recoberto por uma casca porosa (composta basicamente de cristais de calcita CaCO_3) secretada por glândulas do oviduto da fêmea. As aves exibem extremo cuidado dos filhotes após a eclosão dos ovos, que pode ser executado pelos pais ou por irmãos mais velhos.

Sistemática e Ecologia

As especializações para o vôo impõem uma uniformidade morfológica às aves muito maior do que a observada nos outros grupos vertebrados. As cerca de 9.100 espécies de aves atuais, estão agrupadas em apenas uma única Ordem (Neornithes) e uma subordem (Neognathae), mas existe muita discordância a respeito da filogenias das famílias. Uma classificação possível distribui as aves em 26 linhagens, com cerca de 190 famílias. A linhagem Passeriforme é a maior contendo cerca de 84 famílias e 4000 espécies.

A racionalidade biológica atual -fundamentada em Modelos de Otimização- assume que o surgimento, a perda e as modificações de estruturas reflete a importância das estruturas para o animal em termos de sucesso reprodutivo, e em termos de sucesso evolutivo para a espécie. Assim, as características dos animais (sejam morfológicas, fisiologias ou comportamentais) correspondem à maneira como estes animais interagem com o meio (biótico, abiótico e social) de modo a permitir as atividades vitais de alimentação, sobrevivência e reprodução.

As especializações morfológicas observadas nos diversos grupos estão relacionadas ao hábito alimentar e a aerodinâmica das asas. A forma do bico dos Piciformes (tucanos) e Psittaciformes (ex.: papagaio e periquito) está correlacionada com o hábito de comer sementes. Os Passeriformes parulídeos que comem insetos têm bicos curtos, pontiagudos e finos. Falconiformes (águia) e Strigiformes (corujas) têm bicos pontiagudos usados para

dilacerar a carne das presas. Os Anseriformes (patos, gansos e cisnes) têm bico alargado e recoberto com terminações nervosas tácteis, para facilitar a captura de alimentos na água e na lama.

Aves que comem peixe (ex.: Procelariformes - albatrozes) têm estômago distendido para acomodar grande quantidade de água, mas o proventrículo é menos ativo (indicando uma menor digestão química). Aves que comem insetos têm papo pequeno e menor moela (ex.: muitos Passeriformes). Aves granívoras têm longa moela e a fermentação é realizada nos cecos intestinais (ex.: Galliformes – codornas e perus).

A proporção entre as partes do membro anterior variam de acordo com o tipo de voo e a aerodinâmica das asas. As asas de um beija-flor (Apodiformes) têm mãos maiores que antebraço, pois são as rêmiges primárias que oferecem a força de propulsão para o voo. Já os albatrozes (Procelariformes) têm grande antebraço, pois as rêmiges secundárias oferecem estabilidade ao voo (menos vórtices).

A forma das asas está obviamente relacionada ao tipo de voo. Aves marinhas que realizam voo planador ascendente (ex.: Procelariformes - albatrozes) têm asas longas, estreitas e achatadas, o que diminui o arrasto induzido. Aves que vivem em florestas e precisam manobrar entre as árvores (ex.: Psittaciformes e Galliformes) têm asas elípticas e muito arqueadas e várias fendas nas rêmiges. Esta configuração aumenta o ângulo de ataque, permitindo a ascensão com uma corrente de ar mais fraca, ao mesmo tempo em que evita o estol (vórtices são dissipados nas fendas das rêmiges). Aves de voo rápido (ex.: Apodiformes - beija-flor) têm alto coeficiente de proporcionalidade (relação comprimento/largura), com rêmiges primárias bastante desenvolvidas para aumentar a força da batida. Aves que realizam voo planador estático (ex.: Falconiformes – águia), têm baixa carga de asa (ou seja, a massa da asa é semelhante à área da asa), o que facilita a manutenção do planeio estático.

Os membros posteriores também são modificados de acordo com o hábito das aves. Aves corredoras (avestruz, Struthioniformes) têm pés com apenas dois artelhos e carga de asa tão alta que são incapazes de voar. Aves que empoleiram-se têm pés com quatro artelhos, sendo um posterior (anisodactilia) ou dois posteriores (zodactilia) e fortes tendões plantares, que fixam firmemente os pés ao suporte. Psitacídeos têm pés zodáctilos. Aves mergulhadoras têm ossos menos pneumáticos que os daquelas não mergulhadoras e os pés apresentam membranas interdigitais entre os artelhos (ex.: Podicipediformes - mergulhões). Outras aves mergulhadoras chegaram a evoluir asas propulsoras (ex.: pinguins – Sphenisciformes).

