



KLS

Zoologia geral I

Zoologia geral I

Alexandre Hiroshi Utiyama

© 2016 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Alberto S. Santana
Ana Lucia Jankovic Barduchi
Camila Cardoso Rotella
Cristiane Lisandra Danna
Danielly Nunes Andrade Noé
Emanuel Santana
Grasiele Aparecida Lourenço
Lidiane Cristina Vivaldini Olo
Paulo Heraldo Costa do Valle
Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Ana Claudia Bensusaski de Paula Zurron

Editorial

Adilson Braga Fontes
André Augusto de Andrade Ramos
Cristiane Lisandra Danna
Diogo Ribeiro Garcia
Emanuel Santana
Erick Silva Griep
Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

U89z Utiyama, Alexandre Hiroshi
Zoologia geral / Alexandre Hiroshi Utiyama. – Londrina :
Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016.
208 p.

ISBN 978-85-8482-697-1

1. Zoologia. I. Título.

CDD 591

2016
Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza
CEP: 86041-100 – Londrina – PR
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br
Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1 Introdução à Zoologia e Filo Nematoda _____	7
Seção 1.1 - A vida e a ciência da Zoologia _____	9
Seção 1.2 - Princípios do desenvolvimento e padrões de arquitetura corporal dos animais _____	21
Seção 1.3 - Fundamentos de taxonomia e filogenia dos animais _____	31
Seção 1.4 - Filo Nematoda: classes Secernentea e Adenophorea _____	41
Unidade 2 Filos Annelida e Mollusca _____	53
Seção 2.1 - Filo Annelida: classe Polychaeta _____	55
Seção 2.2 - Filo Annelida: classe Clitellata _____	65
Seção 2.3 - Filo Mollusca: classes Caudofoveata, Solenogastres, Polyplacophora e Monoplacophora _____	77
Seção 2.4 - Filo Mollusca: classes Gastropoda, Cephalopoda, Bivalvia e Scaphopoda. _____	87
Unidade 3 Filo Arthropoda _____	101
Seção 3.1 - Filo Arthropoda: subfilos Trilobitomorpha e Myriapoda _____	103
Seção 3.2 - Filo Arthropoda: subfilo Crustacea _____	115
Seção 3.3 - Filo Arthropoda: subfilo Hexapoda _____	127
Seção 3.4 - Filo Arthropoda: subfilo Chelicerata _____	139
Unidade 4 Filo Chordata _____	151
Seção 4.1 - Filo Chordata: subfilo Craniata: classes Myxini, Petromyzontida, Chondrichthyes, Actinopterygii e Sarcopterygii _____	152
Seção 4.2 - Filo Chordata: subfilo Craniata: classes Amphibia e Reptilia _____	165
Seção 4.3 - Filo Chordata: subfilo Craniata: classe aves _____	177
Seção 4.4 - Filo Chordata: subfilo Craniata: classe Mammalia _____	189

Palavras do autor

Prezado aluno,

Estamos dando início à disciplina de Zoologia Geral. A Zoologia é a área da Biologia especializada no estudo da vida animal, que inclui suas características morfológicas, fisiológicas e comportamentais. O mundo animal apresenta uma grande diversidade de formas e tipos, cada uma com seu papel específico nas complexas relações com o ambiente. A interação entre animais e humanos teve grande importância no desenvolvimento da civilização, tanto a sua forma mais basal, com os animais servindo como fonte de alimentos para os homens, quanto a sua participação ativa na sociedade, atuando como mão de obra em diversas atividades. Conhecer e entender as principais características de cada grupo de animais é uma etapa importante para que possamos otimizar essa interação entre animais e humanos, além de ser fundamental para a conservação das espécies animais existentes na natureza.

Essa disciplina apresenta uma série de conceitos fundamentais para o restante do curso. Portanto, é de grande importância que você, aluno, tenha pleno domínio do conteúdo teórico que será apresentado ao longo da disciplina. O contato com o material da pré-aula torna-se de grande importância para que você faça melhor proveito das discussões e resoluções de atividades durante a aula mediada.

As competências a serem desenvolvidas nessa disciplina são conhecer e compreender as principais características da Zoologia, incluindo os filos Nematoda, Annelida, Mollusca, Arthropoda e Chordata, além da importância destes animais em sua interação com o ser humano.

Na primeira unidade, conheceremos os princípios básicos da Zoologia. Também teremos contato com as propriedades fundamentais dos seres vivos e como a ciência explica o surgimento da vida em nosso planeta. Na última seção dessa unidade, começaremos os estudos dos principais grupos animais, iniciando com os vermes cilíndricos do filo Nematoda. Na segunda unidade, conheceremos os vermes segmentados, os Annelida, que contêm espécies importantes para agricultura e outras que tiveram parte no desenvolvimento da medicina. Finalizaremos essa unidade estudando o Mollusca, filo bastante importante que possui espécies utilizadas na alimentação, e outras que têm importante participação no processo de transmissão de parasitoses humanas. A terceira unidade é destinada ao estudo do Arthropoda, filo que contém uma enorme variedade de espécies que interagem com o ser humano em diversos níveis diferentes, incluindo as maiores pragas agrícolas do mundo tropical, os insetos. Finalizando a disciplina, na quarta unidade, estudaremos o filo Chordata, que contém os seres vivos que conhecemos como vertebrados, incluindo a espécie humana.

Espero que vocês façam bom proveito da nossa jornada pela vida animal. Ao longo do caminho, vocês terão acesso a informações interessantes sobre animais que vocês conhecem e também sobre alguns que vocês nunca tiveram contato.

Bons estudos!

Introdução à Zoologia e Filo Nematoda

Convite ao estudo

Nesta primeira unidade vamos trabalhar os princípios básicos da Zoologia, a grande área da Biologia que estuda os animais. Aprenderemos sobre como a vida surgiu em nosso planeta e sobre as principais teorias evolutivas que tentam explicar como os seres vivos adaptam-se ao ambiente que os cercam. Também conheceremos as teorias da hereditariedade, que explicam como as características são passadas das gerações parentais para seus descendentes. Na segunda metade dessa unidade, discutiremos sobre a taxonomia, o método como classificamos os seres vivos. Discutiremos acerca das diferentes definições de espécie e como dividimos hierarquicamente a vida em nosso planeta, dando enfoque específico aos animais. Por fim, começaremos a estudar os principais grupos de animais, iniciando pelos integrantes do filo Nematoda, os vermes cilíndricos.

A competência geral dessa disciplina é conhecer as principais características e os principais conceitos da Zoologia, além de ser capaz de identificar os atributos que definem os filos Nematoda, Annelida, Mollusca, Arthropoda e Chordata, e como estes animais interagem com os humanos, gerando impactos econômicos e na saúde pública.

Os objetivos dessa disciplina são entender como a vida originou-se em nosso planeta e como ela evoluiu para as diversas formas de vida animal que temos atualmente. Além disso, devemos ser capazes de entender a importância da organização sistemática das informações sobre os seres vivos em diversas áreas de estudo.

Ao longo dessa unidade, acompanharemos o passeio de Alex, que leva a sua filha Amanda ao Museu de História Natural pela primeira vez. A garotinha adora animais e costuma brincar no jardim de casa, mexendo na terra com suas mãos. Alex acha que esta visita ao museu será muito rica, pois poderá responder a muitas perguntas de sua filha, assim como tirar algumas de suas próprias dúvidas.

A cada seção, vamos seguir o passeio de Alex e Amanda pelas diferentes partes do Museu de História Natural. Com a ajuda dos conceitos introdutórios sobre Zoologia, você irá entender e responder aos questionamentos do pai e da filha com o auxílio dos materiais pedagógicos disponíveis: o livro didático, a webaula e as leituras sugeridas.

Vamos começar a nossa jornada, então!

Bons estudos!

Seção 1.1

A vida e a ciência da Zoologia

Diálogo aberto

Alex está bastante empolgado com sua visita ao Museu de História Natural. Afinal, é a primeira vez que a sua filha Amanda terá contato com uma quantidade tão grande de informações sobre os seres vivos. A pequena garota sempre gostou muito de animais. Seu lugar preferido para brincar é o jardim de casa, onde ela pode revirar a terra e observar o que aparece. Alex acredita que sua filha já tenha maturidade o suficiente para compreender as informações que o museu tem para oferecer. Além disso, ele pretende aproveitar o passeio para aprender algumas coisas novas, já que as perguntas de Amanda têm ficado cada vez mais complicadas de ser respondidas.

Logo que entraram no museu, Amanda ficou encantada com a quantidade de figuras de animais que estavam à mostra e surpreendeu-se quando viu a imagem de um homem ali no meio de uma das ilustrações. Imediatamente, a menina perguntou a seu pai por que o ser humano está sendo colocado no meio dos animais. Além disso, Amanda lembrou-se de um comentário de um colega na escola, que disse que os homens vieram dos macacos. Isto é verdade?

No item “Não Pode Faltar”, abordaremos os assuntos necessários para que você possa entender a importância do estudo da Zoologia e para que tenha uma melhor compreensão da relação dos animais (incluindo o ser humano) entre si e o ambiente. Deste modo, você será capaz de responder às perguntas de Amanda corretamente e fazer com que ela se interesse cada vez mais pela vida dos animais.

Não pode faltar

A zoologia como ramo da biologia

A Zoologia é a área da Biologia que estuda a vida animal. Os animais originaram-se há cerca de 600 milhões de anos e compõem um dos ramos da árvore evolutiva da vida. Eles estão inclusos em uma ramificação ainda maior, conhecida como eucariotos, organismos cujas células possuem seu material genético isolado do

resto da célula por um envoltório nuclear. Os eucariotos incorporam também as plantas e os fungos, cada qual com suas características específicas. Um dos aspectos que tornam os animais peculiares em relação aos outros grupos é o fato de obterem seus nutrientes orgânicos alimentando-se de outros organismos. As plantas utilizam a energia luminosa do ambiente para sintetizar moléculas orgânicas a partir de matéria prima inorgânica, em um processo chamado fotossíntese. Os fungos, por sua vez, obtêm seus nutrientes orgânicos a partir de seu ambiente, em geral, de matéria orgânica em decomposição.

Ao longo dessa disciplina, discutiremos as características fundamentais estruturais e do desenvolvimento presentes no reino animal.

Propriedades fundamentais da vida

O que é vida?

Esta simples pergunta tem sido feita inúmeras vezes, mas nenhuma resposta simplista é satisfatória. A vida no passado tinha propriedades diferentes daquelas que observamos nos dias atuais. A história da vida está em constante mudança, a este fenômeno chamamos de evolução. Algumas propriedades gerais surgiram ao longo da história da vida e são compartilhadas por todas as formas que chamamos de vivas. A seguir, vamos discutir as mais importantes delas.

1. **Singularidade química:** Embora os seres vivos sejam compostos pelos mesmos átomos encontrados nos objetos inanimados, a sua composição molecular é muito mais complexa. A matéria viva é constituída por moléculas longas, as macromoléculas, que podem ser classificadas em quatro categorias principais: ácidos nucleicos, proteínas, carboidratos e lipídios.

Estas moléculas estão presentes em cada entidade viva em nosso planeta. As subunidades de cada classe de macromoléculas podem gerar infinitas combinações diferentes. Podemos citar o caso das proteínas, que são formadas por uma longa cadeia linear de algumas centenas de aminoácidos. Existem cerca de 20 tipos de aminoácidos e, além das possíveis combinações no ordenamento destas subunidades, elas também podem associar-se lateralmente, formando complexas estruturas tridimensionais. Esta enorme variação é grande responsável pela diversidade que observamos nos dias de hoje. Do mesmo modo, os ácidos nucleicos, carboidratos e lipídios possuem suas subunidades e propriedades de ligação particulares.

2. **Grande complexidade e organização hierárquica:** Os seres vivos apresentam níveis de complexidade hierarquicamente organizados, que não são observados

na matéria não-viva. Em ordem crescente de complexidade, podemos organizar os níveis dos sistemas vivos em macromoléculas, organelas, células, tecidos, órgãos, sistemas, organismos, populações e espécies. Cada nível de organização incorpora seus níveis inferiores em sua estrutura. Um tecido, por exemplo, é composto por um arranjo ordenado de células com funções em comum. Uma célula, por sua vez, é composta por organelas, que são resultado de combinações de macromoléculas.

Ao subirmos no nível hierárquico, surgem algumas características novas destes níveis, chamadas de propriedades emergentes. Estas propriedades não podem ser inferidas pela somatória dos níveis inferiores que as compõem. Por exemplo, é impossível prever qual é o sistema de acasalamento, uma propriedade emergente do nível de população, estudando apenas o indivíduo de uma espécie. O aumento de complexidade biológica e o surgimento de propriedades emergentes são produtos da evolução.



Exemplificando

Em algumas das formas de vida atuais, o nível de organização de organismo corresponde ao nível de célula, como é o caso dos protozoários (amebas).

3. Capacidade de autorreplicação: A vida surgiu espontaneamente em nosso planeta apenas uma vez, em um processo muito longo e sob condições ambientais extremas. Desde então, um ser vivo é originado única e exclusivamente a partir de outro sistema vivo, em um processo denominado reprodução. Este fenômeno atua sobre todos os níveis hierárquicos de organização, gerando cópias quase idênticas de seus predecessores. As características de um indivíduo são transmitidas à sua prole por meio das informações contidas em seu DNA em um fenômeno denominado hereditariedade. A cada ciclo de reprodução, ocorrem alterações no material genético passado para os filhos, resultando em diferenças de grau variado com relação aos seus pais. Chamamos de variabilidade este conjunto de diferenças entre as características dos indivíduos.

4. Presença de material genético: O material genético permite a transmissão das características do indivíduo para as gerações seguintes. Recordando o que já foi discutido na disciplina "Biologia Celular e Molecular", todas as informações necessárias para o funcionamento de determinado ser vivo está presente em seu material genético, que corresponde ao DNA, no caso dos animais. O DNA é uma macromolécula formada por uma sequência de moléculas menores, os nucleotídeos, que, por sua vez, são compostos por um açúcar (desoxirribose), um fosfato e uma base nitrogenada, que podem ser de quatro tipos: alanina, timina, guanina e citosina (abreviadas como A, T, G e C, respectivamente). A sequência das

bases nitrogenadas no DNA serve como um código para a produção de proteínas necessárias para o desenvolvimento de um organismo. A correspondência entre a sequência de bases nitrogenadas do DNA e a sequência de aminoácidos das proteínas constituem o código genético. Praticamente todas as formas de vida observadas nos dias atuais compartilham do mesmo código genético, com poucas alterações, sendo, desta forma, uma forte evidência da origem da vida em um único evento.

5. Existência de metabolismo: Um ser vivo mantém-se por um conjunto de reações químicas essenciais, o qual chamamos de metabolismo. Estes processos podem ser classificados em duas categorias: as reações de destruição ou catabolismo e as de construção ou anabolismo. O metabolismo em um organismo é caracterizado pelo balanço entre as reações catabólicas e anabólicas e envolve processos como a produção de energia (respiração), digestão e síntese de moléculas. Em geral, o metabolismo ocorre no nível celular, de modo que os diferentes processos e reações acontecem nas organelas citoplasmáticas.

6. Desenvolvimento do organismo: O desenvolvimento corresponde à série de modificações que um organismo sofre ao longo de sua existência, que inclui mudanças no tamanho, forma e diferenciação de estruturas internas. Geralmente, quanto mais complexo é um organismo, mais drásticas serão as alterações sofridas ao longo do desenvolvimento. Algumas formas de vida multicelulares apresentam estágios de desenvolvimento distintos com diferenças morfológicas tão grandes que foram consideradas como espécies diferentes por anos. Nos animais, os estágios iniciais do desenvolvimento tendem a ser mais semelhantes entre as espécies relacionadas do que as fases mais tardias ou adultas.

7. Interação com o ambiente: Os seres vivos interagem com o ambiente ao seu redor, captando estímulos e respondendo a eles ajustando seu metabolismo de acordo. Estas respostas podem ser simples, como o movimento de aproximação a uma fonte de nutrientes ou afastamento de uma substância tóxica, ou complexos, como respostas comportamentais. A história evolutiva de uma espécie está sempre vinculada ao ambiente em que ela insere-se.

8. Capacidade de movimentação: Os sistemas vivos são capazes de realizar movimentos controlados. Estes movimentos podem ser observados no nível de célula e têm alta demanda energética, que é suprida pelo metabolismo do organismo. A capacidade de movimentação é essencial para processos importantes para a vida, como a reprodução, o desenvolvimento e a interação com o ambiente.

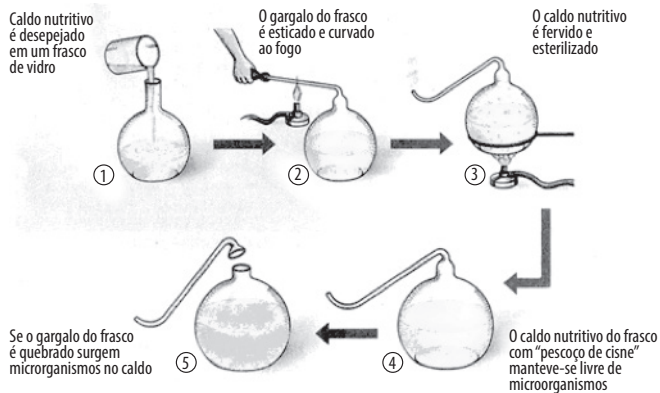
Origem da Vida

Por muito tempo acreditou-se que os seres vivos originavam-se de materiais não vivos, ou seja, que a vida era gerada espontaneamente a partir de matéria

inanimada. As observações da natureza do passado levavam a crer, por exemplo, que moscas varejeiras originavam-se da carne podre ou que as rãs pareciam surgir da terra úmida. A teoria da geração espontânea da vida parecia explicar as observações realizadas na época, até que o trabalho do cientista francês Louis Pasteur, em 1861, mostrou à comunidade científica que organismos vivos não surgiam espontaneamente de matéria não viva.

Em seu experimento, Pasteur colocou um material fermentável em um frasco cujo gargalo era alongado e em forma de "S", que permanecia aberto para o ambiente (Figura 1.1). O frasco e seu conteúdo foram fervidos por um longo período, de modo a assegurar que todo o sistema fosse esterilizado. Após o resfriamento, não havia fermentação do conteúdo do frasco. Quando o gargalo era removido, o líquido fermentava, indicando que havia pequenos microrganismos no ar que eram responsáveis pelo fenômeno. Portanto, Pasteur concluiu que a vida origina-se apenas de um organismo preexistente. Este foi o início da teoria da Biogênese.

Figura 1.1 | O experimento de Louis Pasteur



Fonte: <<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/figuras/evolucao/pasteur.gif>>. Acesso em: 17 maio. 2016.



Refleta

A importância dos experimentos de Louis Pasteur vai muito além de ter contribuído para os estudos sobre a origem da vida. Sua influência chega aos dias atuais, como exemplificado no texto disponível em: <<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Evolucao/evolucao3.php>>. Acesso em: 17 maio. 2016.

A origem e a continuidade da vida em nosso planeta dependem de diversos fatores, sendo que o mais fundamental deles é a presença de água. Esta simples molécula inorgânica, formada por dois átomos de hidrogênio ligados a um de oxigênio, compõe de 60 a 90% da maioria dos organismos vivos e possui propriedades muito importantes que explicam o seu papel essencial nos sistemas vivos.

Em 1920, os cientistas Haldane e Oparin sugeriram que a atmosfera terrestre primitiva consistia de compostos químicos simples, como água (H_2O), gás carbônico (CO_2), gás hidrogênio (H_2), metano (CH_4) e amônia (NH_3), mas o gás oxigênio (O_2), comum na nossa atmosfera atual, estaria presente em quantidades muito baixas. Estas moléculas combinaram-se formando compostos orgânicos mais complexos, utilizando como fonte de energia a radiação ultravioleta que bombardeava a superfície do nosso planeta livremente. Além disso, as descargas elétricas provenientes das tempestades, comuns neste ambiente, também atuaram como fonte de energia neste sistema. Essas moléculas orgânicas mais complexas acumularam-se nos oceanos primitivos, formando uma grande sopa quente e diluída e, eventualmente, originaram carboidratos, aminoácidos e ácidos nucléicos. A associação destas macromoléculas neste caldo primordial resultou na formação das primeiras estruturas capazes de executar sua própria replicação.



Pesquise mais

Antes de prosseguir, você pode aprofundar seus conhecimentos sobre a origem da vida com uma discussão realizada no texto disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252008000500008&script=sci_arttext&tlng=es>. Acesso em: 28 fev. 2016.

Teorias da Evolução de Darwin – Darwinismo

Em 1859, o naturalista britânico Charles Darwin publicou sua ilustre obra *Sobre a Origem das Espécies por Meio da Seleção Natural*, na qual ele explica os mecanismos naturais que levam ao surgimento de novas espécies de organismos. Sua teoria completa, o Darwinismo, abrange diversas teorias diferentes compatíveis entre si. São elas:

1. Mudança perpétua: O mundo vivo está em constante mudança, e a variação entre os organismos é mensurável ao longo do tempo e através das gerações. O registro fóssil fornece evidências fortes desta teoria e refuta as ideias criacionistas, que assumem uma origem recente e imutável de todas as formas vivas. Atualmente, a teoria da "mudança perpétua" é considerada um fato científico, pois tem resistido a inúmeras provações e é sustentada por um grande número de evidências.

2. **Descendência comum:** As diferentes formas de vida que existem ou já existiram são linhagens que divergiram a partir de um único ancestral comum. Esta teoria encontra suporte em estudos comparativos acerca da morfologia dos organismos, estrutura celular e molecular. A teoria de que a história da vida tem a estrutura de uma árvore evolutiva ramificada (conhecida como filogenia), implica o fato de que espécies que compartilham um ancestral comum há um tempo relativamente recente compartilham de maior quantidade de similaridades em todos os níveis do que aquelas que possuem uma ancestralidade comum mais antiga. A observação destes padrões de similaridade é utilizada para a reconstrução filogenética da vida e serve de base para a classificação taxonômica dos animais.

3. **Multiplificação de espécies:** Novas espécies de organismos são originadas a partir da fragmentação ou transformação de espécies mais antigas. De modo geral, espécies podem ser definidas como populações reprodutivamente distintas, podendo apresentar ou não diferenças morfológicas. Os mecanismos que levam à formação de novas espécies ainda é motivo de controvérsia, assim como a definição do termo espécie.



Assimile

Novas espécies são formadas a partir do acúmulo de alterações de uma linhagem em relação à outra, resultando em uma ramificação da árvore da vida. A evolução não é uma sucessão progressiva e linear de transformações

4. **Gradualismo:** As diferenças morfológicas e moleculares entre duas espécies são resultado do acúmulo de pequenas alterações por longos períodos de tempo. Geralmente, grandes mudanças nos organismos resultam em consequências negativas. No entanto, é possível que algumas das características estruturais dos seres vivos tenham surgido de forma mais abrupta.

5. **Seleção natural:** A mais famosa das teorias de Darwin assume três premissas. Em primeiro lugar, as espécies apresentam variação em suas características anatômicas, fisiológicas e comportamentais. Em segundo lugar, estas variações devem ser hereditárias em algum nível e, portanto, a prole tende a ser semelhante (não idêntica) aos seus pais. Em terceiro lugar, organismos distintos de uma mesma espécie apresentam um desempenho diferenciado na natureza, que se reflete em seu sucesso na sobrevivência e reprodução. As variedades que permitem seus possuidores a explorar seu ambiente de modo mais efetivo tendem a ser mais bem sucedidas, fazendo com que eles preferencialmente sobrevivam e reproduzam-se, transmitindo seus caracteres para as gerações futuras. Esses caracteres favoráveis tendem a se espalhar pela população ao longo do tempo, tornando-a

mais adaptada ao seu ambiente. Portanto, a seleção natural explica como os organismos são moldados para melhor se adequarem aos seus ambientes, um fenômeno denominado adaptação.

Um dos grandes problemas enfrentados pela teoria da seleção natural de Darwin foi a questão da hereditariedade. Acreditava-se que a transmissão hereditária de caracteres era um processo de mistura, ou seja, qualquer característica de variação que fosse favorável à população seria “diluído” no meio dos caracteres não favoráveis. Foi apenas após 1900, com os experimentos genéticos de Gregor Mendel, que se compreendeu que uma variante genética poderia ser transmitida inalteradamente pelas gerações. Mendel estudou a transmissão de características diferentes entre as gerações de linhagens puras de ervilhas de jardim. Os resultados de seus experimentos demonstraram que os efeitos de um fator genético podem estar mascarados em um indivíduo híbrido, mas permanecem inalterados durante o processo de transmissão. Mendel postulou a ideia de que os caracteres variáveis são condicionados por fatores hereditários, presentes em número par, conceito que chamamos de “gene” nos dias atuais. Os dois genes controladores de determinada característica são segregados durante a formação dos gametas e o número par é restaurado na fertilização. Estes resultados mostram que a transmissão destas características é particulada e não misturada. As descobertas de Mendel foram incorporadas ao que chamamos atualmente de teoria cromossômica da herança.

A teoria evolutiva aceita atualmente incorpora as teorias originais de Darwin com as ideias postuladas por Mendel, em uma nova abordagem, denominada Neodarwinismo.

Sem medo de errar

Agora que tivemos contato com todo o conteúdo da seção “Não Pode Faltar”, temos condição de responder às duas perguntas que Amanda fez para Alex assim que chegaram ao Museu de História Natural.

Por que o homem está representado entre os animais?

Nós, seres humanos, compartilhamos um ancestral comum com todos os animais de nosso planeta. Temos características comuns a todos os animais, por exemplo, o fato de obtermos nossos nutrientes a partir de outros organismos, como plantas (verduras, legumes e frutas), fungos (cogumelos) e outros animais (carnes, ovos, leites e derivados) comprova esse dado. No entanto, não somos igualmente relacionados a todos os animais. Os seres humanos dividem um ancestral comum mais recente com os mamíferos do que com os insetos, por exemplo.

É verdade que os humanos vieram do macaco?

Apesar de estarmos relacionados aos macacos, é incorreto afirmar que os humanos vieram dos macacos. Os humanos compartilham um ancestral relativamente recente na história evolutiva com os macacos e, dentro deste grupo, temos um ancestral comum ainda mais recente com os grandes símios (chimpanzês, gorilas, orangotangos e bonobos). A partir desse ancestral, evoluíram cinco ramificações diferentes, sendo uma delas os humanos.

As dúvidas de Amanda representam o questionamento de uma grande parcela da população não familiarizada com a teoria da evolução ou com um entendimento equivocado sobre ela. Outra pergunta comum e amplamente utilizada como crítica à teoria da evolução é: “Se nós viemos dos macacos, por que ainda há macacos por aí?”.

A partir do ancestral comum a todos os macacos, surgiram diferentes linhagens de organismos, como discutido anteriormente. Ao longo do tempo, essas linhagens acumularam alterações e foram tornando-se cada vez mais distintas entre si em todos níveis (morfológico, fisiológico e comportamental), tornando-se espécies diferentes. Portanto, pelo fato da evolução originar espécies a partir de ramificações, os macacos não deixaram de existir quando a nossa espécie originou-se, mas se originaram a partir de um mesmo ancestral compartilhado com os humanos.

Lembrem-se! A evolução não é um processo linear!



Vocabulário

Antes de prosseguir para a situação-problema, a seguir, é importante que você recorde que todos os seres vivos que conhecemos possuem propriedades fundamentais que os qualificam como tal.

Avançando na prática

O limite entre um ser vivo e um não vivo

Descrição da situação-problema

Durante o passeio no museu, Alex e Amanda caminhavam por uma seção que mostrava os organismos que causavam doenças em humanos, principalmente as verminoses. A garota, no entanto, instigada pelas inúmeras campanhas de prevenção contra a dengue, Chikungunya e Zika, perguntou ao seu pai onde estava o mosquito *Aedes aegypti*. Alex, por sua vez, fez uma pequena correção, dizendo que o mosquito não causa essas doenças, mas transmite os vírus responsáveis pelas doenças. Amanda ficou quieta por um momento e, em seguida, fez outra pergunta: “O que são vírus?”.

Alex foi capaz de responder a essa pergunta de Amanda. Os vírus são seres acelulares existentes na natureza. Tratam-se de agentes infecciosos que invadem células vivas das mais diferentes formas de vida, desde plantas e animais até microrganismos, como bactérias e fungos. Os vírus não possuem as enzimas necessárias para sua replicação e utilizam a maquinaria da célula infectada para esta finalidade.

Com toda essa discussão, Alex começou a pensar um pouco mais sobre esses seres, lembrando alguns conceitos. Os vírus são compostos por três partes básicas: um material genético, podendo ser de DNA ou RNA, um revestimento proteico ou capsídeo que protege o material genético e um envoltório lipídico (apenas fora de células).

Em seguida, o pai da garota passou a se perguntar qual seria a relação de parentesco entre os vírus e os demais seres vivos. Depois de pensar muito, Alex chegou à conclusão de que não chegaria a uma resposta, pois os vírus não podem ser considerados seres vivos. Por que Alex chegou a essa conclusão?

Resolução da situação-problema

A classificação de vírus como ser vivo vem de longa data. Alguns especialistas os consideram como vivos pelo fato de serem compostos por macromoléculas orgânicas, apresentarem complexidade relativamente alta quando comparados a materiais não vivos, possuírem material genético e estarem sujeitos à evolução e à seleção natural. Por outro lado, muitos cientistas alegam que os vírus não podem ser considerados seres vivos, pois não são capazes de se autorreplicar e não possuem metabolismo próprio.

De fato, nenhuma destas classificações está completamente certa ou errada. Os vírus apresentam algumas características comuns aos seres vivos e outras comuns à matéria inanimada.



Faça você mesmo

Antes de continuar seu estudo, pense se há outros seres que se enquadram no limite entre vivos e não vivos. Conheça os príons lendo o texto disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abd/v78n1/v78n1a02>>. Acesso em: 28 fev. 2016.

Faça valer a pena

1. Há séculos, filósofos e cientistas tentam definir o que chamamos de vida, mas nenhuma resposta simplista foi satisfatória até o momento. No entanto, podemos identificar algumas propriedades fundamentais comuns a todos os seres vivos. Entre as afirmações, a seguir, assinale a alternativa correta sobre essas propriedades:

- a) Os organismos vivos apresentam uma singularidade química, ou seja, sua composição molecular é menos complexa do que a dos materiais não vivos.
- b) Níveis mais altos de organização de um ser vivo apresentam características emergentes, que podem ser inferidas pela somatória das qualidades dos níveis mais baixos.
- c) Os seres vivos têm capacidade de autorreplicação, independentemente da maquinaria molecular de outra célula.
- d) Os sistemas vivos não interagem com o ambiente, sendo indiferentes aos estímulos externos.
- e) Um ser vivo apresenta um conjunto de reações químicas essenciais que se chama fisiologia.

2. A teoria da evolução apresenta mecanismos naturais que explicam como diferentes espécies originaram-se a partir de uma única forma de vida inicial. Sobre a afirmação “na natureza, só os fortes sobrevivem”, é correto afirmar que:

- a) Trata-se de uma afirmação correta, pois os animais mais fortes sempre são melhores sucedidos que os mais fracos.
- b) Trata-se de uma afirmação incorreta, pois todos os animais sobrevivem do mesmo modo, independentemente de suas diferenças.
- c) Trata-se de uma afirmação correta, pois os animais mais fortes sempre se alimentam dos mais fracos.
- d) Trata-se de uma afirmação incorreta, pois são os animais melhor adaptados ao seu ambiente que sobrevivem.
- e) Trata-se de uma afirmação correta, pois não existem animais fracos na natureza.

3. A teoria da evolução de Darwin, ou Darwinismo, foi revolucionária para a sua época e sua base ainda é amplamente aceita na comunidade científica nos dias de hoje. A teoria da evolução atual mais completa é chamada de Neodarwinismo. Assinale a alternativa que contém a afirmação correta sobre o Neodarwinismo:

- a) O Neodarwinismo incorpora o conceito de que os caracteres transmitidos hereditariamente não sofrem alteração, mesmo que estejam mascarados em indivíduos híbridos.
- b) O Neodarwinismo incorpora o conceito de que os caracteres não são transmitidos para as gerações seguintes.

- c) O Neodarwinismo incorpora o conceito de que não há variação entre os indivíduos de uma mesma espécie e todos possuem as mesmas chances de sobrevivência a reprodução.
- d) O Neodarwinismo incorpora o conceito de que a evolução da vida e formação de novas espécies são independentes do ambiente.
- e) O Neodarwinismo incorpora o conceito de que os caracteres transmitidos hereditariamente se misturam aos demais e seu efeito acaba desaparecendo ao longo das gerações.

Seção 1.2

Princípios do desenvolvimento e padrões de arquitetura corporal dos animais

Diálogo aberto

Vamos retomar o passeio de Alex e sua filha Amanda pelo Museu de História Natural. O pai de Amanda está muito empolgado com o fato da garota ter acesso a este mundo novo de informações, pois ela sempre gostou de animais. Amanda já conseguiu ver em exposição no museu alguns dos animais que ela observa em seu jardim, o que a deixa cada vez mais animada com o passeio. Eles ainda estão no início da visita, mas eles já tiveram contato com uma grande quantidade de informações. A pequena garota está encantada com a enorme variedade de tipos de animais, principalmente depois de aprender que nós, seres humanos, também somos animais. Amanda começou a procurar por semelhanças e diferenças que os corpos dos diferentes animais apresentam em relação ao nosso. A menina notou que a maioria dos seres que ela observou tem características em comum, como a presença de uma cabeça. No entanto, ao observar alguns animais marinhos, como águas-vivas, estrelas e ouriços-do-mar, ela percebeu uma grande diferença em relação a tudo o que ela já havia visto antes e até teve dúvidas se aqueles organismos eram animais de fato. Então, Amanda pergunta para Alex: "Onde fica a cabeça destes animais? E por que o corpo deles é tão diferente dos outros?".

Nessa seção, teremos contato com os conceitos básicos sobre o desenvolvimento animal e os padrões de arquitetura dos corpos dos animais. Ao final desta etapa, você entenderá quais são as etapas do desenvolvimento do corpo dos animais e como se organizam suas diferentes partes. Além disso, você saberá identificar os variados planos corpóreos dos animais, e como esta característica afeta a complexidade do organismo. Assim, teremos subsídios para ajudar Alex a responder esta difícil pergunta feita pela pequena Amanda. Será que a existência de uma cabeça influencia no padrão do corpo de um animal?

Não pode faltar

Pré-formação e epigênese

O conceito de pré-formação, defendido pela maioria dos naturalistas e filósofos dos séculos XVII e XVIII, trazia a ideia de que todas as partes de um organismo estavam presentes no zigoto, ou seja, que ele estava pré-formado no ovo. Deste modo, o desenvolvimento do zigoto em um adulto ocorria pelo simples crescimento ou desdobramento desta "miniatura".

Estudos posteriores com embriões de galinha mostraram que não havia um indivíduo pré-formado, apenas um material granular indiferenciado. O embrião surgiria após uma série de modificações neste material inicial. Este processo foi chamado de epigênese e defendia a ideia de que o zigoto trazia a matéria-prima necessária para a formação do indivíduo.

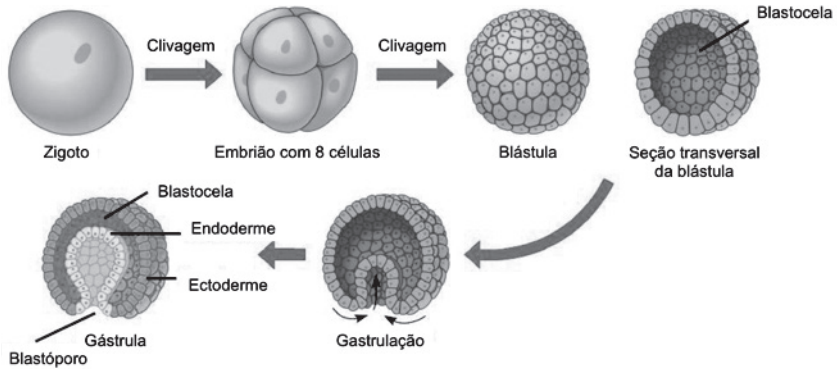
Nos organismos sexuados multicelulares, o desenvolvimento tem início no zigoto, que sofre sucessivas divisões mitóticas, e estas células passam por grandes rearranjos, interagindo entre si e formando cada tipo celular do animal. A produção das diferentes células é determinada por condições criadas em cada estágio anterior do desenvolvimento, que se tornam progressivamente mais especializadas. Cada etapa do desenvolvimento é mais restritiva que a anterior, de modo que, uma vez que as células iniciam uma rota de diferenciação, elas tornam-se determinadas, ou seja, permanentemente comprometidas com a diferenciação.

Clivagem e desenvolvimento inicial

Após a fecundação, o zigoto sofre sucessivas divisões celulares binárias sem aumento de volume celular. Este processo é chamado de clivagem. As células formadas, os blastômeros, são sucessivamente menores a cada divisão, e a clivagem segue até que elas atinjam o tamanho de uma célula somática. Ao final da clivagem, o zigoto foi dividido em centenas ou milhares de células e forma a blástula.

Antes do início da clivagem, é possível que se determine o eixo animal-vegetativo no embrião. Ele é formado pela distribuição assimétrica do vitelo e pela reserva nutritiva, a qual será utilizada para o desenvolvimento do embrião. O acúmulo de reserva em uma das extremidades do embrião estabelece uma polaridade. A região rica em vitelo é chamada de polo vegetativo e a outra é denominada de polo animal. Durante cada divisão da clivagem, forma-se um sulco de clivagem, que pode ser paralelo ou perpendicular ao eixo animal-vegetativo.

Figura 1.2 | Desenvolvimento inicial do embrião



Fonte: <https://classconnection.s3.amazonaws.com/863/flashcards/1414863/jpg/32_02animalembryodevel1335037627742.jpg>. Acesso em: 17 maio. 2016.

A quantidade de vitelo no zigoto varia entre os diferentes grupos animais. Zigotos isolécitos são aqueles que possuem pouco vitelo e distribuem-se igualmente entre os polos. Os mesolécitos possuem quantidade moderada de vitelo concentradas no polo vegetativo. Já os zigotos telolécitos apresentam grande quantidade de vitelo concentrada no polo vegetativo. Há, ainda, os centrolécitos, que acumulam o vitelo na região central do zigoto.

A clivagem ocorre mais facilmente nas regiões sem vitelo. Assim, em ovos isolécitos (e mesolécitos, num processo mais lento), com pouco vitelo, a clivagem é holoblástica, na qual o sulco de clivagem estende-se por todo o zigoto. Na clivagem meroblástica, o sulco de clivagem não consegue percorrer todo o zigoto (ovos telolécitos e centrolécitos).

A função do vitelo é nutrir o embrião. Em ovos telolécitos, o embrião dá origem a um adulto em miniatura, em um processo denominado desenvolvimento direto. Nos casos dos ovos isolécitos e mesolécitos, o desenvolvimento é indireto, pois as fases jovens desenvolvem-se em diferentes estágios larvais capazes de se alimentar e que são diferentes dos adultos. A transição da fase larval para a adulta ocorre por uma mudança drástica, denominada metamorfose. A ausência do vitelo pode ser contornada pela estratégia adotada pelos mamíferos, na qual a mãe nutre o embrião por meio da placenta.

Síntese sobre o desenvolvimento após a clivagem

Como discutido anteriormente, o zigoto é submetido a divisões binárias sucessivas sem aumento do volume celular até formar um aglomerado de células, denominado blástula. A blástula consiste de centenas a milhares de blastômeros organizados em torno de uma cavidade preenchida por fluido, a blastocela.

Em seguida, um dos lados da blástula dobra-se para dentro (ou se invagina), formando uma cavidade interna chamada de arquênteron ou gastrocele. A abertura deste espaço é chamado de blastóporo. Esta etapa do desenvolvimento do embrião é chamada de gástrula.

A camada de células externa da gástrula caracteriza o folheto embrionário denominado ectoderme. As células que definem os limites do arquênteron formam a endoderme. Este compartimento dará origem ao tubo digestivo em etapas posteriores do desenvolvimento.

Em alguns animais, o tubo digestivo é incompleto, ou seja, sua única abertura é o lastóporo. Nestes casos, a ingestão do alimento e a eliminação dos restos não digeridos ocorrem por uma única abertura. No entanto, a maioria dos animais possui um tubo digestivo completo, com uma segunda abertura sendo formada adiante no desenvolvimento. Em alguns grupos, o blastóporo forma a boca, enquanto em outros, origina o ânus.



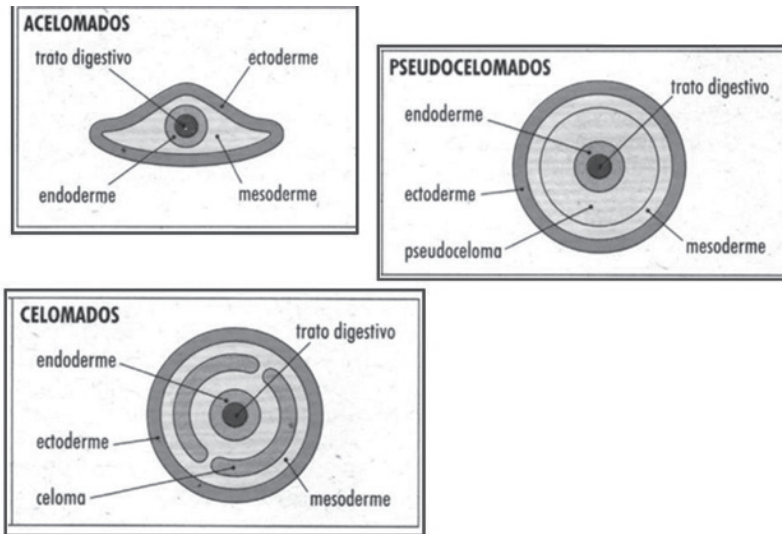
Assimile

Esponjas-do-mar, águas vivas e planárias são exemplos de animais com tubo digestivo incompleto.

Para a formação de um tubo digestivo completo, o arquênteron continua o processo de invaginação até o contato e a fusão com a ectoderme. O canal endodérmico formado, circundado pela blastocele, origina o tubo digestivo.

Alguns animais apresentam apenas dois folhetos embrionários, sendo chamados de diplobástico. No entanto, a maioria dos grupos possui três folhetos embrionários, sendo denominados triploblásticos. Este terceiro folheto, a mesoderme, pode originar-se a partir de células do lábio do blastóporo que se proliferam para o interior da blastocele ou a partir de invaginações da parede do arquênteron para o interior da blastocele. Em alguns poucos grupos, este folheto embrionário origina-se a partir da ectoderme, sendo, portanto, denominado ectomesoderme. Durante a gastrulação, a mesoderme pode recobrir completamente a cavidade da blastocele, dando origem ao celoma. Os animais que apresentam celoma são denominados celomados. Alguns grupos são desprovidos de celoma, sendo chamados de acelomados. Em outros, a mesoderme recobre apenas um dos lados da blastocele (o lado ectodérmico). Estes animais são denominados pseudocelomados.

Figura 1.3 | Classificação quanto à presença de celoma

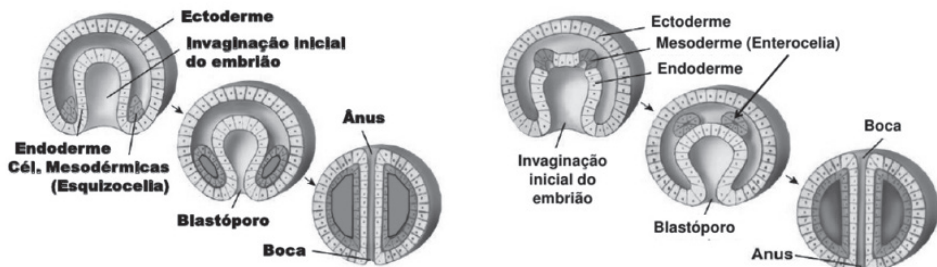


Fonte: <http://images.slideplayer.com.br/2/360092/slides/slide_15.jpg>. Acesso em: 28 fev. 2016.

Como discutido anteriormente, o blastóporo origina uma das aberturas do tubo digestivo completo. Chamamos de protostômios os grupos de animais nos quais o blastóporo desenvolve-se na boca. Quando o blastóporo forma o ânus, esses animais são denominados deuterostômios. Esta simples característica determina uma série de padrões do desenvolvimento do embrião.

No desenvolvimento protostômio a clivagem é em espiral, na qual os blastômeros sofrem uma clivagem em ângulo de 45° ao eixo animal-vegetativo. Este tipo de desenvolvimento compreende animais acelomados, pseudocelomados e celomados. Quando presente, o celoma é originado por esquizocelia, ou seja, o celoma é formado pela mesoderme oriunda de células do lábio do blastóporo que migram e se proliferam pela cavidade da blastocele.

Figura 1.4 | Formação da mesoderme por esquizocelia (esquerda) e enterocelia (direita)



Fontes: <<http://image.slidesharecdn.com/morfologia-tegumento-111003150531-phpapp02/95/morfologia-tegumento-54-728.jpg?cb=1317654486>> e <<http://image.slidesharecdn.com/morfologia-tegumento-111003150531-phpapp02/95/morfologia-tegumento-51-728.jpg?cb=1317654486>>. Acesso em: 28 fev. 2016.

No desenvolvimento deuterostômio a clivagem é radial, pois a clivagem dos blastômeros ocorre radialmente ao eixo animal-vegetativo. Os deuterostômios apresentam celoma formado por enterocelia, isto é, a partir de células que se destacam de invaginações do arquênteron.



Pesquise mais

Antes de seguir para o próximo assunto, veja como a embriologia e a teoria da evolução relacionam-se no texto disponível em: <<http://biologiaevolutiva.blogspot.com.br/2006/03/parte-3embriologia-comparativa-e-os.html>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

Organização da complexidade animal

Como discutido inicialmente na Seção 1.1 dessa unidade, os organismos vivos apresentam níveis de complexidade, de modo que cada grau é mais complexo que o anterior e o incorpora de maneira hierárquica.

O grau protoplasmático de organização compreende os organismos unicelulares eucarióticos simples. Eles realizam todas as funções vitais observadas nos animais mais complexos, apresentando diferentes estruturas celulares e organelas com funções específicas, como sustentação, movimentação, respiração, digestão e excreção. A diversidade desses organismos é resultado das variações morfológicas e funcionais das estruturas celulares, organelas e da célula como um todo.

Os próximos níveis de organização incluem os animais metazoários ou multicelulares. O grau celular de organização inclui metazoários mais simples, que apresentam células especializadas em uma determinada função, mas sem uma forte associação coletiva.

O grau celular-tissular de organização caracteriza os eumetazoários. Nestes animais, as células agrupam-se formando tecidos verdadeiros, que são unidades altamente coordenadas e comprometidas com uma função específica.

A associação de tecidos em órgãos define o nível tissular-organogênico de organização. Neste caso, um dos tecidos executa a função principal do órgão, enquanto outros são auxiliares. As células funcionais principais são chamadas de parênquima e as auxiliares, de estroma.

A maioria dos eumetazoários apresenta um último nível de organização, o organogênico-sistêmico, no qual um conjunto de órgãos atuam em um único sistema. Os sistemas são de 11 tipos diferentes: esquelético, muscular, tegumentar, digestivo, respiratório, circulatório, excretor, nervoso, endócrino, imune e reprodutivo.

Planos corpóreos animais

Os planos corpóreos dos animais são definidos por algumas características já estudadas até o momento, tais como número de folhetos embrionários, número de cavidades no corpo e grau de organização. Além destes fatores, a simetria do corpo também é parte importante na definição dos planos corpóreos e será tratada adiante. É possível se determinar a simetria corporal pelos aspectos morfológicos externos de um animal, mas a determinação das demais características do plano corpóreo demanda uma análise mais profunda.

A simetria esférica é rara entre os animais, sendo observada mais comumente entre os organismos unicelulares. Qualquer plano de divisão que passe através do centro do corpo divide o organismo em duas metades especulares (invertida como a imagem de um espelho). Corpos com simetria esférica são adequadas para rolar e flutuar.



Refleta

Pare um momento e pense em todos os animais que você conhece. Pense em três exemplos de animais com simetria radial que não foram citados no livro até o momento. Por que eles são tão raros?

