



Arthropoda II (Mandibulata)

Prof.^a Ana Luiza Anes Pimenta

Descrição

Caracterização morfológica e diversidade evolutiva dos diferentes grupos de Mandibulata.

Propósito

Adquirir o arcabouço teórico da diversidade animal, principalmente de Arthropoda, que é o filo mais diverso dos animais, e reconhecer os grupos mais conhecidos e importantes é um diferencial para qualquer vertente que o profissional de Biologia opte por seguir.

Objetivos

Módulo 1

Subfilo Crustacea

Reconhecer os crustáceos, sua evolução e adaptações.

Módulo 2

Subfilo Hexapoda

Relacionar os diferentes grupos de insetos com os aspectos morfológicos e suas adaptações radiativas.

Módulo 3

Subfilo Myriapoda

Reconhecer os principais grupos de Myriapoda e os aspectos de sua morfologia e evolução.

Introdução

Neste conteúdo, vamos explorar os três subfilos de Arthropoda: Crustacea, Hexapoda e Myriapoda. Vamos falar sobre as adaptações morfológicas que fizeram desses grupos os mais abundantes e adaptados do reino animal. Vamos conhecer as adaptações sofridas dentro dos grupos, assim como o processo evolutivo que levou ao sucesso dos táxons.

Nos três módulos, serão apresentadas características morfológicas que possibilitarão o reconhecimento desses filios e a distinção dos táxons mais representativos, tanto para a área econômica quanto para o meio ambiente.

Orientação sobre unidade de medida

Em nosso material, unidades de medida e números são escritos juntos (ex.: 25km) por questões de tecnologia e didáticas. No entanto, o Inmetro estabelece que deve existir um espaço entre o número e a unidade (ex.: 25 km). Logo, os relatórios técnicos e demais materiais escritos por você devem seguir o padrão internacional de separação dos números e das unidades.



1 - Subfilo Crustacea

Ao final deste módulo, você será capaz de reconhecer os crustáceos, sua evolução e adaptações.

Características anatomofisiológicas dos crustáceos

Caracterização dos crustáceos

Provavelmente você já experimentou algum prato feito com os animais desse grupo. Camarões, lagostas, caranguejos e siris são as figuras mais famosas desse subfilo diverso, tanto em aspectos morfofuncionais quanto ecológicos. Foram muito bem-sucedidos na evolução. Primariamente, ocupavam ambientes aquáticos. Com o tempo, passaram a ocupar todos os ambientes, sendo abundantes tanto em oceanos, riachos e lagos quanto em ambientes terrestres.

A grande variedade morfológica permitiu diversas adaptações no meio aquático:

Caminham no fundo dos mares

Algumas espécies caminham e são associadas ao fundo dos mares (bentônicos), como os caranguejos e siris. Na imagem: Chama-maré (classe Malacostraca, *Uca princeps*).



Ficam presos em rochas

Outros tipos são sésseis, ou seja, ficam presos em rochas, como as cracas. Na imagem: Craca (classe Cirripedia, *Semibalanus balanoides*).



Ocupam a coluna d'água

Existem ainda os que ocupam a coluna d'água, podendo ser tanto nadadores ativos quanto flutuadores, carregados pela correnteza (planctônicos). Na imagem: Copépode do gênero *Gaussia* (Classe Copepoda).



Adaptados ao ambiente terrestre

Há ainda os que se adaptaram ao ambiente terrestre, como é o caso do tatuzinho de jardim. Na imagem: Tatuzinho de jardim (Classe Malacostraca).



Além da grande diversidade de formas, também são conhecidos por serem muito abundantes, como é o caso do *krill*, pequenos crustáceos, principalmente da espécie *Euphausia superba*, são encontrados em enormes agregados pelo oceano, podendo superar a biomassa de mais de 500 milhões de toneladas. O *krill* é a principal fonte de alimento de algumas espécies de cetáceos.



Ostrácode (Classe Ostracoda).

Seus maiores representantes podem medir até 4m de comprimento, como é o caso do caranguejo-aranha ocorrente no Japão (*Macrocheira kaempferi*). Já os menores representantes, como a pulga d'água do gênero *Daphnia*, medem até 0,5mm.



Caranguejo-aranha, crustáceo de tamanho extremamente grande.



Pulga d'água, crustáceo de tamanho diminuto.

Morfologia externa

A origem do nome Crustacea vem da carapaça que a maioria dos representantes deste subfiló apresenta. Essa carapaça pode variar em diferentes graus, protegendo parte da cabeça ou até mesmo o corpo todo. Uma característica morfológica distinta que separa os crustáceos dos outros artrópodes é que eles são os únicos que apresentam um segundo par de antenas. Além disso, apresentam uma larva chamada náuplio. Iremos abordá-la mais adiante, na seção sobre desenvolvimento.

De forma geral, podemos identificar três tipos de planos corporais nos crustáceos:

Cabeça, tórax e abdômen

É o plano corporal básico.

Cefalotórax e abdômen

Os segmentos do tórax se fundem com os da cabeça.

Segmentação total do corpo

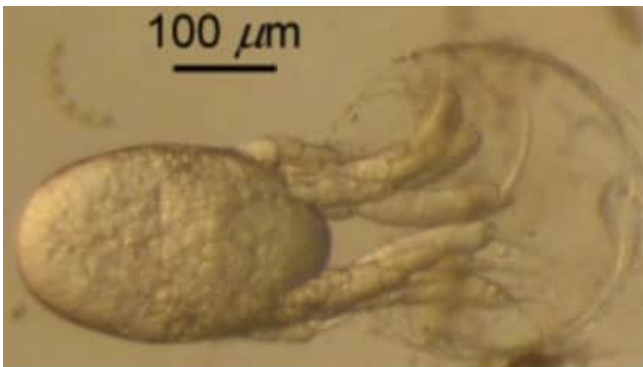
Condição ancestral dos primeiros crustáceos. Ao longo da diversificação dos crustáceos, esses segmentos foram se fundindo de acordo com a especialização e adaptação de cada grupo.

A seguir, vamos apresentar o plano corporal básico e abordaremos as diferenciações pontuais dentro de cada classe.

Cabeça

Essa região apresenta cinco pares de apêndices:

1. primeiras antenas;
2. segundas antenas;
3. mandíbulas;
4. primeiras maxilas; e
5. segundas maxilas.



Larva náuplio.

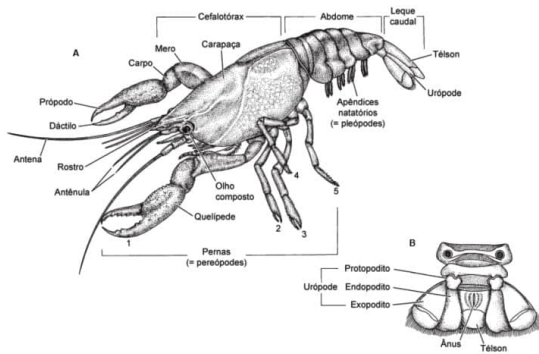
Além dos olhos compostos pedunculados bem desenvolvidos que a maioria dos crustáceos apresenta, alguns crustáceos podem apresentar outras estruturas sensoriais mais simples, como os **ocelos**.

Tórax

Primitivamente, o tronco dos crustáceos apresentava uma série de segmentos e, ao longo da evolução, em alguns grupos, o tórax sofreu especializações, como redução e fusão.

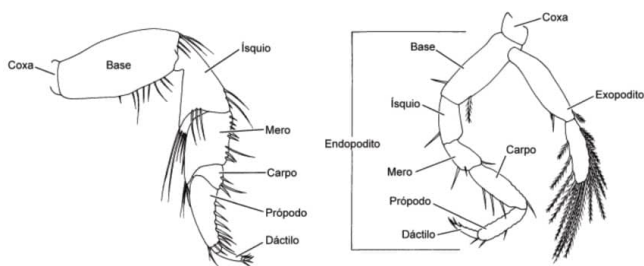
Exemplo

A fusão dos segmentos anteriores com a cabeça, formando o cefalotórax, que é uma característica compartilhada com os aracnídeos.



Anatomia externa de uma lagosta. Observem que a lagosta apresenta o cefalotórax, com a carapaça fundida com os segmentos torácicos. (A) Representação geral da morfologia externa e suas regiões; (B) Leque caudal dos malacostráceos.

Os apêndices torácicos são chamados de **pereópodes**, e duas características básicas estão presentes: são multiarticulados (com muitos artículos) e podem ser uni ou birremes (bifurcados). Em geral, cada apêndice é composto por um protopodito basal, que, por sua vez, é composto por dois ramos: um interno (endopodito) e um externo (exopodito). Podem apresentar diversos graus de especialização, com funções diversas, tais como nadar, caminhar no substrato, realizar trocas gasosas, auxiliar na alimentação e defesa.



Apêndices torácicos dos crustáceos: (A) unirremes; e (B) birremes.

Abdômen

A forma do abdômen dos crustáceos também é muito variada, mas, de modo geral, ele é formado por vários segmentos e podem ou não apresentar **pleópodes**.

leópodes

Apêndices localizados nos segmentos abdominais.

Atenção!

Em geral, os pleópodes são adaptados para a natação, mas em algumas espécies, como no caso do caranguejo, são modificados para proteger a cavidade onde a fêmea guarda os ovos.

No final do abdômen, principalmente nos crustáceos malacostráceos, existe uma estrutura chamada de leque caudal, que é composta pelos urópodes, que são os dois pares de apêndices do último segmento

abdominal. Os urópodes, geralmente, são achatados e auxiliam na natação. Em camarões, caranguejos e lagostins, ainda encontramos o télson, uma peça quitinosa não articulada também associada ao leque caudal.



Os segmentos abdominais das fêmeas são mais alargados (acima) do que os segmentos abdominais dos machos (abaixo). Os pleópodes (não visíveis na foto) estão associados aos segmentos abdominais.

Fisiologia

Locomoção

A maioria dos crustáceos usa os pereópodes (apêndices torácicos) para se locomover no ambiente aquático. Os representantes que apresentam o hábito bentônico, ou seja, aqueles que vivem associados com o fundo dos ambientes aquáticos, usam os pereópodes para caminhar. Os crustáceos com hábitos natatoriais, por sua vez, apresentam os pereópodes largos, achatados e com cerdas, especializados para essa atividade. Há ainda os que são sésseis, como os cirripédios (conhecidos como cracas), que apresentam o corpo todo modificado para a fixação no substrato.