Além destas modificações morfológicas, as aves também apresentam uma grande variedade de adaptações comportamentais. Os estudos na área de Comportamento Animal e, mais recentemente, da Ecologia Comportamental foram iniciados pela observação das aves (com Konrad Lorenz e John Krebs, respectivamente). Não será exagero afirmar que os fundamentos das teorias e modelos acerca de Otimização de Forrageio, Sistemas de Acasalamento e Cuidado Parental, estão viesados pelos padrões das Aves.

O comportamento das aves parece ocorrer de forma a otimizar a relação custo-benefício durante seu forrageio, seja em termos de caloria líquida adquirida (ou seja, retirando o custo da locomoção) por unidade de tempo de forrageio ou em termos de risco de predação por unidade de tempo de forrageio. John Krebs em seu livro “Introdução à Ecologia Comportamental” discute experimento em que foi verificado que corvos que predam moluscos bivalves, fazem vôo ascendente apenas até a altura mínima necessária para que a concha do molusco se quebre após a queda. Esta é um exemplo clássico que os cálculos teóricos da Ecologia Comportamental são poderosas ferramentas para compreensão do padrão observado na natureza.

Em geral, os machos competem entre si e exibem-se para fêmeas, com movimentos tão esterotipados que podem ser utilizados como critério para determinação de espécies. Isto indica que a seleção sexual, além da seleção natural, é uma força evolutiva que molda a morfologia, fisiologia e comportamento destes animais.

O sistema de acasalamento predominante nas aves é a monogamia. Mas este sistema varia a depender do estado de maturação do filhote ao nascer e da quantidade de ajudantes de ninho disponíveis no local. Assim, espécies que produzem filhotes altriciais e que não têm muitos ajudantes de ninho são monógamas. Por outro lado, espécies que produzem filhotes precociais e que têm ajudantes de ninho podem ser poliginicas (com machos defendendo territórios ou estabelecendo hierarquias de dominância) ou mesmo poliândricas. A presença de ajudantes de ninho depende da disponibilidade de nichos ecológicos vagos que permitam a migração dos jovens, mas a produção de filhotes altriciais ou precociais parece ser filogeneticamente determinadas, com diferenças ocorrendo entre linhagens de aves e não no interior delas.

Um comportamento ainda não bem esclarecido tanto em aves quanto em quelônios (e alguns insetos lepidópteros) é a migração em grande escala. Sabe-se que este comportamento correlaciona-se sazonalmente com a distribuição de alimento, e que as aves buscam correntes de ar quente para minimizar o custo. Entretanto, a força seletiva para a exibição de tão grandes deslocamentos ainda não é completamente compreendida.

Estes modelos, inicialmente desenvolvidos com dados de Aves, foram extrapolados para gerar hipóteses para todos os vertebrados. A validade destes modelos como ferramental teórico ainda é alvo de controvérsias, visto que eles são baseados num grupo muito restrito de animais com especializações muito peculiares: endoterma, vôo, e oviparidade. Outros modos de termorregulação (ex. ectotérmicos, mamíferos marinhos, animais que hibernam) e a dinâmica sistêmica do meio ambiente são fatores que ainda precisam ser considerados para alargar nosso referencial teórico.

Importância

As aves têm importâncias diversas. O controle biológico de pragas (insetos e moluscos), e o controle biológico de ratos e cobras são duas funções importantes das aves, tanto para o ser humano quanto para o equilíbrio do ecossistema. Aves também contribuem para a reciclagem de matéria orgânica em decomposição (ex. urubus consomem rapidamente carcaças de animais mortos, inclusive em áreas urbanas) e são importantíssimas para a polinização das flores e a dispersão de sementes, contribuindo para a manutenção dos ciclos biogeoquímicos e biodiversidade de diversos biomas.

Economicamente, os excretas de aves têm sido utilizados como adubos, e os excretas de aves marinhas reciclam o nitrogênio que tende a sedimentar no mar, trazendo-os de volta para a terra através da ingestão de peixes. A criação de aves de abate é forte setor agropecuário em diversas nações. A migração de aves pode constituir um problema econômico, pois aves transportam consigo insetos (carrapatos) e vírus que podem disseminar pandemias mundiais (como ocorre agora com a gripe do frango).