A simetria bilateral é observada nos corpos que apresentam duas metades especulares quando divididos em seu plano sagital (plano que reparte o corpo do animal em lado direito e esquerdo, passando exatamente pelo centro). Animais bilaterais, como os seres humanos, são bem adaptados para a movimentação e captação de estímulos de uma direção específica. Este tipo de simetria está intimamente associado à cefalização, processo evolutivo que resultou na diferenciação de uma cabeça. Concentrar órgãos sensoriais e tecido nervoso em uma única estrutura traz uma grande vantagem evolutiva para os animais que se movimentam com a cabeça dirigida para a frente, captando o máximo dos estímulos ambientais provenientes desta direção. Além disso, a boca também se localiza na cabeça, pois boa parte da atividade animal está relacionada à busca por alimento. O surgimento evolutivo da cabeça também levou a adaptações e diferenciações ao longo do eixo ântero-posterior.



Exemplificando

Os equinodermos (estrelas e ouriços-do-mar) adultos apresentam simetria radial. No entanto, sua larva possui simetria bilateral, o que os torna mais relacionados aos animais bilaterais.

Sem medo de errar

Agora, vamos tentar responder à pergunta de Amanda, feita a Alex no início dessa seção.

Onde fica a cabeça de animais como águas-vivas, estrelas e ouriços-do-mar? Por que o corpo deles é tão diferente dos outros?

Esses animais não possuem uma cabeça ou qualquer estrutura que acumule tecido nervoso e órgãos sensoriais, pois são animais com simetria corporal radial. Estas formas captam estímulos ambientais igualmente de todas as direções. Por este motivo, os corpos desses animais são tão diferentes daqueles comumente observados em nosso dia a dia.

Como vimos na seção “Não Pode Faltar”, a formação de uma cabeça ou cefalização está intimamente associada às formas animais de simetria bilateral. Esta característica trouxe grande vantagem evolutiva, pois, deste modo, o organismo pode otimizar a captação de estímulos ambientais provenientes de uma única direção.



Atenção

As estrelas-do-mar e os ouriços-do-mar são considerados animais bilaterais por conta da simetria corporal apresentada pelas suas larvas, que são bilaterais. No entanto, os indivíduos adultos apresentam simetria radial.

Avançando na prática

Museu interativo: desenvolvimento embrionário animal

Descrição da situação-problema

Alex e Amanda chegaram a uma área no museu destinada à interatividade. Nesta ala, existem monitores sensíveis ao toque que detalham as primeiras fases do desenvolvimento embrionário dos animais. Após uma pequena videoaula, tem início uma atividade, na qual uma série de imagens de estruturas embrionárias são mostradas aos usuários, que devem identificá-las corretamente. A cada resposta correta, acumulam-se pontos que podem ser usados como moeda de troca na loja de lembranças do museu. Alex não quer decepcionar sua filha, que já está de olho em um dos bonecos de pelúcia em demonstração.

A primeira imagem corresponde a um conjunto de células formando uma esfera aparentemente maciça. Pede-se o nome dessa esfera.

A segunda imagem mostra essa esfera sendo cortada ao meio, revelando um espaço preenchido com fluido. Pede-se o nome desse espaço.

A terceira, e última imagem, corresponde a uma esfera de células com um dos lados dobrado para o interior, formando um compartimento dentro da esfera com uma abertura para fora. Pede-se o nome deste novo espaço, bem como da abertura.



Lembre-se

Para resolver esta situação-problema, você deve relembrar as fases do desenvolvimento embrionário que sucedem a clivagem, bem como as estruturas formadas ao longo do processo.

Resolução da situação-problema

A primeira imagem retrata uma esfera de células, que corresponde a uma blástula. Após a fecundação do óvulo e a formação do zigoto, ocorre uma série de divisões mitóticas (clivagem) sem aumento de volume celular. As células originadas a partir da clivagem organizam-se em uma esfera, denominada blástula.

A segunda imagem retrata a cavidade presente no interior da blástula, denominada blastocele.

A terceira imagem mostra uma gástrula. Esta estrutura é originada a partir da invaginação da parede da blástula, formando um novo espaço, denominado arquênteron. O ponto de invaginação da superfície da blástula forma um poro que comunica o arquênteron com o exterior, denominado blastóporo.



Faça você mesmo

Tendo em mente as estruturas embrionárias que foram apresentadas nesta atividade, indique como são originados cada um dos três folhetos embrionários.

Faça valer a pena

1. A hipótese da pré-formação, proposta entre os séculos XVII e XVIII, defendia que:

- a) Todas as partes de um organismo estavam previamente formadas no zigoto.
- b) O zigoto possuiria apenas a matéria-prima para o desenvolvimento do embrião.
- c) O gameta masculino continha todo o material necessário para produzir um organismo inteiro.
- d) O gameta feminino continha todo o material necessário para produzir um organismo inteiro.
- e) O zigoto seria formado pela fecundação do óvulo por múltiplos espermatozoides.

2. Após a fecundação, o zigoto sofre sucessivas divisões mitóticas sem aumento de volume celular. Este processo é chamado de:

- a) Blastulação.
- b) Gastrulação.
- c) Epigênese.
- d) Clivagem.
- e) Diferenciação.

3. O vitelo é a reserva nutricional presente no zigoto. Sua quantidade e distribuição pela célula influenciam na formação do sulco de clivagem e, conseqüentemente, no tipo de clivagem. Assinale a alternativa que relaciona corretamente o tipo de ovo (quanto à distribuição de vitelo) e o tipo de clivagem.

- a) Ovos telolécitos sofrem clivagem holoblástica.
- b) Ovos centrolécitos sofrem clivagem meroblástica.
- c) Ovos isolécitos sofrem clivagem meroblástica.
- d) Ovos centrolécitos sofrem clivagem holoblástica.
- e) Ovos mesolécitos sofrem clivagem meroblástica.

Seção 1.3

Fundamentos de taxonomia e filogenia dos animais

Diálogo aberto

Continuamos a acompanhar o passeio de Alex e Amanda pelo Museu de História Natural. Conforme eles avançam pelas diferentes alas, a pequena garota parece absorver uma quantidade enorme de informações. Neste momento, eles estão visitando a seção de animais domesticados, que retrata um cenário ancestral de como deve ter ocorrido a interação inicial dos mais diversos organismos domesticados, como galinhas, bois, cabras, cães etc. Entre os animais representados, havia um lobo que estava posicionado nos arredores de um acampamento de humanos pré-históricos. “Este cachorro parece um lobo, né?”, indagou a menina. Alex respondeu que aquele animal era um lobo mesmo e não um cachorro. Os cães domésticos que conhecemos e os lobos atuais compartilham um ancestral em comum, que viveu entre 18.000 e 32.000 anos atrás. Apesar de saber intuitivamente que cães e lobos partilham desta relação de parentesco, Amanda não conseguiu conter sua empolgação e curiosidade. “Então quer dizer que a partir deste ancestral comum, originaram-se todas essas diferentes espécies de cachorros que existem hoje?”, questionou a garota. O pai explicou que todas as variedades de cães domésticos que observamos atualmente são da mesma espécie. “Mas como pode ser?”, perguntou Amanda, com clara surpresa. Por que todos os cães domésticos são considerados da mesma espécie, apesar de sua diversidade de formas?

Ao longo desta seção, vamos aprender sobre a Taxonomia e Filogenia. Veremos como os cientistas classificam os seres vivos e quais são os principais critérios considerados para esta categorização. Também vamos entender como a teoria da evolução de Darwin foi fundamental para a consolidação do sistema de classificação utilizado atualmente e quais as dificuldades para reproduzir de modo fiel a árvore evolutiva da vida. Por fim, vamos ver como os animais estão classificados hoje em dia.

Não pode faltar

Sistemática e Taxonomia

Todos os anos, novas espécies de animais são descritas, somando-se às mais de 1,5 milhões de espécies já descobertas. Cientistas estimam que este número corresponda a menos de 20% de todos os animais existentes e menos de 1% de todos que já existiram.

As diferentes culturas humanas classificam os animais de acordo com padrões observados na diversidade animal. Os biólogos organizam essa diversidade de um modo hierárquico, de acordo com as relações evolutivas que podem ser observadas pelo compartilhamento de características homólogas, ou seja, que compartilham uma mesma origem no desenvolvimento ou na evolução. Este ordenamento é chamado de Sistemática.

A ciência da Taxonomia (“lei da ordenação”) organiza os organismos em grupos hierárquicos e produz um sistema formal para nomear e agrupar espécies. A Sistemática classifica os animais em um critério guiado pela teoria da evolução de Darwin. Os animais que possuem um ancestral comum mais recente compartilham mais características em comum e são agrupados mais recentemente no sistema taxonômico.

Linnaeus e a Taxonomia

Carolus Linnaeus foi um botânico sueco com grande talento para coletar e classificar organismos. Linnaeus produziu um sistema hierárquico de classificação cuja base ainda é utilizada nos dias de hoje. Atualmente, os animais estão categorizados em sete níveis diferentes, sendo eles (em ordem decrescente de abrangência): Reino, Filo, Classe, Ordem, Família, Gênero e Espécie. Pode-se, ainda, subdividir cada uma destas categorias, formando subgrupos como superfamílias, infraordens, subclasse etc.

A classificação aplicada na Sistemática agrupa organismos que compartilham uma característica em comum, denominada essência. Deste modo, animais que apresentam essa essência, tornam-se integrantes do grupo e os que não a possuem são excluídos. O sistemata, cientista que atua no ramo da Sistemática, deve considerar em sua classificação que os organismos vivos mudam ao longo do tempo, ou seja, eles evoluem. Portanto, as classes taxonômicas definidas por um sistemata incluem um ancestral comum e todos os seus descendentes, ou seja, todos aqueles organismos que compõem um ramo da árvore da vida.

A variação de caracteres ao longo das gerações é uma das características utilizadas para se determinar a descendência comum. Entretanto, não é necessário que este caractere essencial seja mantido na linhagem para considerá-lo como um táxon. Deste modo, o papel das características na Taxonomia e na Sistemática é fundamentalmente

diferente. Para a classificação taxonômica, leva-se em consideração a existência ou não da característica que define um grupo. Na Sistemática, analisa-se a hipótese da característica ser oriunda do ancestral comum mais recente de um táxon em particular.

O sistema criado por Linnaeus para nomear cientificamente as espécies é denominado de nomenclatura binomial e ainda é utilizado nos dias de hoje. Nesse sistema, cada espécie é representada por um nome em latim, composto de duas palavras, grafado em itálico ou sublinhado. A primeira palavra consiste no nome do gênero do grupo, um substantivo com a inicial em maiúsculo. A segunda palavra representa o epíteto específico, geralmente um adjetivo particular para cada espécie dentro do gênero e é grafado com todas as letras minúsculas.



Exemplificando

Alguns cientistas bem humorados utilizam critérios pouco ortodoxos para nomear suas descobertas. Entre os nomes científicos mais inusitados, podemos citar o fungo *Spongiforma squarepantsii*, em homenagem ao personagem de desenho Bob Esponja Calça Quadrada.

Conceitos de Espécie

Nos dias atuais, os cientistas utilizam critérios consistentes para a definição de espécie, apesar de grande discordância acerca de sua natureza. Em primeiro lugar, os membros de uma mesma espécie devem compartilhar um ancestral comum. Além disso, estes organismos devem compartilhar características comuns a todos eles, sejam morfológicas, cromossômicas ou moleculares. Por fim, membros de uma mesma espécie devem formar uma comunidade reprodutiva que exclui membros de outras espécies.

As espécies apresentam variação em sua ocorrência espacial e temporal. Diferentes espécies variam nestas duas grandezas. A distribuição geográfica de uma determinada espécie varia ao longo do período evolutivo e ela pode ser contínua ou disjunta. Estes fatores influenciam na identificação das espécies. Diferentes conceitos de espécies ajudam-nos a solucionar diferentes problemas.



Refleta

Vamos imaginar o seguinte cenário: foram encontradas duas populações de animais muito semelhantes, separadas por 500 km de distância. Seriam elas duas espécies distintas ou uma única espécie com distribuição geográfica disjunta?

O conceito tipológico ou morfológico de espécie foi criado antes do Darwinismo e assume que espécies são entidades discretas e imutáveis, sendo definidas por características fixas (em geral morfológicas) criadas por arquétipos ou divinamente. Neste caso, os cientistas reconheciam espécimes-tipo que eram depositadas em museus e utilizadas como referência morfológica ideal da espécie. Atualmente, biólogos evolutivos descartam este conceito de espécie, embora algumas de suas tradições ainda continuem.

Nos dias atuais, o conceito biológico de espécie é o mais importante, pois é inspirado pela teoria evolutiva de Darwin. Criado por Dobzhansky e Mayr, esse conceito define espécie como uma comunidade de populações intercruzantes isolada reprodutivamente das outras e que ocupa um nicho ecológico específico na natureza. Neste caso, o critério que define a espécie não envolve características morfológicas específicas, mas sim evolutivas. As espécies devem ser capazes de se reproduzir entre si e possuem descendência comum, além de compartilharem características variáveis. No entanto, a variação dos caracteres morfológicos (bem como outros caracteres, tais como estrutura cromossômica e genética molecular) ainda é utilizada para definir a distribuição geográfica de uma espécie. O conceito biológico de espécie ainda é alvo de críticas por algumas de suas características, por exemplo, a dificuldade em se definir espécies de populações ancestrais.

O conceito evolutivo de espécie foi proposto no ano de 1940 por George Gaylord Simpson e adiciona a dimensão do tempo ao conceito biológico de espécie. O conceito evolutivo define espécie como uma linhagem única de populações ancestrais e descendentes, que possui identidade distinta de linhagens semelhantes, apresentando suas próprias tendências evolutivas. Para que uma espécie mantenha sua identidade própria, o isolamento reprodutivo é fundamental. O conceito evolutivo de espécie também se aplica aos organismos com reprodução assexuada, ao contrário do conceito biológico. Em 1989, o geneticista Alan Templeton atualizou o conceito evolutivo de espécie, definindo o conceito de coesão de espécie como a população mais inclusiva de indivíduos capazes de manter uma coesão fenotípica por meio de diferentes mecanismos, como fluxo gênico (qualquer movimento de genes de uma população à outra) e alterações na frequência de alelos gênicos por seleção natural e deriva genética (mudança ao acaso das frequências gênicas que, em conjunto com a seleção natural, mutação e migração, é considerada um mecanismo da evolução).

O conceito filogenético de espécie enfatiza a ancestralidade em comum, definindo a espécie como o menor grupo possível de organismos com características distintas de grupos semelhantes e que apresentam um padrão parental de ancestralidade e descendência. Em outras palavras, a espécie filogenética é uma única linhagem de população sem ramificação detectável. Este conceito desconsidera os detalhes do processo evolutivo, de modo a descrever e relacionar espécies mais facilmente, antes de conduzir estudos detalhados sobre os processos evolutivos.



Pesquise mais

Pelo que estudamos até o momento, definir uma espécie pode ser bastante complexo. No entanto, deparamos-nos com alguns organismos no nosso dia a dia que parecem ser espécies diferentes, mas não são. Leia sobre o caso da espécie *Brassica oleracea* no texto disponível em: <<https://oetnobotanico.wordpress.com/2015/04/10/brassica-oleracea-e-o-poder-extraordinario-da-domesticacao/>>. Acesso em: 29 abr. 2016.

Teorias taxonômicas

Uma teoria taxonômica é fundamentada em princípios evolutivos e estabelece os princípios que utilizamos para reconhecer e categorizar os grupos taxonômicos. Podemos inferir a árvore evolutiva da vida ou filogenia, que relaciona todas as espécies atuais e extintas, a partir de características observadas nos organismos, denominadas caracteres. A relação entre um cladograma (árvore filogenética) e um determinado grupo taxonômico ocorre de três modos diferentes:

- Monofilia: inclui o ancestral comum mais recente do grupo e todos os seus descendentes.

- Parafilia: inclui o ancestral comum mais recente do grupo e quase todos os seus descendentes.

- Polifilia: não inclui o ancestral comum mais recente do grupo, de modo que as relações entre os táxons desse grupo só podem ser explicadas a partir de duas origens evolutivas distintas.

As teorias taxonômicas que serão discutidas adiante admitem os grupos monofiléticos e recusam os polifiléticos, diferindo na aceitação dos táxons parafiléticos.

A teoria taxonômica evolutiva tradicional assume que táxons evolutivos devem apresentar uma única origem evolutiva e possuir caracteres adaptativos particulares. Neste caso, um ramo da árvore evolutiva é considerado um táxon se representar uma zona adaptativa exclusiva, ou seja, se há uma relação característica entre organismos e ambiente, com modificação da estrutura e comportamental do organismo e apresentando um meio de vida específico. Dá-se o nome de grado ao táxon que constitui uma zona adaptativa distinta.

Os táxons evolutivos tradicionais podem ser monofiléticos ou parafiléticos. No entanto, para que a parafilia seja reconhecida, padrões de descendência em comum entre os táxons devem ser distorcidos. Em alguns casos, para que os táxons representem zonas adaptativas, deve-se comprometer a representação da descendência em comum. Assim, a taxonomia pode tomar medidas mais simples, deixando de lado a filogenia e fundamentando-se em padrões de similaridade mais

genéricos. Este princípio é chamado de taxonomia fenética (que se fundamenta em padrões de similaridade morfológica e está intimamente associada à taxonomia numérica – que utiliza métodos numéricos para análise) e causou pouco impacto no cenário científico.

A teoria da Sistemática Filogenética/Cladística enfatiza o critério da descendência em comum, fundamentando-se no cladograma do grupo analisado. Assim, os grupos parafiléticos que são acolhidos pela taxonomia evolutiva tradicional não são aceitos na Sistemática Filogenética, apenas os táxons monofiléticos. Atualmente, utilizamos uma filogenia com base na taxonomia evolutiva tradicional e revisada parcialmente de acordo com a Sistemática Filogenética. Uma parte considerável dos grupos estudados é monofilético, mas alguns dos táxons parafiléticos clássicos (como peixes, por exemplo) ainda são utilizados.



Assimile

Vamos parar por um momento e discutir o porquê do grupo dos peixes ser "parafilético". O grupo que chamamos de peixes não agrupa todos os descendentes de um mesmo ancestral. Uma destas linhagens deu origem aos demais vertebrados (anfíbios, répteis, aves e mamíferos) que não possuem características de peixes.

Grandes divisões da vida e as subdivisões dos animais

Os diferentes seres vivos são categorizados desde a época de Aristóteles. A classificação inicial possuía apenas dois reinos: Animal e Vegetal. Apesar da facilidade de se classificar uma parte dos organismos observados, alguns deles possuíam características ambíguas para este sistema. Um exemplo é o caso da Euglena, organismo unicelular que é móvel como animais, mas possui clorofila e realiza fotossíntese como as plantas. Com o passar do tempo, diferentes formas de classificação foram sendo criadas para contemplar estes organismos que não encaixavam bem nas categorias existentes. Em 1969, R. H. Whittaker propôs uma classificação com base em cinco reinos, sem preocupações quanto às relações filogenéticas entre estes grupos. O Reino Monera inclui os procariotos, células que não apresentam um núcleo verdadeiro. O Reino Protista agrupa os organismos unicelulares eucariotos (protozoários e algas unicelulares eucarióticas). O Reino Plantae inclui os organismos multicelulares fotossintetizantes e algas multicelulares. O Reino Fungi contém os fungos, que se alimentam por absorção dos nutrientes. O Reino Animalia contém os invertebrados e vertebrados, que ingerem o seu alimento e realizam digestão interna, em sua grande maioria. Atualmente, adotamos uma proposta de classificação cladística com base em dados filogenéticos moleculares (a partir da sequência de bases nitrogenadas dos nucleotídeos do DNA) que agrupa toda a vida do nosso planeta em três domínios

monofiléticos hierarquicamente superiores aos reinos: Eukaryota (todos os organismos eucarióticos), Bacteria (verdadeiras bactérias) e Archaea (diferentes das bactérias verdadeiras na estrutura de suas membranas e nas sequências de RNA ribossômico).

De acordo com a classificação proposta por Linnaeus, o filo é a categoria mais alta dentro do Reino Animal. Atualmente, os filos animais são agregados em grupamentos informais entre o nível de reino e filo. A classificação filogenética dos metazoários é difícil de se obter tanto por métodos morfológicos quanto moleculares. Uma das possíveis classificações (e que será utilizada nesta disciplina) é a seguinte:

- Ramo A (Mesozoa): filo Mesozoa.
- Ramo B (Parazoa): filos Porifera e Placozoa.
- Ramo C (Eumetazoa): demais filos.
- Grado I (Radiata): filos Cnidaria e Ctenophora.
- Grado II (Bilateria): demais filos.

Divisão A (Protostomia): Cheatognatha.

Lophotrochozoa: filos Annelida, Mollusca, entre outros.

Ecdysozoa: filos Nematoda, Arthropoda, entre outros.

Divisão B (Deuterostomia): filos Chordata, Hemichordata, Echinodermata.

Sem medo de errar

Agora vamos ajudar Alex a responder às perguntas que Amanda fez sobre os cães domésticos. Por que os cães domésticos são considerados uma única espécie, apesar de sua enorme variedade de formas?

Para definirmos os cães como uma única espécie, eles devem compartilhar de um ancestralidade e descendência comum. Como foi discutido anteriormente, os cães compartilham um ancestral com os lobos, que viveu há 18.000 e 32.000 anos. Todos os cães domésticos são da mesma linhagem desse ancestral, ou seja, são descendentes desse ancestral. Outro critério a ser verificado é a unidade reprodutiva deste grupo. Todas as variedades caninas observadas atualmente são capazes de se reproduzir entre si (embora apresentem grau variado de sucesso), mas não são capazes de intercruzamento com outras espécies, por exemplo, o lobo. Portanto, os cães domésticos caracterizam um grupo de populações isoladas reprodutivamente. Deste modo, os cães domésticos são considerados todos pertencentes à mesma espécie.



Atenção

Este questionamento sobre uma única espécie apresenta uma variedade de formas tão grande como a que ocorre em consequência da grande importância clássica dos caracteres morfológicos na taxonomia. Como vimos na seção “Não Pode Faltar”, os conceitos de espécie foram agregando dados sobre a história evolutiva dos organismos ao longo do tempo, diminuindo (relativamente) a importância dos caracteres morfológicos na classificação dos organismos.

Avançando na prática

Biogeografia: distribuição geográfica das espécies e sua história evolutiva

Descrição da situação-problema

Durante a visita ao Museu de História Natural, Alex e Amanda encontraram um exemplo bastante interessante de animais e sua história evolutiva. Eles estavam observando as grandes aves ratitas, que são as emas, os avestruzes e os emus, dispostas em exposição em um dos salões do museu. Estas três espécies apresentam características morfológicas bastante semelhantes entre si. São aves de grande porte e sem a habilidade de voar. Possuem ainda pernas fortes capazes de percorrer grandes distâncias em alta velocidade. Observando estas semelhanças, a pequena Amanda pergunta a Alex: “Elas são parentes, não são?”. O pai da garota, com base nas claras semelhanças morfológicas entre essas aves, estava tentado a dizer que sim. No entanto, Alex preferiu ficar “em cima do muro” por não saber se essa semelhança seria o suficiente para se determinar o parentesco entre as espécies. Estaria ele certo em não fundamentar suas análises apenas nas características morfológicas?



Lembre-se

Neste momento, devemos lembrar dos diferentes conceitos de espécie e as diferentes teorias taxonômicas. Lembre-se de que a morfologia é fundamental para a classificação dos seres vivos, mas a história evolutiva dos organismos também deve ser considerada.

Resolução da situação-problema

Como estudamos nessa seção, os caracteres morfológicos devem ser considerados juntamente com a história evolutiva das espécies. No caso das

aves ratitas, as características morfológicas indicam que emus, avestruzes e emas estejam relacionadas e devem ser integrantes de um mesmo táxon. De fato, análises morfológicas e moleculares mostram que as três aves estão classificadas como membros da ordem Struthioniformes. No entanto, a distribuição geográfica dessas aves é intrigante, pois cada uma das três aves separaram-se por milhares de quilômetros, em continentes distintos. Os emus são característicos da Nova Zelândia, no continente da Oceania. Os avestruzes são encontrados no continente africano, e as emas são observadas na América do Sul. Como é possível que essas aves compartilhem um ancestral comum recente?

Um ancestral comum a estas três espécies habitou nosso planeta há cerca de 150 milhões de anos. Esta ave ocupava um território localizado em um supercontinente chamado de Gondwana, que corresponde hoje à América do Sul, África, Arábia, Antártica, Índia, Madagascar e Oceania. Esse ancestral distribuía-se amplamente por toda este enorme território. Com o passar do tempo, estas porções de terra começaram a se separar e, conseqüentemente, a fragmentar a população dessas aves. Deste modo, foram criadas ao menos três populações delas que foram isoladas reprodutivamente umas das outras. Com o passar do tempo, cada uma dessas populações evoluiu independentemente e adquiriu caracteres específicos, resultando em três espécies diferentes: as emas, os avestruzes e os emus.



Faça você mesmo

Como vimos nesta atividade, espécies novas podem ser formadas com grandes eventos geológicos que isolam geograficamente frações de uma população, resultando em seu isolamento espacial e reprodutivo. Seria esta a única maneira possível a partir da qual se originam novas espécies? Em caso negativo, pense em um exemplo em que novas espécies se originem sem seu isolamento espacial.

Faça valer a pena

1. De acordo com a classificação lineana dos seres vivos, qual é a sequência correta de níveis de classificação, do mais para o menos abrangente?

- Reino, filo, ordem, classe, família, gênero e espécie.
- Reino, filo, classe, ordem, família, gênero e espécie.
- Reino, classe, ordem, filo, família, gênero e espécie.
- Reino, família, ordem, classe, filo, gênero e espécie.
- Reino, classe, família, ordem, família, gênero e espécie.

2. Considere dois organismos distintos que pertencem à mesma Ordem. Podemos afirmar que:

- a) São da mesma Classe.
- b) São de Classes diferentes.
- c) São da mesma Família.
- d) São do mesmo Gênero.
- e) São de Filos diferentes.

3. Ao estudar a filogenia dos organismos, é comum dizermos que duas espécies são mais "aparentadas" entre si do que com outra. Em termos evolutivos, o que "aparentado" significa?

- a) Significa que estas espécies compartilham uma mesma descendência comum.
- b) Significa que os organismos pertencem à mesma Família.
- c) Significa que os organismos assemelham-se morfologicamente, mas não têm relação de parentesco ou descendência.
- d) Significa que são organismos da mesma espécie.
- e) Significa que estas espécies compartilham um ancestral comum mais recente do que com outras.

Seção 1.4

Filo Nematoda: classes Secernentea e Adenophorea

Diálogo aberto

Vamos continuar acompanhando a visita de Alex e Amanda ao Museu de História Natural. Eles já viram a maior parte da exposição do museu e Amanda ainda não mostrava sinais de cansaço. Neste momento, pai e filha estão em uma seção que trata de animais parasitas, especialmente verminoses. As imagens são fortes, mas a garota parece não se importar com isso. Em uma das imagens, pode ser observado um organismo morto infestado por lombrigas. Amanda pergunta: "Isto são minhocas?". Alex responde: "Não. São lombrigas. São animais chamados de vermes cilíndricos. Eles ficam no seu intestino e fazem você ficar doente". "Mas como eles vão parar lá?", questiona a menina. "Porque você pode engolir os ovos deles, que estão na terra contaminada. É por isso que nós falamos para você lavar direito as mãos depois de brincar na terra.", responde o pai. "Mas como que os ovos vão parar na terra?", pergunta Amanda. Alex viu que precisaria de uma resposta longa para satisfazer a curiosidade da pequena e curiosa garota. Ainda bem que ele acabou de ver um painel no museu que mostrava o ciclo de vida das lombrigas. Então, como os ovos das lombrigas vão parar na terra?

Nessa seção, vamos conhecer os animais do filo Nematoda, que são os vermes cilíndricos. Estudaremos suas principais características morfológicas e como elas funcionam. Em seguida, vamos conhecer sucintamente como estão classificados os nematódeos e quais os caracteres utilizados para tal classificação. Por fim, discutiremos sobre os principais vermes cilíndricos parasitas e seus ciclos de vida. Deste modo, teremos condições de entender como os ovos de lombrigas vão parar na terra e são ingeridos por animais. Bons estudos!

Não pode faltar

Filo Nematoda: os vermes cilíndricos

Os nematódeos são os animais pseudocelomados mais importantes deste planeta, tanto pela quantidade de indivíduos quanto pela sua interação com os seres humanos. Eles podem ser encontrados no solo, nos oceanos, em ambientes de água doce, nas plantas e nos animais. No entanto, eles são amplamente conhecidos por serem importantes parasitas dos seres humanos.

Além dos nematódeos, os animais protostômios (aqueles cujo blastóporo dá origem à boca) incluem outros filos animais, que se subdividem em dois grandes táxons: os Lophotrochozoa e os Ecdysozoa. Os Ecdysozoa incluem animais tais como os nematódeos, insetos, aracnídeos, crustáceos, entre outros, que têm como uma das características principais a presença de uma camada de cutícula que recobre o corpo, secretada pela epiderme. Esta cutícula forma o exoesqueleto do animal, que, além de promover sustentação e proteção física, também restringe o crescimento do corpo do animal. Para crescerem, estes animais devem sofrer muda em um processo denominado ecdise, no qual o exoesqueleto é substituído.

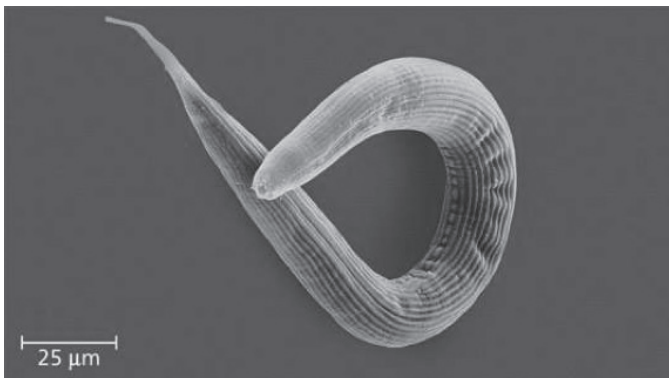
O grupo Ecdysozoa é considerado monofilético com base em caracteres moleculares. A muda é regulada pelo hormônio ecdisona. Acredita-se que os processos bioquímicos que levam à ecdise têm a mesma origem evolutiva.



Exemplificando

Ao visitarmos áreas com muitas árvores, é comum observarmos algumas mudas de cigarras grudadas em seus troncos. Essas mudas são os exoesqueletos de cigarras em estágio de crescimento.

Figura 1.5 | Um exemplar de nematódeo



Fonte: <http://bio1151b.nicerweb.net/Locked/media/ch33/33_26FreeLivingNematode_LP.jpg>. Acesso em: 18 maio. 2016.

Atualmente, estão descritas cerca de 25.000 espécies de Nematoda (do grego nematos = fio), mas estimativas apontam para um total de 500.000 espécies. Estes vermes habitam em uma grande variedade de habitats, dos ambientes terrestres aos aquáticos, dos polos aos trópicos, das montanhas ao fundo do mar, da água doce à água salgada. Cerca de um bilhão de nematódeos podem estar contidos em um acre (pouco mais de 4.000 m²) de solo de boa qualidade. Os nematódeos são muito conhecidos por suas várias espécies que são parasitas de outros seres vivos, infectando os mais diversos grupos de animais e plantas.

Os nematódeos de vida livre apresentam uma dieta bastante variada, podendo alimentar-se de bactérias, fungos e algas, além de matéria em decomposição ou até mesmo fezes de outros animais. Alguns vermes cilíndricos são predadores, alimentando-se de outros grupos de invertebrados ou até mesmo de animais como os nematódeos. Outros ainda se alimentam de seiva de plantas superiores, perfurando e invadindo os vasos condutores, causando grandes danos à agricultura. Uma espécie de nematódeo, *Caenorhabditis elegans*, tem grande importância para a ciência, sendo facilmente cultivada em laboratório e utilizada como modelo em estudo de biologia do desenvolvimento.

Forma e função

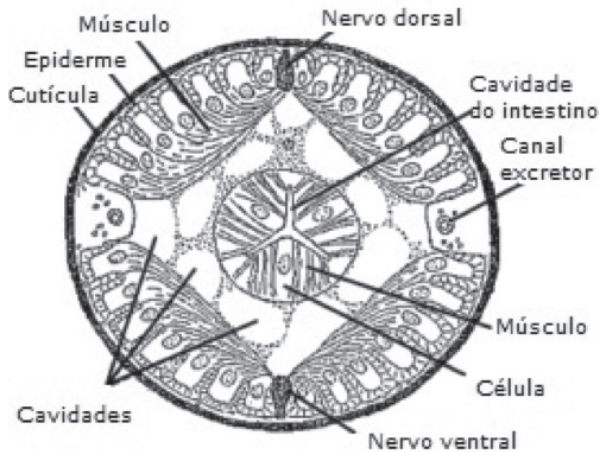
Grande parte dos nematódeos possui menos de 5 cm de comprimento, sendo muitos deles microscópicos. No entanto, algumas espécies parasitas apresentam mais de 1 m de comprimento. Como discutido anteriormente, o corpo desses vermes é revestido por uma cutícula, secretada pela hipoderme (epiderme subcuticular) que é substituída durante as ecdises. Essa cutícula é composta por várias camadas de uma proteína estrutural bastante comum em vertebrados, o colágeno. Três dessas camadas são formadas por fibras que se inter cruzam, resultando em um aumento na resistência contra a expansão lateral, mas confere elasticidade no eixo longitudinal. Essa cutícula também tem papel fundamental na manutenção da alta pressão hidrostática (turgescência) exercida pelo fluido pseudocelomático. Esta turgescência protege o corpo do animal contra a ação ambiental, como o trato digestivo de um hospedeiro ou um solo seco.

Os nematódeos apresentam uma musculatura logo abaixo da hipoderme que se contrai apenas na direção longitudinal. Esta é uma característica peculiar destes animais, pois a maioria dos invertebrados também apresentam musculatura circular, que promove a contração no eixo transversal. As células que compõem esta musculatura longitudinal apresentam dois domínios distintos: uma porção fibrilar ou do fuso, que corresponde à porção contrátil, e uma porção sarcoplasmática não contrátil (corpo celular). O fuso é adjacente à hipoderme, enquanto o sarcoplasma projeta-se para o interior do pseudoceloma. Além disso, cada sarcoplasma apresenta um braço muscular, que é um prolongamento que se estende até o nervo dorsal ou

ventral. Este arranjo é bastante incomum, pois na maioria dos animais os neurônios apresentam projeções (axônios) que se comunicam com os músculos.

A alta pressão do fluido pseudocelomático constitui uma forma de esqueleto hidrostático. Este tipo de esqueleto é encontrado em diversos invertebrados e age transmitindo a força de contração muscular pelo corpo do animal, gerando movimento. No caso dos nematódeos, a contração dos músculos longitudinais de um lado do corpo comprime a cutícula deste lado e aumenta a pressão de turgescência, esticando a cutícula do lado oposto, resultando em movimento. Esta pressão hidrostática antagoniza o movimento da musculatura longitudinal, papel este geralmente realizado pela musculatura circular. A eficiência deste sistema é dependente de uma alta pressão hidrostática e, deste modo, a pressão do fluido interno dos nematódeos é superior àquela observada em outros animais que apresentam um esqueleto hidrostático além de grupos musculares antagonísticos.

Figura 1.6 | Corte transversal de um nematóide



Fonte: <<http://www.sobiologia.com.br/figuras/Reinos2/nematoda4.jpg>>. Acesso em: 18 maio. 2016



Assimile

A presença desse esqueleto hidrostático nos nematódeos tem consequências no processo de digestão e reprodução destes animais, como será discutido adiante.

O sistema digestivo dos nematódeos é bastante simples, sendo composto por uma boca, uma faringe muscular, um intestino não muscular e um curto reto que termina no ânus. O alimento é ingerido por sucção pela rápida contração dos músculos da faringe, aumentando repentinamente o volume do canal alimentar. O bolo alimentar é movimentado pelo intestino por meio de movimentos corpóreos, também como

consequência da alta pressão de turgescência. A defecação ocorre pela simples abertura do ânus por ação muscular.

Os nematódeos parasitas vivem dentro do corpo de seus hospedeiros, geralmente em um ambiente com baixa concentração de oxigênio. Deste modo, a obtenção de energia por respiração aeróbia acaba sendo comprometida. Assim, estes organismos obtêm energia através de glicólise ou, eventualmente, alguma cadeia de transporte de elétrons pouco conhecida. Já os nematódeos de vida livre e as fases de vida livre das espécies parasitas obtêm energia pelo metabolismo oxidativo (ciclo de Krebs, -oxidação, cadeia de transporte de elétrons).

Ocorre um acúmulo de tecido nervoso e gânglios na região anterior do corpo dos nematódeos, formando um anel ao redor da faringe e originando pequenos nervos para a região anterior e dois cordões nervosos, sendo um dorsal e outro ventral. Estruturas sensoriais denominadas papilas sensoriais concentram-se ao redor da cabeça e da cauda dos nematódeos. Também podem ser observadas estruturas sensoriais mais complexas, como os anfídeos, que se localizam em par em ambos os lados da cabeça. Os anfídeos de nematódeos parasitas são bastante reduzidos e, nestes animais, observam-se órgãos sensoriais semelhantes em estrutura aos anfídeos, mas localizados na região posterior, também em par, chamados de fasmídeos.

De modo geral, os nematódeos são dióicos, ou seja, apresentam indivíduos machos e fêmeas. Os machos costumam ser menores do que as fêmeas e apresentam um par de espículas copulatórias, que atuam mantendo a vulva da fêmea aberta para a ejaculação. A fecundação é interna e os zigotos ficam armazenados no útero até o momento da postura. Espécies de vida livre possuem desenvolvimento direto. Muitas espécies parasitas apresentam fases juvenis de vida livre e outras necessitam de hospedeiros intermediários para completar o ciclo de vida.

Classificação do Filo Nematoda

Os vermes cilíndricos são classificados em duas grandes classes:

– Secernentea: Os animais deste grupo apresentam espécies parasitas e de vida livre, com anfídeos espiralados e algumas espécies possuem fasmídeos. Ex: *Caenorhabditis*, *Ascaris*, *Enterobius*, *Necator*, *Wuchereria*.

– Adenophorea: A grande maioria dos vermes deste grupo são de vida livre, embora alguns parasitas estejam inclusos nesta classe. Eles possuem anfídeos bem desenvolvidos e saculares e fasmídeos ausentes. Ex: *Dioctophyme*, *Trichinella*, *Trichuris*.

Principais Nematódeos Parasitas

– **Lombrigas (gênero *Ascaris*):** Trata-se do gênero mais conhecido entre cientistas, devido ao seu tamanho e disponibilidade. Este gênero possui muitas espécies que

infectam diferentes vertebrados, por exemplo, cavalos (*A. megalocephala*), porcos (*A. suum*) e humanos (*A. lumbricoides*). A lombriga é um dos parasitas mais encontrados em seres humanos, atingindo cerca de 1,27 bilhão de pessoas em todo o mundo.

Uma fêmea de *Ascaris* pode depositar 200 mil ovos por dia, que são carregados pelas fezes dos hospedeiros. Os embriões desenvolvem-se em juvenis infectantes em até duas semanas, dadas as condições ideais de solo. Esses juvenis podem permanecer viáveis no solo por meses ou anos. A infecção ocorre pela ingestão dos ovos, seja pelo consumo direto de terra contaminada ou por alimentos crus mal lavados. A incidência de casos de infecção por *Ascaris* está intimamente relacionada à falta de higiene e condições sanitárias, com o esgoto contaminando o solo.

Quando o hospedeiro ingere os embriões, ocorre a eclosão dos juvenis que penetram através do epitélio intestinal e chegam até o sistema circulatório e linfático, sendo conduzidos até o coração ou pulmões. Em seguida, eles são transportados até os alvéolos, atingem a traqueia e seguem seu caminho até à faringe, onde serão engolidos. Chegando no estômago, as fases jovens maturam por cerca de dois meses. As fases adultas alojam-se no intestino dos hospedeiros e alimentam-se de conteúdo intestinal. A presença destes vermes gera reações alérgicas e consequências abdominais. Infecções por *Ascaris* são fatais apenas nos casos em que a infestação é grande, podendo levar a quadros como pneumonia e oclusão intestinal.

– **Ancilóstomos:** Estes vermes apresentam placas afiadas na boca e a espécie mais comum é a *Necator americanus*, cujas fêmeas chegam a atingir 11 mm de comprimento e os machos atingem 9 mm. Esses vermes utilizam essas placas para cortar a mucosa intestinal e sugam o sangue do hospedeiro, que serve como alimento para o ancilóstomo. Infestações severas com esses vermes podem causar anemia nos pacientes, podendo causar retardamento do desenvolvimento mental e físico em crianças.

O método de infecção e ciclo de vida dos ancilóstomos assemelham-se ao das lombrigas. Os ovos são eliminados pelas fezes dos hospedeiros e os juvenis eclodem no solo, onde se alimentam de bactérias. Quando um ser humano entra em contato com a terra contaminada, os vermes juvenis penetram pela pele e atingem a corrente sanguínea, sendo levados aos pulmões e, finalmente, ao intestino.

– **Vermes filarióides:** Estes vermes são responsáveis por algumas doenças graves em seres humanos. Ao todo, são conhecidas oito espécies de vermes filarióides que parasitam humanos, dos quais podemos destacar as espécies *Wuchereria bancrofti* e *Brugia malayi*. As fêmeas desses vermes chegam a ter 10 cm de comprimento e vivem no sistema linfático, onde liberam pequenos juvenis denominados microfírias na circulação (sanguínea e linfática). Estas microfírias são ingeridas por mosquitos que se alimentam de pessoas infectadas e desenvolvem-se em adultos infectantes no sistema digestivo destes mosquitos. Quando o mosquito pica um novo indivíduo, os vermes escapam do mosquito e infectam a pessoa por meio da ferida causada pela picada.

O acúmulo desses vermes no sistema linfático resulta em inflamação e obstrução dos vasos linfáticos, podendo levar à elefantíase. Esta condição é causada por longa e repetida exposição à reinfecção e é caracterizada por um crescimento excessivo de tecido conjuntivo e grande inchaço nas partes afetadas, como o escroto, pernas, braços e, raramente, vulva e seios.

– **Oxiúros:** Estes vermes são bastante comuns, mas causam sintomas pouco sérios. Os oxiúros são vermes da espécie *Enterobius vermicularis* e seus adultos vivem no intestino grosso e duodeno de seres humanos. As fêmeas atingem cerca de 12 mm de comprimento e migram para a região anal do hospedeiro para depositar seus ovos. O ato de coçar a região dispersa os ovos pelas mãos e roupas de cama. Os ovos desenvolvem-se em até seis horas à temperatura do corpo humano. Ao serem ingeridos, os ovos eclodem no duodeno e os vermes amadurecem no intestino grosso.



Refleta

Agora que estudamos os principais vermes cilíndricos parasitas, vamos pensar por que não observamos muitos casos destas verminoses em grandes centros urbanos? Por que a incidência destas patologias é maior em zonas rurais ou em periferias de grandes cidades?



Pesquise mais

Os nematoides mais conhecidos são parasitas de vertebrados, como vimos nessa seção. No entanto, existem espécies que parasitam plantas cultivadas, causando extensos danos para a agricultura. Veja alguns exemplos destes casos no texto disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_54_711200516718.html>. Acesso em: 12 abr. 2016.

Sem medo de errar

Vamos tentar ajudar Alex a responder à pergunta de Amanda. Como os ovos de lombrigas vão parar na terra para infectar outros animais?

As lombrigas são nematódeos do gênero *Ascaris*, que possui espécies parasitas de diferentes vertebrados. Como discutido anteriormente, os ovos são ingeridos por indivíduos junto com terra ou alimentos contaminados. Esses ovos eclodem no sistema digestivo do hospedeiro e as fases juvenis atravessam o epitélio intestinal e chegam até o sistema circulatório e linfático, onde serão levados até os pulmões e

coração. Em seguida, esses vermes deslocam-se até a traqueia e seguem seu caminho até a faringe, onde serão deglutidos, e as formas adultas alojam-se no intestino dos hospedeiros. As fêmeas de *Ascaris* vão depositar seus ovos no sistema digestivo do hospedeiro, eles serão liberados junto com as fezes. Caso essas fezes entrem em contato direto com a terra, seja pela defecação direta ou pelo contato com o esgoto, ela estará contaminada e poderá infectar outro vertebrado.



Atenção

Note que o ciclo de vida de *Ascaris* depende de duas passagens pelo sistema digestivo. Uma inicial ocorre logo que os ovos são ingeridos. A segunda passagem ocorre pela passagem dos vermes pela traqueia até a faringe.

Avançando na prática

Combate aos mosquitos

Descrição da situação-problema

Alex continuou lendo atentamente os painéis sobre as verminoses mais comuns no Brasil. Uma das doenças que chamou mais a sua atenção foi a filariose, causada pelos nematoides *Wuchereria bancrofti* e *Brugia malayi*. Seus efeitos são graves e deformam o corpo dos indivíduos infectados, resultando em imagens fortes e chocantes. Observando o ciclo de vida destes vermes, Alex percebeu algumas semelhanças com as doenças causadas por vírus comuns atualmente, como a Dengue, Chikungunya e Zika. Quais seriam essas semelhanças? Algumas das medidas adotadas para evitar o contágio de Dengue, Chikungunya e Zika poderiam ser utilizadas também para a prevenção da filariose?



Lembre-se

Para resolver esta nova situação-problema, você precisa relembrar o ciclo de vida dos vermes filarióides.

Resolução da situação-problema

Os vermes filarióides possuem um ciclo de vida um pouco diferente dos outros nematoides parasitas estudados nessa seção. A Filariose, doença causada por estes

vermes, é transmitida pela picada de um mosquito contaminado após ter sugado o sangue de uma pessoa infectada. As fêmeas dos vermes filarióides alojam-se no sistema linfático e liberam formas juvenis chamadas de microfilárias, que ficam livres na circulação. Ao picarem um indivíduo doente, os mosquitos carregam em si estas microfilárias que vão amadurecer em adultos infectantes no sistema digestivo dos mosquitos. Quando os mosquitos picam um novo indivíduo, os vermes escapam do sistema digestivo e infectam o indivíduo por meio do ferimento causado pela picada.

Portanto, a Filariose é transmitida pela picada de um mosquito, de modo semelhante às doenças causadas por vírus e comuns hoje em dia, como a Dengue, Chikungunya e Zika. Uma medida que pode ser utilizada para prevenir o contágio com essas doenças seria evitar a picada por mosquitos, com o uso de repelentes e mosquiteiros ao dormir.



Faça você mesmo

Vamos considerar essas doenças transmitidas por mosquitos, como a Filariose, Dengue, Chikungunya e Zika (podemos incluir aqui a malária). Por que essas doenças são mais comuns em zonas tropicais do planeta, como a América do Sul, África e Sudeste Asiático?

Faça valer a pena

1. O filo Nematoda está incluso em um grande táxon chamado Ecdysozoa, cuja principal característica é:

- São animais protostômios.
- Possuem endoesqueleto que promove sustentação do corpo.
- São animais deuterostômios.
- Presença de uma cutícula que recobre o corpo, secretada pela epiderme.
- São todos parasitas.

2. Os animais do táxon Ecdysozoa possuem uma cutícula que reveste o corpo. Uma das consequências da presença desta estrutura é:

- O crescimento do indivíduo é contínuo, semelhante ao observado nos seres humanos.
- Os animais com cutícula são lentos por conta do peso sobre o corpo.

- c) O crescimento do indivíduo é descontínuo, sendo necessário trocar de cutícula para o crescimento corporal.
- d) Estes animais mantêm a temperatura corporal baixa porque a cutícula é um bom isolante térmico.
- e) Manutenção da pressão do fluido (pseudo) celomático baixa.

3. As funções de sustentação e movimentação nos nematoides são responsabilidade das seguintes estruturas:

- a) Musculaturas longitudinal e circular.
- b) Musculatura longitudinal, cutícula e esqueleto hidrostático.
- c) Anfídeos e fasmídeos.
- d) Porções fibrilar e sarcoplasmática da musculatura longitudinal.
- e) Nervos dorsal e ventral.