Alimentação

Dentro do subfilo Crustacea, existe uma grande variedade de hábitos alimentares. Quanto aos hábitos alimentares, os integrantes podem ser suspensívoros, se alimentando da filtração do material suspenso na coluna d'água; predadores (como as tamburutacas); e até mesmo detritívoros e saprófagos, como os tatuzinhos de jardim, que ajudam na decomposição no solo terrestre. Também existem espécies herbívoras que, utilizando suas mandíbulas, cortam pedaços do alimento.



Uma lagosta com suas quelas em destaque.

Alguns crustáceos utilizam os apêndices torácicos relacionados com movimentos coordenados para direcionar o alimento até a região da boca.

Outros usam cílios filtradores de material suspenso. Os predadores apresentam uma modificação nos pereópodes em forma de **quela**, podendo ser usada para a predação.

Quela

Modificação dos artículos apicais do apêndice dos crustáceos e aracnídeos. Apresenta um formato de pinça preênsil. Geralmente são estruturas muito fortes e robustas.

Respiração e trocas gasosas

Em geral, as brânquias são as estruturas responsáveis pelas trocas gasosas dos crustáceos e estão associadas com os apêndices torácicos modificados. Assim como o plano corporal, também há uma variedade de formas, localização e derivações. Alguns grupos de pequenos crustáceos não apresentam brânquias bem definidas e realizam as trocas gasosas por meio da cutícula do corpo.

Em regra, as brânquias são estruturas derivadas dos epipoditos, que é uma ramificação das pernas torácicas adaptadas para essa função. Em alguns animais, as brânquias são associadas aos pleópodes abdominais, que podem ser altamente vascularizados, fornecendo uma superfície favorável para as trocas gasosas.

Como em todo sistema braquial de trocas gasosas no meio aquático, é necessário um fluxo de água constante para que o oxigênio dissolvido na água seja renovado. Há uma série de especializações e mecanismos de trocas gasosas ao longo da evolução dos crustáceos, por isso, exemplificaremos apenas alguns dos mecanismos mais comuns.

Exemplo

Os **isópodes**, por exemplo, conseguem fazer esse fluxo de água por meio do batimento constante dos pleópodes, que são os apêndices abdominais. Em outros crustáceos, as brânquias são irrigadas à medida que eles nadam. Há também os crustáceos em que as brânquias são contidas em câmaras branquiais, localizadas entre a carapaça e a parede corporal.

Lembrando que todos os artrópodes apresentam circulação aberta, e isso não é diferente nos crustáceos. O sangue é uma hemolinfa que contém o pigmento transportador de oxigênio, chamado hemocianina.

Excreção

Os órgãos excretores dos crustáceos são chamados de glândulas antenais ou glândulas maxilares e estão localizados na região da cabeça. O aparato excretor é formado por um saco terminal, um canal excretor e um duto de saída, onde a amônia, principalmente, é expelida. O duto de saída das glândulas antenais está localizado na região inferior da base das segundas antenas, e o das glândulas maxilares, próximas às segundas maxilas.

Sistema nervoso e sensorial

Apresentam um gânglio cerebral central, uma espécie rudimentar de “cérebro”, um cordão nervoso ventral com gânglios distribuídos ao longo de todo o corpo.

Em geral, os crustáceos percebem o ambiente pelos olhos compostos, pelos estatocistos e pelas cerdas sensoriais. A percepção do ambiente e a localização espacial dos crustáceos são feitas a partir de uma estrutura chamada estatocisto, que consiste em uma cavidade com células sensoriais.

Desse modo, o movimento é captado por células ciliadas dispostas em toda cutícula interna do estatocisto. Essas estruturas estão localizadas, geralmente, nos urópodes dos crustáceos. É bem comum encontrar essa estrutura em outros animais marinhos, como cnidários e moluscos.



A anêmona-do-mar é um exemplo de cnidário, animais que também têm estatocistos.

Reprodução e desenvolvimento

A maioria dos crustáceos é dioica, ou seja, existem indivíduos machos e fêmeas, mas também existem algumas espécies monoicas que realizam a partenogênese, como, por exemplo, alguns ostrácodes. Via de regra, ocorre a cópula. Os machos apresentam uma estrutura modificada para segurar a fêmea. A fêmea, por sua vez, possui um receptáculo seminal que consiste em uma invaginação ectodérmica, ou seja, localizada na região mais externa da cutícula, em forma de bolsa. As fêmeas, então, incubam os ovos fecundados externamente e o período de incubação pode variar em cada grupo.

O desenvolvimento dos crustáceos pode ser:

Direto

No desenvolvimento direto, os indivíduos eclodem do ovo na forma juvenil, ou seja, semelhantes aos adultos.



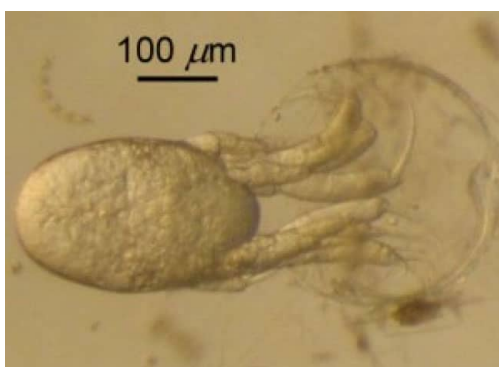
Indireto

A larva eclode do ovo e sofre diversas mudas até atingir o último estágio larval, no qual realiza a metamorfose e, então, começa o estágio juvenil, já com características semelhantes aos adultos.

Como foi dito no início deste subtópico, os crustáceos apresentam a larva náuplio, que consiste numa larva **planctônica** livre. Essas larvas têm uma anatomia simples, apresentando somente três regiões diferenciadas: as primeiras e segundas antenas, e as mandíbulas.

lanctônica

Refere-se ao plâncton. O plâncton é um grupo de organismos e microrganismos que se encontram na coluna d'água dos oceanos. A maioria não apresenta capacidade de locomoção e se dispersam pelas correntes.



Muda e crescimento

O corpo dos crustáceos é coberto por uma cutícula composta por quitina, proteína e material calcário. Nos animais maiores, as placas mais duras são ricas em depósitos de carbonato de cálcio. Nas articulações entre os segmentos, essa camada protetora é fina, permitindo a mobilidade e flexibilidade do animal.

O processo de muda ocorre durante todo o tempo de vida dos crustáceos, à diferença de artrópodes, como os insetos, que, quando atingem a idade adulta, cessam o crescimento e, consequentemente, a muda.

Então, como ocorre a muda? Vamos voltar à introdução aos artrópodes, quando aprendemos que uma característica única desse filo é a presença de um exoesqueleto quitinoso que recobre todo o corpo. Para crescer, o animal precisa de espaço entre a epiderme e a cutícula, que, em muitos casos, é bem rígida. De modo geral, a epiderme realiza todo o processo, secretando enzimas para digerir a camada antiga da cutícula, o que possibilita o crescimento do animal. O hormônio regulador da muda é a ecdisona, que, interagindo com outros hormônios, e em diferentes níveis na corrente sanguínea, ativa e desativa todo o processo.

Existem quatro processos distinguíveis da muda:

Pré-ecdise

Quando a epiderme digere as camadas mais internas da cutícula antiga. Neste processo, ocorre a apólise, que é a separação entre a cutícula antiga e a nova.

Ecdise

Quando ocorre a ruptura do exoesqueleto antigo e, então, o animal emerge com sua nova cutícula, recém-formada, liberando a antiga, que é chamada de exúvia. Muitos artrópodes procuram abrigo nessa etapa porque a carapaça ainda não está completamente endurecida, o que o torna vulnerável para os predadores.

Pós-ecdise

Nessa etapa, é secretada a endocutícula, que é a camada mais interna da cutícula, e, então, ocorre a calcificação do esqueleto. Ao mesmo tempo, também acontece a absorção de água pelo animal, provocando um crescimento rápido enquanto a cutícula ainda está flexível.

Intermuda

Caracteriza-se pela perda de toda a água que o animal absorveu, dando espaço para o corpo crescer verdadeiramente de tamanho.

Classificação, evolução e ecologia dos principais grupos

Classificação e evolução dos crustáceos

Atualmente, existem cerca de 70.000 espécies de crustáceos, classificadas em 11 classes segundo estudos de Ahyong *et al.* (2011) e Martin *et al.* (2014). O registro fóssil mais antigo data do período Cambriano (aprox. 500 milhões de anos atrás). Como estudamos, no subtópico de morfologia externa, os pesquisadores acreditam que a condição corporal totalmente segmentada possa ser a condição ancestral dos Crustacea, e os remipédios, por sua vez, apresentam tal característica, além de apêndices birramados. Por isso, através de análises filogenéticas com dados morfológicos, os remipédios podem ser considerados o grupo vivo mais primitivo de Crustacea.

Estudos com base em dados morfológicos e moleculares convergiram para o parafiletismo do subfilo Crustacea. Essas análises mostram que um grupo de crustáceos originou os Hexapoda. Esse grupo é conhecido como Pancrustacea.

Dentro do subfilo ainda existem divergências de como as classes e subclasses são relacionadas, e estudos ainda estão sendo realizados para entender melhor a evolução do grupo, que, como vocês viram ao longo deste módulo, é muito diverso e apresenta uma série de caracteres que surgiram e se perderam ao longo da filogenia.

Características morfofuncionais, ciclo de vida e aspectos ecológicos das principais classes

Sabemos que a diversidade animal, principalmente dos Arthropoda, é gigantesca. Vimos que os Crustacea apresentam uma infinidade de adaptações em suas formas, tamanhos e hábitos locomotores e alimentares. Portanto, vamos focar e ver com mais detalhes as principais e mais importantes classes desse subfilo tão diverso, que são os **Ostracoda**, **Copepoda**, **Thecostraca** e **Malacostraca**.

Classe Ostracoda



Carapaça bivalve.

Caracterizada por seus indivíduos apresentarem o corpo com o menor número de segmentos dentre os crustáceos. Atingem poucos milímetros ou até menos. Apresentam uma carapaça bivalve que recobre todo o corpo, ornamentada em formas e cristas, e até mesmo espinhos.