Por fim, aves são importantes fontes de lazer, inspiração e beleza. Além de possuírem belos cantos, são motivos de inspiração para símbolos, músicas, poesias, trovas, fotografias, filmes, livros. A observação de aves é um passa-tempo bastante difundido e propicia bem estar e saúde.

Tema 11. Mamíferos: morfologia, sistemática, ecologia e importância

Cenário Evolutivo

Os primeiros animais a conseguirem se reproduzir e ter filhotes totalmente terrestres surgem no Permiano (290 ma). Estes animais podem ser divididos em Tetrápodes Synapsidas (dos quais os mamíferos derivam) e em Tetrápodes Diapsídeos que deram

origem aos répteis e aves. A separação entre mamíferos e répteis é, portanto, bastante antiga, e pode ser evidenciada por diferenças no tegumento e na forma de reprodução (ver mais adiante). Assim, no Mesozóico existem tanto ancestrais dos atuais répteis e aves, quanto ancestrais dos atuais mamíferos o que gera hipóteses sobre a co-evolução destas duas classes que provavelmente se revezavam nos papéis de presa e predador e competiam por recursos similares. Entretanto, durante o Mesozóico, os tetrápodes diapsídeos puderam passar por muita diversificação devido, em grande parte, à sua Ecotermia¹. Por outro lado, a diversidade dos Tetrápodes sinapsidas, limitada pela endotermia, não ocorreu até o Cenozóico, após uma grande extinção em massa dos grandes répteis, e a liberação de grandes nichos ecológicos. Assim, o Mesozóico é conhecido como a era dos répteis e o Cenozóico é considerada a era dos mamíferos.

Morfologia dos mamíferos atuais

Tanto os répteis quanto os mamíferos apresentam especializações para uma forte mordida e para locomoção em alta velocidade. Mas cada classe apresenta apomorfias únicas.

A principal característica craniana dos mamíferos é a presença de apenas uma fenestração temporal no crânio que é fundida à órbita ocular (i.e. um crânio synapsida). Esta fenestração revela a forma de inserção dos músculos masseter e temporal, e indica duas características acerca da mordida dos mamíferos. Primeiro, é uma mordida forte, pois os músculos inserem-se no topo do crânio, o que permite uma força de contração mais vertical. Segundo, permite uma mordida cinética (e não estática) já que o músculo tem uma certa liberdade devido à sinapsia. A título de comparação o crânio dos répteis permite uma mordida mais forte (o crânio é diapsida, com duas fenestrações), mas mais estática, sem movimentação no maxilar inferior.

Esta menor força muscular da mordida dos mamíferos em relação aos répteis foi, possivelmente, compensada pelo desenvolvimento de uma dentição heterodonte, uma oclusão perfeita da mordida e molares tribosfênicos. Ou seja, os dentes dos mamíferos têm formatos diferentes indicando funções diferentes: incisivos raspam o alimento, os caninos perfuram, os pré-molares moem e os molares trituram o alimento. Os molares dos mamíferos atuais mais derivados (térios) são tribosfênicos, apresentando uma cúspide a mais aumentando a capacidade de trituração do alimento. Além disso, os mamíferos apresentam uma oclusão precisa da mordida, ou seja, os dentes superiores encaixam-se perfeitamente com os dentes inferiores. Em resumo, apesar de uma menor força na mordida, a cinese

maxilar associada à heterodontia e à oclusão precisa permite a mastigação típica e exclusiva dos mamíferos e um processamento do alimento desde a região bucal, o que auxilia os mamíferos na ocupação de nichos ecológicos.

Características do esqueleto axial dos mamíferos também são indicativos de um alto nível de atividade e locomoção. Os membros dos mamíferos localizam-se mais ventralmente o que permite que a locomoção se dê por movimento das cinturas escapular e pélvica, e não dos músculos axiais do corpo. Desta forma, a respiração não é comprometida durante a locomoção. Muitos lagartos, que têm os membros localizados mais lateralmente no tronco, precisam movimentar o tronco enquanto se locomovem, o que dificulta a respiração. Uma maior velocidade na corrida também é alcançada pela perda das costelas lombares e por uma redução do ílio, púbis e ísquio permitindo maior contração da região abdominal e mais liberdade de movimento ao fêmur. Os músculos de movimentação da perna aumentam de tamanho e inserem-se em extensões ósseas exclusivas dos mamíferos: o processo calcâneo onde se insere o músculo contrator da perna (o gastrocnêmico), e o grande trocânter, onde se inserem os músculos glúteos contratores do fêmur.