Referências

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

HICKMAN Junior et al. **Princípios Integrados de Zoologia**. 15. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos Invertebrados**. São Paulo: Roca. 2005.

Filos Annelida e Mollusca

Convite ao estudo

Estamos dando início à segunda unidade da disciplina de Zoologia Geral. Na Unidade 1, aprendemos sobre a origem da vida e as principais características dos seres vivos. Vimos, também, a principal teoria que explica como a vida evolui ao longo do tempo, diferenciando-se nas mais diferentes formas que observamos atualmente. Além disso, abordamos aspectos sobre o desenvolvimento inicial do organismo a partir da formação do zigoto. Também, estudamos os princípios dos métodos utilizados para a classificação dos seres vivos, a taxonomia e a filogenia. Finalizamos a unidade conhecendo as principais características dos vermes cilíndricos do filo Nematoda.

Na segunda unidade desta disciplina, vamos conhecer dois dos principais grupos de animais: os filos Annelida e Mollusca. Aprenderemos sobre suas principais características e quais os critérios utilizados para sua classificação.

A competência geral desta disciplina é conhecer as principais características e os conceitos da Zoologia, além de ser capaz de identificar os atributos que definem os filos Nematoda, Annelida, Mollusca, Arthropoda e Chordata, e como estes animais interagem com os humanos, gerando impactos econômicos e na saúde pública.

Os objetivos desta disciplina são entender como a vida originou-se em nosso planeta e como ela evoluiu para as diversas formas de vida animal que temos atualmente. Além disso, devemos ser capazes de entender a importância da organização sistemática das informações sobre os seres vivos em diversas áreas de estudo.

Ao longo desta unidade, acompanharemos um evento de divulgação de informações sobre os principais invertebrados de importância para os seres humanos. Este evento tem como objetivo aproximar a população destes animais que podem ser observados diariamente, mas não recebem a devida atenção.

Vamos conhecer diferentes grupos de invertebrados a cada seção, passando por alguns bem conhecidos, com importância econômica e médica, e outros que são bastante abundantes na natureza, mas muito pouco conhecidos pela população. Com o auxílio dos materiais disponíveis, como o livro didático, a webaula e as leituras disponíveis, poderemos aproveitar o máximo deste evento!

Bons estudos!

Seção 2.1

Filo Annelida: classe Polychaeta

Diálogo aberto

A prefeitura da cidade está organizando uma série de eventos voltados à conscientização da população sobre os animais que interagem com os seres humanos, principalmente os invertebrados. O intuito desta campanha é familiarizar o público com esses animais tão importantes na natureza e que também têm um papel relevante nas atividades humanas. Invertebrados podem ser usados na agricultura, na saúde, no cultivo de outros animais etc. Deste modo, a prefeitura espera que a população entenda melhor a importância da conservação desses animais. O primeiro evento organizado consiste em uma feira onde especialistas expõem materiais e passam informações ao público sobre os principais invertebrados que observamos no dia a dia, além de grupos relacionados mais desconhecidos para o público leigo.

Um dos expositores está exibindo informações sobre os anelídeos. Você se aproxima do quiosque esperando ver as famosas minhocas ou sanguessugas, mas se depara com animais que nunca viu antes: os poliquetas. Os animais expostos ali não lembram muito as minhocas e sanguessugas. Muitos deles até se assemelham com plantas! O especialista diz que os poliquetas são animais marinhos e que, apesar das diferenças morfológicas, eles são realmente parentes das minhocas e sanguessugas. Quais características tornam os poliquetas tão diferentes dos seus parentes ilustres? Além disso, será que estes animais teriam alguma relação com os seres humanos?

Nesta seção, conheceremos as características gerais dos vermes segmentados do filo Annelida. Estudaremos com maiores detalhes os anelídeos da classe Polychaeta, grupo mais diversificado do filo, e ainda conheceremos os poliquetas mais representativos do grupo.

Não pode faltar

Filo Annelida: os vermes segmentados

O filo Annelida é composto pelos vermes segmentados do táxon Lophotrochozoa, caracterizados por serem protostômios e celomados do táxon

Lophotrochozoa. Outros dois filios compõem este clado: Echiura e Sipuncula. Os anelídeos são encontrados em ambientes marinhos, de água doce ou terrestres úmidos. Este grupo contém cerca de 15.000 espécies descritas, sendo que 66% delas são vermes marinhos da classe Polychaeta. No entanto, os animais mais conhecidos deste filo são as minhocas de água doce (classe Oligochaeta) e sanguessugas (classe Hirudinida).

Os anelídeos são animais com corpos divididos em segmentos ou metâmeros, que são organizados linearmente e podem ser observados como anéis circulares. A metameria é um processo que surgiu ao longo da evolução, no qual o corpo é dividido em segmentos, cada qual com seu conjunto de componentes e sistemas de órgãos. Cada segmento é separado internamente por septos, no caso dos anelídeos.



Refleta

A segmentação corporal é uma característica dos animais do filo Annelida. No entanto, ela não é exclusiva desse filo e outros invertebrados também apresentam metâmeros. Você consegue pensar em algum exemplo?



Exemplificando

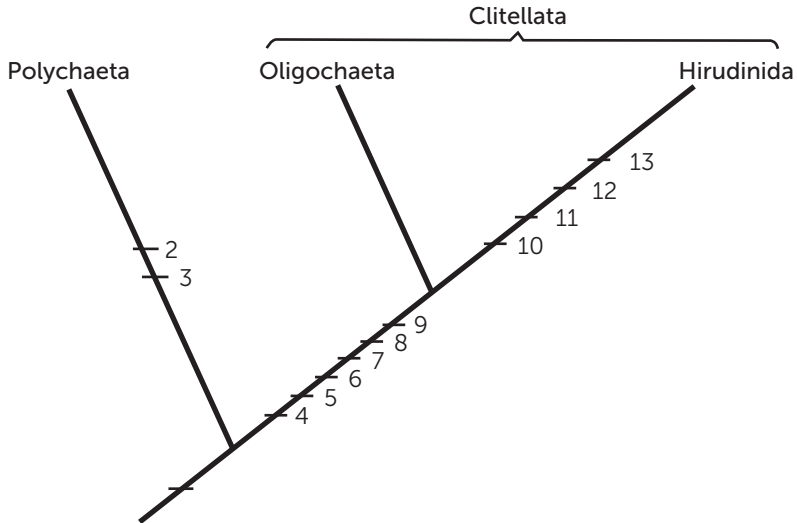
O processo de metamerização pode ser observado em outros grupos de animais, tais como nos filios Arthropoda e Chordata. No entanto, a origem evolutiva da metamerização nestes filios foi, aparentemente, independente.

Com exceção dos integrantes da classe Hirudinida, os anelídeos apresentam pequenas cerdas de quitina, que se projetam para fora do corpo. Essas cerdas possuem diversas funções, geralmente relacionadas à sua fixação ao substrato e locomoção.

Filogenia dos Annelida

Os anelídeos estão agrupados em três classes: Polychaeta, Oligochaeta e Hirudinida. A classe Polychaeta é parafilética, pois as linhagens de oligoquetas e hirudíneos originaram-se a partir de uma das linhagens de poliquetas. Oligoquetos e hirudíneos compõem um táxon monofilético denominado Clitellata, caracterizado por uma estrutura reprodutiva chamada de clitelo (que será tratada na próxima seção). A classe Oligochaeta é parafilética, pois o ancestral de Hirudinida surgiu de uma das linhagens de oligoquetas.

Figura 2.1 | Filogenia do filo Annelida



Fonte: Brusca e Brusca (1990).

Plano corpóreo

O corpo dos anelídeos pode ser dividido em três grandes regiões: a cabeça, o corpo segmentado e uma porção terminal. A cabeça é composta por um prostômio e um peristômio, e a região terminal é chamada de pigídio, onde se localiza o ânus. Tanto a cabeça quanto o pigídio não são considerados segmentos verdadeiros. Os segmentos corporais são formados durante o desenvolvimento e os novos segmentos surgem adjacentes ao pigídio. Portanto, os segmentos mais antigos são os anteriores. Cada um dos segmentos possui um celoma, estruturas circulatórias, respiratórias, nervosas e excretoras.

Na maioria dos anelídeos, a mesoderme é formada por esquizocelia e dá origem a um par de celomas por segmento. Uma camada de epitélio de origem mesodérmica, chamada de peritônio, recobre cada compartimento celomático, formando um mesentério dorsal e outro ventral que recobrem todos os órgãos. O contato entre mesentérios de segmentos adjacentes forma os septos, que são atravessados pelo tubo digestivo e vasos sanguíneos longitudinais. Associadas à parede do corpo, são observadas musculaturas longitudinais e circulares fortes, que são responsáveis pelo movimento corporal (natação, rastejamento ou escavação).

O celoma da maioria dos anelídeos é preenchido por um fluido que tem função de esqueleto hidrostático, de modo semelhante ao observado nos vermes cilíndricos do filo Nematoda. A diferença é que o esqueleto hidrostático é independente em cada segmento, por conta da presença dos septos. A contração da musculatura longitudinal promove o encurtamento e aumento de diâmetro, e a contração da musculatura circular resulta no alongamento e estreitamento

do segmento. Assim, o rastejamento é resultado de uma onda de contração das musculaturas longitudinais e circulares alternadamente, formando contrações peristálticas da região anterior para a posterior. Quando um segmento se alarga (contração da musculatura longitudinal), ele se fixa ao substrato e o alongamento dos outros segmentos impulsiona o corpo para frente. Nas formas aquáticas, o movimento é ondulatório em vez de peristáltico.

Uma fina camada de cutícula não quitinosa recobre a epiderme dos anelídeos. O ancestral destes animais possuía cerdas epidérmicas em número par, mas esta característica pode se apresentar reduzida ou até mesmo desaparecida em alguns grupos.

Classe Polychaeta

A classe Polychaeta é o grupo mais diverso de anelídeos. Foram descritas mais de 10.000 espécies, sendo que a maioria é marinha. A maioria dos poliquetas tem tamanho corporal que varia entre 5 a 10 cm, mas podem ser observadas espécies com menos de 1 mm ou que superam a marca dos 3 m de comprimento.

Os poliquetas costumam viver sob rochas, entre fendas de corais ou dentro de conchas abandonadas. Algumas espécies cavam túneis no lodo ou areia e produzem tubos em objetos submersos ou no sedimento. Outras ocupam os tubos produzidos por outras espécies.

A cabeça dos poliquetas é bem definida, diferentemente dos integrantes da outra classe de anelídeos. Os segmentos apresentam parapódios, que são estruturas sensoriais especializadas presentes em apêndices pares. Estes animais possuem muitas cerdas, geralmente organizadas em feixes e associadas aos parapódios. Seus segmentos e órgãos sensoriais são os mais diferenciados dentre os anelídeos.



Assimile

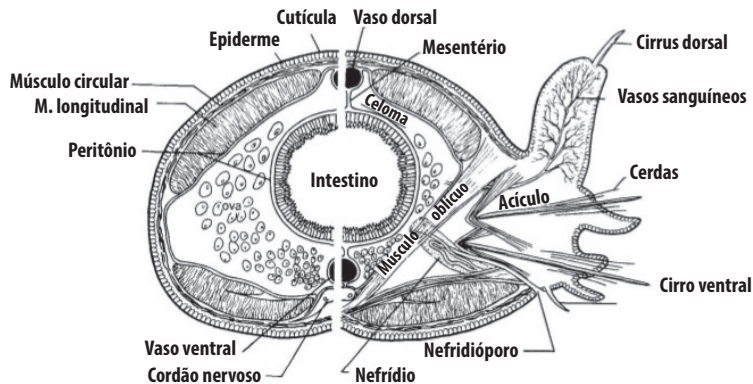
Os poliquetas são anelídeos que apresentam uma série de cerdas distribuídas pelos seus segmentos. Esta característica é utilizada para dar nome à classe Polychaeta, do grego *polys* = muitos + *chaite* = longo pelo.

Os poliquetas são comumente divididos em dois grupos: sedentários ou errantes (com a capacidade de se movimentar livremente). Os sedentários são aqueles que passam praticamente todo o tempo dentro de tubos ou galerias e apresentam adaptações para alimentação e respiração. Estes animais alimentam-se tipicamente de partículas em suspensão na coluna de água ou consomem partículas que estejam sobre ou dentro do sedimento. Poliquetas errantes são

cavadores ativos, rastejantes, livre-natantes ou vermes que deixam seus tubos apenas para alimentação ou reprodução. Algumas espécies errantes são detritívoras ou predadoras, armadas com adaptações para tal estilo de vida.

Os poliquetas apresentam um prostômio, que pode ou não ser retrátil, e com estruturas sensoriais, tais como olhos, tentáculos e palpos (estruturas bucais de invertebrados com função sensorial). O peristômio fica ao redor da boca e também pode apresentar palpos, cerdas e especializações ligadas ao modo de alimentação (mandíbulas quitinosas para os predadores e coroa de tentáculos para os filtradores). Seu corpo é segmentado e a maior parte dos segmentos apresenta parapódios, apresentando projeções, cirros (órgãos sensoriais), cerdas e outras estruturas. Os parapódios têm função na movimentação ou ancoramento dos poliquetas e também atuam como órgãos respiratórios, embora algumas espécies apresentem brânquias em seus segmentos. Entretanto, em espécies que não possuem adaptações para estas funções, as trocas gasosas ocorrem por meio da superfície corporal.

Figura 2.2 | Seção transversal de um metâmero de um poliqueta



Fonte: <<http://image.slidesharecdn.com/arespirao-slides-150119150626-conversion-gate02/95/a-respirao-22-638.jpg?cb=1421680409>>. Acesso em: 2 jun. 2016.

O sistema circulatório pode variar entre as espécies de poliquetas. Em algumas delas, o sangue flui para a região posterior do corpo por um vaso longitudinal ventral e volta por outro ventral. A comunicação entre estes dois vasos ocorre por meio de redes de vasos presentes nos parapódios e septos de cada segmento e ao redor do intestino. Em outras espécies, o sistema circulatório é reduzido e se comunica com o celoma. A ocorrência de septos incompletos permite que o fluido celomático percorra toda a extensão corporal do animal, assumindo, portanto, a função de circulação. A presença de pigmentos respiratórios é comum nos poliquetas, tais como hemoglobina, hemeritina ou clorocruorina.

A excreção, na maioria dos poliquetas, é realizada por metanefrídios em pares por segmento. Sua parte interna (nefróstoma) se abre para o celoma, por onde entra o fluido celomático. Após a absorção seletiva dos elementos desse fluido, as excretas são eliminadas por poros que se abrem para o meio externo (nefridióporos).

O sistema nervoso dos poliquetas seguem o padrão do filo: gânglios cerebrais dorsais que se conectam a um gânglio subfaringeo por conectivos circunfaringeos. Além disso, um cordão nervoso ventral duplo percorre longitudinalmente o corpo do animal e apresenta gânglios em cada segmento. Os órgãos sensoriais são bem desenvolvidos nesta classe de vermes cilíndricos. Quando presentes, os olhos podem variar em complexidade entre as diferentes espécies. Observam-se desde simples ocelos (agrupamento simples de células receptoras de luz) até olhos com estruturas diferenciadas (córnea, lente, retina e pigmentos).

Os poliquetas não possuem órgãos sexuais permanentes. Seus sistemas reprodutores são simples e as gônadas (órgãos produtores de gametas) surgem como projeções do peritônio e liberam os gametas no celoma. A liberação dos gametas pode ocorrer por canais especializados (gonodutos), pelos metanefrídios ou pela ruptura da parede corporal. A fecundação ocorre fora do corpo dos animais e os estágios iniciais do desenvolvimento consiste em uma larva trocófora, característica de alguns grupos protostômios.

Poliquetas representativos

- Nereidídeos: são poliquetas errantes que vivem próximos a áreas de maré baixa, dentro de galerias revestidas por muco. São mais ativos à noite, quando nadam ou rastejam para fora de seus abrigos à procura de alimento.

Estes vermes têm entre 30 a 40 cm de comprimento e contêm cerca de 200 metâmeros. Sua cabeça apresenta um prostômio com um par de palpos curtos e grossos, um par de tentáculos sensoriais curtos e dois pares de pequenos olhos dorsais; e um peristômio que inclui uma boca ventral, um par de mandíbulas quitinosas e oito tentáculos sensoriais.

Os nereidídeos também se alimentam de pequenos animais, incluindo formas larvais variadas e outros vermes. Eles prendem a sua presa com as mandíbulas, que se protraem para fora da boca e o alimento é engolido quando elas são retraídas.

- Poliquetas-de-escamas: Estes vermes são membros de um dos grupos mais diversos, abundantes e com ampla distribuição de poliquetas: a família Polynoidae. Eles possuem tamanho moderado a grande e possuem a parte dorsal dos parapódios modificados em escamas, que recobrem o seu corpo achatado. Estes poliquetas são carnívoros e se alimentam de uma grande variedade de animais. Muitos deles vivem em associação com outros animais, tais como cnidários, moluscos, equinodermos ou até mesmo outros poliquetas.

- Poliquetas-de-fogo: A espécie *Hermodice carunculata* e outras relacionadas são conhecidas como poliquetas-de-fogo porque suas cerdas ocas e quebradiças contêm uma secreção venenosa que causa irritação na pele de quem as toque. Esses vermes alimentam-se de uma variedade de cnidários.

- Poliquetas tubícolas: Esses poliquetas vivem em tubos de natureza variada que eles mesmos secretam. Esses tubos podem ser coriáceos (semelhantes a couro), calcáreos ou podem ser formados por grãos de areia, pedaços de concha ou algas em uma matriz de muco.

A maioria dos poliquetas tubícolas alimenta-se de partículas presentes na coluna d'água ou no sedimento, utilizando os cílios e muco para a captura do alimento. Em geral, estes animais possuem tentáculos repletos de cílios e muco que se projetam para fora do tubo e varrem a superfície do fundo do mar ou filtram a água que passa por eles. As partículas de alimento capturadas são transportadas para a boca. Algumas espécies vivem em tubos em forma de "U", com duas aberturas para o meio externo. Os vermes ancoram-se nas paredes do tubo e geram um fluxo de água pelo seu interior, filtrando as partículas de alimento que passam por lá.

- Pogonóforos (clado Siboglinidae): Esses vermes são membros do antigo filo Pogonophora e foram descobertos a partir do século XX. Até o momento, foram descritas cerca de 150 espécies com comprimento inferior a 1 mm, em sua maioria. No entanto, algumas delas podem atingir até 75 cm de comprimento.

Os pogonóforos são sedentários e vivem em tubos de quitina no fundo dos oceanos. Seus corpos são divididos em três regiões básicas: uma região anterior curta, que contém entre 1 a 260 tentáculos longos (que são extensões do celoma); um longo tronco bastante delgado; e uma região posterior segmentada denominada opistossoma. Os tentáculos organizam-se de modo a formar um tubo e possuem projeções para sua luz, chamadas de pínulas.

Esses animais não apresentam boca ou aparelho digestivo e o modo como ocorre sua nutrição ainda não é bem compreendido. Aparentemente, eles obtêm energia a partir de uma relação de simbiose com bactérias quimiossintetizantes, que utilizam o sulfeto de hidrogênio (H_2S) e gás carbônico (CO_2) dissolvidos na água para produzir matéria orgânica e energia.



Pesquise mais

A espécie de pogonóforo *Riftia pachyptila* vive em fontes hidrotermais, que são regiões de alta atividade vulcânica no fundo dos oceanos. Saiba um pouco mais sobre estes animais no link disponível em: <<http://naturlink.pt/article.aspx?menuid=4&cid=90086&bl=1&viewall=true>>. Acesso em: 28 abr. 2016.

Sem medo de errar

Nesta seção, conhecemos o principal grupo de animais do filo Annelida: os vermes da classe Polychaeta. Aprendemos sobre suas principais características e quais são os critérios utilizados que os definem, além de conhecermos os poliquetas mais representativos dentro da classe. Deste modo, temos condições de responder à pergunta feita no início da seção: “Quais características tornam os poliquetas tão diferentes de seus parentes ilustres (minhocas e sanguessugas)?”

Os poliquetas são vermes predominantemente marinhos, embora existam espécies de água doce. Alguns grupos produzem tubos que servem como abrigo para os longos corpos segmentados desses vermes. Suas cabeças são bem especializadas, apresentando diversos órgãos sensoriais. Além disso, os poliquetas apresentam estruturas denominadas parapódios em número par em cada segmento do corpo. Estes animais possuem uma grande quantidade de cerdas que, geralmente, estão associados aos parapódios.

Qual é a importância dos poliquetas para os seres humanos?

Embora esses vermes não sejam comuns no dia a dia do cidadão comum, os poliquetas são utilizados como fonte de alimento para algumas culturas de peixes, como a tilápia.



Atenção

Para a resolução desta situação-problema, saiba quais são as principais características morfológicas que podemos utilizar para identificar os vermes da classe Polychaeta, diferenciando-os dos demais anelídeos. O que os poliquetas têm que os classificam como tal?

Avançando na prática

A importância dos invertebrados na natureza

Descrição da situação-problema

O evento organizado pela prefeitura para conscientizar a população sobre a importância dos animais (principalmente invertebrados) na natureza e sua interação com os seres humanos está sendo um sucesso! A exposição sobre os anelídeos tem sido bastante informativa, principalmente no que diz respeito aos poliquetas, que são tão pouco conhecidos pela população. O especialista diz que a maioria destes vermes

segmentados não oferece qualquer perigo para o homem, mas ele sugere cautela para as pessoas leigas que se deparam com um animal desses. Ele orienta que se evite colocar a mão nestes animais quando encontrá-los na natureza. Por que devemos ter esta precaução? Qual é o possível dano que esses animais podem causar a nós?



Lembre-se

Para responder a esta SP, você precisa recordar os tipos mais representativos de poliquetas: nereidídeos, poliquetas-de-escamas, poliquetas-de-fogo, poliquetas tubícolas e pogonóforos.

Resolução da situação-problema

A maioria de poliquetas não apresenta qualquer tipo de perigo aos seres humanos. No entanto, os poliquetas-de-fogo possuem inúmeras cerdas ocas e quebradiças que contêm uma secreção venenosa. Ao entrar em contato com a mão de um mergulhador desavisado, as cerdas perfuram a pele e se quebram dentro do ferimento, causando uma grande irritação na pele e uma reação inflamatória local.



Faça você mesmo

Os poliquetas apresentados nessa seção têm uma grande diversidade de estratégias de captura de alimentos, mas, de modo geral, alimentam-se de outros animais ou partículas orgânicas livres no ambiente. Deste modo, eles ocupam a posição de consumidores nas teias alimentares. Haveria alguma espécie de poliqueta que poderia ocupar a posição de produtor?

Faça valer a pena

1. Qual das características a seguir é exclusiva dos animais do filo Annelida?
 - a) Corpo alongado.
 - b) Presença de clitelo.
 - c) Celoma.
 - d) Parapódios.
 - e) Simetria bilateral.

2. O filo Annelida é dividido em três classes: Polychaeta, Oligochaeta e Hirudinida. Estas duas últimas classes são agrupadas em um táxon denominado Clitellata, caracterizado pela presença de clitelo, que é uma estrutura:

- a) Digestora.
- b) Reprodutora.
- c) Excretora.
- d) Sensorial.
- e) Muscular.

3. Os anelídeos possuem algumas características muito semelhantes com os nematódeos, apesar de compartilhar um ancestral comum bastante antigo. Quais características são comuns aos vermes segmentados e cilíndricos?

- a) Corpo alongado, cutícula, celoma.
- b) Corpo alongado, cerdas, celoma.
- c) Corpo achatado, cutícula, pseudoceloma.
- d) Corpo alongado, cutícula, esqueleto hidrostático.
- e) Corpo alongado, cutícula, metamerização.

Seção 2.2

Filo Annelida: classe Clitellata

Diálogo aberto

Vamos voltar à feira de divulgação organizada pela prefeitura. Neste momento, estamos conversando com um especialista em anelídeos que já nos falou bastante sobre um dos grupos desses vermes segmentados, os poliquetas. Passamos a falar sobre os demais integrantes deste grupo de animais, que são os mais conhecidos pela população: as minhocas e as sanguessugas.

Estes animais são utilizados comumente em diferentes áreas. As minhocas, em especial, são muito utilizadas na agricultura, com o intuito de melhorar a qualidade do solo sem utilizar fertilizantes industriais, sendo muito melhor do ponto de vista ecológico. No entanto, o especialista não entrou em detalhes sobre o que esses animais fazem para gerar melhoria ao solo. O que as minhocas fazem que resulta no aumento da qualidade do solo?

Nesta seção, vamos estudar os demais animais do filo Annelida e que compõem o clado Clitellata. Este grupo contém duas classes (Oligochaeta e Hirudinida) e, também, os dois representantes mais conhecidos de todo o filo: as minhocas e as sanguessugas. Ambos os vermes possuem grande importância em atividades exercidas pelos seres humanos, como a agricultura e medicina. Conheceremos melhor as características principais desses animais e como eles se relacionam com os poliquetas.

Não pode faltar

Clado Clitellata

Este clado inclui duas ordens de anelídeos: os Oligochaeta (minhocas) e os Hirudinida (sanguessugas). Esses animais são caracterizados pela presença de uma estrutura reprodutora chamada de clitelo, que corresponde a um anel de células epidérmicas secretoras que aparece no terço anterior do corpo do animal, tendo o aspecto de uma faixa de gordura. Os oligoquetos possuem seu clitelo

sempre visível, enquanto nos hirudíneos ele só aparece na estação de reprodução. Os parapódios estão ausentes nos membros de Clitellata e assume-se que esta característica tenha sido perdida ao longo da evolução a partir de seu ancestral poliqueta. Os clitelados são hermafroditas (monóicos) e exibem desenvolvimento direto.



Assimile

Os animais do clado Clitellata diferem dos Polychaeta por não possuírem parapódios (que são apêndices presentes nos segmentos corporais, aos quais se associam as cerdas), apresentam poucas ou nenhuma cerda e possuem clitelo.

Classe Oligochaeta

Os oligoquetos compreendem mais de 3.000 espécies, que possuem os mais diversos tamanhos e ocupam os mais variados habitats. Eles incluem a família das minhocas e a maioria de seus membros é terrestre ou de água doce, embora existam algumas espécies parasitas e marinhas ou de água salobra. De modo geral, os oligoquetos apresentam cerdas em número menor do que se observa nos poliquetas; e as espécies aquáticas possuem cerdas mais longas do que as terrestres.

Nesta seção, vamos descrever as características dos oligoquetos com base no corpo das minhocas. Esses animais vivem em solos úmidos e ricos, normalmente em túneis ramificados e interconectados. Uma das espécies mais comuns e estudadas é a *Lumbricus terrestris*, que chega a medir de 12 a 30 cm de comprimento. No entanto, existem espécies gigantes que atingem até 4 m de comprimento.

Figura 2.3 | Minhoca comum representante da classe Oligochaeta



Fonte: <http://ciclovivo.com.br/noticia/minhocas_podem_combater_eventos_causados_pelas_mudancas_climaticas/>. Acesso em: 2 jun. 2016.

As minhocas movimentam-se pela contração alternada entre a musculatura circular e a longitudinal. A contração da musculatura circular dos segmentos anteriores resulta no alongamento do corpo, projetando o animal para frente. Em seguida, o corpo do animal apoia-se nas paredes do túnel pela contração dos músculos longitudinais, resultando no alargamento dos segmentos. Neste momento, as cerdas projetam-se para fora do corpo do animal por meio de poros na cutícula, fixando-se nas paredes da galeria. Depois de fixarem suas porções anteriores no substrato, as minhocas puxam os segmentos posteriores para frente e o ciclo reinicia-se.

Os oligoquetos não possuem parapódios, de modo que as cerdas projetam-se para fora diretamente da parede do corpo do animal. No caso das minhocas, existem quatro pares de cerdas por segmento.

As minhocas alimentam-se de matéria orgânica em decomposição presente no solo. O alimento ingerido é umedecido na boca e sugado para dentro do corpo por uma força de sucção realizada por uma faringe musculosa. O prostômio (uma das estruturas que forma a cabeça dos anelídeos) em forma de lábio auxilia na manipulação do alimento. Glândulas calcíferas são encontradas ao longo do esôfago e são responsáveis em excretar íons cálcio em excesso, provenientes da dieta, além de atuar no balanço acidobásico dos fluidos corporais. Depois de passar pelo esôfago, o alimento é armazenado em um papo. Em seguida, ele segue por uma moela, onde será triturado. A digestão química e a absorção de nutrientes ocorrem no intestino, o qual apresenta uma projeção dorsal que aumenta consideravelmente a área de digestão e absorção, denominada tiflossole.

Ainda, as células conhecidas como cloragógenas envolvem o sistema digestivo e o vaso sanguíneo dorsal das minhocas. Estas células produzem glicogênio e lipídeos e, quando estão cheias de nutrientes, elas se soltam e vagam pelo celoma, sendo chamadas, então, de eleócitos. Os eleócitos levam nutrientes para outros tecidos da minhoca. As células cloragógenas também atuam na excreção do animal.



Exemplificando

Embora a origem evolutiva não seja a mesma, a tiflossole possui uma função similar às vilosidades observadas nos intestinos humanos, que são dobras do tecido intestinal que aumentam a superfície de contato com o alimento.

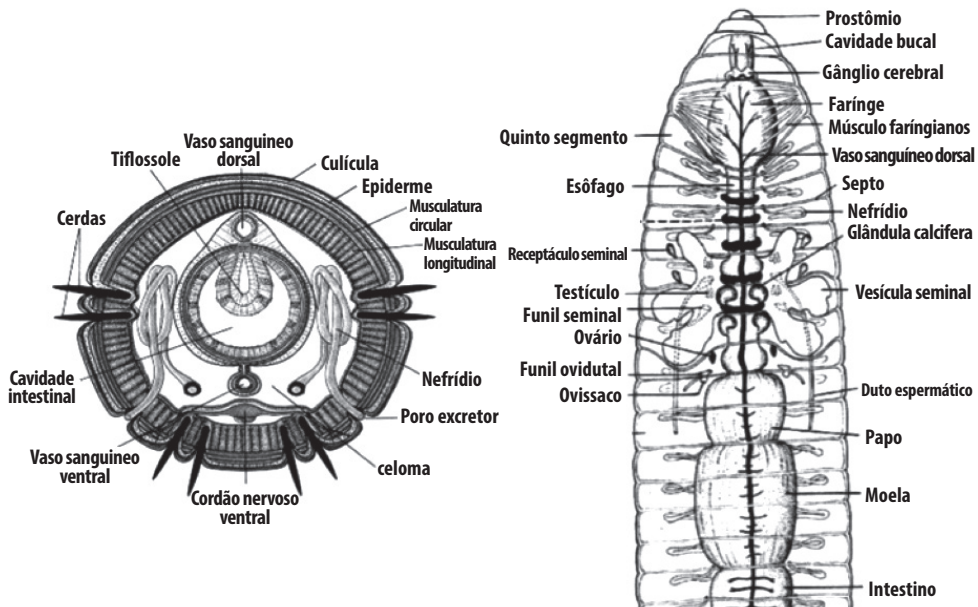


Pesquise mais

As minhocas têm um papel bastante importante na agricultura, melhorando a qualidade do solo. Saiba mais no texto disponível em: <<http://revistaea.org/artigo.php?idartigo=250>>. Acesso em: 08 maio 2016.

Os oligoquetos apresentam dois sistemas de transporte: um sistema circulatório fechado e o fluido celomático. Ambos atuam em conjunto para o transporte de metabólitos e nutrientes para as diferentes partes do corpo do animal. Um vaso dorsal ocorre sobre o canal alimentar e leva sangue recebido das paredes do corpo e do sistema digestivo por todo o comprimento do corpo do animal no sentido póstero-anterior. Trata-se de um órgão bombeador, atuando como um coração que bombeia o sangue para a região anterior, para cinco arcos aórticos, cuja função é manter a estabilidade da pressão sanguínea no vaso ventral. O vaso ventral assemelha-se a uma aorta, levando sangue para o cérebro e para o resto do corpo (parede corporal, nefrídios e trato digestivo).

Figura 2.4 | Esquemas anatômicos das principais estruturas de um Oligochaeta



Fonte: <http://images.slideplayer.com.br/1/50116/slides/slide_27.jpg>; <<http://pt.slideshare.net/henriqueneto/ap-anelideos>>. Acesso em: 2 jun. 2016.

O sangue das minhocas contém o pigmento hemoglobina em solução, além de células ameboides incolores. As trocas gasosas ocorrem por meio da pele úmida e estes animais não possuem órgãos respiratórios especializados.

A excreção nos oligoquetas ocorre por metanefrídios, presentes em pares em cada segmento (exceto os três primeiros e o último), de modo semelhante ao que ocorre nos poliquetas. O fluido celomático entra por um nefróstoma e é submetido a uma reabsorção seletiva de componentes. Os excretas definitivos são eliminados por um nefridióporo que se abre para o exterior do corpo.

O sistema nervoso das minhocas consiste em um sistema central e nervos periféricos. O sistema central é formado por um par de gânglios cerebrais, localizado sobre a faringe, que se conecta a um cordão nervoso ventral por meio de dois conectivos que circundam a faringe. O cordão nervoso ventral segue por toda a extensão do corpo do animal, apresentando um par de gânglios fundidos a cada segmento, a partir do qual saem nervos que se direcionam para as estruturas do corpo. Sabe-se que boa parte dos anelídeos apresenta axônios longos no cordão nervoso ventral. O grande diâmetro destas células permite uma rápida transmissão dos impulsos nervoso, além da contração da musculatura de vários segmentos simultaneamente, possibilitando a realização de movimentos rápidos de fuga.

Apesar de não apresentarem olhos, o corpo das minhocas é dotado de estruturas fotorreceptoras em forma de lente em sua epiderme. Órgãos sensoriais de diversas naturezas estão distribuídos por toda a epiderme do corpo do animal.

As minhocas são monoicas, ou seja, um mesmo indivíduo apresenta órgãos sexuais masculinos e femininos. Os sistemas reprodutores estão localizados nos segmentos 9 a 15. Três pares de vesículas seminais envolvem dois pares de testículos e dois pares de funis espermáticos. Espermatozoides imaturos são produzidos nos testículos e amadurecem nas vesículas seminais, passam para os funis espermáticos e, então, atingem os poros genitais masculinos por meio dos ductos espermáticos.

Os óvulos são produzidos por um par de ovários e liberados na cavidade celomática, sendo transportados pelos funis ciliados dos ovidutos até o exterior, saindo pelos poros genitais femininos.

Durante o acasalamento, as minhocas projetam sua porção anterior para fora das galerias, mantendo contato pela sua porção ventral. O muco secretado pelo clitelo auxilia na adesão entre os dois vermes, além da ação de cerdas ventrais especiais. Os espermatozoides liberados por uma das minhocas deslocam-se até os receptáculos seminais da outra por meio de seus sulcos seminais. Após este processo, cada um dos indivíduos secreta um tubo mucoso e uma forte cinta de aspecto quitinoso, formando assim um casulo ao redor de seu clitelo. Este casulo

deslocam-se para a região anterior enquanto coleta os gametas do parceiro (espermatozoides) e os próprios (óvulos), além de albumina produzida pelas glândulas na pele. Deste modo, a fecundação ocorre no interior deste casulo. Após deslizar para fora do corpo do animal, o casulo fecha-se e é liberado no ambiente.

Classe Hirudinida

A classe Hirudinida é composta por três ordens: Hirudinea, Acanthobdellida e Branchiobdellida. Entre estes três grupos, podemos destacar a ordem Hirudinea, que contém as sanguessugas verdadeiras. Estes animais possuem um corpo completamente sem cerdas, com 34 segmentos, e apresentam ventosas na região anterior e posterior do corpo. Os acantobdelídeos possuem 27 segmentos, cerdas nos primeiros segmentos e ventosa apenas na região posterior. Já os branquiobdelídeos também não apresentam cerdas, possuem 14 ou 15 segmentos e uma ventosa anterior.

Figura 2.5 | Sanguessuga comum representante da classe Hirudinida



Fonte: <<http://msalx.mundoestranho.abril.com.br/2015/12/14/1837/Ecos0/thinkstockphotos-488892475.jpeg?1450125493>>. Acesso em: 2 jun. 2016.

As sanguessugas ocupam preferencialmente ambientes de água doce, mas podem ser encontradas espécies de ambiente marinho e até mesmo em ambientes terrestres quentes e úmidos. Portanto, estes animais são mais encontrados nas regiões tropicais de nosso planeta. A maioria das espécies mede entre 2 a 6 cm de comprimento, mas algumas delas, incluindo as espécies medicinais, atingem entre 20 a 30 cm.

Esses animais são, em geral, achatados dorso-ventralmente e podem exibir uma grande variedade de padrões de cores em sua cutícula. A maioria das sanguessugas é predadora de invertebrados, mas podem ser observadas espécies parasitas (temporárias ou permanentes).

As sanguessugas possuem um número fixo de segmentos, ao contrário dos demais anelídeos. No entanto, elas apresentam um padrão de sulcos transversais em sua cutícula, aparentando possuir mais metâmeros do que de fato possuem. Estes vermes também não possuem septos, apresentando uma cavidade celomática única preenchida por tecido conjuntivo e por um sistema de espaços denominado lacunas, que por sua vez são preenchidas por fluido celomático.

A maioria dos hirudíneos alimenta-se de fluidos teciduais e sangue, incluindo a espécie chamada de sanguessuga medicinal (*Hirudo medicinalis*). Estes vermes apresentam "mandíbulas" quitinosas utilizadas para cortar a pele de sua vítima e secretam um anestésico e proteínas anticoagulantes para sugar o sangue. Algumas sanguessugas ficam associadas aos seus hospedeiros permanentemente, mas a maioria delas se solta nos períodos de reprodução.

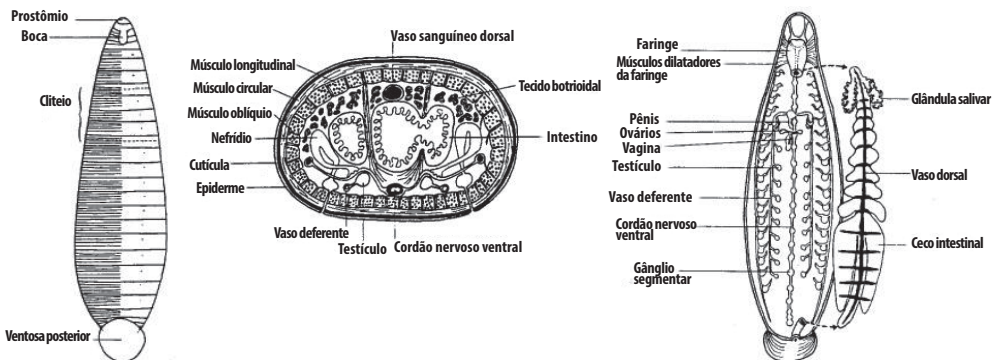


Pesquise mais

As sanguessugas possuem poderosas ventosas nas extremidades do corpo que permitem sua fixação na superfície de seu hospedeiro. Usando seu aparelho bucal para cortar a pele e aplicando anestésicos e anticoagulantes presentes em sua saliva, estes animais alimentam-se do sangue que flui continuamente do hospedeiro. Por muitos anos, as sanguessugas foram utilizadas como tratamento médico. Saiba mais no texto disponível em: <<http://mundoestranho.abril.com.br/materia/para-que-servem-os-sanguessugas>>. Acesso em: 08 abr. 2016.

As sanguessugas possuem dois centros nervosos: um anterior, formado por seis pares de gânglios fundidos que formam um anel ao redor da faringe, e um posterior, composto por sete pares de gânglios fundidos. Gânglios segmentares (vinte e um pares) ocorrem ao longo de um cordão nervoso duplo. A epiderme desses animais apresenta uma linha de sensilas (órgãos sensoriais) localizadas centralmente em cada segmento, além de terminações nervosas livres e células fotorreceptoras. Algumas espécies apresentam ocelos.

Figura 2.6 | Esquemas anatômicos das principais estruturas de um Hirudinida



Fonte: <<http://ebah-web-586602798.us-east-1.elb.amazonaws.com/content/ABAAAfc0IAI/zoologia-b?part=4>>. Acesso em: 2 jun. 2016.

A reprodução das sanguessugas ocorre de modo semelhante ao das minhocas. Elas também são hermafroditas, mas os espermatozoides são transferidos por um pênis ou por meio de um espermatóforo que penetra a pele do parceiro. Após o acasalamento, o clitelo secreta um casulo que coleta os gametas, onde ocorre a fecundação. Os casulos podem ser enterrados no lodo, aderidos a objetos submersos ou sobre solo encharcado.

Filogenia dos Annelida

O filo Annelida é composto por três classes: Polychaeta, Oligochaeta e Hirudinida. Destes três grupos, apenas o último é considerado monofilético. Oligochaeta é considerado parafilético porque o ancestral de Hirudinida surgiu de dentro dos oligoquetos. Este mesmo raciocínio é aplicado à classe Polychaeta, também parafilética.



Refleta

O filo Annelida é um grupo monofilético. No entanto, duas de suas classes são consideradas parafiléticas. Por que o fato de uma linhagem de um determinado grupo originar um novo grupo o torna parafilético?

Os pogonóforos são integrantes do clado Siboglinidae da classe Polychaeta. Entretanto, classificações anteriores posicionavam este clado fora do filo Annelida.

Sem medo de errar

Agora que sabemos mais sobre os integrantes das classes Oligochaeta e Hirudinida, vamos tentar responder à dúvida deixada na feira de divulgação organizada pela prefeitura.

As minhocas são amplamente utilizadas na agricultura, pois sua presença melhora a qualidade do solo para o plantio. Entretanto, o que as minhocas fazem para que esta melhoria ocorra?



Atenção

Como podemos observar, o papel das minhocas na melhoria dos solos vai além do fornecimento de matéria orgânica para o plantio. Esses animais também melhoram características físico-químicas do solo a curto e longo prazo.

A presença desses vermes inofensivos no solo melhora suas qualidade físico-químicas (tais como, correção de pH, balanço de íons metálicos, aeração e permeabilidade à água), tornando-o mais favorável para seu aproveitamento agrícola. As minhocas escavam galerias que resultam na descompactação da terra, mesmo nos terrenos mais duros. Deste modo, facilita-se a entrada de ar e água. Além disso, elas se alimentam de matéria orgânica em decomposição na terra, acelerando o retorno dos nutrientes para o solo e disponibilizando-os para as plantas.

A utilização das minhocas também traz benefícios a longo prazo, por exemplo, a suavização de efeitos, como erosão, compactação, impermeabilização e desertificação dos solos.

Avançando na prática

Medicina alternativa

Descrição da situação-problema

As sanguessugas foram amplamente utilizadas na medicina por milhares de anos. Evidências do uso médico desses animais datam de 1500 a.C., no Egito. Desde então, as sanguessugas passaram a ser utilizadas por todo o mundo em um procedimento chamado de sangria. No passado, acreditava-se que os males que aconteciam com um indivíduo estavam presentes no seu sangue e o ato de se drenar uma parte desse sangue (sangria) deveria reestabelecer a saúde do paciente. Neste contexto, as sanguessugas eram utilizadas para sugar o sangue das pessoas que sofriam de alguma doença, na tentativa de renovar suas energias. No entanto, com o desenvolvimento da medicina moderna, a prática da sangria e a utilização das sanguessugas foi deixada de lado.

Estes vermes sugadores de sangue foram esquecidos por um bom tempo, mas, atualmente, eles voltaram a ser utilizados na medicina. Entretanto, sua finalidade é outra. Embora as sanguessugas ainda estejam sendo usadas pelo que elas fazem de melhor (sugar sangue), elas não são mais utilizadas para realizar a sangria, mas sim em pacientes que sofreram algum tipo de amputação e tiveram suas partes reimplantadas. Neste sentido, como as sanguessugas podem ser aplicadas nestas pessoas?



Lembre-se

As sanguessugas são animais especializados em sugar o sangue de seus hospedeiros, sendo dotadas de ventosas e "mandíbulas" quitinosas, além de secretarem substâncias analgésicas e anticoagulantes.

Resolução da situação-problema

Atualmente, as sanguessugas voltaram a ser utilizadas na medicina convencional. Esses animais são aplicados na reimplantação de membros de pacientes amputados. O uso desses vermes nos membros reimplantados ajuda a reestabelecer o fluxo sanguíneo entre os membros reconstruídos, favorecendo a produção de novos vasos sanguíneos.



Faça você mesmo

Para entender a ação das sanguessugas nestes procedimentos, vamos fazer um pequeno experimento. Quando utilizamos um pano seco para secar uma superfície molhada, a água é absorvida em um determinado período de tempo. O que aconteceria caso uma força de sucção fosse aplicada ao pano? O tempo necessário para absorver o líquido aumentaria ou diminuiria?

Faça valer a pena

1. O clado Clitellata é composto por anelídeos das classes Oligochaeta e Hirudinida. A principal característica destes animais é:

- Presença de clitelo.
- Presença de parapódios.
- Presença de numerosas cerdas.
- Presença de corpo segmentado.
- Presença de corpo vermiforme.

2. Os integrantes do clado Clitellata recebem este nome por possuírem uma estrutura reprodutora denominada clitelo. Entretanto, há outras características que os diferem dos poliquetos, como:

- Presença de cerdas em números pares.
- Ausência de septos nos segmentos.
- Corpo achatado dorso-ventralmente.
- Presença de um esqueleto hidrostático.
- Ausência de parapódios.

3. O sistema digestivo dos oligoquetos difere daqueles exibidos pelos poliquetas porque:

- a) Possui três porções distintas.
- b) Apresenta uma tiflosole.
- c) Exibe segmentação.
- d) É incompleto.
- e) É interrompido a cada segmento pelos septos.

Seção 2.3

Filo Mollusca: classes Caudofoveata, Solenogastres, Polyplacophora e Monoplacophora

Diálogo aberto

Retomando a visita à feira de divulgação organizada pela Prefeitura, vamos conhecer um novo expositor nessa seção. Vamos aprender um pouco sobre os moluscos com o especialista ali presente. Todos nós já tivemos contato com alguma coisa relacionada a este grupo de animais, principalmente na culinária, já que várias espécies são utilizadas como alimento pelos seres humanos. Também, sabemos que as tão valorizadas pérolas são produzidas por esses animais. E não podemos esquecer que vários de seus membros também têm papel na saúde, pois participam do ciclo de vida de uma variedade de parasitas de seres humanos. No entanto, os integrantes do filo Mollusca são extremamente variados e não conhecemos a maioria desses animais. Vamos aprender um pouco mais sobre esses invertebrados!

O especialista em moluscos nos mostra a enorme variedade de formas que eles apresentam. Neste início de conversa, ele dá enfoque às características comuns a todos eles e nos fala brevemente sobre os grupos menos conhecidos de moluscos: as classes Caudofoveata, Solenogastres, Polyplacophora e Monoplacophora. Para tanto, ele deu uma breve explicação sobre as principais características de cada grupo e, em seguida, conduziu-nos a uma pequena atividade. Fomos apresentados a uma representação gráfica dos diferentes níveis do mar, partindo da zona de praia, passando pela zona entremarés, uma zona intermediária com um recife de corais e chegando até o mar profundo. Em seguida, o expositor nos pergunta onde podemos encontrar cada um dos grupos de moluscos previamente discutidos. Além disso, ele questiona se poderíamos encontrar a concha de algum desses animais na praia. Será que é possível responder a essas perguntas?

Nesta seção, iniciaremos nossos estudos sobre um importante e diversificado filo de invertebrados, o Mollusca. Aprenderemos sobre as principais características dos moluscos e conheceremos as classes que compõem esse grupo, desde os mais desconhecidos até os mais representativos. Além disso, vamos discutir sobre os principais moluscos com alguma relação com o ser humano, seja na alimentação, economia ou saúde pública.

Bons estudos!