Essa carapaça é trocada a cada muda. A cabeça constitui a maior parte do animal. Os dois pares de antenas são bem desenvolvidos. O tronco é reduzido e seus apêndices apresentam não mais do que dois pares. Esses apêndices, junto com as maxilas, são desenvolvidos para nadar, se alimentar e limpar resíduos de dentro das valvas.

São rastejadores e cavadores bentônicos, ou seja, estão associados ao fundo do ambiente marinho, com hábitos detritívoros, mas podem apresentar hábitos planctônicos suspensívoros. Alguns conseguiram ocupar o ambiente terrestre e são encontrados em ambientes úmidos. Um caso curioso é o de parasitismo, ocorrendo em uma espécie que é conhecida por parasitar brânquias de peixes. Por apresentarem diferentes hábitos alimentares, são importantes para a manutenção da cadeia trófica do ambiente. Muitos animais também se alimentam dos ostrácodes, como pequenos peixes e outros invertebrados, tais como insetos.

Atualmente, o grupo conta com 30 mil espécies viventes e mais de 65 mil espécies fósseis.

Uma coisa interessante é que o registro fóssil desses animais tão pequenos, encontrado desde o Cambriano, é o mais extenso dentre os crustáceos, sendo encontrados em todos os períodos geológicos.

São reconhecidas cinco ordens, distribuídas em duas subclasses.



Representante da classe Ostracoda.



A bioluminescência dos ostrácodes.

A reprodução ocorre por meio da cópula e os embriões são depositados diretamente no substrato.

Pode ocorrer também a incubação dos embriões dentro das valvas, até que eles eclodam na forma reduzida do adulto. Uma característica muito interessante dos ostrácodes é que eles usam a bioluminescência para atrair a fêmea.

Classe Copepoda

Os copépodes são crustáceos diminutos, de 0,5 até 10mm de comprimento. Alguns podem chegar a 1,5cm. Geralmente, apresentam o corpo afilado da região anterior para a posterior e não possuem carapaça, mas apresentam a cabeça bem desenvolvida, com um único olho simples, tórax com seis segmentos, com o primeiro fundido à cabeça. Seus apêndices torácicos são adaptados à alimentação. O abdômen é constituído de cinco segmentos mais o **télson**, porém não apresenta apêndices. Em alguns casos, pode haver um apêndice bem reduzido no primeiro segmento, associado à reprodução.

télson

É uma peça que se localiza na região anal de alguns crustáceos, como lagostas e camarões. Essa peça não é um segmento e nunca apresenta apêndices. Na classe, as vezes pode estar associada a uma cauda bifurcada formando um leque caudal que pode ser usado para natação e fuga de predadores.

Saiba mais

Atualmente, existem mais de 12.500 espécies descritas e 10 ordens. É o grupo mais abundante no plâncton oceânico, podendo superar numericamente todos os organismos multicelulares de vida livre na Terra. Podem apresentar hábitos alimentares diversos, como suspensívoros, e serem endo ou ectoparasitas de vários grupos animais, como poliquetos, gastrópodes, equinodermos e até de peixes.

Uma característica interessante dos copépodes está associada à reprodução: a fêmea de algumas espécies apresenta um saco que é preso no segmento genital feminino. Esse saco é usado para incubação dos ovos. Nesse caso, os ovos eclodem como larvas náuplio.



Fêmeas da classe Copepoda com os sacos carregados de ovos.



Um saco carregado de ovos em detalhe.

Classe Thecostraca

Os representantes da classe Thecostraca são as cracas e alguns outros animais parecidos. Muitos de vocês já devem ter visto esses organismos presos nas rochas das praias. É bem comum eles estarem associados à zona de marés, capturando o material em suspensão trazido pelas ondas.

A classe é dividida em :



Cracas verdadeiras (Superordem Thoracica)



Cracas perfuradoras (Superordem Acrothoracica)



Cracas parasitas (Superordem Rhizocephala)

Antigamente, existia a Classe Cirripedia, mas, com base em estudos de análises filogenéticas e a descrição de novas espécies, ela passou a ser considerada uma subclasse.

Os estudos filogenéticos são controversos quanto a essa classificação. Diante disso, adotaremos, neste conteúdo, a classificação encontrada em Brusca e Brusca (2018). Como a subclasse Cirripedia é a mais importante, vamos falar um pouco mais de suas adaptações morfológicas e ecológicas.

Os organismos que encontramos na subclasse Cirripedia dão ao grupo uma característica exclusiva, que é a forma de vida sésil. Esses organismos são os únicos crustáceos que apresentam tal hábito de vida. Além disso, as cracas podem ser parasitárias de outros organismos. Em geral, o tórax apresenta seis segmentos e apêndices birremes. Está presente a larva náuplio e outra, chamada cipres, que apresenta carapaça bivalve. Adultos também apresentam carapaça.

São cerca de 1.300 espécies que apresentam vida livre, mas também há algumas cracas parasitas, embora muito raras. A Superordem Thoracica engloba as cracas, enquanto os representantes de Acrothoracica são animais muito pequenos que escavam o substrato calcário de corais e conchas de moluscos. Por fim, a Superordem Rhizocephala é exclusivamente endoparasita de outros crustáceos.

Existem dois tipos de cracas torácicas (Superordem Thoracica): as que desenvolvem uma haste e as sésseis:



Cracas com hastes

Comumente chamadas de pescoço-de-ganso, apresentam o corpo com duas regiões distinguíveis: o pedúnculo, que consiste numa haste muscular flexível, e o capitulo, onde se localiza a parte principal do organismo. Podem variar de alguns milímetros a 75cm.



Cracas sésseis

As cracas sésseis não formam o pedúnculo. Uma parede de placas circunda o corpo do animal, sendo ancorada pelos músculos. Chegam a medir poucos centímetros de diâmetro.

A alimentação das cracas é feita pelos cirros (apêndices torácicos longos e birremes), que se expandem para fora da carapaça e filtram material em suspensão na coluna d'água. A maioria das cracas parasitas é dioica, e as torácicas são, predominantemente, hermafroditas.

Classe Malacostraca

É a classe mais diversa dentro de Crustacea. Os mais conhecidos são os camarões, os caranguejos, as lagostas, os lagostins, os tatuzinhos-de-jardim, entre outros. São responsáveis pela maior diversidade do subfilo, com aproximadamente 40 mil espécies divididas em três subclasses: **Phyllocarida**, **Haplocarida** e **Eumalacostraca**, sendo a primeira (Phyllocarida) considerada a condição primitiva do restante do grupo.

Com uma grande radiação adaptativa, esse grupo ocupa diversos nichos ecológicos e apresenta inúmeros planos corporais. Saber toda a diversidade animal dentro dessa classe pode ser importante para alguém que, porventura, vá trabalhar especificamente com esses grupos. Porém, para a maioria dos biólogos, é

mais importante reconhecer e diferenciar os organismos mais comuns e interessantes. Portanto, vamos exemplificar alguns deles.

Ordem Stomatopoda



Na ordem Stomatopoda (Subclasse Hoplocarida), podemos encontrar um crustáceo chamado de Tamburutaca ou, mais comumente, lagosta boxeadora. São encontrados em ambientes marinhos e apresentam o hábito de tocaia. Predadores altamente especializados, apresentam um mecanismo fascinante de ataque e se alimentam de peixes, moluscos e outros crustáceos. Eles utilizam o segundo par de apêndices torácicos, fortemente desenvolvido e raptorial, para golpear a presa. O impacto é comparado com o de uma arma de fogo e pode quebrar carapaças duras e placas calcárias. Como bons predadores, apresentam os olhos compostos bem desenvolvidos. As Tamburutacas possuem uma das visões mais especializadas do reino animal, podendo enxergar até 12 cores primárias.

Ordem Decapoda



A ordem Decapoda (Subclasse Eumalacostraca) é mais importante, inclusive para a economia mundial, movimentando muito dinheiro todos os anos. São os crustáceos mais conhecidos por todos (camarões, siris, lagostas, caranguejos). Atualmente, são descritas 18 mil espécies vivas de Decapoda e seus representantes ocupam todos os nichos ecológicos dos oceanos. Isso pode ser decorrente da ampla variedade de forma encontrada nessa ordem.

Apesar de serem animais bem estudados, ainda há divergências quanto ao relacionamento dos táxons dentro da ordem. Quanto à morfologia geral, apresentam três pares de maxilípedes, que são os apêndices torácicos adaptados para a alimentação, e cinco pereópodes unirremes. Pelo menos um par de pereópodes dos Decapoda são quelados em forma de garra. As brânquias são protegidas dentro da carapaça e podem apresentar formas variadas.

Ordem Isopoda



Os isópodes (Subclasse Eumalacostraca, ordem Isopoda) são os únicos crustáceos que apresentam espécies verdadeiramente terrestres. São bentônicos e vivem também em água doce e no oceano. Representa a segunda maior ordem em número de espécies de crustáceos, com cerca de 11 mil espécies descritas. Algumas espécies são parasitas. Podem ser herbívoros, saprófagos, detritívoros

e até predadores. Não apresentam carapaça, e seu corpo é dorsoventralmente achatado. Os olhos podem ser compostos ou ausentes. Os pleópodes são birremes e estão associados à natação e às trocas gasosas.

A seguir, alguns representantes da classe Malacostraca e sua grande diversidade de formas:



Tamburutaca (Subclasse Hoplocarida).



Ligia oceanica (Subclasse Eumalacostraca, Ordem Isopoda).



Chama-maré (*Uca princeps*) (Ordem Decapoda).

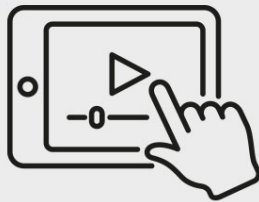




É crustáceo ou não é?

Neste vídeo, o mestre Luiz Rafael Silva da Silva fala sobre os crustáceos menos comuns e mais especializados encontrados nos oceanos.

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

A respiração dos crustáceos pode se dar de duas formas, que, muitas vezes, podem estar relacionadas ao tamanho corporal do organismo. Assinale a alternativa que apresenta as estruturas respiratórias dos crustáceos.

- A Pulmão foliáceo e traqueias
- B Nefrídio e epipoditos branquiais
- C Pseudopulmão e pleópodes
- D Superfície corporal e epipodito branquial

Parabéns! A alternativa D está correta.