As outras duas apomorfias dos mamíferos são não fossilizáveis, mas são as mais características mamalianas mais conhecidas: o corpo coberto com pêlos e a lactação. Consideremos cada uma separadamente.

Os mamíferos têm um tegumento sem escamas (o que reflete sua antiga separação dos répteis), e coberto de pêlos. A proteção de alfa-queratina está restrita às extremidades dos artelhos e a chifres em algumas espécies. A cobertura de pêlos proporcionou o desenvolvimento da endotermia nos mamíferos, o que os permitiu ocupar nichos ecológicos não ocupados pelos répteis. A lógica desta afirmação é a seguinte. A locomoção em velocidade requer todo um aparato sistêmico no organismo para garantir glicose e oxigênio durante a corrida: pulmões maiores e mais convolutos, coração mais forte e compartimentalizado, e mais mitocôndrias nos músculos. A presença destes sistemas mais desenvolvidos no corpo do animal significa que eles geram mais calor não apenas durante a atividade, mas também durante o repouso. Por um caminho fisiológico ainda não bem estabelecido, a taxa máxima de metabolismo aeróbico durante a corrida é cerca de dez vezes a taxa do metabolismo em repouso ou basal. Desta forma, se o ancestral dos mamíferos precisava correr muito, sua taxa de metabolismo basal também aumentaria. Bastaria o desenvolvimento de uma camada isolante no corpo para transformar um animal ecotérmico muito ativo num animal endotérmico, e dar-lhe a vantagem adicional de não ficar restrito a

ambientes adequados à termorregulação, como acontece nos répteis (ver nota de fim). Aparentemente foi isso o que aconteceu quando os ancestrais dos mamíferos desenvolveram pelos, o que permitiu a ocupação de áreas não utilizadas pelos répteis ectotérmicos. Assim, a principal função dos pelos é a de isolante térmico, mas outras funções foram posteriormente somada a esta, como comunicação social, camuflagem e sensação (por associação com receptores nervosos).

O tegumento dos mamíferos também é caracterizado pela presença de três tipos de glândulas: sebáceas, apócrinas e écrinas. As glândulas sebáceas produzem uma substância oleosa que lubrifica e impermeabiliza o pelo e a pele. Glândulas apócrinas produzem substâncias químicas voláteis que são utilizadas na comunicação química (ex. glândulas do gambá), mas podem ser utilizadas para resfriamento como nos ungulados. Glândulas écrinas produzem uma secreção aquosa que é utilizada para melhorar a adesão a substratos (estas glândulas distribuem-se normalmente na sola dos pés ou nas caudas preênses). As glândulas sudoríparas dos humanos derivam de glândulas écrinas, e assumiram a função de resfriar o corpo por evaporação.

As glândulas mamárias têm estruturas semelhantes às glândulas sebáceas e apócrinas, mas não são homólogas a nenhuma das duas e caracterizam-se por secretarem enzimas lisossômicas que atacam bactérias. Assim, sugere-se que a primeira função das glândulas mamárias era emitir sinais químicos para localização da mãe pelos filhotes e proteção antibactericida do ninho. Qualquer modificação posterior para produção de uma secreção mais contínua e mais rica em gorduras que pudesse ser ingerida pelos filhotes seria de vantagem reprodutiva para o indivíduo. Todos os mamíferos têm glândulas mamárias e produzem leite, mas nem todos têm mamilos (ver próximo tópico)

A lactação e oclusão perfeita têm uma interessante relação evolutiva. A polifiodontia (ou seja, erupções múltiplas para substituição dentária) não permite a oclusão perfeita, pois dentes em diferentes fases de crescimento não teriam encaixe perfeito. Assim, Argumenta-se que a difiodontia (duas erupções para substituição dentária) é necessária para a oclusão perfeita. Mas, a difiodontia só pode ocorrer se os filhotes puderem fazer uso de uma fonte alimentar em que os dentes não são necessários. Assim, sugere-se que a lactação antecedeu a difiodontia e a oclusão perfeita. É possível, ainda, que a lactação esteja relacionada a outra característica craniana. A lactação exige um movimento dos músculos faciais para sucção, pois esta não pode ser realizada pelos distantes e pouco precisos músculos da faringe (como ocorre em peixes). Isto poderia levar a uma pressão por uma fenestração sinapsida no crânio,

para permitir este movimento. Apenas posteriormente, e em algumas ordens, os músculos faciais foram reaproveitados para expressão facial.