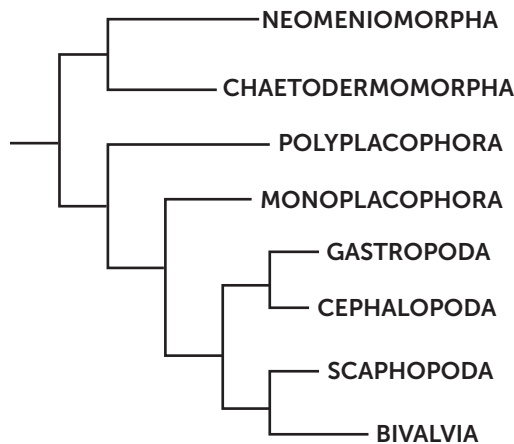
Não pode faltar

Filo Mollusca

O filo Mollusca é o segundo maior grupo de animais, atrás apenas do filo Arthropoda. São conhecidas mais de 90.000 espécies atuais e 70.000 fósseis. Os moluscos são animais celomados do clado Lophotrochozoa, possuindo uma fase larval ancestral trocófora. No entanto, o desenvolvimento é bastante diverso entre as diferentes classes.

Este variado grupo tem o corpo mole como uma de suas principais características, sendo representado por quítons, escafópodes ou dentes-de-elefante, caracóis, lesmas, nudibrânquios, pterópodes ou borboletas-do-mar, mexilhões, ostras, lulas, polvos e náutilos. A variedade destes organismos reflete-se em sua complexidade, tamanho, habitats e hábitos alimentares.

Figura 2.7 | Relações entre as diferentes classes de moluscos



Fonte: <<http://comenius.susqu.edu/biol/202/animals/protostomes/spiralia/trochozoa/mollusca/MOLLUSCA-CLADOGRAM-NO-NUMBERS.jpg>>. Acesso em: 2 jun. 2016.

De acordo com a evidência fóssil, os moluscos originaram-se no mar e muitos permaneceram por lá. Grande parte evoluiu ao longo das praias, onde havia muitos habitats disponíveis e alimento em abundância. Apenas os bivalves e gastrópodes ocuparam habitats de água salobra e doce e, destes, apenas os últimos conseguiram invadir o ambiente terrestre.

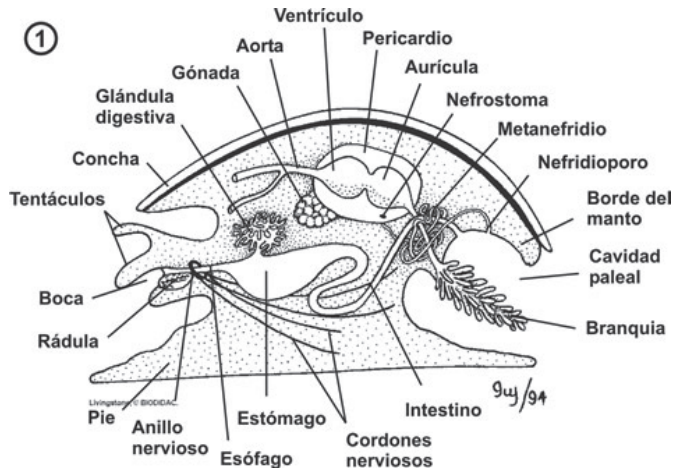
Os moluscos são utilizados por humanos de diversas maneiras. Algumas espécies servem como fonte de alimento, enquanto outras são procuradas pela sua importância comercial. As pérolas, cobiçadas pelos seres humanos há séculos, são produzidas nas conchas de bivalves.

Por outro lado, existem espécies de moluscos consideradas pestes pelo prejuízo que causam aos seres humanos. Alguns bivalves perfuram embarcações e ancoradouros de madeira. As lesmas e os caramujos causam danos a jardins e vegetações, além de servirem como hospedeiro intermediário para importantes parasitas de seres humanos.

Forma e função

Apesar da grande diversidade de formas corporais apresentada pelos moluscos, algumas características são comuns a todos eles. O seu corpo pode ser, basicamente, dividido em uma porção cefalopediosa e uma massa visceral. A primeira delas é a parte mais ativa, contendo órgãos relacionados à alimentação, sensoriais cefálicos e à locomoção, que dependem da ação muscular para o seu funcionamento. Já a massa visceral contém órgãos do sistema digestivo, circulatório, respiratório e reprodutivo, que dependem principalmente da ação de estruturas ciliares para o seu funcionamento. Existe um manto protetor na região dorsal do corpo, formado a partir de duas pregas da epiderme, que se projetam a partir da parede dorsal. Esta estrutura circunda a cavidade do manto ou palial, que consiste em um espaço formado entre o manto e a parede do corpo que abriga estruturas respiratórias (brânquias ou pulmão). Em alguns moluscos, o manto também secreta uma concha protetora sobre a massa visceral.

Figura 2.8 | Esquema anatômico de um molusco genérico



Fonte: <<http://cmappsconverted.ihmc.us/rid=1GXCMTRPM-1KXL7M4-1TQ6/anatomia%20molusco.jpg>>. Acesso em: 2 jun. 2016.

A cavidade do manto desempenha um papel de extrema importância na vida dos moluscos. Além de abrigar as estruturas respiratórias, ela também recebe produtos do sistema digestivo, excretor e reprodutor. Nos moluscos aquáticos, forma-se uma forte corrente de água nesta cavidade, pela ação ciliar ou muscular, trazendo oxigênio e alimento (em alguns casos, apenas) para dentro e arrasta dejetos para fora, além de elementos reprodutivos.



Assimile

A cavidade do manto é uma estrutura de ampla importância para os moluscos, assumindo funções referentes aos sistemas respiratório, digestivo, excretor e reprodutor.

As brânquias (ctenídeos) mais simples são compostas por um eixo longo e achatado, que se prolonga a partir da parede da cavidade do manto. Uma série de filamentos foliáceos pojeta-se a partir deste eixo central. A água do ambiente é movimentada entre os filamentos branquiais por ação de cílios e o sangue se difunde pelos filamentos vindo de um vaso aferente e é coletado por um vaso eferente, ambos situados no eixo central. O movimento do sangue é contracorrente com relação ao fluxo de água, otimizando as trocas gasosas. Dois ctenídeos estão localizados em lados opostos da cavidade do manto, de modo que, em geral, uma das cavidades é inalante e a outra é exalante.



Exemplificando

As brânquias ou ctenídios possuem diversos filamentos que aumentam muito a superfície de trocas entre o sangue dos moluscos e a água circulante. Este princípio é utilizado em radiadores, como modo de aumentar a eficiência na troca de calor entre o equipamento e o ar circulante.

A concha, quando presente, é secretada pelo manto. Ela é composta por três camadas: o perióstraco (mais externo), a prismática (mediana) e a nacarada (mais interna). A camada externa é composta por uma substância orgânica denominada conchiolina e auxilia na proteção contra a erosão causada por organismos perfuradores. A camada prismática é constituída por prismas de aragonita ou calcita (carbonato de cálcio) embebidas em uma matriz proteica. A camada nacarada está em contato com o manto e é continuamente secretada, de modo que ela segue aumentando à medida que o animal cresce. O nácar calcário é depositado sob a forma de lâminas finas. Lâminas extremamente finas e onduladas resultam nas madrepérolas observadas em diversas conchas. Grande parte dos moluscos apresenta uma cabeça bem desenvolvida, com boca e órgãos sensoriais especializados. Estruturas fotorreceptoras estão presentes e variam bastante em complexidade.

No interior da boca, existe uma estrutura exclusiva dos moluscos chamada de rádula. Trata-se de um órgão linguiforme, raspador e prostrátil, sendo encontrado em

todos os moluscos, com exceção dos bivalves e grande parte dos solenogastres. A rádula consiste em uma membrana em forma de esteira sobre a qual estão fixadas fileiras de pequenos dentes, em angulados na direção posterior. A quantidade desses dentes varia entre as espécies e tem a função de raspar, perfurar, rasgar ou cortar. Além disso, este órgão também é responsável por transportar o alimento de forma contínua para as regiões seguintes do sistema digestivo. A quantidade e o padrão de dentes em uma fileira transversal são variáveis entre diferentes espécies são usados como caractere para a classificação dos moluscos.

O pé dos moluscos é, de modo geral, uma estrutura ventral, em forma de sola, na qual ondas de contração muscular resultam em movimento de rastejamento. No entanto, este órgão pode apresentar uma grande diversidade de adaptações, como o pé discoide usado para fixação no substrato, o pé comprimido lateralmente dos bivalves ou o sifão dos cefalópodes. Em alguns casos, ocorre a secreção de um muco, que tem papel auxiliar na adesão ou propiciam um substrato viscoso em espécies que deslizam por movimento ciliar.

O sistema circulatório dos moluscos é aberto, ou seja, o sangue flui por vasos em algumas regiões do corpo, mas adentra por seios sanguíneos em outras. Como a eficiência no transporte de oxigênio em um sistema circulatório aberto é baixa, ele ocorre em organismos que são, em geral, vagarosos. A maior parte dos cefalópodes possui um sistema circulatório fechado, com coração, vasos e capilares sanguíneos.

O sistema digestivo é complexo e especializado de acordo com o hábito alimentar do molusco. Boa parte desses animais possui um par de rins (metanefrídios, semelhantes ao observados em anelídeos) e, em alguns casos, os ductos dos rins também são utilizados para a liberação de ovos e espermatozoides.

O sistema nervoso é composto por diversos pares de gânglios com cordões nervosos conectivos, sendo mais simples do que os observados nos anelídeos. Podem ser observadas células neurosecretoras que produzem hormônios de crescimento e relacionados à osmorregulação.

Grande parte dos moluscos é dioica, mas também são observadas espécies hermafroditas. Durante o desenvolvimento embrionário, forma-se uma larva trocófora livre-natante semelhante à observada em anelídeos. No entanto, especialmente em gastrópodes e bivalves, a larva trocófora passa por uma fase larval exclusiva dos moluscos, denominada véliger, que apresenta os primórdios do pé, da concha e do manto. Em alguns moluscos, não se observa qualquer larva livre-natante e indivíduos juvenis eclodem diretamente do ovo.

Classes do Filo Mollusca

O filo Mollusca compreende oito classes, das quais quatro serão discutidas nesta seção: Caudofoveata, Solenogastres, Polyplacophora e Monoplacophora.

Classe Caudofoveata

São conhecidas cerca de 120 espécies desta classe, que compreendem organismos marinhos vermiformes com comprimento variando entre 2 a 140 mm. Tratam-se de animais que vivem em profundidades superiores a 20 m e que se alimentam de microorganismos e sedimentos, sendo cavadores que se posicionam verticalmente no interior do sedimento, com a cavidade do manto, na região posterior do corpo, à entrada da galeria. Estes animais apresentam um escudo oral associado à tomada de alimentos, uma rádula, um par de brânquias e são dióicos. As características corporais dos caudofoveados são as que mais se assemelham às ancestrais dos moluscos.

Classe Solenogastres

Este grupo contém cerca de 250 espécies de animais marinhos muito semelhantes aos caudofoveados. No entanto, os solenogastres não possuem rádulas nem brânquias (embora estruturas respiratórias secundárias podem estar presentes). O pé é modificado em um estreito sulco mediano ventral, o sulco pedioso. Esses animais são hermafroditas e vivem na superfície do sedimento ou sobre cnidários, dos quais se alimenta.

Classe Polyplacophora: os Quítons

Os quítons reúnem cerca de 1.000 espécies de moluscos. Apresentam um corpo achatado dorso-ventralmente com a região dorsal convexa recoberta por placas calcárias articuláveis, chamadas de valvas. As margens posteriores das placas sobrepõem-se às adjacentes e apresentam padrões de coloração que ajudam a camuflar o animal no substrato. A cabeça e os órgãos sensoriais dos quítons são reduzidos, mas estruturas fotossensoriais que penetram nas valvas, denominadas estetos, têm formato de olhos em algumas espécies.



Pesquise mais

Os olhos dos quítons são bem peculiares e intrigam os cientistas desde a sua descoberta. No entanto, algumas descobertas recentes mostram que esses olhos são capazes de ver mais do que simples diferenças entre claro e escuro. Leia mais no texto disponível em: <<https://www.curioso.blog.br/post/molusco-olhos-funcionais-formados-pedra-identificado/>>. Acesso em: 17 maio 2016.

Os Polyplacophora são, geralmente, pequenos, com comprimento que varia entre 2 a 5 cm, e vivem preferencialmente em superfícies rochosas de zonas entremarés. São animais que se movimentam pouco e percorrem poucas distâncias em busca de alimento. A maioria se alimenta usando a rádula para raspar algas das rochas. Os dentes são reforçados com magnetita, um mineral que contém ferro em sua composição. Os quitons se fixam firmemente à rocha com seu pé amplo e chato. Quando removidos, eles podem enrolar o corpo e assumir a forma de um tatuzinho de jardim como forma de proteção.

O manto projeta-se ao redor das valvas, formando um cinturão ao redor do animal. A cavidade do manto estende-se ao longo dos lados do pé e as brânquias são relativamente numerosas e suspensas a partir do teto da cavidade palial. Com o animal fixado no substrato, as cavidades do manto formam compartimentos fechados, permitindo que a água entre pela abertura anterior, trazendo o suprimento de oxigênio, e seja liberada posteriormente. Durante a maré baixa, os quitons podem se pressionar mais firmemente contra o substrato e diminuir a perda de água, mas, em algumas circunstâncias, o animal pode permitir a circulação de ar para uma limitada respiração aérea. Próximo ao ânus de muitos Polyplacophora, pode ser observado um par de osfrádios, que são órgãos quimiorreceptores que detectam características da água.

Um coração de três câmaras bombeia o sangue até as brânquias por meio de uma aorta e seios sanguíneos. Um par de metanefrídios leva excretas da cavidade pericárdica para o exterior. Dois nervos longitudinais estão conectados na região da boca. A maioria dos quitons é dioica e o desenvolvimento larval não apresenta uma fase véliger.

Classe Monoplacophora

Atualmente, são conhecidas cerca de 25 espécies de monoplacóforos que habitam o fundo dos oceanos. Tratam-se de animais pequenos, com conchas de contorno arredondado e pé em forma de sola rastejadora e boca com rádula característica. Ao contrário da maioria dos moluscos, os monoplacóforos apresentam estruturas repetidas serialmente. Eles apresentam entre três a seis pares de brânquias, dois pares de átrios no coração, três a sete pares de metanefrídios, um ou dois pares de gônadas e sistema nervoso com dez pares de nervos do pé. Esta repetição de estruturas pode ser observada nos animais do filo Annelida, resultantes do processo de metamerização característico deste grupo de animais. No entanto, no caso dos Monoplacophora, trata-se de um processo de pseudometamerização, diferente do ocorrido em Annelida, que surgiu no ancestral entre Monoplacophora e Polyplacophora.



Refleta

Compare a metamerização dos Monoplacophora com a observada nos animais do filo Annelida. Caso os monoplacóforos fossem realmente metamerizados, como seria o celoma destes animais?

Sem medo de errar

Agora que sabemos mais sobre os moluscos, vamos voltar à atividade proposta pelo especialista na feira de divulgação.

Em quais regiões do mar representadas (praia, zona entremarés, recife de corais e mar profundo) esperamos encontrar cada um dos grupos de moluscos discutidos?

Os caudofoveados são animais que vivem no sedimento, com parte do corpo enterrado em pequenas galerias. Portanto, estes animais vivem no fundo do mar e devem ser encontrados entre a zona intermediária e o mar profundo.

Os Solenogastres são animais encontrados frequentemente sobre os cnidários dos quais se alimentam. Logo, eles devem ser encontrados na zona intermediária, sobre os corais.

Os quitons da classe Polyplacophora ocupam áreas rochosas das zonas entremarés.

Os monoplacóforos são muito raros e encontrados no substrato do fundo oceânico, sendo, portanto, representativos do mar profundo.

Será possível encontrar conchas desses animais na praia?

Dos grupos estudados até o momento, apenas os integrantes da classe Polyplacophora e Monoplacophora possuem conchas. Como discutido anteriormente os quitons habitam as zonas entremarés, próximas à praia, enquanto os monoplacóforos vivem no fundo oceânico. Deste modo, esperamos encontrar apenas as conchas dos quitons nas praias, pois aquelas referentes aos monoplacóforos permanecem no fundo do mar, mesmo após a morte dos indivíduos.



Atenção

Para resolver esta situação-problema, preste atenção nos habitats ocupados por cada uma das classes de moluscos estudadas. Além disso, determine quais deles produzem conchas e vivem próximos à zona de praia.

Avançando na prática

Diversidade fóssil

Descrição da situação-problema

O especialista em moluscos nos mostra uma variedade enorme de organismos representantes deste filo. Ele diz que são conhecidas mais de 90.000 espécies viventes atualmente e cerca de 70.000 fósseis! Observando estes números, podemos ver que a quantidade de espécies fósseis descobertas é muito próxima à quantidade de espécies vivas atualmente. Na maioria dos filos animais, o registro fóssil corresponde a uma parcela pequena das espécies descritas. Um visitante da feira que estava escutando essas informações fez a seguinte afirmação: "No passado, a diversidade de moluscos era obrigatoriamente maior do que a dos outros animais". Estaria esta afirmação correta? Em caso negativo, quais seriam os verdadeiros motivos que levariam a essa enorme variedade no registro fóssil dos moluscos?



Lembre-se

Para resolver esta situação-problema, vamos retomar as características gerais dos integrantes do filo Mollusca. Além disso, vamos refletir sobre quais são os fatores que influenciam no processo de fossilização.

Resolução da situação-problema

Será mesmo que a diversidade de moluscos era maior do que a de outros animais?

Com base no registro fóssil, não é possível comprovar essa afirmação.

O registro fóssil dos moluscos é rico porque grande parte destes animais é caracterizada pela presença de concha. Estas estruturas são formadas por camadas de substâncias duras, que resistem bem à degradação e se mantêm no ambiente por um longo período de tempo. Em contraposição, tecidos moles de um organismo tendem a se degradar rapidamente (com exceção de situações específicas). Deste modo, as conchas (e tecidos orgânicos duros, como dentes e ossos) tendem a fossilizar com mais facilidade do que tecidos moles e são mais abundantes no registro fóssil. Por este motivo, o registro fóssil dos moluscos tem como base conchas e não os demais tecidos destes animais.



Faça você mesmo

Para testar o que discutimos anteriormente, faça uma pesquisa na internet ou, se você tiver acesso, vá a um museu. Observe a quantidade de fósseis com base em esqueletos e conchas (ou outras estruturas mais resistentes) e compare com a quantidade de fósseis de tecidos moles, como músculos, cérebro ou pele.

Faça valer a pena

1. Os integrantes do filo Mollusca apresentam características peculiares que os agrupam em um mesmo grupo, por exemplo:

- a) Presença de concha e larva trocófora.
- b) Corpo mole e presença de rádula.
- c) Presença de um manto e brânquias.
- d) Sistema circulatório aberto e metanefrídios.
- e) Celoma e larva véliger.

2. Entre as características exclusivas dos moluscos está a presença de uma rádula. Esta estrutura está relacionada com:

- a) Trocas gasosas.
- b) Fixação no substrato.
- c) Obtenção e transporte de alimento.
- d) Movimentação do corpo.
- e) Obtenção de informações sobre a água circulante.

3. Os moluscos apresentam uma estrutura chamada de pé que, em geral, localiza-se na região ventral do corpo. Além de estar associada à movimentação, o pé tem papel na:

- a) Fixação.
- b) Excreção.
- c) Reprodução.
- d) Respiração.
- e) Alimentação.

Seção 2.4

Filo Mollusca: classes Gastropoda, Cephalopoda, Bivalvia e Scaphopoda.

Diálogo aberto

Vamos finalizar nossa visita à feira de divulgação organizada pela prefeitura sobre os principais invertebrados que encontramos em nosso cotidiano. Estamos conversando com um expositor especialista em moluscos e, desta vez, ele nos conta um pouco sobre as classes mais famosas do filo Mollusca, que incluem as classes: Gastropoda, Cephalopoda e Bivalvia.

Ele nos mostra uma grande variedade de formas que compõem essas classes, exemplificando com os coloridos nudibrânquios, os caramujos, lesmas, polvos, lulas, mexilhões e ostras. Seguindo com a exposição, ele enfatiza ainda que boa parte dos indivíduos que foram citados é usada na culinária, como os caramujos (“escargot”, que é uma especiaria muito apreciada pelo mundo), polvos, lulas e mexilhões. No entanto, a importância destes moluscos para os seres humanos vai além de seu uso como alimento. Você seria capaz de citar outras interações entre gastrópodes, cefalópodes ou bivalves com os seres humanos? Além disso, será que essas interações são sempre benéficas para os seres humanos?

Nesta seção, vamos finalizar os estudos sobre o filo Mollusca, conhecendo as mais famosas e importantes classes: Gastropoda, Cephalopoda, Bivalvia e Scaphopoda. Vamos aprender sobre as principais características de cada classe, bem como suas principais interações com os seres humanos e também com o meio ambiente.

Bons estudos!

Não pode faltar

Classe Gastropoda

Trata-se da maior e mais diversificada classe dentro do filo Mollusca, com mais de 85.000 espécies, somando as atuais e as fósseis. Os gastrópodes compreendem desde animais marinhos até terrestres, como lapas, búzios, lebres e borboletas-do-mar, assim como caracóis e lesmas.

Quando presente, a concha é composta por uma única peça, enrolada ou não. A partir do ápice (que corresponde à menor e mais velha volta), as conchas dão voltas com raio cada vez maior e se enrolam ao redor de uma columela (eixo central). Dependendo do sentido do giro, a concha pode ser dextrógira (para a direita) ou sinistrógira (para a esquerda), sendo a primeira mais comum na natureza. Grande parte dos gastrópodes tem tamanho que varia entre 1 a 8 cm de comprimento, mas podem ser encontradas espécies microscópicas ou de até 1 m de extensão corporal.

A diversidade de habitats é grande entre os membros desta classe. Eles ocupam diversas zonas do ambiente marinho (desde a zona litorânea até zonas de grandes profundidades), água salobra, doce e o ambiente terrestre. Além disso, os gastrópodes ocupam diversos nichos ecológicos e interagem bastante com os seres humanos. Existem espécies que são pragas de culturas vegetais de grande importância agrícola, outras podem ser utilizadas como alimento e parte delas tem importância na saúde pública, sendo hospedeiros intermediários de importantes parasitas humanos.

O desenvolvimento embrionário dos gastrópodes varia dependendo do grupo, mas, em geral, forma-se um estágio de "larva trocófora" (característica do clado Lophotrochozoa), que antecede uma fase de "larva véliger". No entanto, uma das importantes características deste desenvolvimento é um processo denominado torção, no qual as posições relativas da concha, incluindo sistema digestivo, cavidade do manto e sistema nervoso, estão alteradas. Como resultado dessa torção, o ânus e a cavidade do manto passam a se localizar dorsalmente à boca e à cabeça. Assim, os órgãos do lado esquerdo do corpo agora são observados do lado direito, e vice-versa, e o sistema nervoso apresenta-se sinuoso na forma de um "8". Este arranjo leva à formação de um espaço livre na cavidade do manto, permitindo que a cabeça do animal possa ser recolhida para dentro da concha.

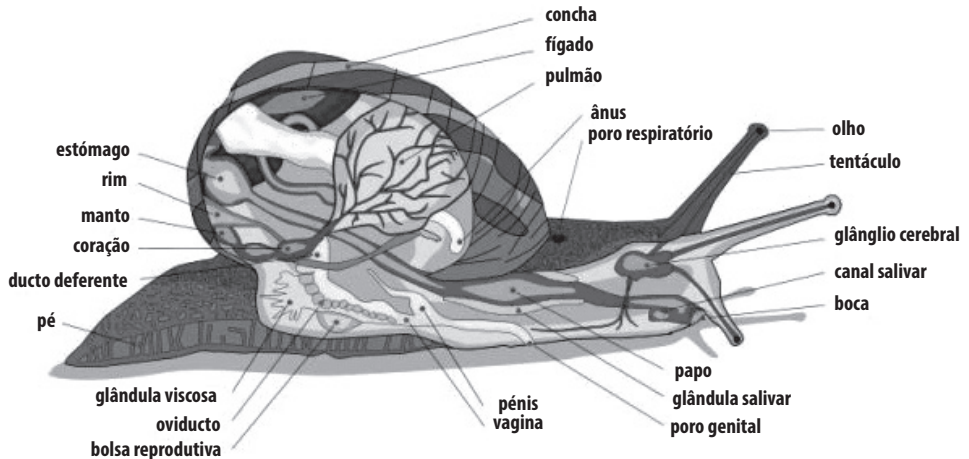


Refleta

Como discutido, o processo de torção resulta (entre outras características) no posicionamento do ânus logo acima da cabeça. Em um primeiro momento, este fenômeno parece ser desvantajoso para o animal. Reflita sobre as principais consequências da torção para os gastrópodes e quais os seus eventuais prós e contras a respeito desse fenômeno que acontece em gastrópodes.

Outro processo que ocorre no desenvolvimento embrionário de gastrópodes (distinto da torção) é o enrolamento em espiral da concha e da massa visceral. Os ancestrais deste grupo apresentavam uma concha grande, de simetria bilateral e que fazia voltas em um mesmo plano, denominada “concha planispiral”. Este tipo de concha evoluiu para uma forma mais compacta, adotando uma forma espiral cônica (conispiral) que cresce lateralmente. Assim, o centro de massa desta concha é deslocado lateralmente, resultando em problemas no equilíbrio do animal. Ao longo da evolução, estas conchas passaram a ser acomodadas obliquamente ao eixo do pé, exercendo pressão sobre o lado direito da cavidade do manto desses animais, levando à perda de órgãos do lado direito do corpo, tais como a brânquia, o átrio e o rim. Assim, esses gastrópodes apresentam uma assimetria bilateral corporal.

Figura 2.9 | Estrutura geral de um gastrópode



Fonte: <<http://www.coladaweb.com/wp-content/uploads/2014/12/Anatomia-do-Caracol.png>>. Acesso em: 28 maio 2016

Os gastrópodes possuem hábitos alimentares variados e isto pode ser observado nas adaptações apresentadas pela rádula destes animais, que funciona como “um aparelho mastigatório” na alimentação. Espécies herbívoras utilizam sua rádula para raspar o substrato ou rasgar pedaços de algas marinhas. Animais carnívoros ou necrófagos cortam ou rasgam o tecido animal com os dentes de suas rádulas. Outras espécies utilizam este órgão para perfurar conchas de outros moluscos (principalmente bivalves) e fazem uso de outras estruturas acessórias para se alimentar.



Pesquise mais

A grande diversidade de hábitos alimentares faz dos gastrópodes um dos competidores por alimentos dos seres humanos, de modo que diversas espécies de gastrópodes são consideradas pragas agrícolas e estão envolvidas no controle biológico em plantações. Saiba mais no texto disponível em: <<http://www.conchasbrasil.org.br/materias/pragas/visaogeral/>>. Acesso em: 28 maio 2016.

A respiração é realizada por apenas um ctenídio (estrutura localizada na cavidade do manto) na maioria dos gastrópodes. Algumas espécies aquáticas não possuem ctenídios e a respiração é realizada pela cavidade do manto e pela epiderme corporal. Outras espécies apresentam apenas uma das metades do "ctenídio" e o eixo central apresenta-se fundido à parede da cavidade do manto. Já os pulmonados não possuem brânquias e realizam as trocas gasosas por meio da parede da cavidade do manto altamente vascularizada, denominada pulmão. Esta cavidade comunica-se com o meio externo por um pequeno poro chamado de pneumostômio.



Assimile

Os ctenídeos (ou brânquias) são as estruturas respiratórias dos moluscos aquáticos, que consistem em um eixo central a partir do qual se projetam filamentos laterais.

Os gastrópodes dividem-se em três subclasses: Prosobranchia (grande parte dos caramujos marinhos, alguns de água doce e parte dos caracóis terrestres), Opisthobranchia (nudibrânquios, lesmas-do-mar, lebres-do-mar, borboletas-do-mar e caramujos-bolha) e Pulmonata (caracóis terrestres, grande parte dos caramujos de água doce e lesmas).

Classe Cephalopoda

Os cefalópodes são todos predadores marinhos ativos, que incluem os náutilos, lulas e polvos. Apresentam o pé modificado na forma de funil na região da cabeça, adaptado a expelir água da cavidade do manto. A margem anterior do pé prolonga-se em uma coroa de braços ou tentáculos característica destes animais. Eles variam bastante em tamanho, com espécies de 2 a 3 cm de comprimento até as lulas gigantes, com cerca de 18 m de extensão, sendo consideradas os maiores invertebrados conhecidos.



Exemplificando

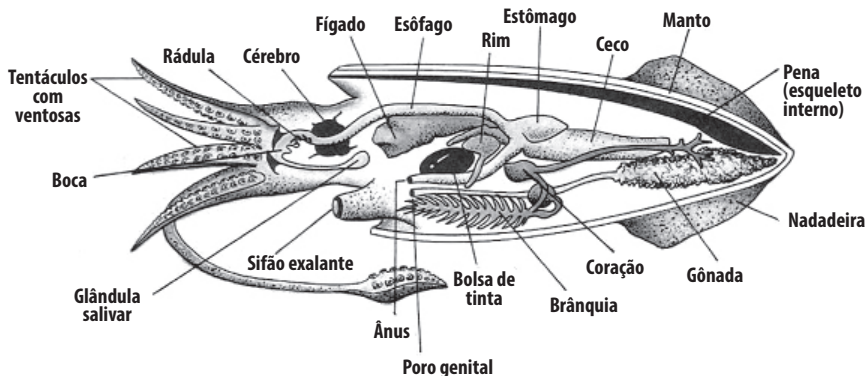
Para termos uma ideia do tamanho de uma lula gigante, existe uma lenda nórdica sobre uma besta lendária que habita os oceanos denominada *Kraken*. Trata-se de um monstro que seria capaz de afundar navios inteiros e acabar com suas tripulações, oferecendo risco à vida dos tripulantes.

As conchas dos cefalópodes podem variar bastante com relação à sua complexidade. As conchas enroladas dos náutilos diferem daquelas apresentadas pelos gastrópodes pela formação de septos transversais internos, dividindo o espaço interno da concha em compartimentos. Estas pesadas conchas evoluíram como um elemento de controle de flutuação, de modo que os compartimentos podem ser preenchidos com gás e possibilitam ao animal ter flutuabilidade neutra. As diversas câmaras são conectadas por um tecido vivo chamado de sifúnculo, que se prolonga a partir da massa visceral. As sibas (um tipo de cefalópode semelhante às lulas) também possuem concha curvada, mas é recoberta pelo manto. Em lulas, a concha foi reduzida a uma pequena pena (fina lâmina proteica), também envolvida pelo manto.

Os cefalópodes movimentam-se por propulsão a jato, expelindo água da cavidade do manto por meio de um funil ou sifão ventral móvel, capaz de direcionar o fluxo de água e, conseqüentemente, a direção do movimento. As lulas são as nadadoras mais ágeis do grupo, com o corpo hidrodinâmico moldado pela evolução. As sibas são um pouco mais lentas, no entanto apresentam um padrão corporal semelhante às lulas.

Já os náutilos são noturnos e bons nadadores, embora não tão rápidos quanto os anteriores. Já os polvos estão adaptados para rastejar sobre o substrato de pedras e corais, utilizando os discos de sucção de seus braços para sustentação do movimento.

Figura 2.10 | Estrutura geral de um cefalópode



Fonte: <<http://4.bp.blogspot.com/-KqRoO0rXtDo/TonNtpHQ4DI/AAAAAAAAAGU/Wlo2oqhwJjl/s640/estrutura+Lula.jpg>>. Acesso em: 2 jun. 2016.

A maioria dos cefalópodes tem um par de brânquias sem cílios associados. A demanda de oxigênio destes organismos tão ativos é maior do que o batimento ciliar é capaz de promover. Deste modo, a água é transportada para o interior da cavidade do manto pela ação de uma poderosa musculatura circular. Outra adaptação referente à alta atividade desses animais é a presença de um sistema circulatório fechado, em contraposição ao sistema aberto dos moluscos estudados até o momento, mostrando assim importante evolução do grupo.

O sistema nervoso e sensorial dos cefalópodes é o mais desenvolvido entre todos os moluscos. Possuem os maiores cérebros dos invertebrados, com diversos lobos com milhões de neurônios. As lulas possuem fibras nervosas gigantes que são ativadas em situações emergenciais, dando início a grandes contrações dos músculos do manto para uma fuga em velocidade. Boa parte dos cefalópodes apresenta olhos com grande complexidade, possuindo córnea, lente, câmara e retina. Apesar de serem incapazes de distinguir cores, sua acuidade visual é superior à dos seres humanos. Eles são capazes de diferenciar formas e aprender com base na observação de fenômenos.

Os cefalópodes são divididos em três subclasses: Ammonoidea (grupo extinto, composto por amonites), Nautiloidea (cefalópodes com dois pares de brânquias, os quais são representados atualmente por um único gênero, Nautilus) e Coleoidea (com um par de brânquias, reunindo todos os cefalópodes atuais, exceto os náutilos).



Pesquise mais

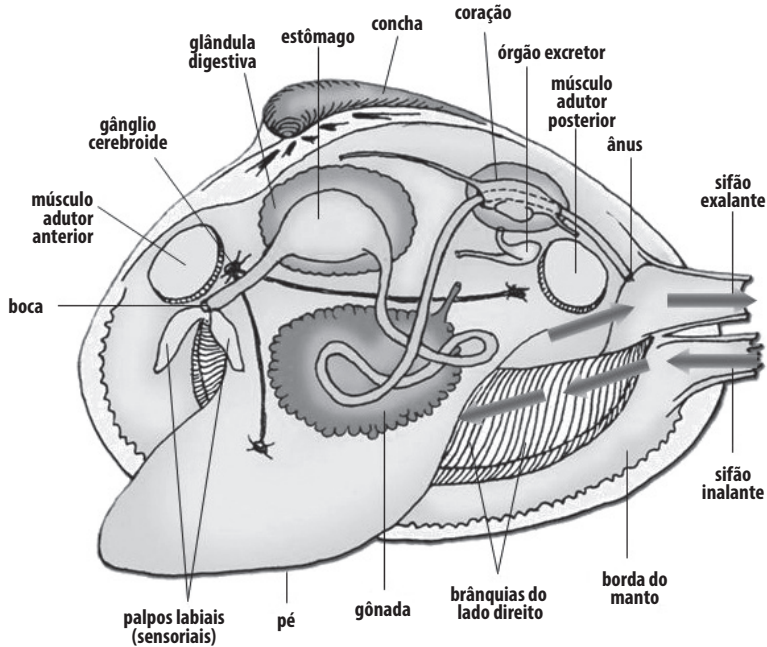
Além de sua importância ecológica, as lulas são consideradas recursos de alto valor nutricional e utilizadas por diversas culturas como fonte de alimento. Veja, no texto disponível a seguir, como a prática da pesca se encontra com a pesquisa sobre as lulas: <<http://www.prp.usp.br/1074>>. Acesso em: 28 maio 2016.

Classe Bivalvia

Os bivalves são moluscos que apresentam duas valvas, como mexilhões e ostras. Variam bastante em tamanho corporal, com espécies de 1 a 2 mm até gigantes de 1 m. Em sua maioria, os bivalves são animais sedentários que se alimentam de material filtrado, transportado pelo fluxo de água gerado por batimento ciliar das brânquias. A cefalização destes animais é reduzida, de modo que não são observadas estruturas como cabeça e rádula.

Os bivalves são animais que possuem corpo achatado lateralmente e suas duas conchas são unidas dorsalmente por um ligamento que, em repouso, mantém as valvas abertas. Músculos adutores atuam em contraposição a esse ligamento, mantendo a concha fechada.

Figura 2.11 | Estrutura geral de um bivalve



Fonte: <http://images.slideplayer.com.br/12/3756965/slides/slide_6.jpg>. Acesso em: 2 jun. 2016.

Esses animais são utilizados pelos seres humanos para a produção de pérolas. Estes artefatos são resultado de um mecanismo de proteção dos bivalves contra objetos estranhos, tais como areia, parasita etc. Quando este corpo aloja-se entre as valvas e o manto, o organismo secreta muitas camadas de nácar ao redor do objeto estranho. As pérolas são cultivadas inserindo-se partículas de nácar (extraídas da concha de outros bivalves) em certas espécies de bivalves, mantendo-as por vários anos.

A massa visceral nos bivalves é suspensa a partir do dorso do animal e o pé muscular está ligado ventralmente. Os ctenídeos pares estão presentes lateralmente ao corpo, cobertos por uma dobra (ou lobo) do manto. Na região posterior, os lobos do manto modificam-se formando uma abertura inalante e outra exalante. Em algumas espécies marinhas, os lobos ou as dobras prolongam-se formando sifões musculares.

De modo geral, os bivalves movimentam-se projetando o pé muscular no substrato, ancorando o corpo. Em seguida, músculos longitudinais contraem-se e encurtam o pé, projetando o animal para frente. Vieiras e limas movimentam-se pela abertura e fechamento abrupto das valvas, criando jatos de propulsão. As brânquias dos bivalves são adaptadas para sua alimentação por filtração. Os filamentos de cada um dos lados do eixo central dos ctenídeos são prolongados e se dobram, tomando a forma de um “W”. Este arranjo aumenta consideravelmente a área de trocas gasosas. Ainda, células glandulares nas brânquias produzem e secretam muco que englobam partículas de alimento presentes na água que está sendo filtrada por meio de poros nas brânquias. As massas de muco com partículas são conduzidas para a face ventral dos filamentos até sulcos alimentares, onde serão transportadas até os palpos, que selecionam as partículas de interesse e as levam à boca.

O coração, localizado na cavidade pericárdica, possui dois átrios e um ventrículo. Um par de túbulos nefridiais (órgãos de excreção relacionados aos néfrons em mamíferos) localiza-se posterior e ventralmente com relação ao coração.

O sistema nervoso é formado por três gânglios distantes entre si, conectados por comissuras e nervos. Os órgãos sensoriais são pouco desenvolvidos, de um modo geral, incluindo estatocistos (órgão de percepção geoespacial), osfrádios (células epiteliais de percepção ambiental), células tácteis e células pigmentares fotorreceptoras.

Classe Scaphopoda

Trata-se de um grupo de moluscos conhecidos popularmente como dentes-de-elfante ou dentálios, sendo animais marinhos que vivem no substrato de uma grande variedade de profundidades. Os escafópodes compreendem cerca de 900 espécies com o corpo alongado e coberto por um manto e concha tubulares, com comprimento que varia desde 4 mm até 25 cm.

O pé desses animais projeta-se para fora da concha na extremidade que se encontra enterrada no substrato, tendo a função de cavar. Uma corrente de água é formada por movimentos do pé e por batimentos ciliares, passando assim pela cavidade do manto. Como as brânquias estão ausentes, as trocas gasosas ocorrem pela parede da cavidade palial. O alimento consiste de detritos e protozoários e é capturado por cílios do pé ou protuberâncias adesivas existentes na extremidade de longos tentáculos (captáculos) que se projetam a partir da cabeça. Os captáculos também realizam uma limitada função sensorial, uma vez que olhos, tentáculos e osfrádios típicos de outros grupos de moluscos estão ausentes.

Sem medo de errar

Agora que sabemos mais sobre os moluscos das classes Gastropoda, Cephalopoda, Bivalvia e Scaphopoda, podemos responder à pergunta deixada no início da seção.

Você seria capaz de citar outras interações entre gastrópodes, cefalópodes ou bivalves com os seres humanos, além da sua utilização como fonte alimentar? Além disso, será que essas interações são sempre benéficas para os homens? Como vimos ao longo da seção, os gastrópodes, cefalópodes e bivalves são de extrema importância para os seres humanos. De fato, muitos destes moluscos são utilizados como alimento, como *escargot* (gastrópodes), polvos e lulas (cefalópodes), e ainda mexilhões e ostras (bivalves). No entanto, sua importância vai além da culinária.

Algumas espécies de gastrópodes são pragas de culturas vegetais humanas, sendo, inclusive, encontradas nos jardins caseiros. Entretanto, sua interação mais importante diz respeito à saúde pública, pois algumas espécies de gastrópodes atuam como hospedeiros intermediários para importantes parasitas humanos, tais como os esquistossomos (causadores da esquistossomose ou barriga-d'água). Entre os bivalves, podemos mencionar sua utilização na produção de pérolas, muito valorizadas no mercado de joias. Além disso, algumas espécies deste grupo perfuram embarcações e ancoradouros construídos de madeira, causando grandes danos materiais.



Atenção

Gastrópodes, cefalópodes e bivalves são muito bem-sucedidos em seu ambiente natural e ocupam ambientes que se sobrepõem aos ocupados por seres humanos, resultando em inúmeras interações positivas e negativas. Preste atenção em quais grupos são responsáveis pelas interações discutidas.

Avançando na prática

Controle de pragas caseiro

Descrição da situação-problema

Como discutido ao longo da seção, os gastrópodes são importantes pragas de culturas vegetais. Portanto, são comumente encontradas em jardins e quintais urbanos. De acordo com o conhecimento popular, o controle dessas pragas pode ser realizado jogando sal de cozinha sobre as lesmas e caracóis, resultando no “derretimento” destes animais. O sal de cozinha é conhecido por sua propriedade higroscópica, ou

seja, trata-se de uma substância que atrai intensamente a água. Essa propriedade do sal de cozinha é utilizada há anos na preservação de alimentos, tais como bacalhau, carne seca etc. Sua utilização resulta na desidratação do alimento e o torna um ambiente inóspito (sem condições de vida) para bactérias e fungos que atuariam na degradação da matéria orgânica, de modo que todo microrganismo que entra em contato com este excesso de sal acaba morrendo por desidratação. Portanto, ao jogarmos sal sobre lesmas e caracóis, eles desidratam intensamente e acabam morrendo. Por que esta prática é tão eficiente nos gastrópodes? Esta medida seria eficiente em outros organismos já estudados nessa disciplina?



Lembre-se

Os moluscos possuem corpo mole, com a pele bastante úmida e sem a presença de cutícula. Em espécies terrestres, uma parte das trocas gasosas ocorre por meio da epiderme, o que só é possível quando a pele é fina e úmida.

Resolução da situação-problema

A epiderme dos gastrópodes terrestres é bastante delicada e úmida, permitindo a troca de gases por meio da pele. Nos moluscos, não há a presença de uma cutícula que protege a epiderme contra a ação do ambiente. Portanto, quando o sal de cozinha entra em contato com a pele dos gastrópodes, a absorção de água ocorre rapidamente, desidratando violentamente o animal.

Essa propriedade do sal de cozinha é tão intensa que sua aplicação em organismos com epiderme mais protegida do que a dos moluscos também leva à desidratação. As minhocas também são frequentemente alvo deste tipo de prática, mesmo com sua epiderme protegida por uma fina camada de cutícula.



Faça você mesmo

Quando vamos à praia, devemos sempre nos preocupar com a hidratação de nosso corpo. Quando passamos longos períodos dentro do mar, ficamos com bastante sede e, em casos mais graves, podemos sofrer com dores de cabeça e tonturas. Por que isso acontece? Qual característica da água do mar que leva a este fenômeno? Existe alguma relação com a aplicação de sal nos gastrópodes?

Faça valer a pena

1. Alguns grupos de moluscos podem apresentar conchas com uma única peça, que fazem voltas ao redor de um eixo central. O desenvolvimento embrionário destes animais é marcado por um fenômeno denominado torção. São exemplos desse grupo de moluscos:

- a) Lulas e polvos.
- b) Ostras e mexilhões.
- c) Quítons e náutilos.
- d) Nudibrânquios e dentes-de-elefante.
- e) Caramujos e lesmas.

2. Os gastrópodes correspondem ao grupo mais diversificado dentre os moluscos. Eles ocupam uma grande variedade de nichos ecológicos e são capazes de se alimentar de uma grande gama de fontes alimentares. Esta variedade pode ser observada pelas diferentes adaptações de qual estrutura?

- a) Brânquias.
- b) Rádula.
- c) Concha.
- d) Pé.
- e) Manto.

3. A maioria dos moluscos realiza as trocas gasosas por meio de brânquias. No entanto, algumas espécies não apresentam esta estrutura. Neste caso, a respiração ocorre por meio de qual estrutura?

- a) Manto.
- b) Pé.
- c) Cavidade palial.
- d) Ctenídios.
- e) Concha.

Referências

BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. **Invertebrados**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2007. 968 p.

_____. **Invertebrates**. Sinauer Associates, Inc., Sinderland, MA, 1990.

HICKMAN JR., C. P. et al. **Princípios Integrados de Zoologia**. 15. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos Invertebrados**. São Paulo: Roca, 2005.

Filo Arthropoda

Convite ao estudo

Vamos dar início à segunda metade da disciplina de Zoologia Geral. Na unidade anterior, estudamos as principais características dos animais dos filos Annelida e Mollusca, bem como seus principais representantes e os modos como estes animais relacionam-se com a espécie humana.

Na terceira unidade da disciplina, vamos conhecer o maior grupo de animais do nosso planeta: o filo Arthropoda. Estes animais são extremamente bem-sucedidos e ocupam praticamente todos os ambientes existentes, podendo se alimentar de uma enorme variedade de fontes nutricionais. Um dos resultados deste sucesso evolutivo é uma grande interação com os seres humanos, de modo que este grupo apresenta representantes que são considerados as mais destrutivas pragas agrícolas, vetores de doenças e, também, podem ser utilizados como alimentos.

A competência geral desta disciplina é conhecer as principais características e conceitos da Zoologia, além de ser capaz de identificar os atributos que definem os filos Nematoda, Annelida, Mollusca, Arthropoda e Chordata e como estes animais interagem com os humanos, gerando impactos econômicos e na saúde pública.

Os objetivos desta disciplina são entender como a vida originou-se em nosso planeta e como ela evoluiu para as diversas formas de vida animal que temos atualmente. Além disso, devemos ser capazes de entender a importância da organização sistemática das informações sobre os seres vivos em diversas áreas de estudo.

Ao longo desta unidade, vamos acompanhar o trabalho de uma equipe contratada para identificar pragas ou espécies perigosas para os seres humanos em uma grande propriedade. Além da identificação, estes profissionais vão orientar as pessoas sobre a importância destes animais e como proceder em caso de contato com estes artrópodes.

A cada seção dessa unidade, estudaremos as características gerais dos subfilos de artrópodes e a sua relação com os seres humanos, destacando os principais representantes de cada grupo e sua importância. Vamos conhecer este diversificado filo de animais com o auxílio dos materiais que temos disponíveis, como o livro didático, a webaula e as leituras recomendadas.

Bons estudos!

Seção 3.1

Filo Arthropoda: subfilos Trilobitomorfa e Myriapoda

Diálogo aberto

O proprietário de um grande lote de terra contratou os serviços de uma empresa responsável pela identificação de pestes e espécies perigosas de animais para os seres humanos. Esta propriedade é bastante extensa e apresenta uma grande diversidade de ambientes, que incluem áreas próximas ao mar e outras nas proximidades da Mata Atlântica. Além disso, podem ser observadas áreas com algumas estruturas construídas, mas abandonadas pelo antigo proprietário, onde se pode observar o acúmulo de entulho.

As análises do grupo tiveram início justamente nesta região construída e cheia de entulhos. Não precisou de muito tempo até a equipe encontrar algumas espécies de miriápodes, sendo algumas delas venenosas. Seriam estes animais perigosos para os seres humanos? Quais são as medidas que deveriam ser tomadas para diminuir a interação entre estes artrópodes com os seres humanos que, eventualmente, venham a frequentar este local?

Nesta primeira seção da Unidade 3, vamos conhecer as principais características dos invertebrados do filo Arthropoda. Além disso, estudaremos os dois subfilos menos conhecidos deste grupo: Trilobitomorpha e Myriapoda.

Não pode faltar

O Filo Arthropoda

Os artrópodes compõem o grupo de maior diversidade dentre os animais, correspondendo a mais de $\frac{3}{4}$ de todas as espécies conhecidas. Apesar das 1.100.000 espécies já descritas até o momento, estima-se que o número total de espécies possa ultrapassar o dobro deste número. Este grupo é representado por aranhas, escorpiões, carrapatos, ácaros, caranguejos, camarões, insetos, centopeias e outros grupos menos conhecidos, além de um rico registro fóssil. As espécies conhecidas hoje em dia raramente ultrapassam 60 cm de comprimento. No entanto, podem ser observados fósseis de insetos da era Paleozoica que chegavam a até 3 m.