Os crustáceos que apresentam o corpo muito pequeno, com milímetros de extensão, realizam suas trocas gasosas por meio da superfície corporal. Os crustáceos maiores, por sua vez, desenvolveram, em geral, adaptações branquiais nas pernas torácicas.

Questão 2

A muda é um processo que ocorre em todos os Arthropoda, com algumas especificações em cada grupo. Assinale a alternativa que melhor se aplica ao processo de muda dos crustáceos.

- A A muda cessa quando o crustáceo atinge a fase adulta, e o hormônio regulador é a ecdisona.
- B A muda continua quando o crustáceo atinge a fase adulta, e o hormônio regulador é o juvenil.
- C A muda cessa quando o crustáceo atinge a fase adulta, e o hormônio regulador é o juvenil.
- D A muda continua quando o crustáceo atinge a fase adulta, e o hormônio regulador é a ecdisona.
- E A muda cessa quando o crustáceo atinge a fase adulta, e o hormônio regulador é o juvenil.

Parabéns! A alternativa D está correta.

O hormônio regulador da muda nos crustáceos é a ecdisona. O hormônio juvenil só está presente nos insetos. E os crustáceos são os únicos Arthropoda que podem apresentar o crescimento do corpo indeterminado, inclusive após atingirem a maturidade sexual.



2 - Subfiló Hexapoda

Ao final deste módulo, você será capaz de relacionar os diferentes grupos de insetos com os aspectos morfológicos e suas adaptações radiativas.

Características anatomofisiológicas dos Hexapoda

Caracterização de Hexapoda

A característica mais marcante dos Hexapoda é sua diversidade. São os animais mais abundantes do planeta, ultrapassando mais de 1 milhão de espécies.

Apresentam diversas adaptações morfológicas que permitem ocupar ambientes diversificados, tanto terrestres como aquáticos, inclusive foram os primeiros animais a ocupar o ambiente aéreo. Muitas espécies desenvolvem mecanismos de defesa como camuflagem, coloração de advertência, comportamento de corte, socialidade (como as formigas) e sistemas complexos de comunicação.

Em geral, os insetos são pequenos, medindo entre 0,5 e 3cm. Contudo, como tudo na natureza, sempre há uma exceção, e se tratando do grupo mais diverso do planeta, não podia ser diferente. Alguns bichos-pau podem medir até meio metro de comprimento.

Para título de organização do conteúdo, vamos abordar, a seguir, as características morfológicas e fisiológicas da classe Insecta, que é a mais diversa de Hexapoda, tanto em diversidade quanto em abundância. O contexto desse arranjo está explicado na seção sobre a classificação e evolução de Hexapoda.

Morfologia externa

Apesar de o plano corporal dos Insecta ser bastante distinguível dos demais Arthropoda, ainda é dividido em cabeça, tórax e abdômen. Entretanto, apresentam características únicas dentro do grupo, tais como: três pares de pernas, dois pares de asas (geralmente), um par de antenas e um par de olhos compostos. Na maioria dos livros didáticos, o gafanhoto é usado como modelo básico para estudo do plano corporal básico dos insetos, que engloba a maioria das características morfológicas do grupo. Veremos adiante as diferenças mais importantes de cada ordem.



Gafanhoto.

Cabeça

Nesta região, os insetos apresentam um par de antenas multiarticuladas, um par de olhos compostos bem desenvolvidos (alguns apresentam **ocelos**) e três pares de apêndices bucais (maxilas, mandíbulas e o lábio). Na maioria dos insetos, o lábio é fundido, mas ele representa o segundo par de maxilas. Acima das mandíbulas, está o labro, que é uma placa que recobre as peças bucais. E surgindo próximo às maxilas, está

a hipofaringe, que é um processo em forma de lobo, semelhante a uma língua, e tem a função de ajudar no processo de alimentação.

A posição das peças bucais adiciona mais uma característica aos insetos, de modo que eles podem ser de três tipos:

celos

São estruturas fotorreceptoras mais simples que um olho composto. Variam em número em diferentes ordens e também podem estar presentes em outros subfilos de Arthropoda.

Prognatos

Consiste na orientação anterior das peças bucais.

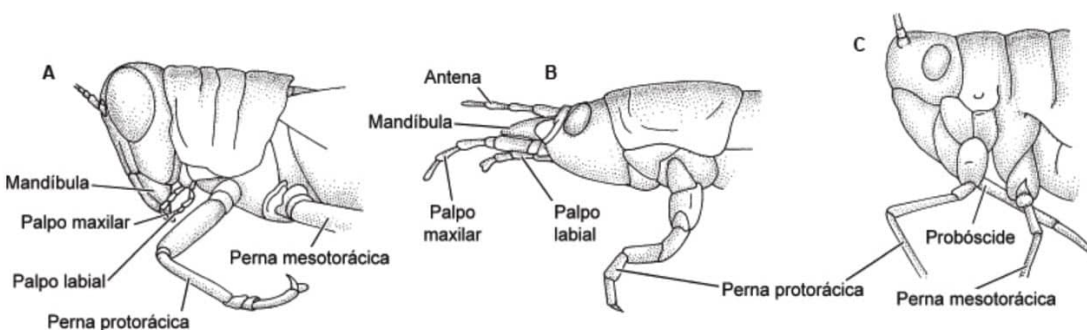
Hipognatos

As peças bucais são direcionadas, perpendicularmente, para a região ventral do animal, formando um ângulo de 90° com o corpo.

Opistognatos

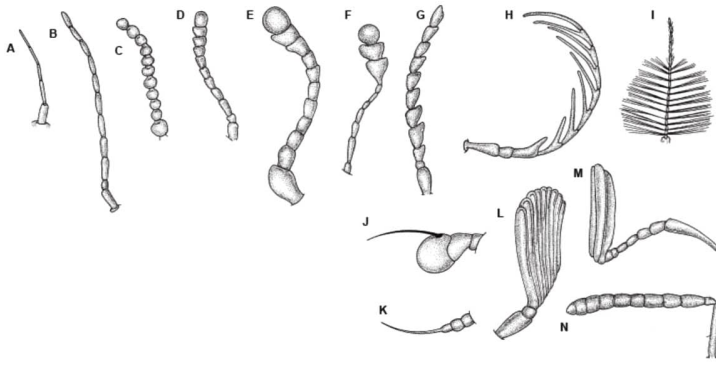
As peças bucais são voltadas para a região posterior do corpo.

A posição da boca mais comum entre os insetos é o **hipognatismo**.



Orientação das peças bucais dos insetos. (A) Hipognatismo; (B) Prognatismo; (C) Opistognatismo.

As antenas podem ter as mais variadas formas e tamanhos. Podem apresentar artículos curtos, longos, em forma de pluma, e artículos globosos formando uma clava na região apical. Cada uma delas apresenta nomenclatura diferente. Veja na imagem a seguir:



Representação da variedade de antenas encontradas nos insetos. (A) Setácea. (B) Filiforme; (C) Moniliforme; (D) e (E) Clavadas; (F) Capitada; (G) Serrada; (H) Pectinada; (I) Plumosa; (J) Aristada; (K) Estilada; (L) Flabelada; (M) Lamelada; (N) Genuiculada.

Tórax

O tórax é formado por três regiões: protórax, mesotórax e metatórax (segmento anterior, mediano e posterior, respectivamente). Nos dois últimos, são desenvolvidos os dois pares de asas (nos insetos alados).

Conforme mencionado, os insetos possuem três pares de pernas articuladas, unirremes, e cada artículo tem um nome diferente: a primeira é a coxa, a parte mais basal da perna, que se articula com o corpo do inseto. Em seguida, há o fêmur, a tíbia, o tarso e o pré-tarso na parte apical da perna. O pré-tarso é muito variável em forma e pode se estender em formato de garra.

Saiba mais

As asas sofreram diversas adaptações e podem ser de tamanhos diferentes, com estruturas modificadas, inteiramente rígidas (como as asas anteriores dos besouros), semirrígidas (como em alguns percevejos) ou membranosas (como na maioria dos insetos). Além de possuir diferentes tamanhos, as asas podem cobrir todo o corpo, com regiões expandidas, ou podem ser altamente modificadas em pequenas estruturas (como os halteres nas moscas), e assim por diante.

Abdômen

Os insetos apresentam de 9 a 11 segmentos abdominais e não apresentam apêndices associados, como os crustáceos, que possuem os pleópodes e urópodes. As genitálias podem variar de posição em cada grupo, mas, geralmente, encontra-se nos últimos segmentos. Os machos também apresentam cercos no final do abdômen, que estão associados ao comportamento de cópula.

Fisiologia

Locomoção

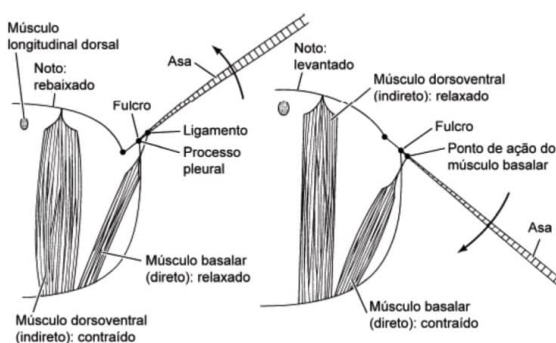
As pernas dos insetos são adaptadas, geralmente, para andar e correr. No entanto, em alguns grupos, podem apresentar especializações para nadar, como é o caso dos insetos que vivem em ambiente aquático.

Também podemos encontrar, principalmente nas pernas dianteiras, adaptações para a predação, como o louva-a-deus, que possui suas pernas mesotorácicas adaptadas com espinhos. Alguns insetos aquáticos apresentam cerdas hidrofóbicas nos tarsos, que impedem o inseto de quebrar a tensão superficial da água. Assim, eles se locomovem como se estivessem patinando na água. É o caso de alguns percevejos (ordem Hemiptera).



Louva-a-deus.

O movimento das asas é realizado pela contração e distensão de músculos antagonísticos longitudinais dorsais e músculo basalar. Veja, na imagem a seguir, a representação desse movimento. Quando o músculo basalar está relaxado e o músculo dorsoventral, contraído, as asas se movimentam para cima. Já quando o músculo basalar está contraído e o músculo dorsoventral relaxado, a asa se movimenta para baixo.