Com relação à anatomia interna e fisiologia, os mamíferos caracterizam-se ainda por:

- um tecido adiposo espalhado pelo corpo, e não concentrado em apenas alguns órgãos (fígado) ou áreas (base da cauda) como nos répteis não aves. Os mamíferos também apresentam um tipo único de tecido adiposo (a gordura marrom), que fornece mais energia que a gordura branca. Recém-nascidos e mamíferos que hibernam têm grandes concentrações de gordura marrom.

- Um sistema cárdio-vascular composto por coração completamente dividido em quatro câmaras, um arco sistêmico esquerdo, e presença de eritrócitos anucleados e com hemoglobina o que permite um maior transporte de oxigênio.

- Um sistema respiratório com pulmão grande, esponjoso e muito convoluto, e um diafragma muscular que auxilia os músculos costais na respiração. A entrada de ar se dá por pressão negativa e o ar nos pulmões segue em duas direções (entrada e saída).

- O sistema digestivo é completo composto por: boca, glândulas salivares, faringe, palato secundário, esôfago, estômago, intestino delgado (ao qual se ligam os ductos do fígado e do pâncreas), ceco na união do intestino delgado com o intestino grosso, reto e ânus

- O sistema excretor é composto por rins metanéfricos e apresentam Alças de Henler, um alongamento dos túbulos dos rins que aumentam a capacidade de reabsorção de água e permitem a produção de uma urina hiperosmótica em relação ao fluido corporal. Mamíferos retêm a bexiga.

- O sistema nervoso é formado por um grande encéfalo e 12 pares de nervos cranianos. Os mamíferos apresentam grande audição e olfato, e os olhos apresentam muitos bastões e *tapetum lucidum* mas a percepção de cores é relativamente pequena, o que indica que o ancestral dos mamíferos tinha hábitos noturnos.

A morfologia do sistema reprodutor e a forma de reprodução são critérios para separação das subclasses de mamíferos.

Sistemática

A classe dos mamíferos é a menor dos vertebrados com apenas 4.500 espécies (existem 4.800 espécies de anfíbios, 6.800 de répteis, 9.100 de aves e 25.000 de peixes). Este pequeno

número de espécies está provavelmente relacionado à estratégia de alto custo empregada pelos mamíferos: endotermia associada à lactação.

Os mamíferos vivos podem ser classificados em duas subclasses a depender da forma de reprodução: Prototheria (monotremados) e Theria. A subclasse Theria é separada em duas infraclases: Metatheria (marsupiais) e Eutheria (mamíferos placentários).

A subclasse Prototheria (ornitorrinco e équidina) representam a condição ancestral da classe e são os únicos mamíferos a por ovos. Os monotremados apresentam cloaca, que é uma saída para os sistemas reprodutor, excretor e digestivo, e os monotremados machos têm testículos retidos no abdômen. A quantidade de reserva alimentar no vitelo não é suficiente para sustentar o embrião até a eclosão, e os ovos são retidos no útero onde recebem alimentação por meio de secreções maternas (matotrofia sem placentação). Ao atingirem um tamanho adequado, ocorre a secreção de uma casca coriácea, antes da ovoposição. Os monotremados recém eclodidos apresentam um dente para o rompimento da casca. Ornitorrincos e équidinas têm glândulas mamárias, mas não tem mamilos, e os filhotes alimentam-se lambendo o ventre e pelos da mãe.

Os monotremados são classificados na subclasse Prototheria, infraclasse Ornithodelphia, ordem Monotremata e duas famílias: Ornithorhynchidae (ornitorrincos) e Tachyglossidae (Équidna). Os adultos não têm dentes, nem os ossos lacrimais e frontais do crânio, e apresentam um bico coriáceo com terminações sensoriais com o qual coletam alimento. Os ornitorrincos alimentam-se de invertebrados aquáticos, os équidnas alimentam-se de invertebrados terrestres.