Os artrópodes são animais ativos e capazes de se alimentar de praticamente tudo que é orgânico em nosso planeta. A maioria das espécies conhecidas é herbívora, mas também são observados carnívoros e onívoros. Estes animais são evolutivamente bem-sucedidos e ocupam uma enorme variedade de nichos ecológicos. Por consequência, os artrópodes acabam sendo grandes competidores dos seres humanos por alimento, além de serem transmissores de sérias doenças. No entanto, eles possuem um papel benéfico para os humanos, polinizando plantas utilizadas como alimento pelo homem e, também, produzem substâncias, como o mel e a seda, por exemplo.



Pesquise mais

A origem evolutiva dos artrópodes está relacionada a uma série de fatores que influenciaram o sucesso evolutivo destes animais. Leia mais no texto disponível em: <<https://netnature.wordpress.com/2013/12/16/a-vida-antes-do-cambriano-e-a-origem-dos-artropodes-houve-uma-explosao-cambriana/>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

Relações filogenéticas dos Artrópodes

Os integrantes do filo Arthropoda são membros do clado Ecdysozoa, assim como os vermes cilíndricos do filo Nematoda. Os artrópodes são animais protostomados, com corpo segmentado e com uma cutícula quitinosa recobrimdo o corpo, frequentemente apresentando cálcio em sua constituição.



Refleta

Os artrópodes estão classificados como integrantes do clado Ecdysozoa, assim como os nematódeos. Ambos possuem uma cutícula rígida que reveste o corpo, a qual confere proteção, mas limita o crescimento, sendo necessária a ocorrência da muda para o crescimento do organismo. Comparando os dois filios (Arthropoda e Nematoda), quais são as diferenças entre as cutículas destes invertebrados?

Apesar da grande diversificação dos artrópodes, os planos corpóreos específicos de cada subgrupo de Arthropoda podem ser facilmente identificados. As centopeias, por exemplo, possuem troncos com uma série de segmentos semelhantes repetidos. Já as aranhas apresentam duas regiões corporais distintas e sem repetições de segmentos.



Assimile

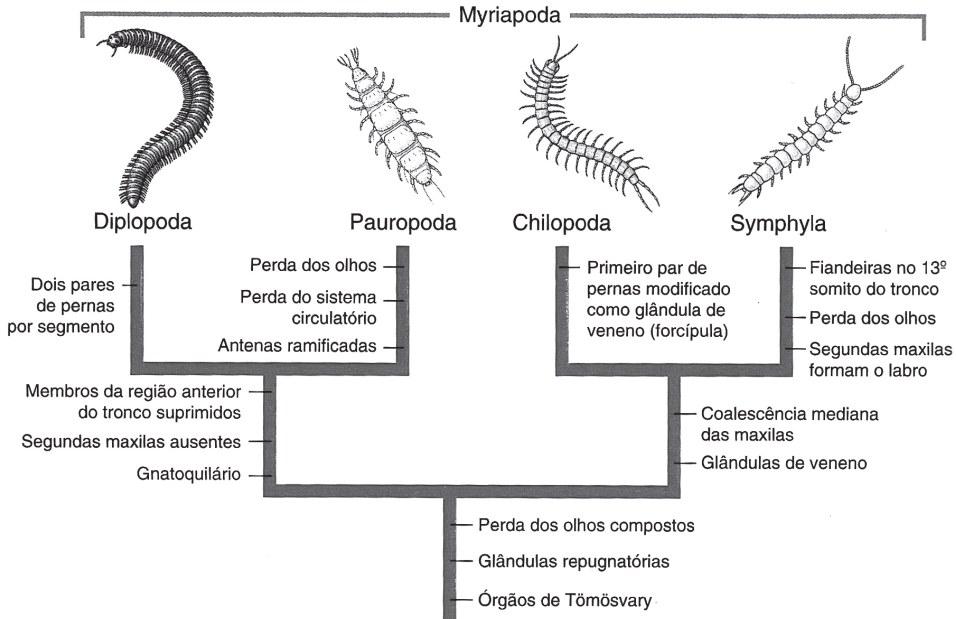
A segmentação corporal dos artrópodes difere fundamentalmente daquela apresentada pelos anelídeos pelo fato dos metâmeros se agruparem em unidades morfofuncionais especializadas, chamadas de tagmas (agrupamentos funcionais de segmentos corporais).

O filo Arthropoda está dividido em cinco subfilos:

- Trilobitomorpha (extinto): composto pelos trilobitas.
- Myriapoda: centopeias, lacraias, piolhos-de-cobra.
- Crustacea: lagostas, caranguejos, siris, cracas, camarões.
- Hexapoda: insetos.
- Chelicerata: aranhas, escorpiões, opiliões, ácaros, carrapatos.

A filogenia entre estes subfilos é bastante controversa e, de modo geral, as discussões sobre as relações de parentesco giram em torno dos tipos de peças bucais destes animais. Nesta disciplina, vamos considerar que o subfilo Trilobitomorpha é o mais basal do grupo, ou seja, ele foi o primeiro a divergir da linhagem de artrópodes. Hexapoda e Crustacea compartilham um ancestral comum mais recente do que com os demais grupos e são colocados em proximidade em um clado denominado de Pancrustacea. No entanto, a relação entre Myriapoda, Chelicerata e Hexapoda+Crustacea não é muito clara.

Figura 3.1 | Relações filogenéticas entre os Arthropoda não extintos



Fonte: Hickman Jr. et al. (2013).

Sucesso evolutivo dos Arthropoda

Atribui-se o sucesso evolutivo dos artrópodes a algumas características estruturais e fisiológicas desses animais, que serão discutidos a seguir:

- Presença de um exoesqueleto versátil: o exoesqueleto dos artrópodes possui grande capacidade de flexibilidade e mobilidade, além de proteger o corpo do animal. O exoesqueleto corresponde a uma cutícula que reveste o corpo externamente e é secretada pela epiderme. A cutícula é constituída por uma procutícula (mais interna e grossa) e uma epicutícula (mais externa e fina) e ambas são formadas por várias camadas.

A epicutícula é formada por proteínas e lipídios e é esclerotizada (processo de endurecimento), aumentando sua capacidade de proteção. Em alguns insetos, a camada mais externa da epicutícula é recoberta por uma cera que diminui a perda de água do organismo para o ambiente. A procutícula se divide, ainda, em exocutícula (secretada antes da muda) e em endocutícula (secretada após a muda). A procutícula é composta por proteínas e um polissacarídeo chamado de quitina, substância rígida, resistente e insolúvel em água. A maioria dos crustáceos possui regiões da procutícula impregnadas com sais de cálcio, que aumenta a resistência do exoesqueleto em detrimento de sua flexibilidade.

A cutícula pode variar em rigidez e flexibilidade. Em geral, ela é fina e flexível entre os segmentos do corpo e dos apêndices, promovendo uma liberdade de movimento. Além disso, a cutícula pode estar adaptada para atuar como peças bucais mastigatórias, órgãos sensoriais, copulatórios ou, até mesmo, com propósito estético.

A exemplo do que ocorre com os nematódeos, o exoesqueleto impõe restrições ao crescimento. Deste modo, o crescimento depende da troca do exoesqueleto de tempos em tempos e da produção de um revestimento maior em um processo chamado de "muda". Ainda, a eliminação da pele ao final deste processo é denominada "ecdise".

- Locomoção mais eficiente: provavelmente, o plano corpóreo do ancestral dos artrópodes consistia de segmentos semelhantes repetidos linearmente, cada um com um par de apêndices articulados. Os grupos atuais apresentam uma grande variedade de segmentos e apêndices, havendo, desta forma, uma tendência ao agrupamento desses segmentos em unidades funcionais especializadas chamadas "tagmas" (agrupamentos funcionais de segmentos corporais).

- Transporte de oxigênio diretamente às células: grande parte dos artrópodes terrestres transporta gases respiratórios por meio de um complexo e eficiente sistema de pequenos tubos chamados de traqueias, que levam o oxigênio diretamente até os tecidos e as células, permitindo uma alta taxa metabólica por longos períodos de intensa atividade.

- Desenvolvimento de órgãos sensoriais: os artrópodes são capazes de perceber com muita precisão o que ocorre ao seu redor no ambiente. Estes animais apresentam uma variada gama de órgãos sensoriais bem desenvolvidos, que vão desde olhos compostos até os relacionados ao tato, olfato, audição, equilíbrio e recepção química.

- Padrões complexos de comportamento: o comportamento não aprendido (inato) dos artrópodes é responsável por boa parte das atividades destes invertebrados. No entanto, o aprendizado tem um papel muito importante na vida desses animais.

- Redução da competição por recursos entre jovens e adultos: em boa parte dos artrópodes, as fases jovens ou larvais possuem características muito distintas dos adultos em diferentes níveis. Em geral, as formas larvais estão adaptadas a se alimentar de fontes diferentes daquelas utilizadas pelos adultos, limitando a competição intraespecífica por alimento.



Exemplificando

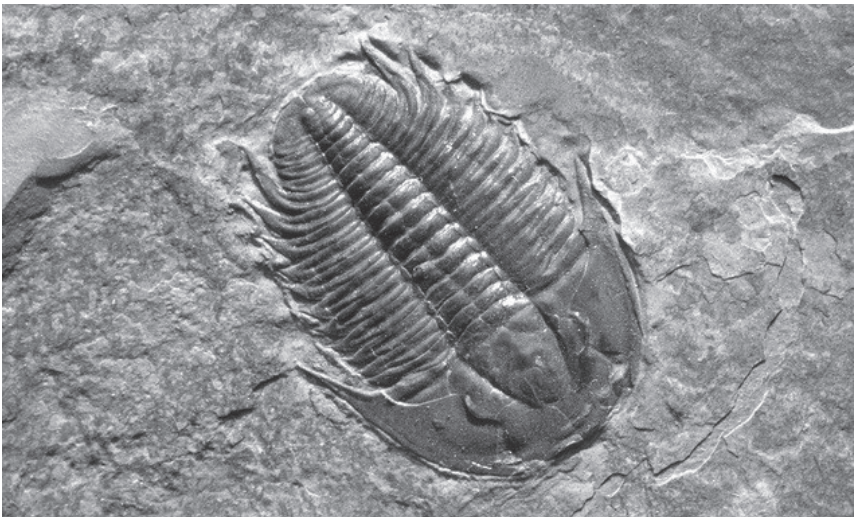
A presença de elementos de maior ou menor rigidez no exoesqueleto dos artrópodes é a chave para o seu sucesso evolutivo. Caso contrário, esses invertebrados teriam a movimentação restrita semelhante ao Homem de lata enferrujado de *O Mágico de Oz*.

Subfilo Trilobitomorpha (Trilobita)

Os trilobitas são artrópodes extintos há cerca de 200 milhões de anos, mas habitaram abundantemente o nosso planeta durante os períodos Cambriano e Ordoviciano. O corpo destes animais era achatado dorso-ventralmente e apresentava duas fendas longitudinais, que formavam três lobos dorsais. Os trilobitas eram habitantes de fundo e, provavelmente, alimentavam-se de detritos.

O exoesqueleto destes artrópodes era composto por quitina e reforçado por carbonato de cálcio em algumas regiões. O corpo era dividido em três tagmas: cabeça, tórax e pigídio. A cabeça era composta por apenas uma peça, com um par de antenas, olhos compostos, boca e quatro pares de apêndices locomotores. A boca era simplificada, sem peças bucais verdadeiras (derivadas de apêndices articulados), e cada segmento (ou somito) corporal, com exceção do último, apresentava um par de apêndices birremes (com dois ramos), de modo que um dos ramos possuía filamentos que podem ter sido usados como brânquias.

Figura 3.2 | Fóssil de um trilobita



Fonte: <<https://goo.gl/9ZKILc>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

Subfilo Myriapoda

Os integrantes deste grupo apresentam um padrão corporal com dois tagmas: uma cabeça e um tronco, que possuem um par de apêndices em todos ou quase todos somitos.

Figura 3.3| Exemplo de um miriápode (classe Diplopoda)



Fonte: <<https://goo.gl/SdPQgv>>. Acesso em: 14 jun, 2016.

Os miriápodes são classificados em quatro classes: Chilopoda (lacrarias e centopeias), Diplopoda (piolhos-de-cobra, milípedes), Pauropoda e Symphyla.

- Classe Chilopoda: estes animais são terrestres e possuem o corpo achatado dorso-ventralmente. Atualmente, existem cerca de 3.000 espécies descritas por todo o mundo. As centopeias vivem em locais úmidos, como debaixo de troncos, pedras e cascas de árvores, e são ágeis caçadoras de insetos e minhocas. Elas matam suas presas injetando veneno e, em seguida, esmagam seu alimento com suas mandíbulas. O veneno dos quilópodes não é suficientemente forte a ponto de ser perigoso aos humanos. No entanto, uma picada destes animais pode ser bastante dolorosa.

O corpo das centopeias pode apresentar de poucas até 177 somitos. Cada segmento (exceto o primeiro adjacente à cabeça e os dois últimos) possui um par de pernas articuladas. O primeiro somito possui apêndices modificados em garras com veneno e o último par de pernas são mais longos e com função sensorial. A cabeça apresenta um par de antenas, um par de mandíbulas e até dois pares de maxilas, que são estruturas do aparelho bucal. Podem ser observados, ainda, um par de olhos simples (ocelos).

O sistema digestivo é composto por um tubo simples com glândulas salivares associadas à sua porção anterior. Dois pares de túbulos de Malpighi (órgãos do sistema excretor que se associam ao sistema digestivo) estão presentes e realizam a excreção nestes animais. O sistema circulatório destes invertebrados é aberto e

é composto por um coração alongado e com um par de artérias para cada somito. Além disso, o coração apresenta poros (ou óstios) pelos quais o sangue é coletado a partir da cavidade corporal (ou hemocela). A respiração ocorre por um sistema de traqueias que se originam a partir de um par de aberturas (espiráculos) em cada segmento.

Esses animais são dióicos e as formas jovens e adultas são semelhantes, não ocorrendo a metamorfose ao longo do desenvolvimento.

- Classe Diplopoda: os diplópodes não são ativos como os quilópodes, com a maioria de seus integrantes sendo herbívoros, alimentando-se de matéria vegetal viva ou em decomposição. Muitos deles se protegem de predadores produzindo substâncias tóxicas ou repelentes em glândulas repugnatórias, localizadas lateralmente no corpo. Trata-se de um grupo com maior variedade de espécies, com mais de 10.000 já descritas por todo o mundo.

O corpo cilíndrico dos diplópodes é composto de 25 a 100 segmentos. O tórax, por sua vez, consiste de quatro somitos, cada um com um par de pernas. Os demais segmentos possuem dois pares de pernas e o exoesqueleto é reforçado com carbonato de cálcio. A cabeça apresenta dois grupamentos de olhos simples, um par de antenas, um par de mandíbulas e um de maxilas.

Os integrantes da classe Diplopoda são dióicos. De modo geral, a estrutura corporal dos diplópodes assemelha-se ao apresentado pelos quilópodes. Os apêndices do sétimo segmento da maioria dos diplópodes são modificados em órgãos copulatórios.

- Classe Pauropoda: estes miriápodes são os menos conhecidos de todo o subfilo. Tratam-se de invertebrados pequenos, com menos de 2 mm de comprimento, de corpo mole e que se dividem em 500 espécies descritas atualmente. Eles podem ser encontrados em solo úmido, debaixo de folhas no solo, matéria vegetal em decomposição ou sob cascas de árvore. Os paurópodes possuem uma cabeça reduzida com antenas ramificadas e um par de órgãos sensoriais que se parecem com olhos, mas não são. Nove pares de pernas são observados nos 12 segmentos torácicos. Apresentam uma placa dorsal que cobre cada dois somitos.

- Classe Symphyla: estes invertebrados são pequenos e possuem corpos semelhantes ao dos quilópodes. Eles habitam o solo, entre o húmus, folhas decompostas e detritos. Pertencentes ao gênero *Scutigera* são consideradas pragas de vegetais e flores cultivadas em estufas. Seu corpo é mole e possui 14 segmentos (dos quais 12 apresentam pernas) e um par de fiandeiras (glândulas especializadas na produção de filamentos). As antenas são, geralmente, longas e não ramificadas. Os olhos estão ausentes, mas poros sensoriais são observados na base das antenas. O sistema de traqueias limita-se à região anterior do corpo, com um par de espiráculos na cabeça e traqueias nos somitos anteriores. São conhecidas 160 espécies desta classe.

Sem medo de errar

Nessa seção, iniciamos nosso estudo sobre os integrantes do diversificado filo Arthropoda. Até o momento, conhecemos as principais características do extinto subfilo Trilobitomorpha e do subfilo Myriapoda. Com as informações obtidas até aqui, podemos responder às questões levantadas no início da seção.

Os miriápodes venenosos encontrados são perigosos para os seres humanos? Será?

A maioria dos miriápodes é composta por organismos que não apresentam qualquer perigo aos seres humanos. No entanto, as centopeias e lacraias são animais que caçam outros invertebrados e injetam veneno em suas presas para matá-las e, então, comê-las. Em geral, o veneno destes quilópodes é suficiente para causar dor intensa ao picarem seres humanos. Entretanto, algumas espécies tropicais produzem toxinas mais fortes e podem ser perigosas. Quais são as medidas que deveriam ser tomadas para diminuir a interação entre estes artrópodes com os seres humanos que, eventualmente, venham a frequentar este local?

De modo geral, os miriápodes vivem em ambientes úmidos, como debaixo de troncos, pedras, folhas, cascas de árvore etc. Deste modo, a presença de entulho na área analisada favorece a presença destes artrópodes. Portanto, a remoção deste material seria recomendada para reduzir a frequência de miriápodes nesta região.



Atenção

É comum confundir as centopeias e lacraias com insetos. No entanto, os insetos correspondem aos integrantes do subfilo Hexapoda e, como veremos mais adiante, nesta unidade, eles são caracterizados pela presença de três pares de pernas, enquanto os miriápodes apresentam um número muito superior de apêndices.

Avançando na prática

Problemas futuros

Descrição da situação-problema

Seguindo com a identificação dos organismos presentes na área construída da propriedade, a equipe de profissionais identificou mais algumas espécies de miriápodes diferentes das encontradas anteriormente, embora ainda semelhantes. Tratam-se de

organismos menores e com o corpo mole, com antenas ramificadas. Os profissionais dizem que estes artrópodes não são venenosos e não oferecem perigo aos humanos, mas podem trazer problemas futuros, dependendo das atividades que podem ser realizadas na propriedade.

Levando em consideração as características observadas destes invertebrados, seria possível identificar a que classe eles pertencem? Quais são os possíveis problemas que estes miriápodes podem trazer no futuro?



Lembre-se

Para resolver esta situação-problema, retome os conceitos abordados sobre o Subfilo Myriapoda, enfatizando a classificação destes animais e os hábitos de vida de cada grupo.

Resolução da situação-problema

Os miriápodes da classe Symphyla são organismos de pequeno porte, com corpo mole e padrão corporal semelhante ao das centopeias e lacraias. Alguns dos seus membros (principalmente do gênero *Scutigera*) são pragas de vegetais e flores cultivadas em estufas. Portanto, a presença destes invertebrados no ambiente pode causar problemas para os proprietários caso eles decidam manter culturas de plantas em estufa em sua propriedade. Deste modo, é aconselhável que o desenvolvimento dessas culturas seja devidamente planejado para que estes miriápodes sejam removidos daquela área para evitar qualquer tipo de prejuízo para as culturas.



Faça você mesmo

Quando você tiver acesso a uma área de mata, como fazendas ou chácaras, dê uma caminhada pela região e procure por miriápodes presentes na área, em geral, sob pedras ou troncos de árvores (não esqueça de usar luvas!). Veja se você consegue identificar diferentes tipos de miriápodes, principalmente os integrantes das classes Chilopoda e Diplopoda.

Faça valer a pena

1. Uma das características que contribuíram para o sucesso evolutivo dos artrópodes também pode ser observada nos vermes cilíndricos do filo Nematoda (embora tenha propriedades diferentes). Qual é esta característica?

- a) Celoma.
- b) Esqueleto hidrostático.
- c) Cefalização.
- d) Segmentação corporal.
- e) Cutícula recobrimdo o corpo.

2. Artrópodes e anelídeos compartilham uma importante característica no seu plano corporal. Qual é esta característica?

- a) Segmentação corporal.
- b) Parapódios e cerdas.
- c) Cutícula recobrimdo o corpo.
- d) Clitelo.
- e) Apêndices articulados.

3. O filo Arthropoda está subdividido em cinco subfilos, sendo um extinto. Qual é este grupo?

- a) Myriapoda.
- b) Crustacea.
- c) Chelicerata.
- d) Trilobitomorpha.
- e) Hexapoda.

Seção 3.2

Filo Arthropoda: Subfilo Crustacea

Diálogo aberto

Vamos retornar ao trabalho da equipe de profissionais contratada pelo dono de um grande lote de terra para identificar pestes e espécies de animais perigosas na área. Após terem analisado uma área que continha uma construção abandonada e entulhos, os profissionais encaminharam-se para uma área próxima ao mar. Chegando ao local, eles observaram que havia uma pequena e bela praia, com pedras em uma de suas extremidades. O proprietário do local disse que planejava construir uma marina para acomodar barcos que poderiam ser utilizados para pesca ou lazer. No entanto, ao analisarem algumas das pedras que ficavam na zona entremarés, os profissionais detectaram a presença de cracas fixadas em sua superfície. A equipe, então, alertou o proprietário para o fato de que talvez ele tenha problemas caso opte por manter barcos naquela área. Por que os profissionais decidiram fazer este alerta? Qual é a relação entre a presença de cracas na área e a utilização de barcos?

Nesta seção, vamos conhecer o segundo maior e mais diversificado grupo do filo Arthropoda: o subfilo Crustacea. Conheceremos suas principais características e sua relação com os demais artrópodes, além de evidenciar os crustáceos mais representativos e que interagem com os seres humanos.

Não pode faltar

Crustáceos: os insetos do mar

O subfilo Crustacea domina os ambientes marinhos e aquáticos e corresponde a um grupo com 67.000 espécies descritas, mas se estima que o número de crustáceos existentes no planeta ultrapassa este número em várias vezes. Os crustáceos ocupam uma grande variedade de nichos ecológicos e apresentam uma enorme variedade de formas, que vão desde os conhecidos e comestíveis camarões, lagostas, lagostins, caranguejos e siris, até os menos famosos, como copépodes, anfípodes, ostrácodes, *krill*, entre outros.

Os crustáceos ocupam os mais diversos habitats marinhos e aquáticos. Algumas espécies vivem no fundo dos corpos d'água, caminhando, arrastando-se ou enterrando-se no fundo; outras espécies são sésseis (vivem fixas ao substrato). Muitos deles nadam nas camadas superficiais de água e uma grande parte vive suspensa na coluna d'água, compondo o plâncton de oceanos ou lagos. Como os crustáceos dominam os ambientes marinhos e aquáticos, é comum que estes organismos sejam chamados de "insetos do mar".

Subfilo Crustacea: características gerais

Os crustáceos diferenciam-se dos demais artrópodes por possuírem dois pares de antenas. A cabeça também apresenta um par de mandíbulas e dois pares de maxilas, tendo os segmentos corporais apenas um par de apêndices cada. Em alguns grupos, podem ser observados segmentos sem apêndices. Os apêndices dos crustáceos apresentam, em geral, dois ramos (birremes), sendo uma característica ancestral que pode ser observada em alguns dos adultos atuais.

A maior parte dos crustáceos possui entre 16 a 20 segmentos, embora possam ser encontradas espécies com 60 ou mais segmentos. Os principais tagmas (unidade morfofuncional de segmentos) são cabeça, tórax e abdome, mas, na maioria dos Crustacea, os dois primeiros tagmas fundem-se em um cefalotórax.



Assimile

O corpo dos artrópodes apresenta segmentos ou somitos agrupados e especializados, denominados tagmas.

Em muitos crustáceos, a cutícula dorsal da cabeça estende-se posteriormente, recobrendo também as laterais do corpo. Os segmentos torácicos e abdominais podem ser recobertos por esta cutícula proveniente da cabeça e podem se fundir com todos eles, sendo chamada de carapaça.



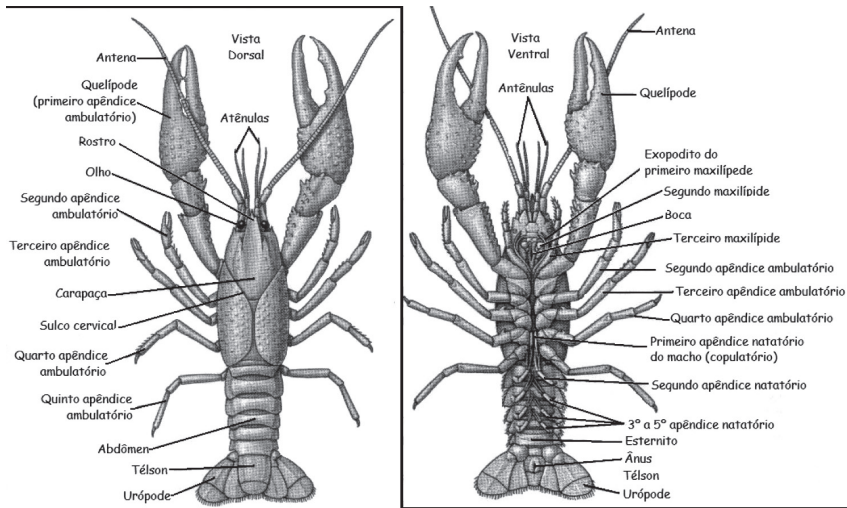
Pesquise mais

Os crustáceos são considerados os reis dos mares, por serem organismos abundantes no ambiente marinho, em suas mais diversas formas. Leia mais disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/disciplinas/biologia/crustaceos-os-senhores-do-mar.htm>>. Acesso em: 26 jun. 2016.

Forma e função

Os grandes crustáceos, como os lagostins, são comumente estudados por conta de seu tamanho e da fácil coleta. Deste modo, estes animais tendem a ser mais estudados e são tomados como padrões para as disciplinas de Zoologia. Assim, as características apresentadas a seguir têm como base os nos lagostins e espécies similares.

Figura 3.4 | Características gerais de um lagostim



Fonte: Hickman Jr. et al. (2013).

A cutícula secretada pelos crustáceos é composta por quitina, proteínas e materiais calcários, sendo que as placas mais resistentes dos maiores indivíduos são mais ricas em depósitos calcários. Quando presente, a carapaça recobre a maior parte ou todo o cefalotórax. Cada segmento não coberto pela carapaça apresenta uma placa dorsal (tergito) e uma ventral (esternito). O abdome termina em um télson, no qual se localiza o ânus do animal.

Alguns grupos mais derivados de crustáceos (como os lagostins, por exemplo) possuem apêndices articulados em cada segmento, enquanto outras classes não apresentam apêndices nos segmentos abdominais. Estes apêndices apresentam uma porção basal (protopodito) com um ramo lateral (exopodito) e outro medial (endopodito). O protopodito possui duas regiões ou artículos (basipodito e coxopodito), enquanto o exopodito e o endopodito possuem diversos artículos. Os apêndices dos crustáceos apresentam uma enorme variação no seu modelo básico, que podem ser utilizados em uma diversa gama de funções.

O sistema circulatório dos crustáceos (bem como dos demais artrópodes) é aberto. O espaço interno do corpo corresponde a uma hemocela preenchida por

sangue. A hemolinfa (sangue) deixa o coração de câmara única por artérias, circula pela hemocela e retorna ao coração por seios venosos. Pigmentos respiratórios podem estar presentes, contendo cobre (hemocianina) ou ferro (hemoglobina).

Os crustáceos apresentam uma grande quantidade de músculos estriados, organizados em grupos antagônicos: flexores, que trazem uma porção do corpo em direção a ele, e extensores, que fazem o movimento contrário. O abdome dos lagostins apresenta uma musculatura flexora bastante desenvolvida, possibilitando que o animal nade para trás em grande velocidade para fugir de predadores.

A respiração dos crustáceos varia de acordo com os grupos e apresenta uma relação direta com o tamanho corporal. As espécies pequenas não possuem órgãos especializados em trocas gasosas, de modo que tais trocas ocorrem por meio da cutícula, nas regiões do corpo onde ela é mais fina. Os crustáceos maiores possuem projeções corporais delicadas com aspecto plumoso chamadas de brânquias. Estas estruturas especializadas podem se originar de diferentes regiões do corpo, dependendo do grupo analisado.

Ao contrário da maioria dos artrópodes, o sistema excretor dos crustáceos não é formado por túbulos de Malpighi. A excreção neste grupo é realizada por um par de estruturas tubulares presentes na porção ventral da cabeça, anterior ao esôfago, que são denominadas glândulas antenais ou glândulas maxilares (dependendo de qual apêndice elas se originam). Estas glândulas são responsáveis pela reabsorção de sais, aminoácidos, glicose e água a partir do filtrado da hemocela. Os compostos nitrogenados são excretados por difusão por meio da cutícula de regiões do corpo onde ela é mais fina, especialmente as brânquias.

O sistema nervoso dos crustáceos compartilha de algumas semelhanças com o dos anelídeos. O cérebro consiste de um par de gânglios supraesofágicos que enervam os olhos e os dois pares de antenas. Eles se unem por conectivos ao gânglio subesofágico, que é formado pela fusão de, ao menos, cinco pares de gânglios que enervam a boca, os apêndices, o esôfago e o sistema excretor. Pode ser observado, ainda, um sistema nervoso simpático associado ao sistema digestivo.

Os órgãos sensoriais dos crustáceos são bem desenvolvidos, principalmente os olhos e os estatocistos (órgãos relacionados à orientação do corpo com relação ao substrato). Cerdas táteis (delicadas projeções da cutícula) são observadas nas quelas (apêndices modificados em pinças), peças bucais e no télson. Sensores químicos olfativos e do paladar são encontrados nas antênulas, antenas, peças bucais e demais estruturas.

Os estatocistos são organizados em forma de bolsa e se localizam no basípodito de cada primeira antena dos lagostins. São observadas cerdas sensoriais formadas a partir do revestimento quitinoso distribuídas pelo estatocisto e grãos de areia que atuam como estatólitos. Conforme o animal muda de direção, a posição dos grãos de areia no estatocisto é interpretada como informação sobre a orientação do animal.

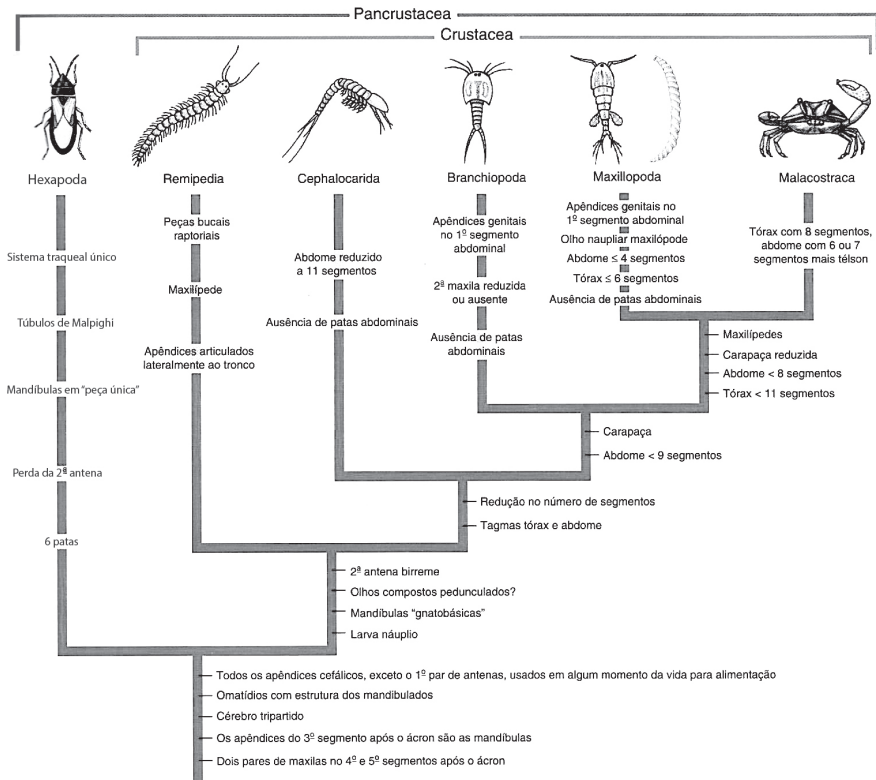
A maioria dos crustáceos possui olhos compostos, formados por pequenas unidades fotorreceptoras chamadas de omatídios. Uma córnea, que corresponde a uma área transparente da cutícula, recobre a superfície arredondada de cada olho e se divide em pequenos quadrados ou hexágonos (facetes). Há três conjuntos de células pigmentares em cada omatídio: distais, proximais e refletoras, dispostas de maneira a formar um envoltório completo ou não ao redor de cada omatídio.



Exemplificando

Cada omatídeo em um olho composto forma uma imagem diferente e independente. O sistema nervoso dos artrópodes é responsável por juntar estas imagens e formar uma composição única, semelhante a um mosaico.

Figura 3.5 | Integrantes do Subfilo Crustacea



Fonte: Hickman Jr. et al. (2013).

Classe Remipedia

Trata-se de uma classe muito pequena, com apenas dez espécies descritas até o momento. Elas habitam cavernas que se conectam ao mar. Muitas de suas características morfológicas são consideradas ancestrais, como apêndices birremes (incluindo as antênulas), apêndices natatórios pares em cada um dos 25 a 38 segmentos.

Classe Cephalocarida

Outro grupo pequeno, com apenas nove espécies descritas. Muitas de suas características morfológicas são ancestrais, além de não apresentarem olhos, carapaça e apêndices abdominais.

Classe Branchiopoda

Os branquiópodos são formados por cerca de 10.000 espécies, com algumas características ancestrais. Eles se subdividem em três ordens: Anostraca (artêmias), Notostraca e Diplostraca (pulgas-d'água). Suas patas são achatadas, similares a folhas, com a função principal de respiração, e são chamadas de filopódios. Ainda, os braquiópodes são, em sua maioria, habitantes de água doce. As pulgas-d'água são um dos principais componentes do zooplâncton de água doce.

Classe Ostracoda

Os ostrácodes são compostos por cerca de 6.000 espécies e são envolvidos por uma carapaça bivalve, assemelhando-se a mariscos, sendo bastante importantes nas redes alimentares aquáticas. Os ostrácodes apresentam uma considerável fusão dos segmentos do tronco, dificultando a divisão entre tórax e abdome. O tronco possui três pares de patas e o número de somitos é reduzido a dois ou nenhum. Os hábitos de vida e alimentares são diversificados entre os ostrácodes, e estes animais eles podem ser encontrados em ambiente marinho ou de água doce.

Classe Maxillopoda

Este grupo inclui mais de 10.000 espécies e reúne diferentes grupos de crustáceos que eram considerados como classes em classificações anteriores. Os maxilópodes apresentam cinco segmentos cefálicos, seis torácicos e, geralmente, quatro abdominais (sem apêndices), além do télson. Quando presente, o olho possui uma estrutura peculiar chamada de olho maxilópode.

- Subclasse Mystacocarida: crustáceos pequenos que vivem na água entre os grãos de areia de praias marinhas.

- Subclasse Copepoda: os copépodes são organismos pequenos, com a parte posterior do corpo bastante alongada. Os Copepoda são extremamente diversificados e com grande quantidade de espécies simbióticas e de vida livre. Eles são muito importantes do ponto de vista ecológico, podendo ser o componente mais abundante do zooplâncton em alguns sistemas marinhos (gênero *Calanus*). Os copépodes são fonte alimentar de algumas espécies de peixes grandes de importância econômica, como arenques e sardinhas, bem como baleias e tubarões filtradores. Muitas espécies de Copepoda são parasitas de uma vasta diversidade de organismos e, também, são hospedeiros intermediários de importantes parasitas humanos.

- Subclasse Tantulocarida: composta por 12 espécies, tratam-se de organismos parasitas de outros crustáceos de fundo, sendo similares aos copépodes e de pequeno tamanho.

- Subclasse Branchiura: os branquiuros são parasitas de peixes marinhos ou de água doce, com peças bucais modificadas para sucção. Peixes com grande infestação por braquiuros podem ser infectados por fungo e morrer.

- Subclasse Pentastomida: corresponde a 130 espécies de crustáceos parasitas vermiformes de vertebrados. Pentastomídeos adultos são comumente encontrados no sistema respiratório de répteis, mas algumas espécies podem infectar aves, cães e felinos (eventualmente, humanos).

- Subclasse Cirripedia: este grupo inclui as cracas, animais envolvidos por uma concha de placas calcárias, além de outras três ordens. As cracas fixam-se a um substrato diretamente ou por meio de um pedúnculo. A cabeça é reduzida, não apresentam abdome e os apêndices torácicos limitam-se a estruturas longas multiarticuladas e com cerdas. As cracas aderem-se frequentemente ao casco de navios, podendo reduzir a velocidade de navegação em até 40%.

Classe Malacostraca

Com mais de 20.000 espécies descritas, a classe Malacostraca é o maior e o mais diverso grupo de crustáceos. Este grupo compreende 14 ordens, das quais vamos detalhar apenas as quatro mais relevantes:

- Ordem Isopoda: trata-se de um dos poucos grupos de crustáceos que invadiram efetivamente o ambiente terrestre, além de habitats marinhos e dulcícolas. São achatados dorso-ventralmente, não possuem carapaça e os apêndices abdominais apresentam brânquias ou pseudotraqueias (semelhantes a pulmões). Os representantes mais comuns são os tatuzinhos-de-jardim, que vivem sob pedras e ambientes úmidos. Alguns isópodes são parasitas de peixes ou outros crustáceos.

- Ordem Amphipoda: estes crustáceos possuem o corpo achatado lateralmente e, também, não possuem carapaça. Muitos dos anfípodes são marinhos, com

alguns gêneros de água doce e poucos deles são parasitas.

- Ordem Euphausiacea: pequeno grupo com apenas 90 espécies descritas, mas que são importantes componentes do plâncton marinho, conhecidos como *krill*. A carapaça está presente e se mostra fundida com todos os segmentos torácicos, mas não recobre as brânquias. A maioria das espécies é bioluminescente e algumas delas podem ocorrer em grandes grupos. O *krill* forma a maior porção da dieta de baleias e muitos peixes.

- Ordem Decapoda: grupo composto por lagostas, lagostins, siris, caranguejos e camarões. Atualmente, há cerca de 18.000 espécies de decápodes descritas, que incluem espécies de grande importância econômica. Os decápodes possuem três pares de apêndices modificados para alimentação e cinco pares de apêndices locomotores.



Refleta

Dentre todos os artrópodes, os crustáceos marinhos são os que apresentam espécies com o maior tamanho corporal e exoesqueleto melhor desenvolvido. Por que apenas este grupo foi capaz de atingir estas características?

Sem medo de errar

Agora que conhecemos as principais características do subfilo Crustacea, podemos retomar a pergunta deixada no início da seção: “Por que os profissionais decidiram fazer este alerta? Qual é a relação entre a presença de cracas na área e a utilização de barcos?”

As cracas são crustáceos da classe Maxilipoda, subclasse Cirripedia. Estes invertebrados são capazes de se fixar a um substrato e produzem uma concha de placas calcárias. As cracas podem utilizar uma grande variedade de substratos para fixação, como a superfície de pedras, pele de baleias e cascos de navios. Deste modo, além de causar danos à embarcação pela fixação das cracas, eles também podem reduzir a velocidade de navegação em até 40%. Assim, o proprietário do local terá um custo de manutenção das embarcações aumentado, por conta da remoção periódica que deverá ser realizada para a remoção das cracas e pelo gasto extra com combustível (pois a presença das cracas diminui a eficiência de deslocamento do barco pelo aumento do arrasto gerado pela passagem da embarcação na água).



Atenção

As cracas são crustáceos, apesar de não apresentarem características padrões deste grupo de invertebrados em uma análise inicial. Não confundi-los com moluscos bivalves nem com corais (dos filos Porifera e Cnidaria).

Avançando na prática

Os habitantes dos jardins

Descrição da situação-problema

Vamos retornar ao trabalho da equipe de profissionais contratada pelo dono de um grande lote de terra para identificar pestes e espécies de animais perigosas na área. Após terem analisado uma área que continha uma construção abandonada e entulhos, os profissionais encaminharam-se para uma área próxima ao mar. Chegando ao local, eles observaram que havia uma pequena e bela praia, com pedras em uma de suas extremidades. O proprietário do local disse que planejava construir uma marina para acomodar barcos que poderiam ser utilizados para pesca ou lazer. No entanto, ao analisarem algumas das pedras que ficavam na zona entre-marés, os profissionais detectaram a presença de cracas fixadas em sua superfície. A equipe, então, alertou o proprietário para o fato de que talvez ele tenha problemas se optar por manter barcos naquela área. Por que os profissionais decidiram fazer este alerta? Qual a relação entre a presença de cracas na área e a utilização de barcos?

Resolução da situação-problema

As cracas são crustáceos da classe Maxilipoda, subclasse Cirripedia. Estes invertebrados são capazes de se fixar a um substrato e produzem uma concha de placas calcárias. As cracas podem utilizar uma grande variedade de substratos para fixação, como a superfície de pedras, pele de baleias e cascos de navios. Deste modo, além de causar danos à embarcação pela fixação das cracas, eles também podem reduzir a velocidade de navegação em até 40%. Assim, o proprietário do local terá um custo de manutenção das embarcações aumentado, por conta da remoção periódica que deverá ser realizada para a remoção das cracas e pelo gasto extra com combustível (pois a presença das cracas diminui a eficiência de deslocamento do barco pelo aumento do arrasto gerado pela passagem da embarcação na água).

Após encerrarem as atividades na praia, a equipe de profissionais é levada pelo proprietário para uma região ampla e com a vegetação modificada, que parece um

jardim que está sem manutenção há algum tempo. O proprietário diz que pretende utilizar aquela área para alguma atividade como jardinagem ou agricultura em pequena escala e pergunta se há a presença de alguma espécie de invertebrados que possa interferir nesta atividade. Entre as várias espécies observadas na área, não foram encontradas espécies que afetariam essas atividades de modo negativo. No entanto, eles observaram certa abundância de tatuzinhos-de-jardim. Os profissionais explicaram que estes animais são saprófitas, ou seja, são aqueles que se alimentam de matéria orgânica em decomposição no solo e, portanto, este solo estaria em condições de fertilidade bastante positiva, ou seja, mais do que indicado para a manutenção de um jardim ou pequena horta. Por que a presença dos tatuzinhos-de-jardim é favorável à jardinagem ou agricultura? Qual é a relação entre seu hábito alimentar e essas práticas?



Lembre-se

Os tatuzinhos-de-jardim são crustáceos da classe Malacostraca, pertencente à ordem Isopoda. Trata-se, assim, de um dos poucos grupos de crustáceos que conseguiram ocupar o ambiente terrestre.

Os tatuzinhos-de-jardim alimentam-se de matéria orgânica em decomposição no solo, sendo considerados decompositores primários. Eles atuam na degradação do material orgânico inicial e favorecem a ação de bactérias e fungos decompositores, acelerando, portanto, a disponibilização de nutrientes ao solo. Além disso, a matéria fecal destes isópodes ajuda a reter água no solo, mantendo-o úmido por mais tempo. Assim, os tatuzinhos-de-jardim também têm um importante papel em processos ecológicos, como o ciclo da água.



Faça você mesmo

Ao visitar uma área com terra úmida, procure pelos tatuzinhos-de-jardim. Tente observar as características gerais dos crustáceos nestes organismos. Além disso, será possível observar o mecanismo de defesa adotado por estes crustáceos no momento em que tocá-los. Qual é esse mecanismo?

Faça valer a pena

1. Os crustáceos possuem algumas características peculiares quando comparados aos demais artrópodes. A região cefálica de um crustáceo difere dos demais artrópodes pela presença de:

- a) Olhos compostos.
- b) Órgãos sensoriais bem desenvolvidos.
- c) Muitas cerdas.
- d) Dois pares de maxilas.
- e) Dois pares de antenas.

2. Os crustáceos são invertebrados que apresentam estruturas sensoriais altamente desenvolvidas. Os atuam na orientação do corpo dos crustáceos com relação ao substrato. Qual das alternativas preenche corretamente a lacuna?

- a) Estatólitos.
- b) Estatocistos.
- c) Cerdas táteis.
- d) Omatídios.
- e) Córnea.

3. Os apêndices dos crustáceos apresentam uma grande diversidade de formas, adaptadas para as mais diversas funções. Em uma das classes, os apêndices são achatados, similares a folhas, e têm função respiratória, sendo chamados de filopódios. Qual é a classe de crustáceos em questão?

- a) Branchiopoda.
- b) Remipedia.
- c) Cephalocarida.
- d) Ostracoda.
- e) Maxillipoda.

Seção 3.3

Filo Arthropoda: subfilo Hexapoda

Diálogo aberto

Vamos retomar o trabalho da equipe de profissionais contratada para detectar os principais artrópodes daninhos presentes em uma grande propriedade com diversos ambientes diferentes. Depois de ter avaliado dois ambientes distintos (a área cheia de entulhos e a praia), a equipe volta seus esforços para um local onde se encontra uma lagoa e uma pequena cabana de madeira abandonada pelos antigos donos. Os novos proprietários pretendem reformar a estrutura já existente no local e utilizá-la como uma casa no lago, para que familiares e amigos possam aproveitar aquele ambiente. Após uma vistoria na região da cabana e ao redor da lagoa, os profissionais contratados sugeriram cautela ao frequentar aquela região. Muitos ovos de mosquitos hematófagos foram encontrados na água do lago e a recomendação dada é que os frequentadores dessa região apliquem bastante repelente. O que implica a presença de ovos de mosquitos hematófagos na lagoa? Quais são os possíveis perigos destes insetos para os seres humanos? Qual é a relação entre estes perigos e o uso de repelentes?

Nesta seção, estudaremos os artrópodes do subfilo Hexapoda, que contém o maior grupo em diversidade de espécies e quantidade de indivíduos do reino animal, a classe Insecta. Vamos conhecer as características gerais dos insetos e quais são os fatores que levam estes organismos a serem tão bem-sucedidos no ambiente terrestre, além de abordar os principais modos como esses organismos interagem com o ser humano.

Bons estudos!

Não pode faltar

Filo Arthropoda: subfilo Hexapoda

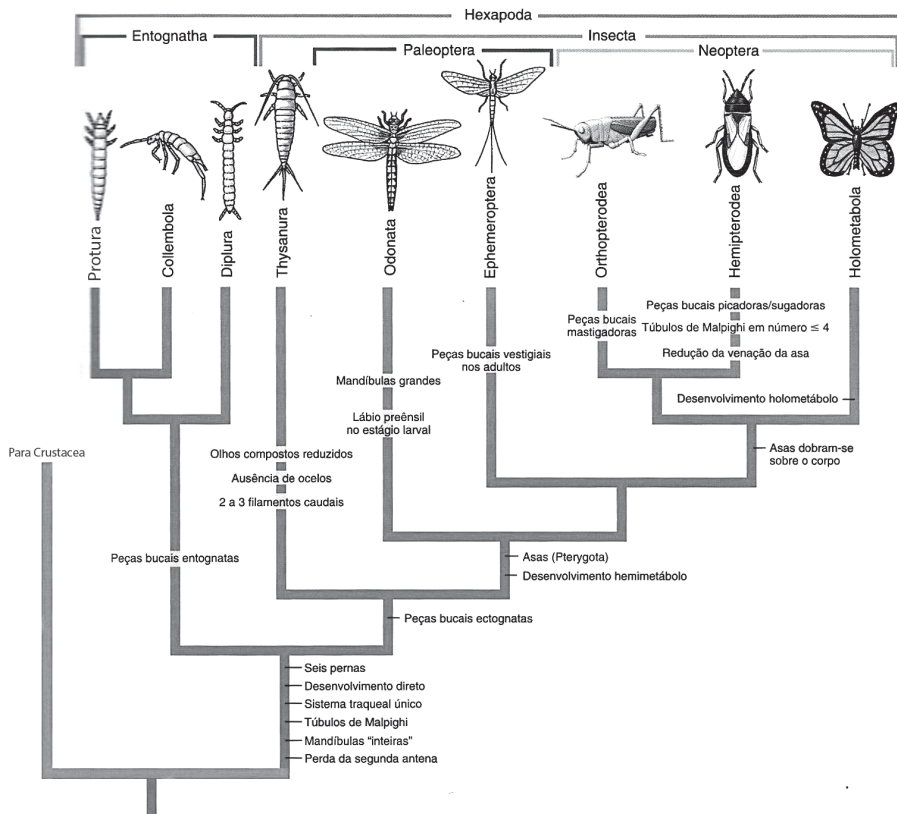
Os integrantes do subfilo Hexapoda são caracterizados pela presença de seis pernas, todas elas unirremes (sem ramificações). Estes animais apresentam três tagmas (conjuntos de segmentos organizados morfofuncionalmente): cabeça,

tórax e abdome, das quais apenas o último segmento não apresenta apêndices (ou estão reduzidos).