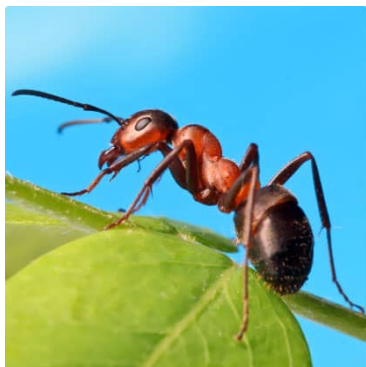


Representação do movimento das asas dos insetos no voo.

Alimentação

O plano básico e mais primitivo do aparelho bucal dos insetos é o mastigador. Cada peça bucal tem sua função. As mandíbulas altamente esclerosadas são usadas para cortar e rasgar o alimento, tanto animal quanto vegetal. As maxilas e o lábio são responsáveis pela manipulação, e a hipofaringe auxilia na deglutição. Existem diferentes tipos de aparelhos bucais. Além dos mastigadores, há os perfuradores, sugadores e lambedores. Em cada tipo, as peças bucais apresentam especializações adaptadas para cada função. Essas diferenças serão vistas em cada grupo mais à frente.

Respiração e trocas gasosas



Formiga.

As trocas gasosas são realizadas por meio de traqueias, à diferença dos crustáceos, cujo sistema de trocas é branquial.

Elas consistem em invaginações tubulares da parede corporal, que se abrem na cutícula do animal pelos **espiráculos**. Existem dois pares de espiráculos no meso e metatórax, próximos às inserções das coxas, além do primeiro ao oitavo segmento abdominal.

Alguns insetos muito pequenos realizam suas trocas gasosas na superfície corporal.

spiráculos

São poros do tegumento do inseto, interligados com a traqueia, onde ocorre a entra e saída de ar.

Excreção

À diferença dos crustáceos, os insetos secretam ácido úrico e os órgãos responsáveis pelo processo de excreção são os túbulos de Malpighi. Eles se encontram associados ao tubo digestivo, na junção do intestino médio e posterior. A filtração das excretas é realizada por regulação osmótica de íons.

Sistema nervoso e sensorial

Os insetos apresentam o sistema nervoso semelhante ao de outros artrópodes, com uma massa cefálica central na região da cabeça, dividida em três regiões: protocérebro, deutocerebro, tritocerebro e um cordão nervoso ventral com uma cadeia de gânglios. Além disso, apresentam dois pares de corpos glandulares: os **corpos cardíacos** e os **corpos alados**. Eles, juntamente com outras estruturas associadas, são responsáveis pela regulação da muda, crescimento e metamorfose do inseto.

O corpo dos insetos é composto por uma série de cerdas sensoriais que podem perceber o ambiente de diferentes formas. Veja o caso dos olhos compostos dos insetos:

Estrutura dos olhos

Os olhos compostos dos insetos são muito bem desenvolvidos e podem até formar imagens. São formados por estruturas chamadas omatídeos, cujo número é variável de ordem para ordem.

Especializações dos olhos

Dependendo em qual ambiente o inseto vive, existem especializações no formato dos olhos, principalmente para os que vivem na água. O meio aquático refrata a luz de modo diferente ao do meio aéreo, e, portanto, eles precisam de adaptações para perceber e sobreviver nesse ambiente.

Reprodução e desenvolvimento

Em geral, as fêmeas dos insetos apresentam, internamente, dois ovários e dois ovidutos laterais. A genitália pode se abrir no sétimo, oitavo e nono segmento abdominal. O pênis nos machos está associado ao oitavo segmento, e a maioria dos machos apresenta o pênis eversível ou extensível.

A transferência do esperma é realizada por meio do espermatóforo, que é depositado no interior da vagina. Os ovos são fertilizados quando são liberados do oviduto. A postura dos ovos é feita pelo ovipositor, e a forma e o tipo de postura são altamente variáveis, podendo depender do ambiente, do local e do hábito de vida do adulto. O desenvolvimento dos insetos pode ser de três tipos:

Ametábolos

Os embriões eclodem do ovo semelhantes a um adulto em miniatura, tendo somente a genitália ausente. É o tipo ancestral de desenvolvimento dos insetos.

Hemimetábolo (metamorfose parcial ou incompleta)

Apresentam a fase de ovo, larva e adulto. Não apresenta a fase da pupa. O corpo do juvenil se transforma, gradualmente, por meio de mudas e adquire características de adulto. Os brotos alares são desenvolvidos externamente ao corpo.

Holometábolo (metamorfose completa)

Apresenta a fase do ovo, larva, pupa e adulto. Ocorre a mudança abrupta quando o juvenil empupa. Brotos alares se desenvolvem internamente.

Muda e crescimento

Assim como nos crustáceos, o hormônio que estimula o crescimento e a muda nos insetos é a ecdisona. Além deste, há o hormônio juvenil, responsável por manter as estruturas juvenis e inibir a metamorfose. Os dois hormônios trabalham em conjunto. Basicamente, quando o hormônio juvenil encontra-se em excesso no sangue, o indivíduo passa do estágio larval para outro estágio larval. O número de estágios larvais de cada inseto, muitas vezes, é determinado por respostas do meio em que ele vive.

Nos insetos holometábolos, quando o hormônio juvenil está em níveis baixos, o indivíduo sofre a muda de larva para pupa. E quando não há hormônio juvenil no sangue, finalmente, ocorre a última muda, que é da pupa para o adulto. Dependendo do ambiente, alguns insetos podem sofrer diapausa, que é a interrupção do desenvolvimento em qualquer estágio dele.



Diversidades adaptativas dos insetos aquáticos

Neste vídeo, o mestre Luiz Rafael Silva da Silva aborda as adaptações dos insetos para o meio aquático, como realizam as trocas gasosas, como se locomovem, adaptações de nichos alimentares e desenvolvimento.

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



Classificação, evolução e ecologia dos principais grupos

Classificação e evolução de Hexapoda

Anteriormente, Hexapoda era composto por dois grupos: os “Apterygota” (insetos não alados) e “Pterygota” (insetos alados). Com o avanço das pesquisas filogenéticas, utilizando dados morfológicos e também moleculares, essa classificação mudou. Atualmente, os hexápodes são divididos em um grupo chamado Entognatha e a classe Insecta.

Entognatha

Entognatha não é um grupo monofilético, ou seja, seus representantes não compartilham um ancestral comum na filogenia. Neste grupo, estão os Collembola, Diplura e Protura (que um dia já foram classificados dentro de Insecta). São não alados e semelhantes aos insetos, e as peças bucais são dispostas dentro da cavidade cefálica. Essa característica é que dá o nome Entognatha ao grupo.

Classe Insecta

A classe Insecta (Ectognatha) apresenta dois grupos irmãos (ou seja, dois grupos filogeneticamente próximos, parecidos e que compartilham o mesmo ancestral). Esses dois grupos são os Archaeognatha, que inclui uma pequena ordem de inseto; e o outro, que engloba todas as outras ordens. A diferença entre os dois grupos se encontra na mandíbula. O primeiro, **monocondilia**, é caracterizado pela mandíbula apresentar um único ponto de articulação com a região posterior da cabeça. Por sua vez, o segundo, **dicondilia** inclui os insetos cujas mandíbulas têm dois pontos de articulação com a cabeça.

Em seguida, na filogenia dos insetos, temos os **Apterygota**, representados por uma única ordem (Zygentoma), que são insetos que não desenvolveram asas, e os **Pterygota**, insetos que desenvolveram asas. As asas são as responsáveis pelo sucesso adaptativo dos insetos, facilitando a locomoção, a dispersão, os mecanismos de defesa contra predadores e de caça para alimentação, entre outros benefícios. Não é à toa que encontramos em Pterygota a maior diversidade de insetos.

Saiba mais

O grupo está dividido **Paleoptera** (que significa “asas antigas”) e **Neoptera** (“asas novas”). Os insetos que representam o primeiro grupo, mais basal na filogenia dos insetos, compartilham uma condição ancestral comum: a incapacidade de dobrar as asas sobre o corpo. Essa condição limitante deve-se às placas fundidas na base das asas. Os paleópteros apresentam somente duas placas fundidas, enquanto na base das asas dos neópteros, essas placas sofreram alterações e divisões que permitiram maior mobilidade e, conseqüentemente, a condição de repousar as asas sobre o corpo.

Há muitas discussões acerca do relacionamento interno dos grupos de Insecta, inclusive nomenclaturais. Muitos entomólogos discordam de alguns grupos formados, outros seguem um ou outro arranjo filogenético. Por conta disso, vamos filtrar as principais características e grupos mais importantes para o nosso estudo.

Podemos identificar três grupos de Neoptera:

Polyneoptera

É o grupo de insetos com peças mastigadoras e de desenvolvimento incompleto.

Acercaria ou Paraneoptera

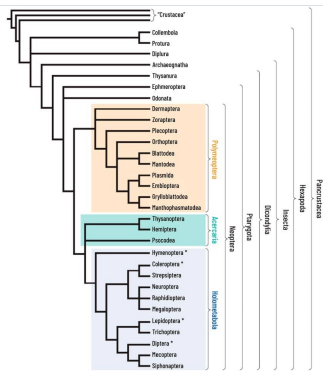
Em sua maioria, apresentam as peças bucais sugadoras também com desenvolvimento incompleto.

Holometabola

No próximo tópico, vamos abordar as principais ordens da classe Insecta. Mas, antes, vamos conhecer as três pequenas ordens basais do subfilo Hexapoda que, por muito tempo, os pesquisadores consideravam inseridos dentro de Insecta.



Vejam na imagem a seguir Filogenia de Hexapoda. Notem os grupamentos do lado direito:



Por se tratar do grupo mais diverso do planeta, vamos abordar aqui as características principais de alguns grupos mais importantes de Hexapoda.

Primeiramente, temos na base da filogenia os **Entognatos**, que consistem em três pequenas ordens de artrópodes diminutos: Collembola, Diplura e Protura.



Representante da ordem Collembola.



Representante da ordem Protura.



Representante da ordem Diplura.

Todos os representantes desse grupo habitam o húmus úmido do sedimento. Muitas espécies são cegas e outras apresentam olhos rudimentares. Os colêmbolos apresentam um processo no terceiro segmento abdominal chamado retináculo e um apêndice em forma de cauda no quarto ou no quinto segmento abdominal chamado fúrcula. O retináculo faz com que a fúrcula fique retraída sob o abdômen, enquanto o animal está em repouso. Quando essas duas estruturas se separam, o mecanismo é acionado e a fúrcula se abre para baixo, fazendo com que o animal seja jogado para o alto. Esse movimento é usado muitas vezes para fugir de predadores.