Todos os térios são vivíparos e apresentam placenta, mas as duas infraclases distinguem-se pelo tipo de placenta formada. De uma forma geral os Metatheria têm placenta cório-vitelínica, formada a partir do saco vitelínico. Nos Euthérios, uma placenta cório-alantóideia, formada a partir das membranas corionicas e alntóica – que existem apenas nos amniotas, substitui a cório-vitelínica. Algumas variações neste padrão podem existir, com algumas espécies de marsupiais apresentando placentas cório-alantoideas transitórias e algumas espécies de eutérios retendo a placenta cório-vitelínica.

Todos os térios apresentam a saída do sistema digestivo separada da saída comum dos sistemas reprodutivo e excretor. Na maioria dos térios os testículos localizam-se numa bolsa escrotal exterior ao abdômen, mas a posição varia: nos metatherios o escroto localiza-se na frente do pênis, nos eutérios o escroto localiza-se atrás do pênis.

Ao todo 25 ordens de térios são aceitas, seis da infraclasse metatheria e 19 da infraclasse eutheria.

Os marsupiais (ex.: cangurus, gambás e coalas) são agrupados na subclasse Metatheria, e duas linhagens: Ameridelphia ou marsupiais do novo mundo, com duas ordens; e Australidelphia, marsupiais da Austrália e cercanias, com quatro ordens. A infra-classe metatheria caracterizam-se pela presença de um marsúpio (uma bolsa de pele localizada no abdômen da mãe). O sistema reprodutivo dos marsupiais fêmeas tem uma abertura urogenital que leva a duas vaginas laterais (por onde sobem os espermatozóides) e um canal pseudovaginal (por onde saem os filhotes). Estes três canais estão unidos cranialmente, logo antes de uma nova separação para formação de dois úteros que se ligam aos dois ovários. A gestação dos filhotes é curta pelo fato deles não manterem o corpo lúteo no ovário após a fecundação do óvulo, cessando a secreção da estrógeno e progesterona (que é interrompida com a degeneração do corpo lúteo). Desta forma, o filhote dos marsupiais nasce precocemente e completa seu desenvolvimento dentro do marsúpio. Apesar da interrupção da gravidez, os filhotes dos marsupiais têm membros peitorais e músculos faciais bem desenvolvidos, o que os permite “escalar” até o marsúpio, fixar-se nos mamilos e terminar seu desenvolvimento fora do corpo da mãe. Nem todos os marsupiais apresentam mamilos, e algumas espécies podem produzir diferentes tipos de leite para alimentar filhotes de ninhadas separadas.

Nos metateria o período de lactação excede o de gestação, enquanto nos eutérios, a gestação é maior que a lactação. Esta estratégia dos metatheria, parece ser uma adaptação a alta mortalidade infantil: já que grande parte do investimento materno ocorre após o nascimento, as fêmeas marsupiais terão “desperdiçado” menos energia caso o filhote venha a morrer do que as mães eutérias.

Nos eutérios, o corpo lúteo permanece no ovário por mais tempo, o que permite um maior desenvolvimento to filhotes dentro do corpo da mãe. A duração da gravidez está relacionada com o tamanho dos adultos (animais maiores tem filhotes maiores e gestação mais longa), e com o estado de desenvolvimento do filhote. Filhotes altriciais são pouco desenvolvidos, enquanto filhotes precociais tem maior desenvolvimento locomotor ao nascer.

Ecologia

A racionalidade biológica atual -fundamentada em Modelos de Otimização- assume que o surgimento, a perda e as modificações de estruturas reflete a importância das estruturas para o animal em termos de sucesso reprodutivo, e em termos de sucesso evolutivo para a espécie. Assim, as características dos animais (sejam morfológicas, fisiologias ou comportamentais) correspondem à maneira como estes animais interagem com o meio (biótico, abiótico e social) de modo a permitir as atividades vitais de alimentação, sobrevivência e reprodução. A separação entre as super-ordens dos eutherios reflete especializações alimentares e constituem um dos melhores exemplos de correlação morfologia – ecologia em nível hierárquico acima de família.

O grupo Edentata (ordem Xenartha – preguiças e tamanduás; e ordem Pholidota - pangolim) é o mais primitivo dos eutérios e apresentam especializações para mimercofagia (comem formigas): redução ou ausência total dos dentes, e alongamento do crânio e língua.