O subfilo Hexapoda é dividido em duas classes: Entognatha e Insecta. Os entognatos compõem um grupo relativamente pequeno, cujos membros apresentam peças bucais envolvidas por uma cápsula cefálica. Eles se dividem em três ordens: Protura, Diplura e Collembola. Os dois grupos são compostos por animais pequenos, sem olhos e que vivem em locais úmidos e escuros, sendo raramente percebidos. Os Collembola vivem em matéria vegetal em decomposição no solo, em superfície de lagoas de água doce ou pela região costeira.

A classe Insecta é um grupo que abrange hexápodes, cujas bases das peças bucais apresentam-se fora da cápsula cefálica (ectognatas). Trata-se do grupo de organismos que reúne cerca de 80% de todas as espécies animais conhecidas e estão muito bem estabelecidos em todos os ambientes e climas. Os insetos alados são chamados de pterigotos, e os não alados, apterigotos.

Figura 3.6 | Relações filogenéticas entre os animais pertencentes ao subfilo Hexapoda



Fonte: Hickman Jr. et al. (2013).



Assimile

O subfilo Hexapoda é dividido nas classes Entognatha e Insecta. Destes dois grupos, a classe Insecta é, sem dúvida, a de maior importância, pois corresponde a cerca de 80% de todas as espécies animais descritas.

Classe Insecta: os insetos

Como discutido previamente, existem mais espécies de insetos do que todas as outras classes de animais combinadas. Além disso, a quantidade de indivíduos deste grupo também é enorme. Estima-se que existam cerca de 200 milhões de insetos para cada humano em nosso planeta. Atualmente, existem cerca de 1,1 milhão de espécies descritas de insetos, mas acredita-se que devam existir mais de 30 milhões.

Os insetos diferenciam-se dos demais artrópodes por possuírem peças bucais ectognatas e até dois pares de asas na região torácica, podendo, também, apresentar um par ou nenhum. Tratam-se dos animais terrestres mais abundantes e com ampla distribuição, podendo ser encontrados em praticamente todos os ambientes, com exceção do marinho (embora algumas espécies habitem zonas de transição). Os insetos dominam ambientes de água doce, solo e florestas, podendo ser também encontrados em desertos, topo de montanhas e como parasitas de outros animais e plantas.

Diversas características apresentadas pelos insetos favoreceram sua ampla distribuição e ocupação de diversos ambientes. Uma destas características é a sua capacidade de voo. Além disso, seu tamanho corporal permite que sejam levados por correntes de ar e de água para regiões mais distantes. Seus ovos resistentes também podem ser carregados por longas distâncias e são capazes de aguentar condições ambientais rigorosas.

Além disso, a incrível adaptabilidade dos insetos também propiciou a ocupação de novos nichos ecológicos. Muitas das adaptações apresentadas por esses animais são observadas nas asas, pernas, antenas, peças bucais e sistema digestivo. Este fenômeno resultou em um grupo de animais adequado a ocupar praticamente qualquer abrigo disponível e se alimentar de todo o alimento disponível na natureza. Além disso, com a grande variedade de recursos que podem ser utilizados pelos insetos, a competição entre insetos é reduzida.

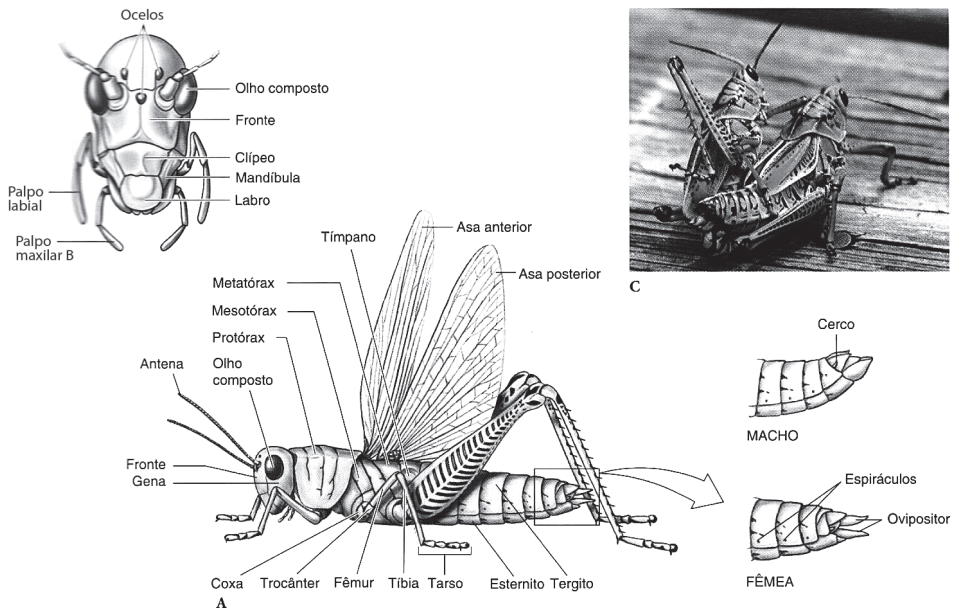
Como nos demais artrópodes, o corpo dos insetos é recoberto por um exoesqueleto, organizado em um sistema de placas (os escleritos), que se articulam em regiões mais finas. Esses animais são capazes de realizar movimentos precisos graças a uma desenvolvida musculatura que se conecta aos escleritos. Ao contrário

da cutícula dos crustáceos (cujo exoesqueleto é complementado por minerais), os escleritos quitinosos contêm escleroproteínas, que conferem resistência, mas tornam o exoesqueleto leve para o voo.

Como discutido anteriormente, os insetos apresentam três tagmas: cabeça, tórax e abdome. Este padrão é uniformemente observado ao longo da classe Insecta. Alguns insetos apresentam uma estrutura corporal bastante generalizada, enquanto outros são altamente especializados. Os gafanhotos são insetos considerados generalizados, sendo comumente utilizados como forma padrão para os insetos.

Em geral, a cabeça possui um par de olhos compostos, um par de antenas e três ocelos. As antenas variam em tamanho, forma e complexidade e atuam como órgãos sensoriais táteis, olfatórios e até auditivos. As peças bucais são formadas a partir de uma cutícula especialmente rígida e apresentam adaptações para os diferentes tipos de fontes de alimento. Peças bucais sugadoras formam, em geral, um tubo adaptado para perfurar tecidos de plantas e animais (mosquitos e cigarras). As moscas domésticas possuem peças bucais esponjosas e lambedoras, que sugam o alimento líquido de uma superfície. Insetos herbívoros, como gafanhotos, apresentam peças bucais mastigadoras adaptadas para agarrar e macerar o alimento.

Figura 3.7 | Anatomia externa de um gafanhoto



Fonte: Hickman Jr. et al. (2013).

O tórax é formado por três segmentos: protórax, mesotórax e o metatórax, cada um com um par de pernas. Nos insetos alados, as asas estão presentes nos dois últimos segmentos torácicos (um par em cada). As asas são resultantes de projeções da cutícula organizadas em uma dupla membrana, que contém veias compostas por uma cutícula mais grossa, cuja função é conferir uma maior estabilidade aerodinâmica e a de expandir as asas após a emergência das pupas (fase intermediária entre a larval e a adulta). Os padrões das veias são utilizados como característica de identificação, pois variam entre os táxons, mas são relativamente constantes nos níveis de família, gênero ou espécie.

As pernas dos insetos estão geralmente modificadas para uma determinada função específica. Os indivíduos terrestres apresentam pernas locomotoras com extremidades em garras e almofadas (que podem ser adesivas), permitindo que o inseto caminhe em paredes ou no teto (moscas domésticas, por exemplo). Os gafanhotos e grilos possuem o terceiro par de pernas adaptado para o salto. Os louva-a-deus apresentam o primeiro par de pernas adaptado à captura de presas, sendo longas e fortes.

O tagma abdominal é formado por 9 a 11 segmentos. Quando presente, o décimo primeiro segmento apresenta um par de apêndices denominados cercos. Larvas ou ninfas podem apresentar apêndices abdominais, que não estão presentes na fase adulta. As estruturas genitais surgem entre os segmentos 8 e 9, sendo também utilizados como caracteres de identificação e classificação dos insetos.



Pesquise mais

A classe Insecta é um enorme grupo de organismos que apresentam uma diversidade de formas de vida extraordinária. Veja no conteúdo disponível em: <http://www.insecta.ufv.br/Entomologia/cien/sistemica/resumo/comuns.html>. Acesso em: 06 jul. 2016. Um resumo das principais características e informações disponíveis sobre cada uma das ordens de insetos que encontramos atualmente.

Desenvolvimento e metamorfose

O desenvolvimento dos insetos tem início no ovo e a fase jovem emerge do ovo de vários modos possíveis. Os jovens passam por vários estágios de amadurecimento (chamados de instars) até a sua transição para a fase adulta, em um evento com mudanças drásticas no corpo dos animais denominado metamorfose.

A metamorfose nos insetos está relacionada ao desenvolvimento das asas, que são estruturas restritas ao estágio reprodutivo desses animais. A fase adulta está comprometida com seu papel na reprodução.

- Desenvolvimento ametábolo ou direto: alguns poucos insetos (como as traças da ordem Thysanura) apresentam juvenis que são muito semelhantes às fases adultas, diferindo em tamanho e na maturidade sexual. O desenvolvimento ocorre pelo ovo, jovem e adulto apterigoto.

- Metamorfose hemimetábola ou incompleta: insetos, como gafanhotos, cigarras, louva-a-deus, libélulas e efêmeras, possuem fases juvenis, chamadas de ninfas, caracterizadas pela presença de "brotos de asas", que crescem conforme as ninfas desenvolvem-se e passam pelos sucessivos instars até dar origem ao adulto alado. O desenvolvimento ocorre pelo ovo, ninfa (e seus vários instars ou estágios larvais) e adulto pterigoto.

- Metamorfose holometábola ou completa: cerca de 88% dos insetos passam por um processo de metamorfose holometábola, que separa os processos fisiológicos do crescimento (larva), diferenciação (pupa) e reprodução (adulto). Cada estágio ocupa um nicho ecológico diferente, reduzindo a competição por recursos entre jovens e adultos. As larvas, geralmente, apresentam peças bucais mastigadoras e passam seus dias se alimentando e crescendo. Após diversos instars, o inseto entra em um estágio transitório e inativo denominado pupa, caracterizado pela formação de um casulo ou envelope ao redor do corpo. O adulto alado emerge do casulo e, após algum tempo, ele estará pronto para começar seu objetivo de reprodução. O desenvolvimento ocorre por ovo, larva (diversos instars), pupa e adulto pterigoto.

Estratégias de defesa

De um modo geral, os insetos apresentam uma variedade de cores muito grande. Dentro de uma mesma espécie, o padrão de cor dos indivíduos pode sofrer variação entre as estações do ano e, também, entre machos e fêmeas. Algumas espécies de insetos evoluíram de modo que sua cor e o formato do corpo fazem com que o animal camufle-se no ambiente, sendo dificilmente detectado pelos predadores (proteção). Outras espécies, que geralmente possuem substâncias tóxicas para os predadores, evoluíram cores chamativas (aposemáticas), que indicam que eles não são uma boa refeição. Determinadas espécies não possuem toxinas, mas também apresentam cores chamativas. No entanto, este padrão de cores imita as espécies com toxinas e, também, é interpretado pelos predadores como "comida ruim". O fenômeno de "imitar" o padrão de cores de espécies nocivas é chamado de mimetismo.



Refleta

Vamos retomar o exemplo dado na Seção 1.1, sobre o melanismo industrial. Durante a Revolução Industrial inglesa, houve uma queda na frequência de mariposas da espécie *Biston betularia* de cor clara, pois as árvores passaram a ficar com suas cascas escuras por conta do excesso de poluição. Neste caso, a coloração destes insetos tem papel fundamental no fenômeno observado. A coloração de *B. betularia* seria de proteção, aposemática ou mimetista?

Interação dos insetos com os seres humanos

De modo geral, o senso comum leva à crença de que insetos são primariamente pragas a todas as formas de vida terrestre, incluindo os seres humanos. Entretanto, muitos insetos são benéficos para os humanos, produzindo substâncias amplamente utilizadas por nós, como mel ou seda. Mais importante do que isso, é que os insetos são necessários para a polinização de diversas plantas.

Os insetos e as plantas com flores evoluíram mutuamente (coevolução), resultando em uma relação de adaptações vantajosas para ambos. Os insetos utilizam-se das plantas para obter alimento, enquanto as flores aproveitam os insetos para dispersar o pólen. A evolução das flores está intimamente ligada à evolução dos mecanismos de percepção sensorial dos insetos polinizadores, levando a uma relação cada vez mais estrita entre insetos e plantas.



Exemplificando

As abelhas são um dos principais insetos polinizadores de importância para o ser humano. O seu desaparecimento acarretaria no fim de diversas culturas de importância econômica, causando cerca de 200 bilhões de dólares em prejuízos.

Alguns insetos predadores e espécies parasitoides (que inserem os ovos dentro de suas presas para que as fases jovens se alimentem dela) são importantes controladores naturais de insetos daninhos. Outras espécies são utilizadas como alimentos para diversos organismos. A entomologia (estudo dos insetos) forense utiliza estudos sobre a sucessão de insetos em um corpo morto para estimar dados sobre o indivíduo, fornecendo informações importantes para investigações policiais.

Contudo, algumas espécies de insetos causam prejuízos ao ser humano. Existem insetos que se alimentam e destroem plantas e frutos, tais como gafanhotos, carunchos, maria-fedidas, entre outros. Praticamente toda plantação cultivada pelo homem apresenta vários insetos-praga.

Cerca de 10% das espécies de artrópodes são insetos parasitas, como mosquitos hematófagos (que se alimentam de sangue), piolhos, pulgas e algumas moscas. Estes insetos podem atacar os seres humanos, animais domésticos ou ambos, podendo transmitir graves doenças. Os mosquitos são vetores de doenças, como malária, febre amarela, filariose linfática, dengue, Chikungunya e Zika, as quais afetam centenas de milhões de pessoas ao redor do mundo, causando a morte de milhões. As pulgas transmitem a peste bubônica, que matou milhões de pessoas ao longo da história. Percevejos do gênero *Rhodnius* e aparentados são os vetores da doença de Chagas. Os insetos não são parasitas apenas de animais, mas também afetam plantas, causando extensos danos e prejuízos à economia tanto pela ação direta dos insetos (resultantes da alimentação ou oviposição) quanto indireta (transmissão de doenças, como a clorose variegada dos citros ou CVC).

O controle tradicional de espécies de insetos que são pestes envolve o uso de defensores químicos de amplo espectro. O uso de inseticidas gera graves consequências ecológicas, pois eliminam as espécies daninhas, bem como as benéficas, afetando negativamente os ecossistemas nos quais estes animais estão inseridos. Além disso, os inseticidas acumulam-se no ambiente e persistem por anos.

Uma das alternativas ao controle tradicional de pragas é o controle biológico. Neste caso, outros organismos são utilizados de modo a interromper alguma das etapas do ciclo de vida das pragas. Entre os organismos que estão sendo estudados, podemos citar algumas bactérias que agem como patógenos dos insetos-praga, bem como vírus e fungos. No entanto, é necessária a realização de extensos estudos sobre as interações entre os organismos a serem utilizados como controle e o ecossistema onde ele será implantado. As consequências do mau uso do controle biológico podem ter consequências catastróficas.

Sem medo de errar

Agora que sabemos mais sobre os integrantes do subfilo Hexapoda, principalmente os invertebrados da classe Insecta, temos condições de entender o porquê das recomendações dadas no início da seção: O que implica a presença de ovos de mosquitos hematófagos na lagoa? Quais são os possíveis perigos destes insetos para os seres humanos? Qual é a relação entre esses perigos e o uso de repelentes?

A presença de ovos de mosquitos hematófagos na lagoa indica que, em breve, esses insetos estarão presentes nesta região em sua forma adulta. Os mosquitos hematófagos, em sua forma adulta, alimentam-se de sangue de vertebrados. Além disso, são vetores de importantes e graves doenças para os seres humanos, como febre amarela, filariose, dengue, Chikungunya e Zika. No entanto, estas doenças podem ser transmitidas para as pessoas apenas se o mosquito picá-las. Deste modo, o uso de repelente é de extrema importância.



Atenção

Os mosquitos não são os causadores diretos das doenças mencionadas, pois são apenas os vetores ou transmissores dos patógenos que as causam.

Avançando na prática

Cigarrinhas: as pragas dos pomares

Descrição da situação-problema

Vamos retomar o trabalho da equipe de profissionais contratada para detectar os principais artrópodes presentes em uma grande propriedade que podem trazer problemas aos proprietários. Depois de ter avaliado dois ambientes distintos (a área cheia de entulhos e a praia), a equipe volta seus esforços para um local onde se encontra uma lagoa e uma pequena cabana de madeira abandonada pelos antigos donos. Os novos proprietários pretendem reformar a estrutura já existente no local e utilizá-la como uma casa no lago, para que familiares e amigos possam aproveitar aquele ambiente. Após uma vistoria na região da cabana e ao redor da lagoa, os profissionais contratados sugeriram cautela ao frequentar aquela região. Muitos ovos de mosquitos hematófagos foram encontrados na água do lago e a recomendação dada é que os frequentadores desta região apliquem bastante repelente. O que implica a presença de ovos de mosquitos hematófagos na lagoa? Quais os possíveis perigos destes insetos para os seres humanos? Qual a relação entre esses perigos e o uso de repelentes?

Resolução da situação-problema

A presença de ovos de mosquitos hematófagos na lagoa indica que, em breve, esses insetos estarão presentes nesta região em sua forma adulta. Os mosquitos hematófagos, em sua forma adulta, alimentam-se de sangue de vertebrados. Além

disso, são vetores de importantes e graves doenças para os seres humanos, como febre amarela, filariose, dengue, Chikungunya e Zika. No entanto, estas doenças podem ser transmitidas para as pessoas apenas se o mosquito picá-las. Deste modo, o uso de repelente é de extrema importância.

Depois de realizar a vistoria na região da lagoa, a equipe de profissionais foi encaminhada para um extenso campo, onde o proprietário planejava montar um grande pomar, com culturas de laranjas, limões e diversas outras frutas cítricas. A equipe analisou o local e notou a presença de diversas espécies de cigarrinhas na grama. Assim, os profissionais alertaram sobre o risco de se cultivar frutas cítricas naquela região, pois as cigarrinhas são devastadoras pragas de citros no Brasil. As pragas agrícolas são capazes de destruir plantações inteiras, mas como isto ocorre? O que os insetos causam nas plantas?



Lembre-se

Os insetos interagem de diversos modos com os seres humanos. Apesar de existirem espécies benéficas, muitas delas também são danosas, principalmente à agricultura.

Os insetos são os maiores competidores do homem por alimento e, como consequência, muitas espécies são consideradas pragas agrícolas, causando extensos prejuízos por todo o mundo. As pragas podem causar danos às culturas de plantas de três modos:

- pelo processo de alimentação, que causa danos aos tecidos vivos da planta, podendo resultar em necrose dos tecidos afetados e até a morte do indivíduo todo;
- pela oviposição, que também causa danos aos tecidos vegetais ou obstrui a passagem de nutrientes;
- pela transmissão de patógenos, como vírus, fungos e bactérias, causando diversas doenças nas plantas.

No caso das cigarrinhas, que se alimentam da seiva das plantas, os danos causados são resultantes da alimentação (que remove os nutrientes dos vegetais) e pela transmissão da bactéria *Xylella fastidiosa*, causadora de uma doença que afeta as culturas de frutas cítricas, chamada clorose variegada dos citros (CVC).

**Faça você mesmo**

Faça uma breve pesquisa e busque por materiais que são utilizados em nosso cotidiano que têm origem em insetos. São poucos os insetos benéficos ao homem? A quantidade de materiais utilizados no cotidiano de origem em insetos o surpreendeu de algum modo?

Faça valer a pena

1. O subfilo Hexapoda é o maior grupo em diversidade e quantidade de indivíduos de todo o reino animal. Qual característica distingue os Hexapoda dos demais Artrópodes?

- a) Presença de pernas articuladas.
- b) Presença de cutícula.
- c) Presença de corpo segmentado.
- d) Presença de seis pernas.
- e) Presença de órgãos sensoriais bem desenvolvidos.

2. Os hexápodes são divididos em duas classes: Entognatha e Insecta. Qual é a principal característica para a classificação nessas classes?

- a) Posição relativa entre as peças bucais e a cápsula cefálica.
- b) Posição relativa entre as peças bucais e a cabeça.
- c) Posição relativa entre as peças bucais e o tórax.
- d) Posição relativa entre as peças bucais e o abdome.
- e) Posição relativa entre as peças bucais e as antenas.

3. Os insetos apresentam uma grande variedade de adaptações no aparelho bucal, o que permite que eles se alimentem de uma grande gama de fontes nutricionais. Qual alternativa contém exemplos de adaptações em peças bucais de insetos?

- a) Aparelho raspador.
- b) Aparelho triturador.
- c) Aparelho moedor.
- d) Aparelho roedor.
- e) Aparelho sugador.

Seção 3.4

Filo Arthropoda: subfilo Chelicerata

Diálogo aberto

Continuaremos a acompanhar a equipe de profissionais contratada para realizar um levantamento sobre artrópodes perigosos em uma grande propriedade. Neste momento, eles vão fazer uma última avaliação em uma ampla área, onde os proprietários pretendem levantar uma grande casa. No entanto, o dono da propriedade é aracnofóbico, ou seja, tem fobia de aranhas. A equipe traz notícias ruins para o proprietário, pois a presença de aranhas naquele ambiente e dentro de habitações é praticamente inevitável. Os especialistas tentam argumentar que as aranhas trazem mais benefícios do que malefícios para os homens. Quais seriam estes argumentos? Como as aranhas podem ser benéficas aos seres humanos?

Nesta última seção da unidade, vamos conhecer os integrantes do subfilo Chelicerata, que incluem aranhas, escorpiões, ácaros, carrapatos e opilões. Vamos conhecer as principais características destes animais e suas diferenças em relação aos demais artrópodes. Além disso, vamos ver quais são suas interações com os seres humanos.

Bons estudos!

Não pode faltar

Filo Arthropoda: subfilo Chelicerata

Os quelicerados compõem um grupo dentre os artrópodes que inclui aranhas, escorpiões, carrapatos, ácaros e outros organismos menos conhecidos. O corpo destes animais é dividido em dois tagmas (segmentos agrupados em unidades com forma e funções especializadas): um cefalotórax (ou prossoma) e um abdome (ou opistossoma). Seis pares de apêndices são observados no cefalotórax, incluindo um par de peças bucais (quelíceras), um par de apêndices articulados chamados de pedipalpos e quatro pares de apêndices locomotores. Antenas não estão presentes.

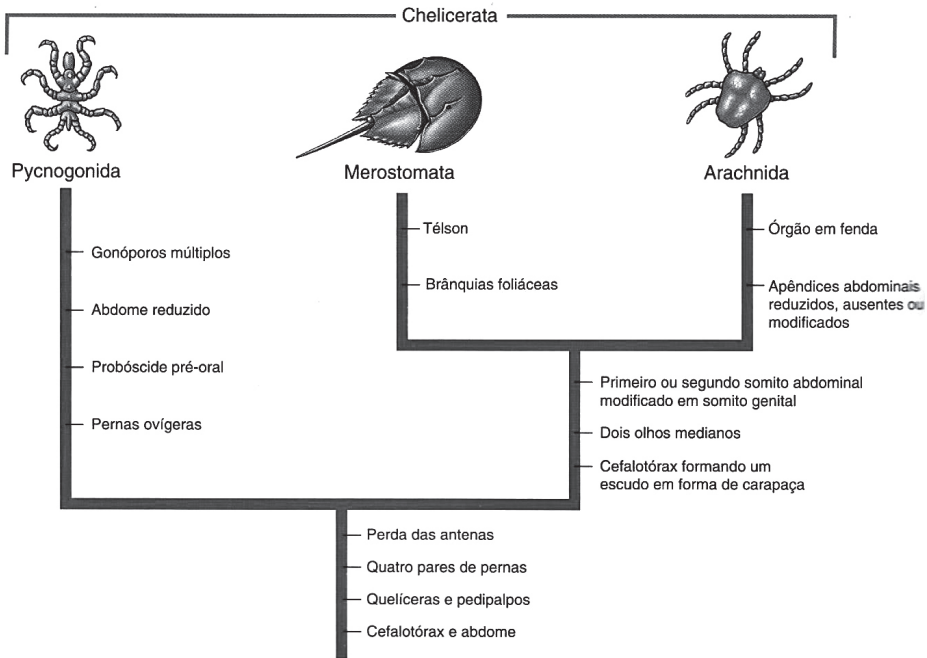


Assimile

Os segmentos corporais dos artrópodes são fundidos em unidades morfofuncionais especializadas, chamadas de tagmas. Nos quelicerados, os tagmas são o cefalotórax e o abdome.

O subfilo Chelicerata é relativamente pequeno quando comparado à Crustacea e Hexapoda e se divide em três classes: Merostomata, Pycnogonida e Arachnida.

Figura 3.8 | Cladograma do subfilo Chelicerata



Fonte: Hickman Jr. et al. (2013).

Classe Merostomata

Este grupo é composto por duas subclasses: Eurypterida (extintos) e Xiphosurida (límulos).

- Subclasse Eurypterida: os euriptéridos foram os maiores fósseis já encontrados de artrópodes, atingindo até três metros de comprimento. Eles apresentam muitas semelhanças com os límulos e escorpiões. Seis segmentos fundidos formavam a cabeça e possuíam olhos simples e compostos, além de quelíceras, pedipalpos, quatro pares de pernas locomotoras, 12 segmentos abdominais e um télson

(segmento posterior do corpo). Os euriptéridos eram grandes caçadores e alguns deles apresentavam apêndices anteriores modificados em grandes garras adaptadas para esmagar suas presas.

- Subclasse Xiphosurida: este grupo é composto pelos límulos ou caranguejos-ferradura. Trata-se de um grupo de animais marinhos que habitam águas rasas e que apresentam praticamente a mesma forma desde o período Triássico. Atualmente, são encontrados apenas três gêneros de quelicerados desta subclasse: *Limulus*, *Carcinosepius* e *Tachypleus*.

Os xifosuros apresentam a cabeça recoberta por uma carapaça não segmentada em forma de ferradura, um abdome largo e um longo telson ou cauda. O cefalotórax contém um par de quelíceras, um par de pedipalpos e quatro pares de pernas locomotoras, enquanto o abdome apresenta seis pares de apêndices largos e delgados fundidos na linha média do corpo. Em cinco dos apêndices abdominais podem ser observadas brânquias foliáceas (achatadas, em forma de folha). Dois olhos rudimentares e laterais e, ainda, dois olhos simples podem ser observados na carapaça. Os límulos podem se locomover por natação usando as placas abdominais, ou podem caminhar utilizando as pernas locomotoras. Estes animais caçam vermes e pequenos moluscos no período noturno, capturando suas presas com as quelíceras ou pernas locomotoras.

Os xifosuros podem ser observados aos milhares à costa durante a maré alta, para onde se direcionam para se acasalar durante a época reprodutiva.

Classe Pycnogonida: as aranhas-do-mar

As aranhas-do-mar são organismos marinhos de tamanho variado e que ocupam habitats de diversas profundidades diferentes. De modo geral, são animais com o corpo pequeno e delgado, com quatro pares de pernas locomotoras estreitas e longas. No entanto, os integrantes dessa classe apresentam uma característica única dentre os artrópodes, que é a duplicação de segmentos (ou somitos). Deste modo, podem ser observados pycnogônidos com mais de quatro pares de pernas, chegando até seis pares. Os machos de muitas espécies possuem um par de pernas auxiliares (ovígeras), utilizadas para carregar os ovos em desenvolvimento. Estas pernas ovígeras estão, geralmente, ausentes nas fêmeas. Muitas espécies também possuem quelíceras (que podem ser chamadas de quelíforos neste grupo) e pedipalpos.

A cabeça pequena desses animais possui uma protuberância com dois pares de olhos simples. A boca localiza-se na extremidade distal de uma longa projeção (probóscide), que suga o fluido de suas presas (animais de corpo mole, em geral). O sistema circulatório limita-se a um coração dorsal e os sistemas respiratório e excretor estão ausentes. Devido a uma extensa superfície corporal com relação ao seu volume, a difusão de gases e excretas é o suficiente para a manutenção do metabolismo desses animais. O sistema digestivo e as gônadas projetam-se para o interior das pernas.

Classe Arachnida: os aracnídeos

Os aracnídeos compõem um grupo bastante diverso, com cerca de 80.000 espécies descritas, e que inclui animais como aranhas, escorpiões, ácaros, carrapatos, opiliões, entre outros. Esta diversidade pode ser observada na variedade de formas corporais e nos apêndices. Eles são comumente encontrados em regiões quentes e secas, sendo predominantemente de vida livre.

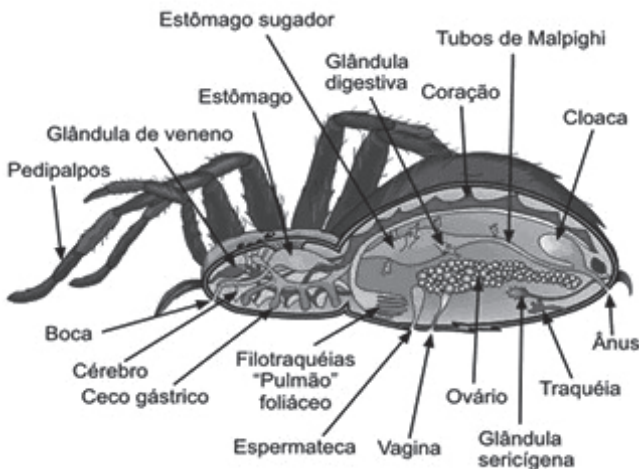
Todos os integrantes da classe Arachnida possuem dois tagmas: um cefalotórax e um abdome (pode ou não ser segmentado). O cefalotórax apresenta, em geral, um par de quelíceras, um par de pedipalpos e quatro pares de pernas locomotoras. Já o abdome abriga os órgãos respiratórios e reprodutivos. Grande parte dos aracnídeos é predadora e possui ferrões, pinças, glândulas de veneno ou aguilhões. Os ferrões são modificações das quelíceras, enquanto as pinças são pedipalpos adaptados. Uma das interessantes adaptações desses animais é a presença de glândulas produtoras de seda.

Boa parte dos aracnídeos não somente é inofensiva, mas traz benefícios aos seres humanos, por serem predadores de insetos daninhos. No entanto, algumas espécies podem ter picadas dolorosas e perigosas (algumas poucas com potencial para matar um ser humano adulto), como o caso da viúva-negra e da aranha-marrom.

Em seguida, vamos discutir sobre as principais ordens de Arachnida:

- Ordem Araneae: este é o grupo de aracnídeos que compreende as aranhas, que se distribuem em cerca de 40.000 espécies descritas por todo o globo. O corpo das aranhas é dividido em um prossoma (cefalotórax) e um opistossoma (abdome), sem qualquer tipo de segmentação.

Figura 3.9 | Características gerais de uma aranha



Fonte: <<http://goo.gl/APhLhO>>. Acesso em: 18 jul. 2016.

Suas quelíceras apresentam garras em sua extremidade, por meio das quais passam os ductos provenientes das glândulas de veneno. O par de pedipalpos é semelhante às pernas e, também, tem função sensorial. Além disso, os machos utilizam os pedipalpos para manusear os espermatozoides.

Todas as aranhas são predadoras, em geral de insetos, que são imobilizados quase instantaneamente com veneno administrado pelas quelíceras. As estratégias utilizadas para a caça variam bastante. Boa parte delas se utiliza das teias de seda para aprisionar suas presas, outras as perseguem ou caçam de tocaia. O veneno inoculado pelas aranhas contém enzimas digestivas que digerem os tecidos das presas, de modo que a digestão do alimento acontece fora do corpo. O fluido digestivo resultante é sugado para o estômago, onde o processo digestivo procede. Algumas espécies apresentam dentes na base das quelíceras que quebram e trituram as presas, auxiliando ainda mais na digestão do alimento.



Exemplificando

Algumas espécies de aranhas possuem picadas bastante graves ou, até mesmo, letais. Duas aranhas das mais perigosas ao homem são a viúva-negra e a aranha-marrom.

As trocas gasosas nas aranhas ocorrem por pulmões foliáceos, traqueias ou ambos. Os pulmões foliáceos consistem em sacos de ar paralelos que se estendem em uma câmara preenchida por sangue. O ar entra nestes sacos por meio de uma fenda na parede do corpo. O sistema de traqueias é semelhante ao observado nos hexápodes, sendo formado por um sistema de tubos que carregam o ar diretamente aos tecidos. No entanto, as traqueias dos hexápodes e aracnídeos evoluíram independentemente.

O sistema excretor é composto por túbulos de Malpighi, novamente de modo semelhante ao dos Hexapoda. Neste caso, os túbulos de Malpighi também evoluíram independentemente nos dois grupos. Muitas aranhas apresentam glândulas coxais, que são nefrídios modificados que se abrem nas coxas do primeiro e terceiro pares de pernas locomotoras.

As aranhas dependem bastante de mecanorreceptores de sua cutícula (como cerdas sensoriais) para receberem os estímulos do ambiente. Apesar de possuírem oito olhos simples (cada qual com sua lente e retina próprias), eles raramente formam imagens, sendo utilizados primariamente como detectores de movimento.

A capacidade de produzir seda é uma das características mais importantes para a vida das aranhas. Dois ou três pares de fiandeiras estão associadas a glândulas sericígenas, que produzem os fios de seda. Estas estruturas são uma das mais resistentes conhecidas, sendo mais fortes que fios de aço de mesmo diâmetro.

Muitas espécies de aranhas tecem teias. Essas teias variam entre as diferentes espécies e em complexidade, podendo ser utilizadas em uma grande variedade de funções, como para revestir seus abrigos, produzir teias com finalidade reprodutiva, fio-guia, para produzir pontes, fios de advertência, fios de muda, discos adesivos para prender a teia, teias para o desenvolvimento das crias ou para imobilizar suas presas de modo mais efetivo.



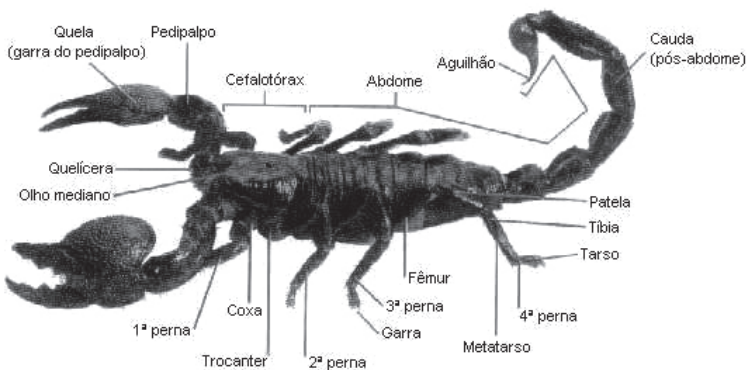
Refleta

Algumas aranhas produzem teias e as utilizam para capturar outros artrópodes (em geral insetos) para alimentação. Faça uma reflexão sobre os locais onde se encontram essas teias. Quais tipos de insetos se espera encontrar aprisionados: os terrestres, saltadores ou voadores?

As aranhas são comumente consideradas grandes perigos para os seres humanos, causando uma grande variedade de medos e fobias. No entanto, a maioria das espécies é tímida e evita o contato com humanos. Outras são grandes aliadas dos homens contra insetos e outros artrópodes-praga. De modo geral, o veneno das aranhas não é forte o suficiente para trazer perigo aos humanos (embora uma picada possa ser bastante dolorida). As espécies com veneno mais potente tendem a atacar apenas quando se sentem ameaçadas ou quando estão protegendo seus ovos ou prole.

- Ordem Scorpionida: os escorpiões são distribuídos por cerca de 1.400 espécies espalhadas por todo o mundo, sendo mais frequentes nas zonas tropicais. Estes animais são caçadores noturnos e se alimentam de outros artrópodes, como insetos e aranhas, que capturam com seus pedipalpos e despedaçam com suas quelíceras.

Figura 3.10 | Características gerais de um escorpião



Fonte: <http://goo.gl/UCYz9D>. Acesso em: 18 jul. 2016.

Os tagmas dos escorpiões incluem um curto cefalotórax e um abdome dividido em um pré-abdome (mesossomo) e um pós-abdome (metassomo). O cefalotórax apresenta um par de quelíceras, pedipalpos, pernas e um par de olhos grandes localizados na região mediana e de dois a cinco olhos laterais pequenos. As quelíceras são pequenas e os pedipalpos são grandes e modificados em pinça e existem quatro pares de pernas locomotoras. O pré-abdome é composto por sete segmentos e o pós-segmento é formado por cinco segmentos e termina em um aguilhão. A face ventral do abdome apresenta estruturas em forma de pente (pécten), que têm função táctil, recebendo estímulos provenientes do substrato e, também, são utilizadas no reconhecimento sexual.

O aguilhão dos escorpiões é uma estrutura bulbosa que termina em uma ponta curva e fina que injeta veneno. A maioria das espécies é inofensiva aos seres humanos, embora algumas delas tenham picadas dolorosas. Entretanto, algumas poucas espécies possuem um veneno que podem ser fatais para os humanos, caso não seja aplicado um antiveneno.

- Ordem Acari: trata-se do grupo de aracnídeos de maior importância médica e econômica, sendo composto por volta de 40.000 espécies (com estimativas de que existam até 1 milhão de espécies). Os ácaros (e também os carrapatos) podem ser encontrados em diversos habitats, desde terrestres até aquáticos, podendo ser observados em ambientes inóspitos, como desertos, regiões polares e fontes termais.

Os ácaros são distintos dos demais aracnídeos por apresentarem uma fusão completa entre seus tagmas, sem qualquer sinal externo de segmentação. As peças bucais e a cavidade oral localizam-se em uma pequena projeção anterior, denominada capítulo. Em cada lado da boca, existe uma quelícera, adaptada para perfuração, dilaceração ou para agarrar o alimento. Ao lado das quelíceras, pode ser observado um par de pedipalpos segmentados, que variam morfológicamente de acordo com a alimentação da espécie. Os pedipalpos fundam-se ventralmente formando um hipóstoma e um rostro ou teto estende-se dorsalmente. Os ácaros adultos possuem, em geral, quatro pares de pernas, mas espécies mais especializadas podem apresentar redução neste número.

Os ácaros interagem com os seres humanos de diversas formas. Algumas espécies habitam a poeira domiciliar por todo o mundo, sendo responsáveis por alergias e doenças de pele. Muitos ácaros são sérias pragas agrícolas de árvores frutíferas, sugando os conteúdos celulares de plantas, como algodão e trevo. Além disso, existem espécies que se alimentam de tecidos dérmicos de vertebrados, incluindo os seres humanos. Estes animais também transmitem doenças para seus hospedeiros, como o tifo, sarna humana, entre outras.

- Ordem Opiliones: os opiliões podem ser encontrados por todo o mundo, sendo distribuídos em cerca de 5.000 espécies. São organismos bem característicos dentre os Arachnida por apresentarem um corpo arredondado, com fusão entre o abdome e o cefalotórax, e quatro pares de pernas articuladas extremamente longas e finas. O abdome apresenta alguma segmentação externa e apenas dois olhos são observados no cefalotórax. As longas e delgadas pernas terminam em minúsculas garras com função variada. Os opiliões não produzem veneno e são completamente inofensivos aos seres humanos. Sua defesa contra predadores consiste na presença de glândulas odoríferas que produzem substâncias que podem afastar predadores.



Pesquise mais

Algumas espécies de aracnídeos têm grande importância médica. Saiba um pouco mais sobre estes animais no texto disponível em: <<http://labs.icb.ufmg.br/lbcd/prodabi3/grupos/grupo3/1/aranhas.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2016.

Sem medo de errar

Agora que já conhecemos bastante sobre os integrantes do subfilo Chelicerata, podemos responder às perguntas deixadas no início da seção: Os especialistas tentam argumentar que as aranhas trazem mais benefícios do que malefícios para os homens. Quais seriam estes argumentos? Como as aranhas podem ser benéficas aos seres humanos?

Apesar de as aranhas serem protagonistas de muitos temores e fobias humanas, a maioria destes artrópodes evita o contato com humanos, optando por fugir ao invés de confrontar. Além disso, são poucas espécies de fato agressivas e que possuem veneno forte o suficiente para colocar a vida de um ser humano em perigo.

As aranhas são predadoras de outros artrópodes, principalmente de insetos. Assim, a presença destes animais em casa é benéfica para os seres humanos, uma vez que eles vão se alimentar de mosquitos, moscas domésticas, baratas e outras pragas urbanas e que podem, também, transmitir doenças aos seres humanos.



Atenção

Apesar da aparência que desagrade boa parte das pessoas, as aranhas oferecem perigos apenas para insetos e outros organismos que elas usam como alimento. O veneno produzido pela maioria das aranhas é forte o suficiente apenas para estes animais.

Avançando na prática

O perigo dos carrapatos

Descrição da situação-problema

Os proprietários do lote de terra pretendem criar muitos cães ao ar livre em sua propriedade. Além de servirem como cães de guarda, eles também seriam uma ótima companhia para os habitantes do local. No entanto, ao analisarem um local de mata baixa, a equipe de profissionais detectou a presença de uma grande quantidade de carrapatos nesta região. Os carrapatos são artrópodes que se alimentam de sangue de vertebrados e podem trazer muitos problemas para os cães que venham a habitar esta região. Considerando este hábito alimentar dos carrapatos e as características dos aracnídeos da ordem Acari, quais seriam os principais problemas que poderiam ocorrer com os cães?



Lembre-se

O corpo dos integrantes da ordem Acari apresenta poucas estruturas visíveis e seus aparelhos bucais estão adaptados à sua dieta, servindo como estruturas de perfuração, dilaceração ou para agarrar o alimento.

Resolução da situação-problema

Os carrapatos são organismos que se alimentam de sangue de vertebrados. Uma vez que eles tenham acesso ao seu hospedeiro, eles fixam seu aparelho bucal na pele, realizam uma incisão e sugam o sangue que por ali extravasa. O volume de sangue consumido por carrapato é relativamente grande, por isso a infestação por muitos carrapatos pode levar a quadros graves de anemia e desnutrição. Além disso, os carrapatos podem transmitir doenças graves aos cães por meio de sua picada, podendo aumentar a gravidade do problema da anemia. Uma das doenças mais comuns transmitidas por carrapatos a cães é a "doença do carrapato".



Faça você mesmo

Faça uma pesquisa sobre o hábito alimentar dos carrapatos. Uma característica interessante destes animais é a capacidade de distensão do seu corpo, que permite que eles se alimentem de grandes volumes de sangue do seu hospedeiro.

Faça valer a pena

1. Os artrópodes que possuem cefalotórax, abdome, seis pares de apêndices e não possuem antenas são do subfilo:

- a) Trilobitomorpha.
- b) Myriapoda.
- c) Crustacea.
- d) Hexapoda.
- e) Chelicerata.

2. Os caranguejos-ferradura são artrópodes marinhos que têm uma aparência bastante distinta dos demais integrantes de seu grupo, apresentando uma extensa e larga carapaça e uma cauda (télson). Estes animais são membros da subclasse:

- a) Malacostraca.
- b) Merostomata.
- c) Eurypterida.
- d) Xiphosurida.
- e) Chelicerata.

3. As aranhas-do-mar apresentam uma característica particular dentre os quelicerados, que é a duplicação de segmentos. Isto pode ser observado como:

- a) Gônadas que se prolongam para o interior das pernas.
- b) Ausência de sistemas respiratório e excretor.
- c) Presença de mais de quatro pares de apêndices locomotores.
- d) Apêndices locomotores estreitos e longos.
- e) Boca localizada na extremidade de uma longa probóscide.

Referências

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

HICKMAN JUNIOR., C. P. et al. **Princípios integrados de zoologia**. 15. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**. São Paulo: Roca, 2005.

Filo Chordata

Convite ao estudo

Estamos dando início à última unidade da disciplina de Zoologia Geral, na qual estudaremos os diferentes organismos que compõem o filo Chordata. Na unidade anterior, conhecemos os integrantes do maior grupo de animais do planeta: o filo Arthropoda. Este diversificado grupo de invertebrados apresenta uma grande variedade de espécies com grande importância econômica e médica, tanto benéficas quanto daninhas.

Na quarta unidade da disciplina, vamos conhecer o filo Chordata, que inclui os animais vertebrados (entre outros grupos menores), como os seres humanos. Vamos estudar cada um dos grandes grupos de vertebrados, como peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

A competência geral desta disciplina é conhecer as principais características e conceitos da Zoologia, além de ser capaz de identificar os atributos que definem os filos Nematoda, Annelida, Mollusca, Arthropoda e Chordata e também como estes animais interagem com os humanos, gerando impactos econômicos e na saúde pública.

Os objetivos desta disciplina são entender como a vida originou-se em nosso planeta e como ela evoluiu para as diversas formas de vida animal que temos atualmente. Além disso, devemos ser capazes de entender a importância da organização sistemática das informações sobre os seres vivos em diversas áreas de estudo.

Nesta unidade, vamos acompanhar o trabalho de um grupo de pessoas que faz uma visita ao zoológico de sua cidade, tentando aprender um pouco mais sobre os animais que parecem estar tão distantes do nosso cotidiano.

Ao longo das seções desta unidade, conheceremos os diferentes grupos do filo Chordata, passando pelos desconhecidos subfilos Urochordata e Cephalocordata, até Craniata (Vertebrata). Além disso, estudaremos os grandes grupos de vertebrados, como peixes e os tetrápodes terrestres (anfíbios, répteis, aves e mamíferos), enfatizando sua grande diversidade e as interações com os seres humanos. Para tanto, vamos contar com o auxílio dos materiais disponíveis no livro didático, na webaula e nas leituras recomendadas.

Bons estudos!

Seção 4.1

Filo Chordata: subfilo Craniata: classes Myxini, Petromyzontida, Chondrichthyes, Actinopterygii e Sarcopterygii

Diálogo aberto

Um grupo de amigos moradores de uma grande cidade metropolitana decidiu se encontrar para realizar uma atividade diferente, que fugisse de sua rotina na cidade. Muitos deles sentem falta de um contato maior com a natureza, mas, ao mesmo tempo, não conseguem arranjar tempo para viajar para locais distantes. Deste modo, estas pessoas decidiram visitar um grande zoológico de sua cidade, para conhecer melhor os diferentes animais que eles observam apenas nos documentários pela televisão.

Ao chegarem ao zoológico, eles partem para a área destinada aos aquários, onde podem observar animais de água doce e marinha. A maioria desses amigos tem um enorme fascínio (e também medo) por tubarões, devido aos inúmeros documentários disponíveis pela televisão. Inclusive, existem canais de TV que dedicam uma semana inteira para falar de tubarões, retratando estes peixes como “assassinos do mar”. No entanto, o monitor desta exposição trata de desmentir esta informação imediatamente. Os tubarões são, em sua grande maioria, inofensivos aos seres humanos, preferindo fugir ou se esconder a atacar pessoas.

Apesar da grande responsabilidade da mídia em retratá-los como “assassinos”, os tubarões apresentam características e especializações que os tornam um dos predadores mais eficientes dos mares. Quais são essas características?

Nesta seção, vamos conhecer as principais características dos integrantes do filo Chordata. Conheceremos alguns detalhes dos subfilos Urochordata, Cephalochordata e conheceremos mais a fundo os animais do clado Craniata ou Vertebrata. Além disso, vamos estudar os peixes, que são o grupo de vertebrados mais diverso e abundante entre todos.