Paleoptera

O grupo **Paleoptera** é composto pelas ordens Ephemeroptera e Odonata (as chamadas libélulas). O monofilismo desse grupamento é muito discutido e ainda hoje existem controvérsias. Associados ao

ambiente de água doce, são insetos que apresentam fases larvais aquáticas e adultos aéreos. Os adultos de Ephemeroptera apresentam o corpo alongado com duas asas bem desenvolvidas e no final do abdômen possuem de 2 a 3 apêndices caudais filiformes. O aparelho bucal é vestigial, e os adultos se desenvolvem somente para reprodução e, então, morrem. As libélulas são predadoras, têm olhos compostos e asas bem desenvolvidas, e possuem um corpo alongado. Suas larvas também são predadoras e possuem aparelho bucal altamente modificado para predação de tocaia. Ambos insetos são hemimetábolos.



Representante de Paleoptera: Ephemeroptera.



Representante de Paleoptera: Odonata.

Polyneoptera

No grupo Polyneoptera, encontram-se grupos de insetos muito diversificados morfologicamente, mas que, no geral, apresentam aparelho bucal mastigador, antenas filiformes alongadas e desenvolvimento hemimetábolo. Alguns são pouco conhecidos, como os da ordem Embioptera e Zoraptera, e alguns muito conhecidos, como os Orthoptera, que é a ordem dos gafanhotos, grilos e esperanças. Outra ordem conhecida é a das baratas e cupins (Blattodea), dos louva-a-deus (Mantodea) e dos bichos-paus (Phasmida).

Orthoptera

Em Orthoptera, temos mais de 23 mil espécies conhecidas. As asas anteriores são geralmente coriáceas (mais espessas) e em algumas espécies são modificadas para estridulação. O ovipositor é alongado, e os cercos dos machos são bem definidos. A

estridulação dos gafanhotos é feita por meio da fricção das asas coriáceas umas nas outras ou da fricção de uma crista de cerdas localizada no fêmur das pernas posteriores, nas asas.



Phasmida

Os bichos-paus (ordem Phasmida) apresentam o corpo alongado, asas anteriores ausentes ou coriáceas pequenas ou alongadas, asas posteriores ausentes ou reduzidas e coriáceas ou em forma de leque. São herbívoros, assim como a maioria dos ortópteros. Sua principal característica é realizar o mimetismo: esses animais se assemelham a galhos, folhas e cascas de árvores, passando despercebidos por seus predadores.



Mantodea

Em Mantodea, temos o primeiro par de pernas raptorial, que é superespecializado para predação, golpeando suas presas com uma espécie de soco. Na imagem, vemos o louva-a-deus, representante desta ordem.



Blattodea

Por fim, entre os insetos mais característicos do grupo Polyneoptera, temos as baratas e os cupins (ordem Blattodea). As baratas apresentam geralmente o corpo achatado, pronoto grande com borda expandida sobre a cabeça, as asas anteriores são coriáceas e as posteriores, membranosas, semelhantes a um leque. O ovipositor é reduzido e os cercos são multiarticulados. Os ovos são depositados em uma espécie de envoltório chamado de ooteca. Os cupins apresentam o corpo delgado, ambos os pares de asas são membranosas e apresentam em sua base uma linha de quebra que pode se destacar. O polimorfismo nos cupins é muito acentuado.



Os cupins são insetos sociais com três tipos bem definidos de castas. Conheça a seguir:

Operários

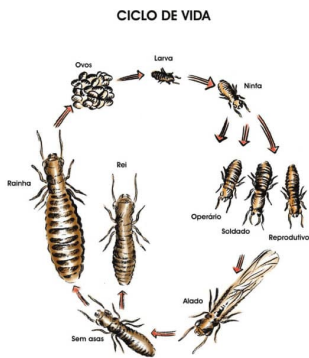
Estéreis e cegos. Sua função é construir o ninho e cuidar dos membros das outras castas.

Soldados

Também cegos e estéreis. Sua função é defender o cupinzeiro. Apresentam mandíbulas muito fortes.

Reis e Rainha

Reis são cupins alados que perderam suas asas. São reprodutores e sua função é originar todos os membros da sociedade.



Representação morfológica das castas e do ciclo de vida dos cupins.

Acercaria

Em **Acercaria**, encontramos os insetos que, em geral, apresentam aparelho sugador e peças bucais alongadas em forma de estilete. Nesses insetos, o **cibário** é fortemente ampliado, formando uma bomba de sucção usada para alimentação. As asas, quando presentes, apresentam poucas veias. São insetos com desenvolvimento hemimetábolo. Algumas espécies têm importância econômica, pois são grandes predadoras de plantações, e podem transmitir fungos e vírus para as plantas, o que as tornam pragas agrícolas. Alguns desenvolveram o parasitismo, como os piolhos.

ibário

É a cavidade formada entre a hipofaringe e o labro modificado nos insetos hemipteroide.

Hemiptera

A ordem mais diversa e conhecida é a ordem Hemiptera. Os integrantes dessa ordem mais conhecidos são os percevejos, barbeiros, cigarras, soldadinhos e pulgões. São insetos que apresentam adaptações morfológicas e estilos de vida muito diversos. Suas asas anteriores podem ser membranosas ou coriáceas em sua base distal, e as asas posteriores são membranosas.

Saiba mais

Alguns têm grande importância médica, como os barbeiros triatomíneos, que são os transportadores do protozoário *Trypanosoma cruzi*, transmissor da doença de Chagas. Outros são usados largamente na indústria alimentícia, como as cochonilhas, que produzem o corpo ácido carmínico, de onde é extraído o carmim, um corante vermelho muito utilizado para tingir não só alimentos, mas também produtos cosméticos.

Algumas famílias de Hemiptera são predadoras. Normalmente, estão associadas a ambientes aquáticos e predam larvas de outros insetos, pequenos invertebrados e até mesmo vertebrados, como relatado em alguns casos com barata-d'água, que, apesar de ser chamada de barata, é um percevejo da família Belostomatidae.

Holometabola

Agora chegamos às ordens que apresentam desenvolvimento holometábolo. Vamos abordar as ordens mais diversas como Coleoptera (besouros), Diptera (moscas e mosquitos) Hymenoptera (vespas, abelhas e formigas) e Lepidoptera (mariposas e borboletas). Dentre as mais diversas ordens, a ordem Siphonaptera (constituída por pulgas) e outras pequenas ordens de insetos pouco conhecidas também estão incluídas em Holometabola.

Além do holometabolismo, esse grupo apresenta brotos alares internos no estágio de larva. Vale lembrar que os insetos hemimetábolos desenvolvem os brotos alares externos ao corpo. Os insetos desse grupo também apresentam uma grande radiação adaptativa, ocupando diferentes nichos ecológicos e apresentando diversas adaptações morfológicas para suas sobrevivências.

Vamos apresentar algumas delas.

Coleoptera



Coleoptera (observem os élitros abertos e as asas posteriores membranosas).

Coleoptera é a maior ordem de insetos do mundo, com mais de 400 mil espécies descritas. Normalmente, o corpo dos besouros é rígido, as asas anteriores são rígidas e chamadas de élitros, as asas posteriores são membranosas. Quando não estão voando, eles guardam as asas posteriores abaixo dos élitros. As peças bucais são mastigadoras. Podem medir de 0.5mm a 20cm. Suas pernas, em geral, são adaptadas para caminhar, mas para algumas espécies aquáticas, são usadas como remos para natação. São muito bem adaptados em qualquer ambiente, os aquáticos ocorrem em água doce, como rios, lagos, brejos.

Diptera

As moscas e os mosquitos (ordem Diptera) compreendem cerca de 135 mil espécies, atualmente. Algumas características bem marcantes dessa ordem são: a forma das asas posteriores que são modificadas em halteres (usados para o equilíbrio do voo), as asas anteriores são membranosas e possuem poucas veias.

Apresentam olhos compostos bem desenvolvidos, peças bucais adaptadas para sugar. As espécies sugadoras de sangue têm o aparelho bucal picador. Também têm importância médica, pois são vetores de doenças como febre amarela, dengue e zika.



Diptera (veja nessa imagem a asa posterior modificada em haltere).

Hymenoptera

A ordem Hymenoptera tem 115 mil espécies descritas. É o grupo das formigas, abelhas e vespas. Os representantes alados dispõem de asas membranosas e com poucas veias. Em geral, o aparelho bucal é mastigador, mas existem himenópteros com aparelho bucal especializado para beber e sugar.

É importante reconhecer as subordens nas quais estão inseridas e suas características. Nesse sentido, a ordem apresenta duas subordens: Symphyta e Apocrita.

Em **Symphyta** são caracterizados os insetos que possuem a “cintura grossa”, que é uma condição ancestral da ordem. Os **Apocrita** são os himenópteros de “cintura fina”, as abelhas, vespas verdadeiras e formigas. Eles apresentam uma constrição bem definida no primeiro e segundo segmentos abdominais, formando uma cintura. Desenvolveram comunidades sociais e incluem castas bem definidas. São de grande importância ecológica e econômica, pois desempenham um papel direto na polinização e dispersão das plantas.



Hymenoptera: Apocrita (himenópteros de “cintura fina”).



Hymenoptera: Symphyta (himenópteros de “cintura grossa”).

Lepidoptera

Lepidoptera é a última ordem megadiversa que vamos ver por aqui, com 120 mil espécies descritas. São insetos bem conhecidos, compreendendo as borboletas e mariposas. Nessa ordem, identificamos diferentes tamanhos do corpo, coloração e forma das asas diversas. As asas e as pernas são cobertas por pequenas escamas.

Suas antenas apresentam diferentes formatos, mas as mais comuns são as clavadas, as filiformes e as pectinadas. As borboletas geralmente apresentam antenas longas e filiformes que terminam em um botão. Nas mariposas encontramos mais variedades de tipos de antenas. As asas das borboletas são mantidas unidas acima da cabeça quando em repouso, diferentemente das mariposas, que nunca repousam as asas dessa forma.



Lepidoptera (detalhe do aparelho bucal sugador de néctar, modificado em forma de probóscide).