O grupo Glires é composto pelos animais de hábitos roedores (ordem Lagomorpha – coelhos e lebres; ordem Rodentia – ratos e capivaras; Ordem Macroscelidea- musaranho-elefante). Caracterizam-se por terem dois pares de incisivos aumentados com crescimento contínuo, não apresentam caninos, e têm um longo diastema (espaço entre os incisivos e caninos). A ordem Rodentia é a maior dos mamíferos.

Os insetívoros têm a dentição heterodonte completa, que os permite raspar os insetos das árvores, furar a cutícula externa, e macera-los. Os Archonta (ordem Scandentia, Primates, Dermoptera e Chiroptera) também tem dentição generalizada, e caracterizam-se por hábitos arborícolas, sendo geralmente frugívoros-onívoros, mas apresentam especializações para o voo (Chiroptera) ou planeio (Dermoptera).

A super-ordem Ferae é composta pelos Carnívoros. Apresentam dentes caninos bem desenvolvidos utilizados na captura e morte da presa (os dentes carniceiros). Este grupo também inclui herbívoros secundários (como o urso panda) e mamíferos marinhos recentes (pinípedes – focas, lões-marinhos).

A super-ordem Ungulata inclui sete ordens (Artiodactyla – ungulados de dedos pares; Cetacea – baleias e golfinhos; Perissodactyla – ungulados de dedos ímpares- Tubulidentata; Hyracoidea – musaranhos; Sirenia – peixes-boi; Proboscídea – elefantes). São animais herbívoros, apresentando molares com cúspides agrupadas formando lofos que são especializados em macerar os alimentos fibrosos. Apresentam especializações no sistema

digestivo, com estômago (artiodactilos) ou cecos (perissodactilos) com áreas contendo bactérias simbiotes para digestão de vegetais. Também especializações para locomoção em alta velocidade ou de longa distância.

Muitas outras especializações na morfologia e fisiologia e suas correlações com a ecologia existem em nível de ordem, família, gênero e espécie. Em especial, a classe dos mamíferos apresenta muitos exemplos de evolução convergente nas formas corpóreas, devido a radiação para nichos similares “desocupados” em diversos continentes no início do cenozóico após o desaparecimento dos grandes répteis. Mas a descrição destas diferenças está além do escopo deste material.

Importância

Os mamíferos têm importâncias diversas. Espécies de mamíferos ocupam o nível de consumidores primários, consumidores secundários e detritívoros da cadeia alimentar tendo, portanto, importância no equilíbrio do ecossistema. Muitos mamíferos insetívoros agem como controle biológico de pragas (alimentando-se insetos e moluscos) e os Archonta são importantes para a dispersão de sementes, contribuindo para a manutenção dos ciclos biogeoquímicos e biodiversidade de diversos biomas.

Alguns roedores e carnívoros são de agrícola, pois causam, respectivamente, danos às colheitas e às criações do homem. Outras espécies são de interesse médico e veterinário, pois podem ser hospedeiros intermediários de diversas doenças (ex.: ratos, gatos, porcos, morcegos). Espécies domesticadas fornecem companhia e transporte.

Economicamente, a criação de bovinos e suínos para o abate é forte setor agropecuário em diversas nações. O setor de ecoturismo para observação de mamíferos é um dos que mais cresce nos países com grande biodiversidade

Grande parte do conhecimento científico baseia-se em estudos (experimentais ou observacionais) de mamíferos, e muitos dos modelos sociológicos buscam respaldo no comportamento dos mamíferos. Por fim, mamíferos são importantes fontes de lazer, inspiração, beleza.

ⁱ Nos animais ecotérmicos, a maioria do alimento ingerido é transformado em tecido corpóreo e investido em reprodução, e não gasto em produção de calor. Análises de regressão mostram que um ectotermo necessita de cerca de um décimo do alimento necessário a um endotermo de mesmo tamanho. Desta forma, a disponibilidade de locais apropriados para a termorregulação parece ser um fator anterior à disponibilidade de alimentos no ambiente para a distribuição e comportamento destes animais. Assim, a ecotermia reptiliana, e a associação entre gigantotermia e utilização de alimento vegetal permitiram um grande crescimento deste clado e a diversificação de grandes formas reptilianas no Mesozóico.