Não pode faltar

Filo Chordata: os cordados

Os cordados são animais que incluem os seres humanos e os demais vertebrados, além de outros organismos menos conhecidos. Todos os integrantes desse filo compartilham de diversas características em comum, sendo a presença da notocorda (estrutura semirrígida em forma de bastão que se desenvolve sob o sistema nervoso e percorre toda a extensão longitudinal do corpo) a mais marcante delas. Os cordados são animais com simetria bilateral, celomados, segmentados e cefalizados.

O filo Chordata é composto por animais deuterostomados, ou seja, o blastóporo formado durante o desenvolvimento embrionário desses animais dá origem ao ânus. Deste modo, os cordados são organismos filogeneticamente muito distintos de todos os outros animais pertencentes aos filós estudados nessa disciplina, que são protostomados (blastóporo origina a boca).

Muitos dos táxons clássicos dos Chordata são grupos não aceitos pelo método cladista, pois se tratam de grupos parafiléticos (agrupamento que não inclui todos os descendentes do seu mais recente ancestral comum), como é o exemplo dos répteis. Ao longo desta unidade, vamos utilizar a nomenclatura clássica e entraremos em detalhes sobre seu parafiletismo quando necessário.

Características dos cordados

Os cordados apresentam cinco características exclusivas que podem ser observadas em alguma fase da vida e que os distinguem dos demais filós: notocorda, tubo nervoso dorsal, oco, fendas e bolsas faríngeas, endóstilo e cauda pós-anal.

- **Notocorda:** trata-se de uma estrutura flexível que se estende ao longo do comprimento do corpo e é a primeira estrutura do endoesqueleto que surge no desenvolvimento. Ela contém um fluido que fica aprisionado dentro das células ou em compartimentos entre elas e atua como esqueleto hidrostático. A musculatura prende-se à notocorda e permite que o corpo execute movimentos ondulatórios. Em alguns grupos, a notocorda é observada por toda a vida. Nos vertebrados (com exceção das feiticeiras), esta importante estrutura pode ser completamente substituída pelas vértebras. Em alguns casos, resquícios da notocorda podem ser observados no interior ou entre as vértebras.

- **Tubo nervoso dorsal:** o tubo nervoso dos cordados localiza-se dorsalmente ao tubo digestivo, ao contrário da maioria dos invertebrados. A porção anterior é dilatada e forma o encéfalo (que é envolta por um crânio ósseo ou cartilaginoso nos vertebrados), e o tubo nervoso é envolvido pelos arcos neurais.

- **Fendas e bolsas faríngeas:** as fendas faríngeas são comunicações entre o interior da faringe com o meio externo, formadas durante o desenvolvimento embrionário a partir de invaginações da ectoderme externa (sulcos faríngeos) e pela evaginação da endoderme que reveste a faringe (bolsas faríngeas).

A faringe perfurada evoluiu como um aparelho de alimentação por filtração de organismos aquáticos, sendo ainda utilizada por protocordados. Nos cordados aquáticos, sulcos e bolsas se encontram para formar as fendas faríngeas. Em alguns grupos, as bolsas não se rompem e não formam as fendas. Nos vertebrados terrestres, as bolsas faríngeas dão origem a uma grande variedade de estruturas, como a tuba auditiva, a cavidade da orelha média, as amígdalas e glândulas paratireoides.

- **Endóstilo ou glândula tireoide:** o endóstilo é uma estrutura observada em alguns grupos de cordados que se situa no assoalho faríngeo e secreta muco, utilizado para captar partículas de alimento que são levadas ao interior da faringe. Esta estrutura trabalha em conjunto com as fendas faríngeas para capturar alimento em alguns animais. Algumas células do endóstilo são homólogas à glândula tireoide.

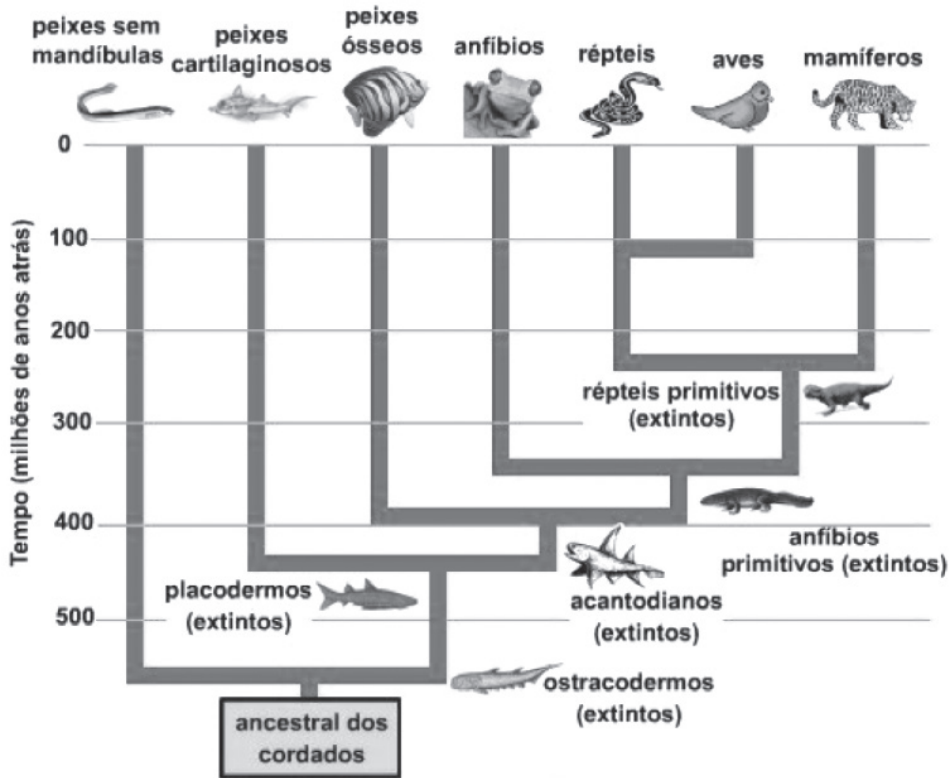
- **Cauda pós-anal:** esta estrutura existe apenas em cordados e evoluiu para a propulsão na água como uma adição ao corpo após o trato digestivo. Nos peixes, a eficiência da cauda é aumentada com o desenvolvimento de uma nadadeira. A maioria dos vertebrados apresenta uma cauda móvel, mas os seres humanos apresentam apenas uma cauda vestigial (uma série de pequenas vértebras ao final da coluna espinal, denominado cóccix).

Os cordados são classificados em três subfilos: Urochordata (tunicados), Cephalochordata (anfioxos) e Craniata (vertebrata). Neste curso, vamos focar o último grupo, Craniata, que inclui os vertebrados como peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

Subfilo Craniata (Vertebrata)

Os vertebrados (integrantes do subfilo Craniata) são organismos bastante diversificados. Estes animais apresentam diversas adaptações musculares e esqueléticas (que incluem a presença de um esqueleto interno cartilaginoso ou ósseo) que permitiram que eles aumentassem seu tamanho, atividade e mobilidade. A musculatura insere-se neste endoesqueleto para gerar o movimento do animal, ao contrário de alguns grupos de invertebrados, no qual a musculatura ancora-se no exoesqueleto. Além disso, os vertebrados apresentam uma caixa craniana óssea ou cartilaginosa que envolve o encéfalo.

Figura 4.1 | Relações filogenéticas entre os Craniata



Fonte: <<https://goo.gl/jQTndJ>>. Acesso em: 30 set. 2016.

Grande parte dos vertebrados possui um exoesqueleto que se desenvolve a partir da pele e apresenta diversas formas (escamas, por exemplo). Outra parte dos vertebrados apresentam estruturas queratinizadas derivadas da epiderme que protegem o corpo, como escamas reptilianas, pelos, penas e cornos.

A fisiologia desses animais também se mostra adaptada a uma demanda metabólica mais alta. Os sistemas digestivo, respiratório, circulatório e excretor dos vertebrados são adaptados para uma maior atividade do organismo. Do mesmo modo, novos controles integrativos, sensoriais e motores desenvolveram-se condizentemente com um hábito ativo de localização e captura de alimentos. A extremidade anterior do tubo nervoso tornou-se dilatada na forma de um encéfalo tripartido (dividido em três regiões: prosencéfalo, mesencéfalo e metencéfalo). Os vertebrados apresentam órgãos sensoriais bem desenvolvidos, que melhor captam os estímulos ambientais.

Vertebrados primitivos

Os primeiros vertebrados a surgirem em nosso planeta foram peixes sem maxilas (agnatos) e que possuíam uma armadura óssea, denominados ostracodermes (este grupo de animais não representa um grupo monofilético). Estes vertebrados eram divididos em três grupos:

- Heterostracos: não possuíam nadadeiras pares, sendo, provavelmente, desajeitados para nadar.
- Osteostracos: possuíam nadadeiras peitorais pares e apresentavam maior eficiência na natação.
- Anaspídeos: possuíam nadadeiras pares e corpo mais hidrodinâmico que os demais ostracodermes.

Apesar da grande diversificação apresentada pelos ostracodermes nos períodos Siluriano e Devoniano, todos eles foram extintos ao final do período Devoniano. Todos os vertebrados existentes ou extintos que possuem maxilas formam um grupo monofilético e são chamados de gnatostomados. O surgimento das maxilas ao longo da evolução permitiu que os vertebrados fossem capazes de se alimentar de presas maiores e mais ativas, além de permitir a manipulação deste alimento.

Os gnatostomados também possuem apêndices peitorais e pélvicos pares, na forma de nadadeiras ou membros, o que aumenta a eficiência da movimentação desses animais. Assim, o surgimento de maxilas e apêndices pares estão entre as principais razões para a diversificação dos peixes modernos e todos os tetrápodes terrestres. Entre os primeiros gnatostomados estavam os placodermes, que apresentavam uma armadura externa pesada. Estes animais evoluíram em uma grande variedade de formas, muitas delas grotescas, com exemplares enormes e armaduras recobertas por escamas grossas. Aparentemente, os placodermes extinguiram-se e não deixaram descendentes. Os acantódios são um grupo de peixes primitivos e com maxilas, caracterizados pela presença de grandes olhos e nadadeiras com grandes espinhos. Estes vertebrados estão inclusos em um clado que sofreu uma grande diversificação nos peixes ósseos modernos.

Os Agnatas atuais

Os peixes formam um variado e diversificado grupo de vertebrados aquáticos que apresentam nadadeiras e respiração branquial. Eles incluem os peixes agnatos (ostracodermes, feiticeiras e lampreias atuais) e os gnatostomados.

Os peixes sem maxila atuais estão agrupados em duas classes: Myxini (feiticeiras) e Petromyzontida (lampreias). Estes animais não apresentam maxilas, ossificação

interna, escamas e nadadeiras pares e possuem aberturas branquiais em forma de poros e corpo anguiforme (em forma de cobra).

- **Classe Myxini:** atualmente, existem cerca de 70 espécies de feiticeiras, sendo todas marinhas e predadoras ou saprófagas. Tratam-se de animais com uma visão muito fraca, mas com os sentidos olfativos e tácteis muito desenvolvidos. Possuem duas placas queratinizadas na língua que são utilizadas para raspar seu alimento e remover pedaços de carne de sua presa. Para aumentar a força de alavanca, as feiticeiras fazem um nó no corpo que se movimenta da cauda para a cabeça. Como defesa, produzem enormes quantidades de muco a partir de numerosas glândulas espalhadas pelo seu corpo, tornando-o extremamente escorregadio.

- **Classe Petromyzontida:** as lampreias são animais marinhos ou de água doce e se distribuem por cerca de 38 espécies, sendo algumas delas parasitas de outros peixes. Estas formas parasitas fixam-se a uma vítima com sua boca em forma de ventosa e raspam a carne com seus denticulos queratinizados, sugando seus fluidos corpóreos. Para manter o fluxo de sangue, as lampreias aplicam uma substância anticoagulante no ferimento. Quando terminam de se alimentar, soltam-se de seu hospedeiro, deixando um grande e profundo ferimento, que pode ser fatal.



Refleta

As lampreias são peixes sem maxilas que se alimentam de fluidos corporais de outros peixes. Elas se fixam aos seus hospedeiros com sua boca em forma de ventosa e aplicam um anticoagulante para manter o fluxo de sangue constante. Esta estratégia também é utilizada por um organismo estudado previamente nesta disciplina. Qual é este animal? Você acha que este comportamento tem a mesma origem evolutiva?

As lampreias não parasitas não possuem sistema digestivo depois que emergem como adultas. Estas espécies vivem por poucos meses como adultas e morrem logo após desovarem.

Classe Chondrichthyes: os peixes cartilagosos

Os peixes cartilagosos compõem uma classe de peixes com cerca de 970 espécies, caracterizadas pela presença de um endoesqueleto cartilaginoso amplamente calcificado (mas ossos completamente ausentes). A combinação de hábitos predadores, órgãos sensoriais bem desenvolvidos, maxilas poderosas

e musculatura de natação bem desenvolvida resultaram em alguns dos mais conhecidos predadores dos mares: os tubarões.

Os condrícties são classificados em duas subclasses:

- **Elasmobranchii**: este grupo de peixes cartilaginosos são compostos pelos tubarões e raias, com cerca de 937 espécies descritas. Os tubarões são, de modo geral, tímidos e cautelosos, evitando o contato com seres humanos. No entanto, algumas espécies apresentam perigo para o homem por conta de ataques documentados ao longo dos anos.

Os tubarões estão adaptados para uma vida predatória. Seus diversos órgãos sensoriais muito bem desenvolvidos (que incluem quimiorreceptores, mecanorreceptores e eletorreceptores) atuam em conjunto para detectar presas de modo preciso e à distância. As presas são capturadas por maxilas (superior e inferior) providas de muitos dentes afiados, organizados em fileiras que repõem os dentes gastos.



Exemplificando

O tubarão-martelo é um peixe cartilaginoso com uma cabeça achatada em forma de "T" repleta de receptores de estímulos. Este formato peculiar de sua cabeça aumenta a área de captação de sinais, tornando-o mais eficiente na obtenção de alimento.

Cerca de metade de todos os elasmobrânquios são raias, organismos adaptados a uma vida de fundo de corpos d'água. As raias apresentam corpos achatados dorso-ventralmente e nadadeiras peitorais muito desenvolvidas que realizam movimentos ondulatórios que propulsionam o animal. Algumas espécies apresentam uma cauda alongada e em forma de chicote, que possui um ou mais espinhos serrilhados com glândula de veneno na base.

- **Holocephali**: grupo composto por cerca de 33 espécies, as quimeras (peixe-rato ou peixe-coelho) são morfologicamente semelhantes aos elasmobrânquios, mas com algumas diferenças. Suas maxilas estão armadas com placas achatadas em vez de dentes, adaptação para a trituração de moluscos, equinodermos, crustáceos e peixes. Sua maxila superior é fundida ao crânio, característica que é incomum em peixes.

Classe Actinopterygii: os peixes com nadadeiras raiadas

Este grupo é composto pelos familiares peixes ósseos, com cerca de 27 mil espécies descritas. Sua história evolutiva é bastante extensa e muitos grupos que se originaram no início da divergência de Actinopterygii ainda possuem representantes vivos atualmente.

O maior grupo desta classe é a Infraordem Teleostei, que representa os peixes ósseos modernos, os teleósteos. Este grupo corresponde a cerca de 97% de todos os peixes conhecidos atualmente e pouco mais de 50% de todos os vertebrados. Os teleósteos ocupam os mais diversos habitats: marinho, água salobra, água doce, fontes termais, regiões árticas, diversas altitudes diferentes, cavernas completamente escuras, pântanos com baixa oxigenação etc. Esses peixes substituíram ao longo da evolução as pesadas armaduras dérmicas por leves, delgadas e flexíveis escamas. Alguns grupos, como enguias e bagres, não possuem escamas. Isto resultou em um aumento de agilidade dos peixes, melhorando a eficiência de caça e fuga. Adaptações na musculatura e nas nadadeiras também influenciaram a mobilidade dos teleósteos. Algumas espécies apresentam modificações das nadadeiras voltadas para outras funções, como a ventosa das rêmoras e as iscas de peixes pescadores.

Classe Sarcopterygii: os peixes com nadadeiras lobadas

Atualmente, os peixes com nadadeiras lobadas são representados por apenas oito espécies de peixes pulmonados e celacantos.

O ancestral de todos os tetrápodes é integrante de um extinto grupo de sarcopterígio, denominado ripistídia. Tratam-se de peixes cilíndricos, cabeçudos, com nadadeiras carnosas e, provavelmente, pulmonados que habitavam áreas costeiras rasas e ambientes de água doce.



Assimile

Todos os vertebrados terrestres atuais, ou tetrápodes, evoluíram de um ancestral dos Sarcopterygii, que possuía nadadeiras lobadas. A estrutura básica das nadadeiras formou o arcabouço evolutivo para os membros observados em todos os tetrápodes.



Pesquise mais

Os peixes são vertebrados aquáticos extremamente bem-sucedidos e diversificados. Esta diversificação resultou em espécies com características

e comportamentos extremos. Saiba mais sobre alguns exemplos de peixes peculiares no texto disponível em: <<http://hypescience.com/20-peixes-extremamente-bizarros/>>. Acesso em: 11 ago. 2016.

Os peixes como recurso econômico

Há diversos séculos os seres humanos utilizam os peixes como alimento, além de outros organismos marinhos. Inicialmente, a atividade da pesca limitava-se à subsistência do homem, mas, gradualmente, com o desenvolvimento das vilas e cidades, ela passou a ser utilizada para a produção de alimentos para a comercialização.

Nos dias de hoje, a pesca pode ocorrer em pequena (artesanal) ou em larga escala (industrial). De modo geral, são utilizadas embarcações e redes para capturar os peixes para comércio, com uma eficiência muito grande. Algumas estratégias de pesca possuem uma eficiência tão alta que são capazes de exterminar populações inteiras de peixes. Medidas políticas acabaram sendo criadas para proteger estas populações e permitir o uso do recurso aquático de modo sustentável, como o período de defeso, que estipula um período no qual atividades de pesca e caça ficam proibidas. Uma alternativa à pesca extrativista é o cultivo de peixes em cativeiro, com o intuito de abastecer o mercado de alimentos.



Pesquise mais

Saiba um pouco mais sobre como montar um negócio de peixes no texto disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-um-negocio-para-criacao-de-peixes,81287a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 12 out. 2016.

Sem medo de errar

Nesta seção, iniciamos os estudos sobre os integrantes do filo Chordata, que inclui os vertebrados terrestres e o diversificado grupo dos peixes. Com as informações expostas até o momento, somos capazes de responder à pergunta feita no início da questão.

“Apesar da grande responsabilidade da mídia em retratar estes peixes como ‘assassinos’, os tubarões apresentam características e especializações que os tornam um dos predadores mais eficientes dos mares. Quais são essas características?”

Os tubarões são peixes com esqueleto cartilaginoso da classe Chondrichthyes, subclasse Elasmobranchii. Estes animais apresentam inúmeras adaptações para o hábito predatório, como maxilas armadas com uma grande quantidade de afiados dentes, que são continuamente repostos por fileiras de dentes. Além disso, esses peixes são capazes de localizar suas presas por um sistema sensorial extremamente bem desenvolvido, que inclui quimiorreceptores, mecanorreceptores e eletrorreceptores.

Vale a pena ressaltar que estas adaptações estão voltadas para a captura de suas presas e não para machucar os seres humanos. Em muitos casos, a imagem de "assassinos" dos tubarões, reforçada por ação midiática, é utilizada para justificar a caça e os maus tratos a estes animais que são de extrema importância para o ecossistema marinho.



Atenção

Os tubarões são peixes que são muito bem adaptados à predação, e possuem um desenvolvido sistema sensorial, muscular e esquelético.

Avançando na prática

Peixes de ambientes marinhos profundos

Descrição da situação-problema

Em meio a tantos animais vivos presentes no zoológico, nosso grupo encontra uma exposição com imagens e descrições de peixes de difícil captura ou que dificilmente se adaptariam à vida nos aquários, como as espécies de mar profundo. Entre as imagens mais interessantes há um trio de peixes que, apesar de possuírem breve descrição de características, não possuem identificação.

Peixe 1: exemplar abundante tanto em água salgada quanto em água doce, com esqueleto ósseo, nadadeiras em raios e com escamas.

Peixe 2: exemplar com cerca de 40 cm de comprimento, com cabeça proeminente, nadadeiras volumosas e corpo cilíndrico.

Peixe 3: exemplar com corpo alongado, esqueleto cartilaginoso, dentes afiados organizados em fileiras e abundância de quimio e mecanorreceptores.

Considerando as características anatômicas internas e externas aprendidas nesta seção, como podemos classificar estes organismos?

Um desses peixes pertence a um grupo que compartilha um ancestral com todos os vertebrados terrestres. Qual é esse peixe?



Lembre-se

Lembre-se de que os peixes ósseos modernos são classificados em dois grandes grupos: Actinopterygii e Sarcopterygii. A principal diferença entre essas duas classes é a estrutura de suas nadadeiras.

Resolução da situação-problema

Peixe 1: trata-se de um exemplar de vertebrado da classe Actinopterygii, os peixes ósseos de nadadeiras raíadas.

Peixe 2: trata-se de um exemplar de vertebrado da classe Sarcopterygii, os peixes ósseos de nadadeiras lobadas.

Peixe 3: trata-se de um exemplar de vertebrado da classe Chondrichthyes, os peixes cartilagosos.

Os Sarcopterygii, os peixes de nadadeiras lobadas, compartilham um ancestral comum com todos os vertebrados terrestres (tetrápodes). Tanto as nadadeiras lobadas quanto os membros dos tetrápodes são estruturas homólogas, ou seja, compartilham uma mesma origem evolutiva.



Faça você mesmo

Realize uma pesquisa na internet sobre os diferentes grupos de peixes. É relativamente simples notar as diferenças entre as nadadeiras de Chondrichthyes, Actinopterygii e Sarcopterygii.

Faça valer a pena

1. Uma das principais características dos cordados é a presença de uma estrutura denominada de notocorda, cuja função é:

- a) Agir como o sistema nervoso central dos cordados.
- b) Atuar como elemento esquelético.
- c) Atuar na proteção do animal
- d) Atuar como elemento nas trocas gasosas.
- e) Agir como elemento de defesa.

2. “Os seres humanos não podem ser considerados cordados porque não possuem cauda pós-anal”. Sobre esta afirmação, podemos dizer que ela é:

- a) Verdadeira, pois os seres humanos são diferentes dos outros animais.
- b) Falsa, porque os seres humanos possuem uma cauda pós-anal vestigial.
- c) Verdadeira, porque não há qualquer evidência de cauda pós-anal nos seres humanos.
- d) Falsa, porque a cauda pós-anal dos seres humanos foi sendo perdida por não ser utilizada.
- e) Verdadeira, pois fazemos parte de uma linhagem de primatas sem cauda.

3. Os vertebrados são animais que se diversificaram bastante ao longo da evolução. Para tanto, estes organismos apresentam uma série de adaptações, como:

- a) Um endoesqueleto cartilaginoso ou ósseo.
- b) A concentração de órgãos sensoriais na região anterior (cefalização)
- c) Um exoesqueleto leve e composto por quitina ou calcário.
- d) Corpo que apresenta simetria radial.
- e) Baixa atividade metabólica para um estilo de vida menos ativo.

Seção 4.2

Filo Chordata: Subfilo Craniata: classes Amphibia e Reptilia

Diálogo aberto

Vamos retomar as atividades do grupo de amigos em seu passeio pelo zoológico. Após deixarem a área destinada aos aquários, os amigos vão em direção à exposição de anfíbios, que se localiza em um local fechado e aclimatado. Neste local, o grupo encontra uma grande variedade de organismos, como as inusitadas cecílias, as intrigantes salamandras e os tão conhecidos sapos e rãs. Nesta exposição, pode ser observada uma grande variedade deste último grupo de anfíbios, que exibe grande diversidade de tamanhos e cores. Um dos amigos relembra a história que lhe foi contada na infância, de uma princesa e seu príncipe encantado. O príncipe estava sob influência de uma maldição que o havia transformado em sapo e a princesa acabou com o feitiço dando um beijo no sapo. Outro amigo reforçou que, se a história fosse verdadeira, o sapo não deveria ter cores muito chamativas. O que este amigo quis dizer com isso? O que aconteceria com o final desta história caso o sapo tivesse cores chamativas?

Nesta seção, vamos estudar dois grupos de tetrápodes terrestres: os anfíbios (classe Amphibia) e os répteis (classe Reptilia). Vamos conhecer as principais características destes dois grupos que os permitiram ser cada vez mais independentes do ambiente aquático. Além disso, vamos ter uma noção da grande diversidade de organismos apresentada por estas duas classes de vertebrados.

Não pode faltar

Transição para o ambiente terrestre

O ambiente terrestre é inóspito para as formas de vida que se originaram na água, dadas as diferenças físicas entre estes dois ambientes. A ocupação da terra seca deve vir acompanhada de diversas adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais para lidar com as diferentes características do ambiente terrestre. Entre as diferenças físicas importantes que os animais devem lidar na transição da

água para o ar estão a disponibilidade de oxigênio (que é 20 vezes mais abundante no ar e se difunde mais rápido do que na água), a densidade (o ar tem densidade 1000 vezes menor que a água e é cerca de 50 vezes menos viscoso), a termorregulação corporal (a temperatura do ar varia mais facilmente do que a da água) e disponibilidade de habitats (mais abundantes no ambiente terrestre).

Como discutido na Seção 4.1, o ancestral de todos os tetrápodes era um peixe de nadadeiras lobadas, integrante da classe Sarcopterygii. Esta linhagem de peixes sofreu diversas adaptações que os permitiram sobreviver no ambiente terrestre. Sua bexiga natatória (estrutura de peixes com função de controlar a flutuabilidade) ganhou comunicação com o meio externo por meio de canais pares (as narinas) e passou a ter função de trocas gasosas entre os fluidos corporais e o meio externo, originando os primórdios dos pulmões. Os elementos ósseos que constituíam as suas nadadeiras lobadas ganharam força suficiente para sustentar o corpo fora d'água, que evoluiriam para os quatro membros dos vertebrados terrestres. Estes elementos ósseos apresentam homologia, ou seja, possuem mesma origem evolutiva, com os ossos encontrados nos membros de anfíbios e peixes sarcopterígio atuais. Os dedos nas extremidades dos membros foram surgindo ao longo da evolução, sendo fixados em número de cinco por membro apenas em grupos mais recentes.

Os anfíbios atuais

As seis mil espécies de anfíbios descritas atualmente se distribuem em três ordens: Gymnophiona ou Apoda (cecílias), Urodela ou Caudata (salamandras) e Anura ou Salientia (sapos e rãs). São reconhecidas pela característica ancestral de botarem ovos aquáticos, a partir dos quais emergem larvas também aquáticas e com respiração branquial. Após um processo de metamorfose, surgem os indivíduos adultos terrestres, adaptados para a respiração aérea. No entanto, este ciclo de vida apresenta uma grande quantidade de variações nas espécies atuais.

Mesmo os anfíbios melhor adaptados ao ambiente terrestre dependem da água para a sua sobrevivência. Sua pele fina requer umidade constante contra a dessecação decorrente da exposição ao ar. Os ovos também não são bem protegidos contra a dessecação e são comumente depositados em corpos d'água ou superfícies úmidas.

Ordem Gymnophiona: as cecílias

As cecílias são organismos de corpo alongado e sem patas, distribuídos entre 173 espécies. Seus olhos são pequenos e as formas adultas são geralmente cegas. O corpo alongado das cecílias apresentam diversas vértebras e costelas alongadas. Tratam-se de animais que costumam viver enterrados ou submersos na água, sendo, portanto, raramente observados. Elas se alimentam de minhocas e outros

invertebrados que também vivem enterrados em galerias. As cecílias comumente se reproduzem botando ovos em solo úmido, próximo à água, e apresentam fases larvais aquáticas. Em algumas espécies, o desenvolvimento da larva ocorre dentro do ovo.

Ordem Urodela: as salamandras

As salamandras compreendem cerca de 553 espécies e são anfíbios que apresentam uma cauda muito bem desenvolvida. Tratam-se de organismos tipicamente pequenos, com cerca de 15 cm de comprimento, mas existem espécies que atingem até 1,5 m. A maioria das salamandras apresentam membros anteriores e posteriores de igual tamanho, que se posicionam lateralmente ao corpo e em ângulo reto com relação ao tronco. Em algumas espécies, os membros podem estar reduzidos ou ausentes. Estes animais são carnívoros e se alimentam de minhocas, pequenos artrópodes e moluscos.

O desenvolvimento das salamandras pode ser direto ou indireto e as diferentes fases da vida ocupam diferentes ambientes. De um modo geral, as espécies aquáticas apresentam desenvolvimento indireto (que incluem fase larval) e as terrestres possuem desenvolvimento direto (sem fase larval).

Uma importante propriedade deste grupo é a retenção de características consideradas juvenis nas fases adultas, de modo que algumas características típicas de adultos são eliminadas. Esta condição é chamada de pedomorfose. Entre as características juvenis observadas em adultos podemos citar a manutenção do hábito aquático e a presença de brânquias.

Ordem Anura: sapos e rãs

Os anuros são os anfíbios mais conhecidos pela população em geral, correspondendo a cerca de 5.283 espécies descritas atualmente. Eles ocupam uma grande diversidade de habitats, mas ainda restritos pela sua dependência de fontes de água, pela reprodução aquática e sua pele permeável. Morfologicamente, os sapos e rãs são diferentes dos outros anfíbios pela ausência de cauda nas formas adultas e na presença de pernas posteriores adaptadas à movimentação aos saltos. O ciclo de vida dos anuros é bastante característico e difere consideravelmente do apresentado pelas salamandras. Os ovos eclodem e liberam larvas na forma de girinos, que possuem caudas longas e em forma de nadadeira, brânquias internas e externas, ausência de membros, boca adaptada para dieta herbívora e uma anatomia muito especializada. As formas adultas são extremamente diferentes das larvais, de modo que a metamorfose de um girino para um anuro adulto é um evento notável.

A pele de um sapo é delgada, úmida e frouxamente ligada ao resto do corpo. Ela possui uma proteína fibrosa chamada de queratina, que protege a pele contra a abrasão e diminui a perda de água para o ambiente. A camada mais externa, a epiderme, apresenta dois tipos de glândulas. Pequenas glândulas mucosas produzem um muco protetor insolúvel em água e grandes glândulas granulares produzem um veneno irritante para os predadores, cuja potência varia de acordo com a espécie. Algumas espécies da família Dendrobatidae produzem toxinas que estão entre as mais perigosas entre os animais. Tribos indígenas da Colômbia utilizam os venenos de sapos nas pontas de suas flechas para caçarem. Muitas destas espécies possuem cores vibrantes (coloração aposemática) como alerta aos predadores.

A cor dos sapos (bem como nos demais anfíbios) é produzida por células pigmentares denominadas cromatóforos, células ramificadas que contêm pigmento. Este pigmento pode ser concentrado nas proximidades do núcleo ou disperso pelo citoplasma para controlar a coloração da pele. Os cromatóforos são de três tipos: xantóforos (pigmento amarelo, laranja ou vermelho), iridóforos (pigmento prateado, que reflete a luz) e melanóforos (pigmento negro ou marrom, a melanina). A combinação destes tipos celulares é capaz de gerar as diferentes cores observadas entre os sapos. Muitas espécies são capazes de ajustar sua coloração com a do fundo para se camuflarem.

Os sapos têm a capacidade de produzir sons potentes pela presença de cordas vocais localizadas na laringe. Elas são mais desenvolvidas nos machos, que utilizam sua voz para atrair parceiras para reprodução. A maioria das espécies tem padrões de sons exclusivos.

Nos últimos anos, tem aumentado a demanda pela carne de rãs no Brasil. Considerada um tipo de iguaria, a carne das rãs é saudável e rica em proteínas e o seu cultivo (a ranicultura) não exige grandes investimentos. Além disso, os climas quente e úmido de várias regiões do Brasil favorecem a adaptação destes animais.



Pesquise mais

A ranicultura é uma prática que tem crescido nos últimos anos e exige um investimento inicial relativamente baixo para o começo das atividades. Saiba mais no texto disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC1664547-4530,00.html>>. Acesso em: 27 set. 2016.

Os amniotas e suas adaptações

Os amniotas são um grupo monofilético de organismos que incluem os répteis, aves e mamíferos, e são melhores adaptados ao ambiente terrestre do que os

anfíbios. Deste modo, eles foram capazes de ocupar ambientes mais distantes de fontes de água, conquistando de vez o ambiente terrestre.

Entre as adaptações dos amniotas ao ambiente terrestre, temos:

- **Ovo amniótico**: os amniotas possuem ovos compostos por quatro membranas envoltas por uma casca mineralizada que protege o embrião. O âmnio envolve o embrião e o fluido circundante, mantendo-o em um ambiente aquoso. O alantoide é um saco que acumula as excretas. O saco vitelínico é uma estrutura bem desenvolvida e contém a reserva de nutrientes do embrião. O córion é uma membrana altamente vascularizada que reveste todas as estruturas do ovo e também realiza trocas gasosas com o meio externo.

- **Pele grossa e impermeável**: a pele dos amniotas deixa de ter a função respiratória, tornando-se mais espessa, queratinizada e menos permeável à água. Essa pele passa a apresentar algumas adaptações voltadas para o aumento da resistência, impermeabilização e regulação térmica, podendo possuir projeções compostas por queratina, como escamas, pelos, penas e garras.

- **Ventilação pulmonar por meio de contrações da musculatura intercostal**: os pulmões dos amniotas são mais complexos do que os dos anfíbios, exibindo maior superfície para trocas gasosas. Esta característica tem relação com a alta demanda metabólica desses animais e da impermeabilização da pele. Os pulmões amniotas são ventilados pela expansão da caixa torácica, de modo que o ar é "puxado" para dentro, ao invés de "empurrado" como nos anfíbios.

- **Maxilas mais fortes**: as maxilas adaptadas para a sucção apresentadas pelos peixes deram lugar a estruturas reforçadas com musculaturas desenvolvidas capazes de imprimir muita força durante e após a captura da presa. Além disso, a língua muscular dos amniotas permite a manipulação e facilita a deglutição do alimento.

- **Sistema cardiovascular de alta pressão**: o sistema cardiovascular dos amniotas evoluiu de modo a apresentar dois sistemas circulatórios distintos, diminuindo drasticamente a mistura entre o sangue arterial (com alta concentração de oxigênio) com o venoso (com baixa concentração de oxigênio). Isso permitiu que o sangue seja fornecido com maior pressão arterial, o que aumenta a eficiência no fornecimento de oxigênio aos tecidos e, conseqüentemente, no aumento da taxa metabólica desses animais.

- **Excreção de compostos nitrogenados com economia de água**: a eliminação de compostos nitrogenados demanda o uso de muita água devido à toxicidade de substâncias como amônia ou ureia (excretas de peixes e anfíbios). Os amniotas eliminam suas excretas nitrogenadas na forma de compostos menos tóxicos, como o ácido úrico, que demanda menos água para sua eliminação.

- **Encéfalo e órgãos sensoriais expandidos:** os amniotas apresentam um grande desenvolvimento de regiões do encéfalo associados à integração de informações sensitivas (telencéfalo) e motoras (cerebelo).



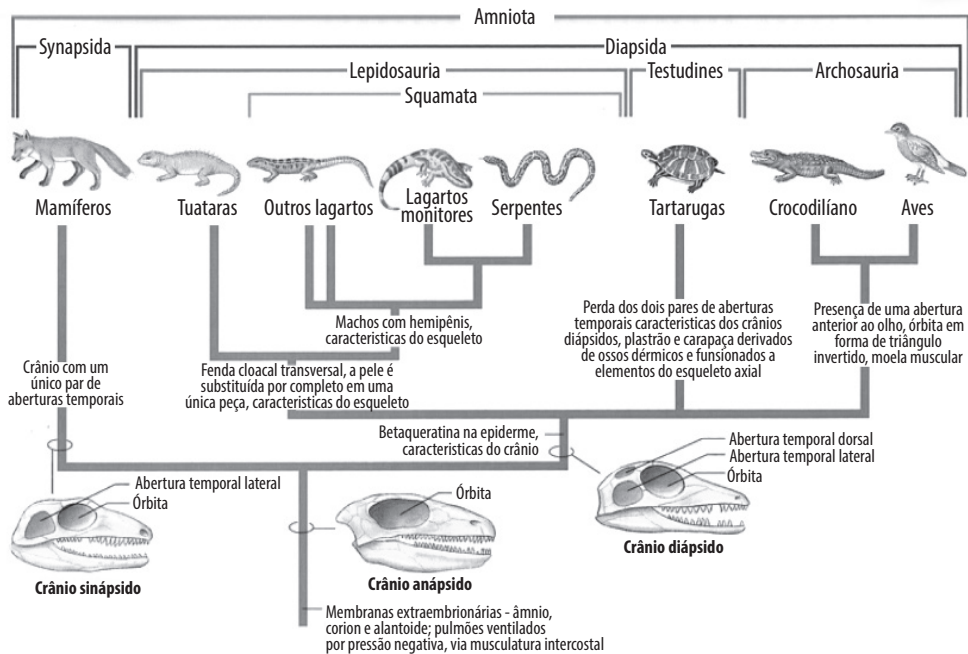
Assimile

Os vertebrados terrestres evoluíram primariamente de modo a diminuir a perda de água para o ambiente e para melhorar a sustentação do corpo, que não conta mais com o empuxo oferecido pelo meio aquático.

Principais grupos da classe Reptilia

Os répteis incluem, tradicionalmente, organismos como lagartos, serpentes, tartarugas e crocodilos, além dos extintos dinossauros, plesiossauros, pterossauros e outros grupos. No entanto, as aves evoluíram a partir de um grupo de dinossauros. Assim, os répteis formam um grupo parafilético, pois não incluem todos os descendentes de uma mesma linhagem. Além disso, aves e crocodilianos estão mais relacionados entre si do que com qualquer outro grupo de répteis.

Figura 4.2 | Relações filogenéticas entre amniotas



Fonte: Hickman (2013).

Ordem Testudines (Chelonia): as tartarugas

As tartarugas são répteis caracterizados por possuírem uma armadura constituída por uma carapaça dorsal (resultante da fusão entre as costelas, vértebras e ossos dérmicos) e um plastrão ventral (placa óssea recobrimdo a região do ventre). Essa armadura é formada por elementos do esqueleto revestida por camadas de queratina, que são adicionadas abaixo das mais antigas conforme o organismo envelhece. Além disso, não possuem dentes, mas sim placas queratinizadas rígidas que formam uma espécie de bico utilizado para capturar presas.

A armadura óssea das tartarugas diminui, e muito, a sua mobilidade, mas traz óbvias vantagens. Ela permite que estes animais sejam capazes de retrain sua cabeça e membros para o interior do casco para se proteger de eventuais ameaças.



Refleta

As tartarugas são organismos bem familiares aos seres humanos e são comumente retratados de modo caricato. Em alguns desenhos animados, é possível ver tartarugas saindo dos seus cascos. Considerando a estrutura do casco, seria possível que as tartarugas abandonassem-no?

Ordem Squamata: os lagartos e as serpentes

Os escamados correspondem a cerca de 95% de toda a diversidade de répteis conhecidos.

- **Subordem Sauria:** os lagartos compõem um grupo extremamente diverso e familiar aos seres humanos e ocupam uma grande diversidade de habitats. Esse grupo inclui as lagartixas, iguanas, camaleões, dragões-de-komodo e anfisbenas. Estes animais geralmente apresentam quatro membros bem desenvolvidos, mas reduções de apêndices e até sua total ausência são observadas (como é o caso das anfisbenas). Algumas espécies são capazes de habitar regiões áridas, apresentando adaptações que reduzem a perda de água.

- **Subordem Serpentes:** as serpentes não apresentam membros. Elas possuem numerosas vértebras mais curtas e largas do que as dos demais tetrápodes, que permitem um movimento rápido de ondulação, utilizado para o deslocamento destes animais sobre o substrato. O crânio das serpentes evoluiu de modo a ser mais móvel do que o dos demais escamados, permitindo que elas se alimentem de presas muitas vezes maiores do que seu próprio diâmetro. São de extrema importância para os ecossistemas onde estão inseridas, pois atuam no equilíbrio ecológico de espécies de roedores e também fornecem alimento para outros animais pelos seus ovos.

As serpentes utilizam-se de órgãos sensoriais químicos ou térmicos como principais em vez da visão ou audição para capturar suas presas. Além disso, nas serpentes houve evolução de uma grande variedade de estratégias para a subjugação de suas presas, que envolvem desde a constrição e asfixia da presa até a aplicação de peçonha, aplicada por dentes ocios modificados. De todas as espécies de serpentes conhecidas, apenas 20% são peçonhentas. As peçonhas podem agir sobre o sistema nervoso (neurotóxicas) ou cardiovascular (hemorrágicas).



Exemplificando

Os dentes inoculadores de peçonha das serpentes são bastante delgados e afiados, com um canal em seu interior que se abre lateralmente, próximo à ponta. As agulhas hipodérmicas utilizadas na medicina foram inspiradas nesses dentes.



Pesquise mais

As serpentes podem ser perigosas quando interagem com o ser humano, devido à capacidade de inocular peçonha de algumas espécies. Saiba mais sobre algumas espécies de serpentes de importância médica no texto disponível em: <<http://eco.ib.usp.br/labvert/Serpentes-de-Interesse-Medico-da-Amazonia.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2016.

Ordem Crocódilia: os crocodilos, jacarés e gaviais

Os crocódilianos são os maiores répteis conhecidos e são considerados predadores muito bem-sucedidos, pois permaneceram praticamente imutáveis por cerca de 200 milhões de anos. Estes animais apresentam um crânio alongado, robusto e bem reforçado, com uma musculatura potente associada às maxilas, que permite uma ampla abertura da boca e um fechamento rápido e poderoso. Os crocódilianos também apresentam um palato secundário completo (característica presente apenas nos mamíferos), que permite que o animal continue respirando mesmo com água ou alimento na boca. Esses animais também apresentam um coração dividido em quatro câmaras, característica observada apenas em aves e mamíferos.

De modo geral, os crocódilianos diferenciam-se pela morfologia da cabeça. Os crocodilos possuem um focinho relativamente estreito. Os jacarés apresentam focinhos mais largos. Já os gaviais têm focinhos muito delgados.

Atualmente, os jacarés podem ser criados em cativeiro para a obtenção de carne e couro, além de seu papel na conservação de espécies nativas. O Brasil possui algumas espécies de jacarés que podem ser cultivados para esses fins, por exemplo, o jacaré-do-pantanal.



Pesquise mais

Os jacarés podem ser criados em cativeiro para a obtenção da sua pele e carne para o mercado. Saiba mais sobre a técnica de manejo de jacarés no texto disponível em: <<http://ruralpecuaria.com.br/tecnologia-e-manejo/criacao-de-animais-silvestres/manejo-na-criacao-do-jacare.html>>. Acesso em: 27 set. 2016.

Sem medo de errar

Agora que conhecemos um pouco mais sobre os anfíbios e os répteis, somos capazes de participar da discussão do grupo de amigos na exposição de sapos do zoológico.

Um dos amigos relembra a história que lhe foi contada na infância, de uma princesa e seu príncipe encantado. O príncipe estava sob influência de uma maldição que o havia transformado em sapo e a princesa acabou com o feitiço beijando-o. Outro amigo reforçou que, se a história fosse verdadeira, o sapo não deveria ter cores muito chamativas. O que este amigo quis dizer com isso? O que aconteceria com o final dessa história caso o sapo tivesse cores chamativas?

Os sapos e rãs possuem uma pele delgada e úmida, que se liga frouxamente ao resto de seu corpo. As camadas mais externas da pele apresentam dois tipos de glândulas, sendo uma delas voltada para a produção de toxinas irritantes como defesa contra os predadores. Do mesmo modo como ocorre em insetos (filo Arthropoda, subfilo Hexapoda), os sapos e rãs utilizam sua coloração como alerta para os predadores. Quanto mais vibrantes e chamativas suas cores, mais tóxico será o veneno produzido pelo sapo. Esta estratégia é chamada de coloração aposemática.

Portanto, retomando a fábula discutida entre os amigos, caso a princesa tivesse beijado um sapo com cores muito chamativas, ela provavelmente teria morrido ou, ao menos, intoxicado-se gravemente, devido à toxicidade do veneno destes animais.



Atenção

O sapos e as rãs, assim como insetos, adotam a coloração aposemática como modo de alertar os predadores contra seu veneno tóxico ou gosto desagradável.

Avançando na prática

Os tetrápodes sem membros

Descrição da situação-problema

Continuando pelo passeio no zoológico, o grupo de amigos finaliza sua visita à seção de anfíbios e passa para a exposição de répteis. A diversidade deste grupo de animais é muito grande e se evidencia pela imensa variedade de formas e tamanhos de organismos. O grupo depara-se com a ala de herpetologia (estudo das cobras), que causa grande fascínio e expõe as fobias de alguns dos integrantes do grupo de amigos. Um deles revela sua profunda fobia de cobras, dizendo que o simples fato de imaginar uma cobra é o suficiente para trazer calafrios. Um outro amigo, tentando se passar por corajoso e sabichão, diz que basta que o homem mantenha a sua distância das cobras. Além disso, ele enfatiza a facilidade em se identificar uma cobra entre os demais animais afirmando que, se um animal vertebrado não tem membros e rasteja, ele é obrigatoriamente uma cobra. Outro amigo, que prestou mais atenção à exposição até o momento, desmente esta afirmação e diz com segurança que esta característica pode ser observada em outros grupos de vertebrados. Seria isso verdade? Quais outros grupos de vertebrados, além das cobras, apresentam ausência de membros como característica?



Lembre-se

A diversidade de tetrápodes terrestres é realmente muito grande e algumas características adaptativas podem ser observadas em grupos diferentes. A ausência de membros pode ser observada em anfíbios e répteis escamados.

Resolução da situação-problema

De fato, existem outros grupos de vertebrados que compartilham a ausência de membros com as serpentes, embora esta não seja uma característica homóloga (com mesma origem evolutiva), necessariamente.

As cecílias, anfíbios da ordem Gymnophiona ou Apoda, são vertebrados terrestres com corpo alongado e que também não apresentam membros locomotores. Outros organismos com estas características são as anfisbenas, répteis da ordem Squamata, subordem Sauria.



Faça você mesmo

Os animais compartilham uma grande quantidade de características morfológicas e funcionais. Grandes generalizações costumam ser falhas para agrupar ou identificar estes organismos. Reflita sobre as principais características que diferenciam os anfíbios dos répteis e quais são os fatores ambientais que levaram à evolução dos amniotas.

Faça valer a pena

1. As trocas gasosas dos tetrápodes são realizadas principalmente por pulmões. Esse órgão evoluiu de uma estrutura observada nos peixes, chamada de:

- a) Brânquias.
- b) Bexiga natatória.
- c) Sistema digestivo.
- d) Gônadas.
- d) Nadadeiras lobadas.

2. Os anfíbios atuais são vertebrados terrestres que ainda dependem do ambiente aquático para a sua sobrevivência. Eles apresentam uma fase larval aquática que sofre uma metamorfose, originando um adulto com características distintas. Em qual outro grupo de organismos podemos observar um fenômeno semelhante?

- a) Chelicerata.
- b) Crustacea.
- c) Cephalopoda.
- d) Hexapoda.
- e) Nematoda.

3. As salamandras são anfíbios da ordem Urodela. Estes organismos apresentam uma condição que mantém características consideradas juvenis nas fases adultas. Qual é o nome desta condição?

- a) Metamorfose.
- b) Metameria.
- c) Pedomorfose.
- d) Deuterostomia.
- e) Protostomia.