Uma característica importante dessa ordem é a forma das peças bucais. As mandíbulas são vestigiais e as maxilas são alongadas, formando uma probóscide tubular, usada para sucção alimentar de néctar das flores. Algumas se alimentam de sangue animal. Os estágios larvais (as lagartas) são herbívoros. Apresentam três pares de pernas torácicas (verdadeiras) e um par de pernas falsas nos segmentos abdominais 3 a 6. Desempenha um papel ecológico muito importante, pois são grandes polinizadoras.

Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

É possível reconhecer inúmeras adaptações morfológicas dos representantes das ordens mais importantes dos insetos. Assinale qual alternativa possui uma espécie representativa de cada um dos três exemplos de ordens a seguir:

- I. Lepidoptera (do grego *lepis* = escamas, e *pteron* = asas, são insetos holometábolos, de asas membranosas, corpo e apêndices cobertos por escamas);
- II. Coleoptera (do grego *koleos* = estojo e *pteron* = asas, possui o primeiro par de asas modificado);
- III. Diptera (do grego *di* = duas e *pteron* = asas, devido às asas posteriores serem modificadas em forma de halteres e funcionarem apenas como estabilizadores de voo).

- A Borboleta, bicho-pau e formiga.
- B Mariposa, pulga e mosca da fruta.
- C Lagarta, besouro e mosquito-palha.
- D Louva-a-deus, besouro e abelha.
- E Mariposa, besouro e pulga.

Parabéns! A alternativa C está correta.

As lagartas são representantes da fase imatura das mariposas e borboletas, ordem Lepidoptera. As asas anteriores dos besouros (ordem Coleoptera) são modificadas em forma de élitro, formando um “estojo”. E por fim as moscas e os mosquitos são representantes da ordem Diptera. Todos os dípteros apresentam as asas posteriores modificadas em forma de halteres, que servem para dar equilíbrio e sustentação ao voo.

Questão 2

Os Pterygota são frequentemente divididos em dois clados, segundo a morfologia da asa. Das afirmações a seguir, identifique aquela que corretamente descreve a composição desses grupos.

- A As ordens de insetos ortopteroides são paleópteros, enquanto os hemipteroides são Neoptera.
- B Ordens basais de Apterygota apresentam morfologia alar de paleópteros.
- C A ordem Ephemeroptera é Neoptera e a Zoraptera paleópteros.
- D Todos os insetos da ordem Ephemeroptera e os gafanhotos são paleópteros.
- E A ordem Odonata é composta por paleópteros e Hemiptera por Neoptera.

Parabéns! A alternativa E está correta.

Pterygota são os insetos que apresentam asas. Desse modo, os Apterygota não podem ter morfologia alar de paleópteros, pois são insetos não alados. As ordens que compõem o grupo dos Paleoptera são Ephemeroptera e Odonata e se encontram na base da filogenia dos insetos.



3 - Subfilo Myriapoda

Ao final deste módulo, você será capaz de reconhecer os principais grupos de Myriapoda, aspectos da sua morfologia e evolução.

Características anatomofisiológicas dos Myriapoda

Caracterização dos Miriápodes

Os miriápodes são um pequeno grupo de artrópodes que muitas pessoas acreditam serem insetos. São parecidos com lagartas, porém com o corpo todo segmentado. Provavelmente você conhece alguns de seus representantes, como as lacraias e os gongolos de jardim ou piolho-de-cobra, dependendo da região do país. Ocorrem em zonas tropicais e temperadas e as espécies atuais são terrestres. Podem viver no solo, embaixo de rochas ou caminhando sobre a terra. São animais tanto detritívoros de material animal e vegetal, com grande importância na ciclagem dos nutrientes do solo, como também são predadores vorazes.

A principal característica dos miriápodes que os diferencia dos outros hexápodes e crustáceos é a segmentação do corpo. Os segmentos são semelhantes ao longo de todo o corpo do animal.

Apesar da grande esclerotização do corpo, dependem de ambientes úmidos para sobreviverem. Diferentemente dos animais apresentados anteriormente, os quais são altamente especializados, caracterizados por uma radiação adaptativa incrível, milhares de espécies e inúmeras diferenças morfológicas, a classe Myriapoda não dispõe de tantas especializações como seus parentes próximos, mas iremos pontuar algumas características únicas do grupo.

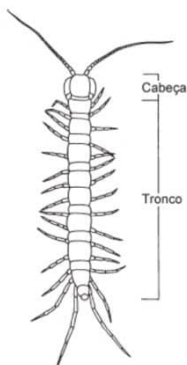
Morfologia externa

Quando você olha para um corpo de um miriápode, já consegue perceber que a segmentação do corpo é diferenciada em duas partes principais: cabeça e tronco, sendo o segundo multissegmentado. Essa é característica que une todas as classes do subfilo.

Cabeça

Em geral, a cabeça dos miriápodes dispõe de um par de antenas, mandíbulas. Em alguns grupos, as segundas maxilas são fundidas para formar um lábio ou são completamente perdidas. Em outros grupos, como nos diplópodes, as maxilas se fundem e formam o gnatoquilário, que consiste em uma aba achatada na superfície ventral da cabeça, portando quatro palpos sensoriais.

Também apresentam hipofaringe. Não possuem carapaça. A maioria apresenta ocelos simples, e nenhuma espécie dispõe de olhos compostos bem desenvolvidos.



Esquema geral do corpo dos miriápodes.

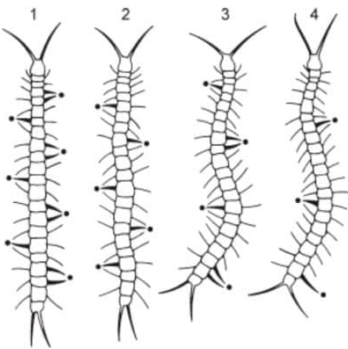
Tronco

O tronco dos miriápodes, como já vimos, é multissegmentado e portador de um par de apêndices unirremes, ou seja, não ramificados.

Fisiologia

Locomoção

Os hábitos alimentares desses animais delimitam indiretamente o movimento de locomoção.



Esquema do movimento de locomoção das centopeias (Chilopoda).

Os **milípedes**, que apresentam as pernas curtas e são detritívoros, desenvolveram uma locomoção mais lenta, caracterizada por todas as pernas tocarem o solo enquanto caminham.

Os **quilópodes**, por sua vez, são predadores e precisam se movimentar com rapidez para capturar as presas. Portanto, com suas pernas longas e movimentos mais velozes, esses animais conseguem ter sucesso em sua empreitada.

Algumas pernas dos quilópodes são ligeiramente mais longas que outras e são essas que tocam o solo para impulsionar o movimento em forma de ondas.

Alimentação

A maioria dos miriápodes são predadores. Podem se alimentar de outros invertebrados. Outros, como os paurópodes, podem se alimentar de fungos e matéria em decomposição. Os milípedes são detritívoros.

Respiração e trocas gasosas

Possuem sistema traqueal como os insetos, porém seus espiráculos não se fecham, o que torna a perda hídrica inevitável. Essa condição limita esses artrópodes a viverem em ambientes úmidos. Em geral, existe um par de espiráculos por segmento. Na maioria dos quilópodes, esses espiráculos se encontram na região pleural membranosa acima e atrás da base da perna. Em outros grupos, os espiráculos são encontrados em segmentos alternados.

Saiba mais

Os Diplopoda apresentam dois pares de espiráculos por diplossegmentos. Algumas espécies primitivas, como os paurópodes, não possuem sistema traqueal.

Excreção

Os miriápodes também apresentam túbulos de Malpighi, porém, diferentemente dos insetos que possuem essa estrutura altamente ramificada, apresentam apenas um par de túbulos no geral.

Sistema nervoso e órgãos sensoriais

Compartilham a mesma conformação nervosa dos outros artrópodes, com fusão de gânglios e um cordão nervoso ventral. Cada segmento apresenta um par de gânglios fundidos, sendo que os milípedes exclusivamente apresentam dois pares de gânglios fundidos. Os Myriapoda apresentam adaptações ao ambiente, como podemos ver a seguir:

Myriapoda

Os Myriapoda de modo geral não apresentam olhos compostos bem desenvolvidos. Para compensar isso, eles desenvolveram adaptações morfológicas para perceber o ambiente.



Cerdas táteis e órgão de Tömösváry

As antenas são ricas em cerdas táteis, e em muitas espécies há a presença do órgão de Tömösváry. Há muitas especulações sobre a função desse órgão, mas acreditam que além de perceber vibrações, podem detectar sons do ambiente.

Reprodução e desenvolvimento

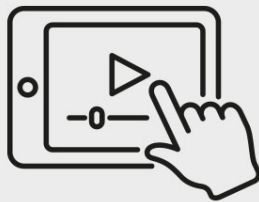
Os miriápodes são dioicos e ovíparos, mas, em algumas espécies, pode ocorrer a partenogênese. A cópula é realizada com transferência indireta de espermatozoides por meio de espermatóforos, como nos parentes aracnídeos. Apresentam desenvolvimento direto, com o juvenil eclodindo do ovo semelhante ao adulto.



Vale tudo para o acasalamento

Neste vídeo, o mestre Luiz Rafael Silva da Silva fala sobre os diferentes comportamentos reprodutivos e de acasalamento dos representantes de Myriapoda.

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



Classificação, evolução e ecologia dos principais grupos

Classificação e evolução dos Myriapoda

Dentro de Arthropoda, o subfilo Myriapoda é considerado o menor em número de espécies, com aproximadamente 16 mil espécies vivas. O registro fóssil mais antigo é do Siluriano, e acredita-se que o surgimento desse grupo se deu em ambiente aquático. Anteriormente, Myriapoda e Hexapoda eram considerados grupos irmãos. Esse grupo era chamado de Atelocerata. Eles foram unidos por diversas características como a presença dos túbulos de Malpighi, pernas unirremes, perda do segundo par de antenas e sistemas respiratórios traqueais. Porém, novas análises filogenéticas foram realizadas e concluíram que os Hexapoda se originaram de Crustacea e Myriapoda como uma linhagem de Mandibulata.

O subfilo é composto por quatro classes comprovadamente monofiléticas, sendo elas:



Chilopoda

Que são as centopeias.



Diplopoda

Inclui os milípedes.



Paupoda

Que constituem os paurópodes.



Symphyla

Inclui os sínfilos.

Características gerais, aspectos ecológicos das principais classes

Chilopoda e Diplopoda são as classes mais conhecidas, e é muito comum as pessoas confundirem os representantes de cada uma delas. A seguir, vamos pontuar suas diferenças morfológicas e comportamentais.

Classe Diplopoda (milípedes)

Conhecidos mais comumente como piolhos-de-cobra, constituem o maior grupo de miriápodes com mais de 10 mil espécies viventes. Podem chegar de 2mm até 30cm de comprimento, apresentando 90 segmentos. As pernas são curtas e posicionadas ventralmente ao corpo. Diferentes dos Chilopoda, os Diplopoda apresentam segmentos duplos (fundidos), chamados de diplossegmentos, e cada um deles porta dois pares de pernas em vez de um. O tronco, no geral, é cilíndrico, mas em algumas espécies pode ser achatado. O primeiro segmento do tronco é o colo, caracterizado pela ausência de pernas e semelhante a um colar em volta da cabeça. Também não apresentam pernas no último segmento. Os diplossegmentos 2-4 portam somente um par de pernas. Os gonóporos se abrem na região anterior do corpo.

Os milípedes apresentam uma característica interessante de defesa. Quando ameaçados, enrolam-se formando uma bola perfeita, assim como seus parentes, os isópodes. Além disso, eles têm um papel importante na formação do solo, trabalhando no processo de decomposição de matéria animal e vegetal e na ciclagem dos nutrientes. São herbívoros e se alimentam de material em decomposição.

Para compensar a falta de olhos, os piolhos-de-cobra possuem estruturas fotorreceptoras no tegumento, pelos táteis e projeções cônicas presentes nas antenas permitem o animal sentir o ambiente através de quimiorreceptores. Também na cabeça, na base das antenas, possuem um órgão chamado órgão de Tömösváry. Esse órgão tem a função de detecção de vibrações ambientais e monitoramento de umidade. Observando um diplópode caminhando no solo, percebe-se que ele está sempre tateando o substrato com as antenas.

Atenção!

Algumas espécies apresentam uma glândula repugnatória que secreta toxinas, podendo causar queimaduras. A maioria das espécies tem o corpo negro e em tons de marrom, mas as espécies que apresentam essa glândula são aposemáticas, ou seja, exibem coloração chamativa para avisar os predadores de sua toxicidade.

No processo da cópula, o macho se estica contra o corpo da fêmea, segurando seu corpo, como um abraço. A cópula é indireta. A fecundação ocorre quando a fêmea deposita seus ovos. Existem muitos comportamentos de postura de ovos:

Postura de ovos

Algumas espécies depositam seus ovos no solo em forma de cachos, outras produzem uma espécie de cápsula e depositam um ovo por vez. Outras espécies podem construir ninhos.

Desenvolvimento

O desenvolvimento é anamórfico, e os juvenis eclodem com apenas três segmentos com três pares de pernas. Os outros segmentos vão sendo acrescentados a cada muda. Mesmo depois de alcançar a maturidade sexual, continua realizando muda.

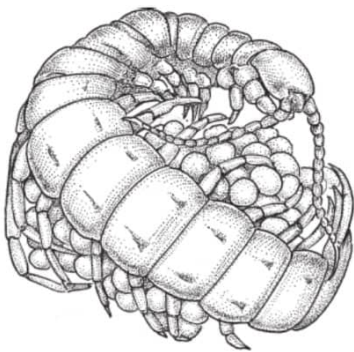
Classe Chilopda (centopeias, lacraias)

O nome comum “centopeia” refere-se ao número de pernas que esses animais possuem; mas, apesar do nome, elas raramente chegam a possuir uma centena de pernas. A maior de todas pode atingir 191 pares de

pernas. Atualmente, são descritas 3300 espécies viventes e são os maiores representantes dos miriápodes. Cada segmento do tronco apresenta um par de apêndices. O primeiro par é modificado em uma garra de veneno, chamada forcípula. Os últimos pares de apêndices portam os gonóporos. As pernas se articulam lateralmente ao corpo, fazendo com que o animal fique mais próximo ao solo. Também apresentam órgão de Tömösváry e estruturas quimiorreceptoras.

Ao contrário dos parentes milípedes, apresentam comportamento agressivo de ataque, são predadoras e também podem causar uma picada dolorosa, porém não existem relatos de morte humana por picada de centopeia.

Há ainda comportamento de corte dos machos diferente para cada espécie. Os dois indivíduos, macho e fêmea, tocam seus apêndices posteriores com suas antenas, movendo-se em círculos. No geral, a fêmea incuba seus ovos se enrolando ao redor deles e só sai dessa posição até os juvenis eclodirem.



Representante de um quilópode (lacaia) protegendo os ovos.

São reconhecidos dois tipos de desenvolvimento dentro da classe:

Epimórfico

Quando os juvenis eclodem com o mesmo número de segmentos dos adultos.

Anamórficos

Quando os juvenis eclodem com número reduzido e, na medida em que crescem, vão adquirindo segmentos.

Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

Para entender melhor a classificação dos grupos de Arthropoda, é importante pontuar as características morfológicas que, ao longo do tempo, foram consideradas únicas e davam aos táxons

status de grupos irmãos (filogeneticamente relacionados). No passado, os Myriapoda eram considerados grupo irmão de Hexapoda. Marque a alternativa que apresenta a principal característica que unia esses dois grupos:

- A Corpo dividido por cabeça e tronco.
- B Comportamento de corte.
- C Glândulas de veneno.
- D Pernas birremes.
- E Túbulos de Malpighi.

Parabéns! A alternativa E está correta.

O grupo Atelocerata foi por muito tempo discutido nos estudos filogenéticos. Myriapoda e Hexapoda compartilham características que os pesquisadores acharam que eram sinapomorfias que uniam os dois táxons, e uma delas era o túbulo de Malpighi. Com análises mais avançadas, hoje em dia acreditam que essas características surgiram por evolução convergente ou paralela e os insetos teriam um ancestral em Crustacea.

Questão 2

Os representantes mais comuns da classe Myriapoda são muitas vezes confundidos pela maioria das pessoas, embora eles apresentem características morfológicas bem distintas entre si. Quais são as características morfológicas que separam os organismos das duas classes mais importantes de Myriapoda?

- A Pernas unirremes e maxilas fundidas em um lábio.

- B Corpo com grande segmentação e peças bucais dispostas ventralmente.
- C Inserção das pernas, posição dos gonóporos.
- D Olhos rudimentares e órgão de Tömösváry.
- E Túbulos de Malpighi e duas pernas inseridas por segmento.

Parabéns! A alternativa C está correta.

As pernas dos quilópodes são inseridas lateralmente ao corpo na região pleural do corpo do animal, enquanto nos milípedes (classe Diplopoda), as pernas estão inseridas ventralmente. Os gonóporos dos milípedes abrem-se na região anterior ao corpo, e o dos quelípedes, na região posterior.

Considerações finais

Ao final desses três módulos, passamos pelos principais táxons dos subfilos abordados, vimos as principais características gerais e únicas de cada táxon.

Vimos que os crustáceos, além de dominarem os mares com sua diversidade de formas, tamanhos e especializações, também dominam em abundância, ultrapassando a biomassa de mais de toneladas. Falamos sobre as principais classes e suas principais características: Ostracoda, Copepoda, Thecostraca e Malacostraca.

No módulo 2, abordamos aspectos gerais da morfologia de um inseto, vimos que nem todo Hexapoda é inseto, como os entognatos. Exploramos os aspectos dos principais grupos e levantamos as principais características morfológicas e particularidades das principais ordens de insetos.

E por fim, concluímos com os Myriapoda, um pequeno grupo de artrópodes que muitas pessoas acreditam que sejam insetos. Vimos as duas classes principais: Chilopoda e Diplopoda. Diferenciamos os dois táxons

morfologicamente e suas particularidades.

Agora você é capaz de ter uma visão geral dos principais táxons de Arthropoda, identificar as principais características e adaptações ao meio nos quais esses organismos estão estabelecidos. Para obter um aprofundamento completo, busque informações nos livros textos de referências e na seção Explore+.



Podcast

Neste podcast, o mestre Luiz Rafael Silva da Silva aborda um resumo do relacionamento filogenético entre os subfilos Crustacea, Hexapoda e Myriapoda.

Para ouvir o *áudio*, acesse a versão online deste conteúdo.



Referências

AHYONG, S. T. *et al.* 2011. **Subphylum Crustacea Brünnich**, 1772. pp. 164–191 in, A.-Q. Zhang (ed.), Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. Zootaxa 3148.

BRUSCA, C. R.; MOORE, W.; SHUSTER, S. M. **Invertebrados**. 3. ed. São Paulo: Saraiva Academic Press, 2018.

CHAPMAN, R. F. **The insects structure and function**. 4. ed. University Press, Cambridge, 1998.

ELIS, A. E.; OAKLEY, T. H. **High rates of species accumulation in animals with bioluminescent courtship displays**. Current Biology, v. 26, p. 1916–1921, July 25, 2016.

FERREIRA JUNIOR, N.; PAIVA, P. C. **Introdução à zoologia**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2010. v. 3, p. 124. Consultado na internet em 10 out. 2021.

GRIMALDI, D.; ENGEL, M. S. **Evolution of insects**. Nova Iorque: Cambridge University Press, 2005.

HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; KEEN, S. L. **Princípios integrados de zoologia**. 16. ed. São Paulo:Grupo Gen-Guanabara Koogan, 2016.

MARTIN, J. W.; OLESEN, J. HOEG, J. T (eds.). **Atlas of crustacean larvae**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2014.

MIGOTTO, A. E. **Ostracod**. Cifonauta image database. Consultado na internet em 22 nov. 2021.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**: uma abordagem funcional-evolutiva. São Paulo: Roca, 2005. p. 659-840.

Explore +

Leia:

- O artigo: WHEELER, W.C; WHITING, M; WHEELER, Q.D. e CARPENTER, J.M. **The phylogeny of the extant hexapod orders**. Cladistics 17, 113–169 (2001). doi: 10.1006/clad.2000.0147.

Assista:

- Ao documentário **Life of insects**, de David Attenborough, em *Life in the undergrowth*, da BBC.
- Ao vídeo **The shrimp with a kick!**, de Sheila Patek.
- Ao vídeo **Pesquisador brasileiro estuda o comportamento das formigas cortadeiras...**, no canal da TV Cultura no YouTube, de Luiz Carlo Forti.