Seção 4.3

Filo Chordata: subfilo Craniata: classe aves

Diálogo aberto

Vamos voltar ao grupo de amigos visitando as diferentes exposições do zoológico da cidade. Neste momento, eles estão finalizando a visita à área dos répteis e estão se dirigindo ao chamado “Parque das Aves”, exposição destinada às aves. Ainda no caminho, os amigos podem ter a experiência da grande diversidade de aves presentes nesse ambiente. Os mais diversos sons e cantos que preenchem todo o campo auditivo dos presentes. Ao chegarem ao Parque das Aves, todos ficam impressionados com a quantidade de cores, formatos de corpo e tamanhos. Os amigos percebem que as aves podem ser divididas em dois grandes grupos: aquelas que são capazes de voar e as que não são. Em seguida, eles fixam sua atenção nos avestruzes presentes na exibição e fazem um comparativo (bem grosseiro, por sinal) com uma galinha. Logo, a conversa fluiu para o lado gastronômico e eles começaram a discutir sobre qual parte do frango era mais gostosa: o peito ou a coxa? Um dos amigos percebeu que o avestruz (ave ratita que não é capaz de voar) possui uma musculatura muito bem desenvolvida nas coxas. Já nas aves voadoras, a região do peito é a mais desenvolvida. Além disso, outro amigo comentou que existe uma relação entre a atividade muscular e a sua coloração. Deste modo, estabeleceu-se a discussão: qual a relação entre a distribuição dos músculos das aves, sua coloração e a capacidade de voo?

Nesta seção, vamos estudar o mais diverso grupo de vertebrados terrestres e os únicos verdadeiros descendentes modernos dos dinossauros: as aves. Vamos conhecer suas principais características e como estes animais estão adaptados para conquistar o ambiente aéreo.

Bons estudos!

Não pode faltar

As aves: os vertebrados voadores

As aves são o maior grupo de vertebrados terrestres e são considerados por muitos os mais graciosos. Com cerca de 9.700 espécies descritas, elas superam com uma grande margem qualquer outro grupo de vertebrados, ficando atrás apenas dos peixes. As aves são encontradas nos mais diferentes habitats, como florestas, desertos montanhas, pradarias e todos os oceanos, além de serem observadas visitando os pólos. Algumas espécies estão adaptadas para viver na escuridão de cavernas, movimentando-se por ecolocalização, outras são capazes de mergulhar a profundidades superiores a 45 m para caçar organismos aquáticos.

Nos dias atuais, a característica que define uma ave é a presença de penas. Caso tenha penas, é uma ave. Caso não tenha, não é uma ave.

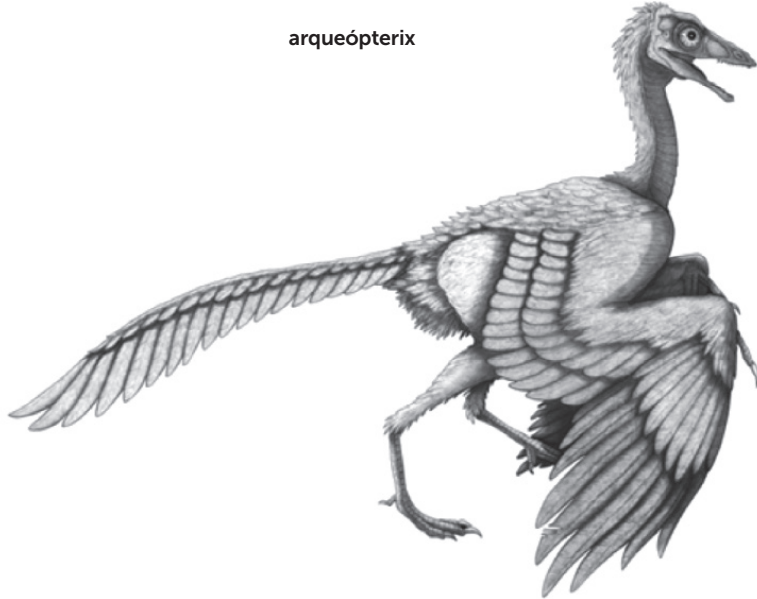
As aves apresentam um certo padrão corporal uniforme, apesar da grande variedade de modos de vida aos quais as diferentes espécies estão adaptadas. Além das penas, todas as aves apresentam seus membros anteriores modificados em asas (mesmo que não sejam utilizadas para o voo), membros posteriores adaptados para andar, nadar ou se empoleirar, e bicos córneos e sem dentes além disso, põem ovos.

Estes animais conquistaram a arte do voo e, para vertebrados deste porte, trata-se de um desafio evolutivo muito grande. Assim, as aves apresentam uma série de modificações anatômicas, fisiológicas e comportamentais que permitem este tipo de movimentação.

As aves evoluíram a partir de um ancestral do grupo dos répteis. O primeiro registro fóssil de um ancestral das aves foi da espécie *Archaeopteryx lithographica*, que apresentava um crânio semelhante ao das aves modernas, um bico com dentes semelhantes ao de dinossauros, esqueleto com características reptilianas, cauda óssea longa, dedos com garras e costelas abdominais, além de penas recobrimdo o corpo. As aves atuais são divididas em dois grupos: Paleognathae ou aves ratitas (aves grandes e não voadoras, como avestruzes e kiwis) e Neognathae, que incluem as demais aves, quase todas voadoras.

Figura 4.3 | Ilustração representando um *Archaeopteryx lithographica*

arqueópteryx



Fonte: <<https://goo.gl/9hKCvj>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

Adaptações para o voo

As adaptações das aves para o voo envolvem modificações que contribuem para a diminuição de peso ou aumento de potência. Ambas as características favorecem a permanência desses animais no ar.

- **Penas:** são estruturas extremamente leves, mas com grande resistência mecânica e elasticidade. As penas podem ser de diferentes tipos e exercem funções distintas. As penas de contorno dão a forma externa e aerodinâmica da ave. Aquelas que se projetam além do corpo e são utilizadas no voo são chamadas de penas de voo. As filoplumas têm um aspecto de pelos, cuja função ainda não é conhecida. As plumas são penas macias que se escondem sob as penas de contorno, especialmente no peito e abdome de aves aquáticas, e que ajudam a ave a manter o calor. Por fim, existem as penas de pó, cujas extremidades desintegram-se e formam uma espécie de talco que torna as demais penas à prova d'água. As penas são substituídas ao longo da vida em um processo ordenado denominado muda.



Assimile

As penas são estruturas ou anexos dérmicos ricos em queratina característicos das aves. Elas evoluíram a partir das escamas dérmicas dos répteis ancestrais.

- **Esqueleto:** o esqueleto das aves modernas é leve e robusto, sendo compostos por ossos pouco densos, quase ocos, mas resistentes, chamados de ossos pneumáticos. No entanto, o esqueleto de uma ave não é mais leve do que o de um mamífero. A diferença está na distribuição da massa, que desloca o centro de gravidade para a região das pernas (onde as aves são mais pesadas do que os mamíferos), o que resulta em uma maior estabilidade aerodinâmica. A coluna vertebral é caracterizada como rígida, apresentando a fusão de diversos grupos de vértebras (com exceção das cervicais), o que dá sustentação ao voo. Além disso, o osso esterno (localizado na região peitoral) apresenta uma projeção na forma de quilha que permite a fixação dos grandes e potentes músculos do voo. Os ossos dos membros anteriores (de mesma origem evolutiva aos demais tetrápodes) apresentam-se extremamente modificados, com reduções em número e fusões.

- **Sistema muscular:** os maiores músculos das aves são os peitorais, que estão associados ao movimento de abaixar as asas. A elevação das asas é realizada pelo músculo supracoracóideo, que se localiza abaixo do peitoral. Ambos os grupos musculares ancoram-se na quilha do esterno. Já na perna, a principal massa muscular é observada na coxa. Este arranjo coloca a principal massa muscular próxima ao centro de gravidade.



Refleta

As aves possuem duas regiões no corpo onde se encontram um acúmulo de músculos: o peito e as coxas. Pensando especificamente nos frangos que consumimos, essas regiões correspondem a partes muito consumidas nas refeições das pessoas. No entanto, a carne do peito tende a ser mais escura do que a da coxa. A diferença nas cores é ainda maior em aves que voam. Considere a função de cada um destes grupos de músculos e estabeleça uma relação com a diferença entre as cores.

- **Alimentação e digestão:** as aves são capazes de se alimentar de uma grande diversidade de alimentos. Há praticamente uma espécie de ave para caçar cada tipo de inseto, além de espécies que se alimentam de outros animais (vermes, moluscos, crustáceos, peixes, sapos, répteis, mamíferos, bem como outras aves). Cerca de 20% alimentam-se de néctar das plantas. Algumas espécies são onívoras (alimentam-se do que for sazonalmente abundante), outras são especialistas. A morfologia do bico das aves tem estreita correlação com seu tipo de alimentação, como ferramentas específicas para um determinado trabalho. As aves são comedores vorazes, apresentando uma taxa metabólica muito intensa. De modo geral, as aves menores possuem um metabolismo mais acelerado do

que as maiores. Os alimentos são processados rapidamente por conta de um sistema digestivo muito eficiente. Devido à ausência de dentes, os alimentos são processados mecanicamente em uma dilatação presente ao final do esôfago, denominada papo, que também pode atuar como órgão de estocagem.

- **Sistema circulatório:** a organização geral da circulação das aves assemelha-se bastante à dos mamíferos, com um grande coração de quatro câmaras e duas circulações sistêmicas independentes. O ritmo cardíaco das aves é extremamente acelerado e tende a ser mais intenso nas espécies menores (por conta da alta taxa metabólica).

- **Sistema respiratório:** o sistema respiratório das aves está adaptado para satisfazer as altas demandas metabólicas do voo, diferindo radicalmente dos demais tetrápodes. Eles possuem estruturas extensíveis chamadas de sacos aéreos, que atuam como reservatórios de ar e impedem a mistura do ar rico em oxigênio recém inalado com o exalado, com baixa concentração de oxigênio. Este sistema permite que o ar que circula nos pulmões esteja sempre com sua máxima concentração de oxigênio, aumentando a eficiência das trocas gasosas. Além disso, os sacos aéreos permitem resfriar a ave em períodos longos de atividade.

- **Sistema excretor:** assim como os répteis, as aves eliminam seus compostos nitrogenados na forma de ácido úrico, que possui baixa solubilidade e pode ser excretado com pouca quantidade de água. As aves não possuem bexiga urinária e suas excretas são concentradas quase inteiramente na cloaca (canal comum ao sistema excretor, digestivo e reprodutor), onde o excesso de água é reabsorvido.



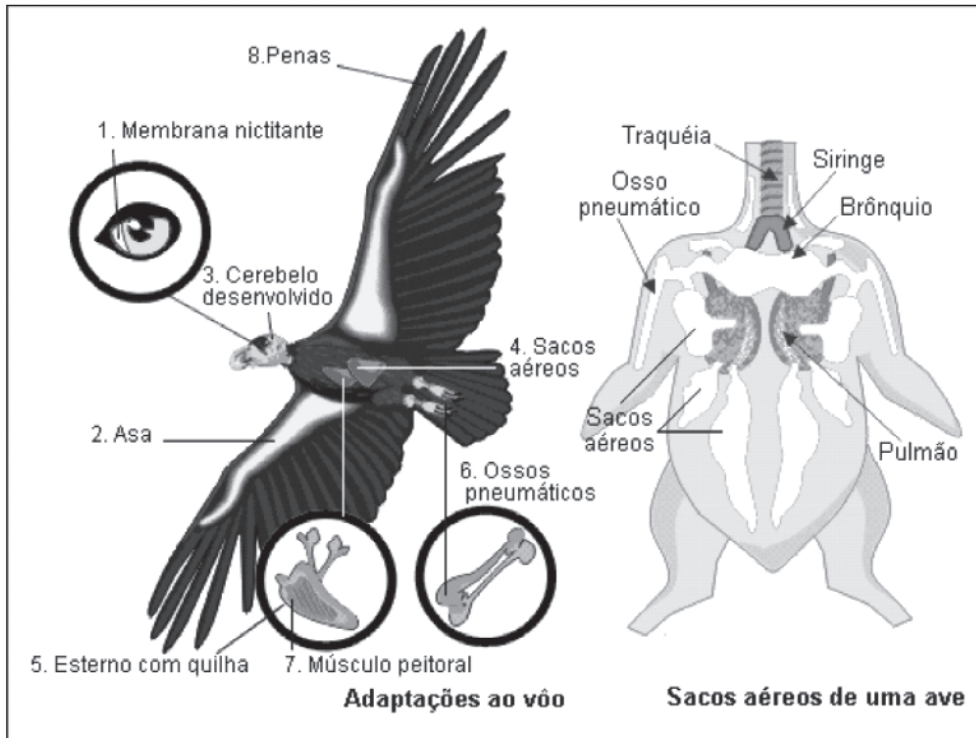
Exemplificando

Com estas adaptações no sistema excretor, as aves acumulam menos água para excreção em seu corpo, aspecto evidenciado pela ausência de uma bexiga urinária e pela excreção de ácido úrico.

- **Sistema nervoso e sensorial:** o encéfalo das aves está extremamente adaptado ao voo, captura de alimentos, reprodução e defesa. O cerebelo, região do cérebro que coordena a posição muscular, equilíbrio e informação visual (essenciais para o voo), é muito maior em aves do que nos demais répteis. Elas também apresentam os sentidos de audição e visão muito desenvolvidos. O ouvido das aves apresenta a complexidade observada também nos mamíferos, com três regiões distintas: orelha externa (canal que leva ao tímpano), orelha média (que capta as vibrações do tímpano e as transmite para a próxima região) e a orelha interna (que contém a cóclea, órgão da audição). Os olhos das aves

têm estrutura geral semelhante à dos demais tetrápodes, mas são relativamente maiores. No entanto, seus olhos são fixos, de modo que as aves precisam mover a cabeça toda para varrer o campo visual. A posição relativa dos olhos na cabeça das aves está correlacionada com seus hábitos de vida. As espécies herbívoras apresentam olhos localizados lateralmente, garantindo visão ampla do mundo. As predadoras têm os olhos voltados para a frente, permitindo uma melhor percepção de profundidade.

Figura 4.4 | Adaptações das aves ao voo



Fonte: <<https://goo.gl/UjWS5j>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

Migração e navegação

Boa parte das aves voadoras de regiões temperadas são migratórias. Muitos destes animais apresentam toras bem estabelecidas, com tendência norte e sul. Grande parte das 4.000 espécies migratórias viaja ao sul fugindo do inverno e retorna ao norte no verão para a reprodução. Algumas espécies utilizam diferentes rotas no outono ou primavera. O tempo de migração também pode variar, podendo ser relativamente curto ou longo.

Há séculos os seres humanos sabem que o início do ciclo reprodutivo das aves está relacionado com as estações do ano. O prolongamento dos dias do final do inverno e início da primavera estimula o desenvolvimento de gônadas e o acúmulo de gordura, adaptações importantes para a migração.

Estudos sugerem que a maioria das aves navega de forma orientada, principalmente, pela visão. Além da percepção espacial, as aves possuem uma precisa percepção do tempo. Outros estudos apoiam uma antiga hipótese de que certas aves são capazes de detectar os campos magnéticos terrestres e se guiam por ele em suas viagens. As habilidades de navegação destes animais dependem primariamente dos seus instintos, mas elas também são influenciadas pelo aprendizado ao longo da vida.

Aves e conservação

As populações de aves variam de tamanho anualmente, assim como as de outros grupos de animais. Alterações ambientais, como mudanças sazonais e disponibilidade de recursos, são as responsáveis naturais pelas flutuações populacionais de aves. Além disso, os seres humanos têm grande influência nos padrões de distribuição das aves. Algumas espécies introduzidas deliberadamente ao longo da história, como os pardais, tornaram-se muito abundantes, sendo superadas apenas pela galinha doméstica.

Os seres humanos também são responsáveis pela extinção de espécies de aves. Desde 1681, após o desaparecimento do último dodô, foram registradas a extinção de mais de 140 espécies. A maioria dessas espécies foi vítima de mudanças em seus habitats ou competição com espécies introduzidas, além de hábitos humanos como a caça esportiva.

Um dos fatores humanos que contribui para o declínio de populações de aves é a intensificação da agricultura, que impede a montagem de ninhos no solo pelas espécies que utilizavam campos não cultivados para esta finalidade. O constante aumento do desmatamento e a conseqüente fragmentação de florestas aumentam a exposição de ninhos a seus predadores. A perda de áreas de florestas afeta não somente o habitat nativo de espécies de aves, mas também os habitats temporários das espécies migratórias.

As aves e sua interação com os seres humanos

As aves têm sido um grande recurso aos seres humanos por vários séculos, com importância cultural, religiosa, biológica e econômica. A domesticação de galinhas, codornas, gansos, perus, faisões, entre outros permitiu que os seres humanos tivessem uma fonte de alimento (tanto pela carne desses animais quanto

pelos seus nutritivos ovos) estável. A galinha doméstica é amplamente cultivada ao redor do mundo e é uma das fontes alimentares mais acessíveis à população, sendo utilizada por pessoas das mais diferentes faixas socioeconômicas. Ainda podem ser observadas criações destinadas apenas para a subsistência, mas a maior parte do consumo dos produtos de galinha é oriunda da indústria. Os subprodutos da criação desses animais também são utilizados na sociedade humana. Suas penas são utilizadas como ornamento e proteção contra o frio e seus excrementos são utilizados como adubo para culturas vegetais.



Pesquise mais

A produção de aves para consumo humano tem crescido bastante em nosso país. No entanto, mudanças de hábitos alimentares de uma parcela da população levou a um aumento na procura por alimentos com uma origem mais natural ou orgânica. Saiba mais no link disponível em: <http://www.ceplac.gov.br/radar/semfaz/aves.htm>. Acesso em: 28 ago. 2016.

Além disso, as aves também são utilizadas para o controle biológico de diversas espécies daninhas aos seres humanos. Algumas aves alimentam-se de moluscos, que incluem invertebrados pragas de jardins e os hospedeiros intermediários do protozoário transmissor da esquistossomose. Outras espécies também atuam no controle de animais peçonhentos, tais como aracnídeos, escorpiões, miriápodes e cobras.

Sem medo de errar

Agora que aprendemos bastante sobre as aves, somos capazes de responder à pergunta que surgiu na discussão dos amigos que estão passeando no zoológico da cidade.

“Qual a relação entre a distribuição dos músculos das aves, sua coloração e a capacidade de voo?”

O corpo das aves apresenta duas principais regiões onde sua musculatura se acumula: o peito e as coxas. O peito abriga os músculos responsáveis por abaixar as asas, que permite que as aves voem. Logo abaixo da musculatura peitoral, pode ser observado o músculo supracoracóideo, que tem a função de levantar as asas. Deste modo, o peito das aves contém os principais músculos efetutores do voo e, portanto, são muito potentes e desenvolvidos. Os músculos das pernas das aves acumulam-se nas coxas e são responsáveis pelo deslocamento em terra das aves. Em geral, esses músculos realizam trabalho de baixa potência e por período prolongado de tempo.

Os músculos que são mais utilizados ou que realizam maior trabalho tendem a ser mais escuros. Deste modo, para as aves que voam, a musculatura peitoral apresenta uma coloração mais escura do que a apresentada pelos músculos da coxa. Já as aves que não voam apresentam uma musculatura peitoral mais clara, enquanto os músculos da coxa apresentam-se mais escuros.



Atenção

Considere as adaptações anatômicas e fisiológicas para o voo apresentado pelas aves, principalmente do sistema muscular e esquelético. Note como ocorre a distribuição destes músculos e as funções exercidas por eles.

Avançando na prática

As grandes aves não voadoras

Descrição da situação-problema

Ainda na seção da exposição de aves, o grupo de amigos teve contato com os aparentemente desajeitados avestruzes e seus aparentados emus. Todos eles ficam chocados com o tamanho dessas aves terrestres, que destoam das voadoras observadas até o momento. O choque aumenta ainda mais quando eles chegam a uma parte da exposição que mostra algumas espécies de aves extintas, como as moas da Nova Zelândia (que pesavam mais de 225 Kg) e a ave-elefante de Madagascar (com cerca de 450 Kg e 3 m de altura), maior ave que já habitou nosso planeta. Depois de observar esses gigantes não voadores, o grupo começou uma discussão sobre por que as aves que não voam tendem a ser maiores do que as voadoras.



Lembre-se

Lembre-se das adaptações para o voo das aves e quais são os desafios que estas mudanças corporais e fisiológicas buscam vencer para que as aves sejam capazes de voar.

Resolução da situação-problema

O corpo das aves está adaptado para o voo, apresentando uma série de modificações que buscam um equilíbrio entre leveza e potência. O corpo das aves não voadoras foi drasticamente redesenhado para remover as restrições ao voo. A quilha do esterno e os pesados músculos peitorais que correspondem a cerca de 17% do peso corporal das aves voadoras, foram perdidos. Pelo fato do peso corporal deixar de ser uma restrição, as aves voadoras tendem a se tornar grandes ao longo da evolução.



Faça você mesmo

Agora que você aprendeu diversas características que fazem as aves estarem aptas ao voo, liste aqui quais seriam as características anatômicas com relação à estrutura de ossos, músculos e asas deste animal.

Faça valer a pena

1. A descoberta do *Archaeopteryx* demonstra que as aves compartilham um ancestral comum com os répteis. Qual das características deste fóssil correspondem, respectivamente, a uma de répteis e outra de aves?

- a) Esqueleto e bico com dentes.
- b) Cauda óssea longa e penas.
- c) Crânio e penas.
- d) Bico com dentes e cauda óssea longa.
- e) Crânio e bico com dentes.

2. As aves apresentam um padrão corporal bastante constante entre as diferentes espécies. No entanto, podemos dividi-las em dois grandes grupos:, as aves que voam, e, aquelas que não voam. Qual alternativa preenche corretamente as lacunas?

- a) Neognathae e Paleognathae.
- b) Paleognathae e Neognathae.
- c) Archaeopteryx e Aves.
- d) Actinopterygii e Sarcopterygii.
- e) Aves e Reptilia.

3. As penas são estruturas dérmicas que recobrem o corpo das aves. Elas podem ser de cinco tipos:

- Penas de contorno.
- Penas de voo.
- Filoplumas.
- Plumas.
- Penas de pó.

Quais desses tipos de penas têm papel no voo das aves?

- a) Penas de voo e plumas.
- b) Penas de contorno e plumas.
- c) Penas de contorno e de voo.
- d) Penas de voo e filoplumas.
- e) Penas de contorno e filoplumas

Seção 4.4

Filo Chordata: subfilo Craniata: classe Mammalia

Diálogo aberto

Estamos acompanhando o passeio de um grupo de amigos pelas diferentes alas da exposição do zoológico da cidade. Até o momento, eles já passaram pelas seções de peixes, anfíbios, répteis e aves. O passeio está chegando ao fim e eles se dirigem ao último setor que ainda não foi visitado: o dos mamíferos. Trata-se da exposição mais rica em informações, que mostra uma grande variedade de animais e também os relaciona com as atividades humanas. A maioria das pessoas impressiona-se bastante com os grandes carnívoros caçadores, com os dentes caninos bem desenvolvidos. Um dos amigos fica impressionado com os dentes de um tigre exposto no zoológico. Outro amigo traz à conversa um assunto que escutou há algum tempo, que nós, seres humanos, evoluímos para termos medo deste tipo de dentes, pois nossos ancestrais costumavam ser predados por mamíferos caçadores com grandes caninos. Por este motivo, temos um misto de medo e fascínio pelos grandes felinos (tigres, leões, leopardos etc.), mas não compartilhamos deste sentimento quando observamos uma vaca, por exemplo. Outro amigo, que gostou da discussão, questionou: por que as vacas não possuem dentes caninos desenvolvidos? E como seria a dentição das vacas? E a nossa dentição? Seria mais semelhante à dos grandes caçadores ou das vacas?

Nesta última seção do livro didático, vamos conhecer um dos mais importantes grupos de animais em nosso planeta: a classe Mammalia, os mamíferos. Trata-se do grupo que inclui os seres humanos e uma grande variedade de animais domesticados e que interagem com o homem em uma grande diversidade de modos. Vamos conhecer quais são as principais características dos mamíferos e o que os tornam tão bem-sucedidos na natureza. Também vamos saber um pouco sobre como ocorreu a evolução humana, conhecendo os principais ancestrais do homem moderno. Por fim, vamos discutir sobre as importantes interações entre os diferentes mamíferos e os seres humanos, incluindo o processo de domesticação.

Bons estudos!

Não pode faltar

Os mamíferos

Com um sistema nervoso muito desenvolvido e muitas adaptações, os mamíferos ocupam praticamente todos os ambientes habitáveis da Terra. Apesar de relativamente pouco diversificado (apenas 5.700 espécies descritas), a classe Mammalia mostra-se como um dos mais diferenciados grupos de animais, apresentando grande diversidade em tamanho, formas e funções.

Os mamíferos têm sofrido grande influência dos seres humanos mais do que qualquer outro grupo de animais. Eles foram domesticados para nos fornecer alimento, vestimenta, servem como animais de carga e também como animais de estimação, além de serem amplamente utilizados nas pesquisas biomédicas. Historicamente, os mamíferos silvestres são explorados de modo não sustentável, causando impactos catastróficos às reservas naturais desses animais. O constante crescimento da população humana, aliado à destruição de habitats, tem ameaçado profundamente as faunas de mamíferos. Assim, o bem-estar dos seres humanos está estreitamente relacionado ao dos outros mamíferos. Portanto, é do nosso interesse a preservação do ambiente natural do qual todos esses animais fazem parte.

História evolutiva dos mamíferos

A linhagem evolutiva dos mamíferos é uma das mais bem documentadas pelo registro fóssil. Elas são fundamentadas em estruturas cranianas e dentes, a partir das quais se pode identificar a ascendência evolutiva dos mamíferos.

Pela análise da estrutura do teto craniano, pode-se identificar três grupos principais de amniotas que divergiram durante o período Carbonífero da Era Paleozoica: sinápsidos, anápsidos e diápsidos. Os sinápsidos (que incluem os mamíferos) apresentam um par de aberturas temporais no crânio, associadas à fixação dos músculos da maxila. Além disso, eles foram o primeiro grupo a se diversificar amplamente no ambiente terrestre. Os anápsidos (incluem formas extintas de répteis) não possuem aberturas temporais. Os diápsidos (correspondem aos répteis e aves) apresentam dois pares de aberturas temporais.

Os primeiros mamíferos evoluíram de um pequeno grupo de sinápsidos e apresentavam uma série de adaptações notáveis, tais como:

- Alta taxa metabólica.
- Aumento e especialização dos músculos da maxila, que permitem uma mordida mais forte.

- Dentes heterodontes (diferentes grupos de dentes adaptados para uma função específica): possibilitam melhor processamento e eficiência no uso do alimento.

- Ossos turbinados na cavidade nasal, que auxiliam na retenção do calor corporal.

- Palato secundário, que permite que o animal respire enquanto segura uma presa na boca ou mastigue seu alimento.

- Dentição difiodonte: uma única troca de dentição ao longo da vida (ao contrário do ancestral polifiodonte, com trocas contínuas ao longo da vida).

- Presença de pelos: isolamento térmico.

- Diferentes glândulas espalhadas pela pele.

Os mamíferos atuais são divididos em dois grandes clados: Monotremata (ornitorrincos e equidna) e Theria. Os Theria incluem os Metatheria (marsupiais) e Eutheria (placentários).

Adaptações dos mamíferos

- **Tegumento e derivados:** a pele e adaptações observadas nos mamíferos os distinguem como grupo. Ela tende a ser mais espessa nos mamíferos do que nos outros vertebrados e a sua estrutura é moldada pelo modo de vida do animal.

Os pelos são característicos dos mamíferos e crescem a partir de um folículo piloso que está inserido na camada mais interna da pele, a derme. O pelo é formado por células que se proliferam rapidamente e são preenchidas por uma proteína fibrosa extremamente resistente, a queratina (que também forma unhas, garras, cascos e penas). A pelagem de um animal é composta por dois tipos de pelos: os lanosos ou viliformes, que proporcionam isolamento térmico; e os de cobertura, responsáveis por proteção física e dão a coloração.

Podem ser observadas algumas modificações dos pelos para funções específicas, como as vibrissas ou "bigodes" nos focinhos dos mamíferos. Estas estruturas atuam como pelos sensoriais e proporcionam sentido tátil a muitos mamíferos, tendendo a ser mais longas em espécies de hábitos noturnos e fossórios. Porcos-espinhos, ouriços e equidnas possuem armaduras espinhosas perigosas e efetivas, que atuam como proteção contra predadores. Estes espinhos prendem-se frouxamente à pele destes animais e penetram fundo nos tecidos dos predadores, causando lesões graves.

Os cornos e chifres são estruturas semelhantes observadas em mamíferos. Os cornos verdadeiros, observados em bovinos (carneiros e vacas), são formados por projeções ósseas do crânio revestidas pela epiderme (camada externa da pele) queratinizada. Estas estruturas não são ramificadas, crescem continuamente, não são trocadas e ocorrem em ambos os sexos. Os chifres são estruturas de osso maciço, quando maduros crescem na primavera sob uma cobertura de pele altamente vascularizada chamada de veludo. Ao final da estação reprodutiva, os chifres caem e um novo broto reaparece após alguns meses. Os chifres podem ser ramificados e apenas os machos os possuem. A presença ou ausência de chifres em caprinos (cabras e bodes) tem grande importância econômica, pois pode estar relacionada a uma condição chamada de falso hermafroditismo. Isso afeta a fertilidade destes animais, podendo originar indivíduos estéreis, afetando, conseqüentemente, a produção associada a eles.

Dentre todos os vertebrados, os mamíferos são os que apresentam a maior variedade de glândulas do tegumento. Elas são derivadas da epiderme e podem ser classificadas em quatro categorias: sudorípara, odorífera, sebácea e mamária.

As glândulas sudoríparas são exclusivas de mamíferos, sendo tubulares, espiraladas e distribuídas por grande parte da superfície corporal. Algumas delas (glândulas écrinas) estão relacionadas à secreção de um fluido aquoso que evapora e leva calor, refrescando o animal. Outras (glândulas apócrinas) desenvolvem-se na puberdade e concentram-se em algumas regiões do corpo. No caso dos humanos, elas são observadas nas axilas, seios, prepúcio, escroto e canais auditivos externos. Elas secretam um fluido leitoso que seca e deixa um filme sobre a pele, que parece regular comportamentos e eventos reprodutivos.

As glândulas odoríferas ocorrem em praticamente todos os mamíferos, mas sua função e distribuição variam bastante entre as espécies. Sua função está relacionada à comunicação, como a demarcação de territórios, para aviso ou defesa. Durante a estação de acasalamento, muitos mamíferos liberam secreções de odor forte para atrair o sexo oposto. Já os seres humanos tendem a não gostar dos cheiros de suas próprias glândulas e utiliza mecanismos para mascarar seus odores.

As glândulas sebáceas podem ser observadas de forma independente, mas a maioria encontra-se associada aos folículos pilosos. Elas produzem uma mistura gordurosa, o sebo, que reveste a pele e os pelos, mantendo-os brilhantes e flexíveis. A maioria dos mamíferos apresenta as glândulas sebáceas por todo o corpo, mas elas estão concentradas no couro cabeludo e na face nos seres humanos.

As glândulas mamárias são características dos mamíferos e são observadas principalmente nas fêmeas. Elas são responsáveis pela produção do leite e

aumentam de tamanho durante a maturação sexual, tornam-se consideravelmente maiores durante a gestação e no subsequente aleitamento dos filhotes. Nos seres humanos, ocorre um acúmulo de tecido adiposo ao redor destas glândulas na puberdade, formando o seio. Os seres humanos são os únicos animais que utilizam o leite produzido por outras espécies de mamíferos para alimentar sua própria prole e também os indivíduos adultos. O leite produzido por vacas, cabras e outros mamíferos é uma fonte alimentar bastante comum e acessível a diferentes faixas econômico-sociais, podendo ser utilizada de modo integral ou como um de seus possíveis derivados, como queijos e iogurtes. Atualmente, este recurso pode ser obtido de modo bastante eficiente e com pouco ônus aos animais. Nos últimos anos, tem havido uma crescente preocupação com o bem-estar dos animais durante todo o processo para a obtenção do leite.

- **Alimentação e alimento:** os hábitos alimentares de um mamífero e sua estrutura física estão estreitamente relacionados. As adaptações associadas ao ataque e à defesa, bem como à captura, mastigação, deglutição e digestão do alimento determinam, no seu conjunto, a anatomia e os hábitos desses animais. Com exceção de alguns grupos de mamíferos, a morfologia dos dentes está intimamente ligada ao que o animal come. Como discutido anteriormente, a dentição dos mamíferos é heterodonte, ou seja, grupos de dentes apresentam modificações para determinadas funções específicas. Os dentes dos mamíferos podem ser de quatro tipos: incisivos, utilizados para pequenos cortes e mordidas; caninos, especializados para perfurar e segurar a presa; pré-molares e molares, com função de corte, esmagamento e trituração. Ao contrário dos demais vertebrados, os mamíferos apresentam apenas dois conjuntos de dentes: um temporário (dentição decídua) e outro permanente.



Assimile

A dentição heterodonte, na qual a arcada dentária do animal é composta por grupos de dentes com funções específicas (como nos seres humanos), é uma característica derivada. Os ancestrais amniotas apresentavam dentição homodonte, com dentes todos semelhantes (como podemos observar em jacarés e crocodilos).

O conjunto de dentes, maxilas, língua e trato digestivo de um animal constitui o seu aparelho alimentar e ele é adaptado aos seus hábitos alimentares específicos. Os mamíferos podem ser divididos em quatro categorias tróficas básicas: insetívoros (alimentam-se de insetos), herbívoros (alimentam-se de gramíneas e outros vegetais) carnívoros (alimentam-se de herbívoros) e onívoros (alimentam-se de plantas e animais). No entanto, podem ser observadas especializações e

derivações dessas quatro categorias. Para cada hábito alimentar, os mamíferos apresentam adaptações em cada nível do seu aparelho alimentar.

Evolução humana

Os seres humanos são primatas, um grupo de mamíferos que também incluem macacos, símios (chimpanzés e gorilas, por exemplo) e lêmures. Todos os primatas possuem como características os dedos preênseis em todos os quatro membros, unhas planas no lugar de garras e olhos voltados para frente, que permite visão binocular e uma ótima percepção de profundidade.

Os primatas são tradicionalmente divididos em dois grupos: os prossímios, grupo parafilético que incluem os lêmures e lóris; e os símios, que agrupam os macacos e os grandes macacos sem cauda. As mãos e pés preênseis (capazes de segurar firmemente objetos) permitem aos primatas agarrar-se a ramos, pendurar-se nos galhos, pegar e manipular alimentos e também utilizar ferramentas. Os sentidos bem desenvolvidos aliados a uma grande capacidade cefálica de processamento destas informações sensoriais tornam os primatas muito bem-sucedidos.

Os símios são divididos em três grandes clados: os macacos do Novo Mundo (os bugios, macacos-aranha, micos e saguis das Américas do Sul e Central), os macacos do Velho Mundo (babuínos e mandril) e os grandes macacos (chimpanzés, gorilas, bonobos, orangotangos e humanos). Os grandes macacos diferenciam-se dos demais símios por apresentarem o cérebro maior, escápula posicionada mais dorsalmente e perda da cauda. Estes animais são integrantes da família Hominidae e, portanto, são chamados de homínídeos.

A linhagem dos humanos que divergiram dos demais homínídeos apresentava diferenças associadas à postura e à dieta. Suas adaptações indicam um hábito de alimentação onívoro, com maxilas menores e menos robustas, e a capacidade de se locomover apenas sobre as duas pernas traseiras (bipedalismo), podendo manter a postura ereta. O bipedalismo permitiu que esses ancestrais humanos tivessem melhor percepção do seu entorno e liberou os membros anteriores para usar ferramentas, defender-se, carregar os filhotes e coletar os alimentos.



Refleta

Nos dias atuais, boa parte dos seres humanos encontra problemas com os quartos molares na arcada dentária, os dentes do siso. Estes dentes tendem a surgir tardiamente no desenvolvimento do indivíduo e comumente deslocam os demais dentes da arcada dentária ao emergirem. Considere

a evolução dos humanos a partir dos hominídeos, à qual adaptação está associada estes problemas encontrados nos humanos modernos com relação aos dentes do siso?

Os primeiros humanos surgiram na África há cerca de 6,5 milhões de anos, originando diversos gêneros de australopitecinos. O *Homo habilis* originou-se a partir destes organismos, sendo a primeira espécie a utilizar ferramentas de pedra. Há 1,8 milhões de anos surgiu o *H. ergaster* e o *H. erectus*, dispersando-se pela África. Os humanos modernos divergiram de *H. ergaster* formando duas novas espécies: *H. antecessor* e *H. heidelbergensis*. Esta última foi substituída por *H. neanderthalensis*, que se dispersou pela Europa e tornou-se extinta, e *H. sapiens*, que se espalhou pela África e corresponde à espécie humana atual.

Mamíferos e os humanos

Com o desenvolvimento dos métodos agrícolas, há cerca de 10 mil anos, também teve início o processo de domesticação dos mamíferos pelos seres humanos. Os primeiros a serem domesticados foram, provavelmente, os cães, que se submeteram voluntariamente à dependência dos seres humanos pela facilidade em obterem alimento deixados por eles. Em seguida, ocorreu a domesticação do gato, a partir de uma raça africana de gatos silvestres. Animais como gado, búfalos, ovelhas e porcos foram domesticados, muito provavelmente, em um evento posterior aos descritos até o momento. Os animais de carga, como cavalos, camelos, bois e lhamas foram domesticados por antigos povos nômades. Todos os animais domésticos devem ser capazes de se reproduzir em cativeiro e muitos deles foram moldados de acordo com os propósitos humanos por meio de seleção artificial.



Pesquise mais

O processo de domesticação de animais e plantas foi de extrema importância para o desenvolvimento da espécie humana, permitindo o desenvolvimento da agricultura e pecuária. Saiba mais nos textos disponíveis em: <<http://casa.hsw.uol.com.br/domesticacaode-animais.htm>> e <http://vozesdoverbo.blogspot.com.br/2013/05/agropecuaria-no-brasil-e-no-mundo.html>>. Acesso em: 4 set. 2016.

Ainda vale salientar que diversos mamíferos podem ser danosos aos seres humanos, competindo por alimentos ou transmitindo doenças. Roedores e coelhos podem causar danos enormes a plantações e alimentos armazenados. Outros animais, como as ratazanas e os cães-da-pradaria, são portadores de tifo e peste bubônica. Parasitas, como carrapatos, podem transmitir doenças como a tularemia para os seres humanos a partir de coelhos, marmotas, ratos almiscarados e outros roedores contaminados. Importantes verminoses podem ser transmitidas ao homem pela ingestão de carne infectada de boi, porco ou outros mamíferos.



Exemplificando

Um dos casos mais conhecidos de verminose transmitida por meio de carne infectada é a teníase. Esta doença é causada por um verme achatado do gênero *Taenia*, que utiliza porcos como hospedeiro intermediário. Ao ingerir carne de porco infectada crua ou malpassada, os seres humanos são infectados com o verme, que se acomoda no intestino delgado.

Sem medo de errar

Agora que sabemos mais sobre o diversificado grupo dos mamíferos, podemos responder às perguntas feitas pelo grupo de amigos que visita o zoológico da cidade.

Por que as vacas não possuem dentes caninos desenvolvidos? E como seria a dentição das vacas? E a nossa dentição? Seria mais semelhante à dos grandes caçadores ou das vacas?

Antes de responder à pergunta, vamos relembrar como é a dentição dos mamíferos. Estes animais possuem dentes chamados “heterodontes”, ou seja, eles são especializados para uma determinada função. Os incisivos têm a função de cortar e morder; os caninos estão relacionados à perfuração e a segurar a presa; os pré-molares e molares cortam, trituram e esmagam o alimento.

Agora, podemos responder a essas perguntas.

As vacas não possuem dentes caninos desenvolvidos porque elas são animais herbívoros, ou seja, elas não são caçadoras e não utilizariam dentes associados à perfuração e captura de presas. Dentes caninos desenvolvidos são característicos de mamíferos carnívoros caçadores. As vacas possuem incisivos bem desenvolvidos para morder e cortar a grama. Elas também possuem pré-molares e molares desenvolvidos ao fundo da arcada dentária, para o esmagamento e trituração da matéria vegetal, que é mais rígida do que a animal.

Os seres humanos possuem uma dentição intermediária à da vaca e dos predadores, pois nossa dieta é onívora, ou seja, possuímos uma alimentação bastante generalista, alimentamo-nos de materiais de fonte animal e vegetal. Assim, não possuímos nenhum grupo de dentes mais desenvolvido do que o outro.



Atenção

Para resolver esta situação-problema, você deve entender bem o que é uma dentição heterodonte, característica dos mamíferos. Além disso, você deve compreender a função de cada grupo de dentes (incisivos, caninos, pré-molares e molares).

Avançando na prática

Cabelos secos e oleosos

Descrição da situação-problema

Ao final do passeio do grupo de amigos pelo zoológico, todos estavam felizes, mas bastante cansados. Afinal, eles caminharam por uma grande extensão do parque e o dia estava agradável mas ensolarado. Portanto, ao final, todos estavam muito suados e exaustos e decidiram parar na cafeteria do parque para um último descanso antes de irem embora.

Enquanto esperavam pelo que haviam pedido, os amigos conversavam sobre assuntos diversos, até que um deles reclamou de seu cabelo oleoso. Outros amigos do grupo disseram que não sofrem deste problema, pois possuem cabelo seco.

O que torna o cabelo das pessoas oleoso?



Lembre-se

Para resolver esta nova situação-problema, você deve revisar as adaptações do tegumento dos mamíferos, principalmente a parte referente à variedade de glândulas que podem ser observadas neste grupo de animais.

Resolução da situação-problema

Os mamíferos, incluindo os seres humanos, apresentam uma grande variedade de glândulas especializadas na secreção de substâncias com funções distintas. Estas glândulas estão presentes na pele e podem ser organizadas em quatro categorias:

glândulas sudoríparas (que podem ser écrinas ou apócrinas), glândulas odoríferas, glândulas sebáceas e glândulas mamárias. De todas elas, as glândulas sebáceas são as responsáveis pelos cabelos oleosos.

As glândulas sebáceas costumam estar associadas aos folículos pilosos, estruturas presentes na pele responsáveis pela produção dos pelos e cabelos. Estas glândulas produzem o sebo, uma substância gordurosa que reveste a pele e os pelos, mantendo-os brilhantes e flexíveis.

Portanto, os cabelos oleosos são resultantes da ação das glândulas sebáceas presentes no couro cabeludo, cuja função é a de proteger os cabelos e mantê-los flexíveis. Algumas pessoas tendem a possuir glândulas sebáceas mais ativas do que as outras, apresentando este quadro de “cabelo oleoso”.



Faça você mesmo

Os brasileiros são seres apaixonados por seus carros. Para muitos, os veículos devem ser lavados e encerados semanalmente. Por que os carros devem ser encerados? Caso tenham a oportunidade, deixem uma pequena porção da lataria sem encerar por algum tempo. O que acontece? Podemos fazer algum paralelo com a função das glândulas sebáceas sobre os pelos? As consequências deste processo seriam apenas estéticas ou teriam alguma vantagem para o carro/organismo?

Faça valer a pena

1. O registro fóssil sobre a evolução dos mamíferos é bem rico. A ascendência evolutiva dos mamíferos é fundamentada em estruturas tais como:

- a) Ovos e ossos pneumáticos.
- b) Crânios e dentes.
- c) Pelos e dentes.
- d) Crânios e glândulas mamárias.
- e) Crânios e pelos.

2. Uma das características observadas no registro fóssil da evolução dos mamíferos diz respeito às aberturas temporais do crânio destes animais. Assinale a alternativa correta.

- a) Os diápsidos incluem a linhagem dos mamíferos e possuem dois pares de aberturas temporais.

- b) Os anápsidos incluem a linhagem dos primeiros amniotas e possuem um par de aberturas temporais.
- c) Os sinápsidos incluem a linhagem dos mamíferos e possuem um par de aberturas temporais
- d) Os diápsidos incluem a linhagem dos répteis e não possuem aberturas temporais.
- e) Os sinápsidos incluem a linhagem das aves e possuem um par de aberturas temporais.

3. A queratina é uma proteína fibrosa e muito resistente presente na pele dos amniotas. Essa proteína pode ser observada em uma grande diversidade de estruturas, tais como:

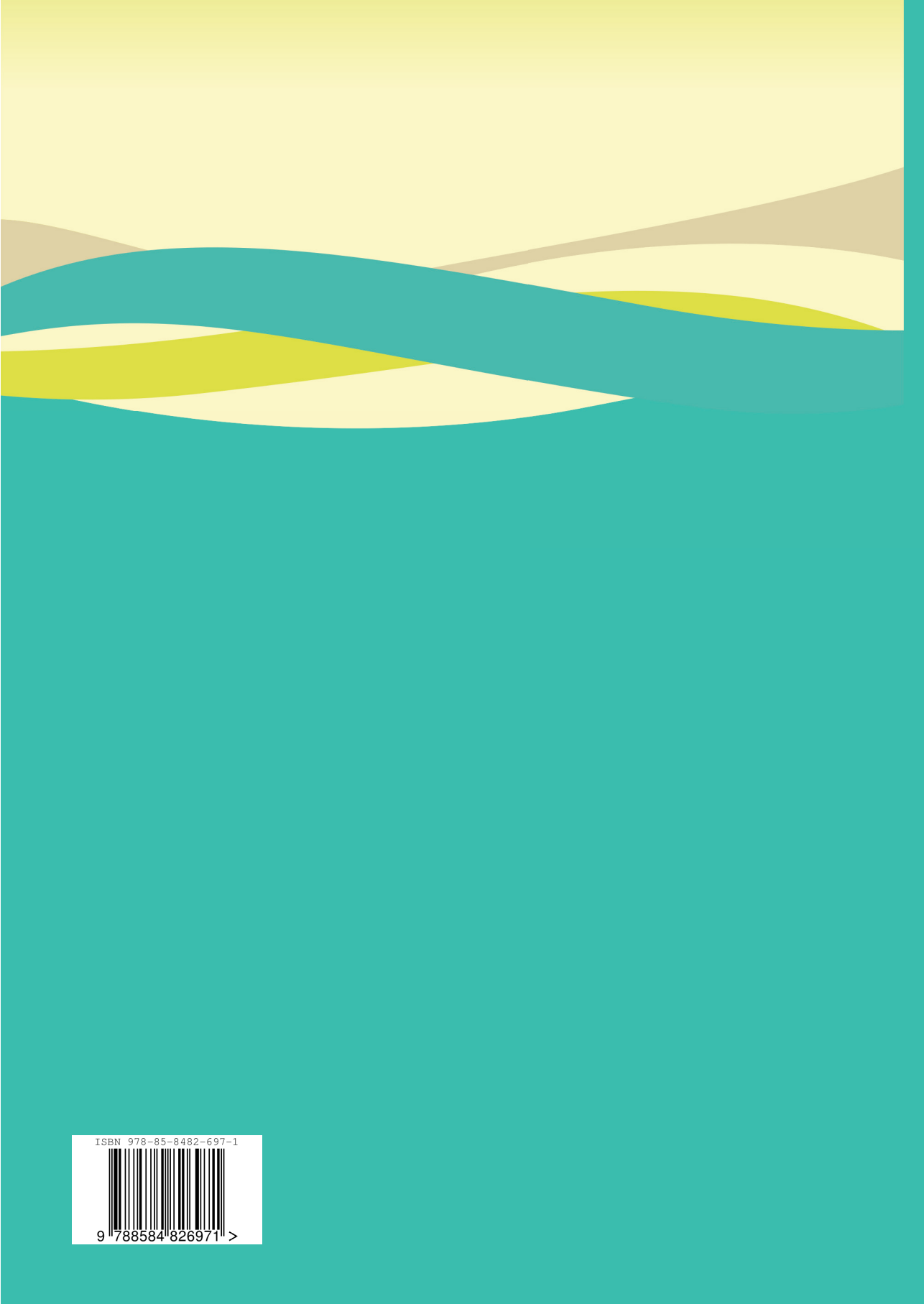
- a) Bicos e chifres.
- b) Glândulas mamárias e casca do ovo amniota.
- c) Unhas e exoesqueleto de artrópodes.
- d) Pelos e penas.
- e) Dentes e pele.

Referências

HICKMAN JR., C. P. et al. **Princípios integrados de zoologia**. 15. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

KARDONG, K. P.; HOENEN, S. M. M. **Vertebrados**: anatomia comparada, função e evolução. 7. ed. Curitiba: Roca, 2016. 913 p.

POUGH, F. H.; HEISER, J. B.; MCFARLAND, W. N. **A vida dos vertebrados**. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2008. 798 p.



ISBN 978-85-8482-697-1



9 788584 826971 >