

## **Texto Base: Aula 18**

### **Linhagens de Organismos Metazoários 2**

João Miguel de Matos Nogueira

#### **1. Introdução**

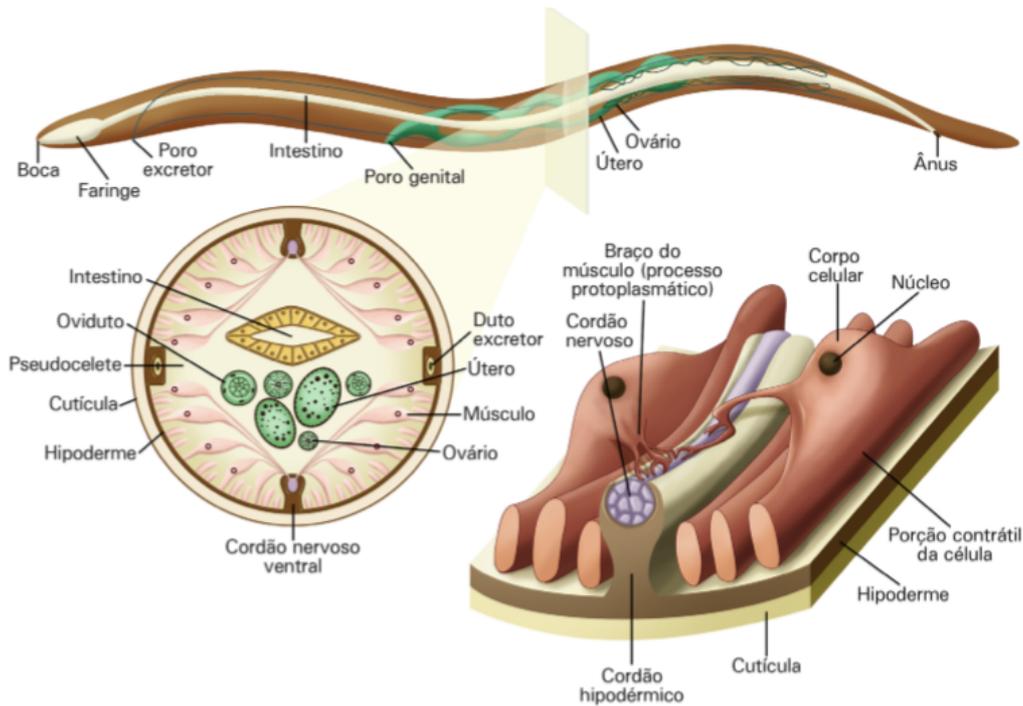
Até a década de 1990, considerava-se que anelídeos e artrópodes fossem grupos muito próximos filogeneticamente, unidos num táxon chamado Articulata, caracterizado pela presença de metameria. Entretanto, as filogenias moleculares vieram desmentir esta hipótese, sugerindo que os anelídeos são lofotrocozoários, próximos filogeneticamente a moluscos, enquanto os artrópodes são “aparentados” com nematódeos e diversos outros filos onde há troca de cutícula em pelo menos alguma fase da vida, um táxon conhecido como Ecdysozoa.

#### **2. Filo Nematoda**

Os nematódeos são animais extremamente abundantes no solo e em sedimentos aquáticos, marinhos e de água doce, de importância fundamental para a reciclagem de nutrientes. Muitas formas são exclusivamente de vida livre, mas a maioria dos nematódeos é parasita em pelo menos alguma fase do ciclo de vida. Dentre estes, encontramos um grande número de parasitas de humanos, como as lombrigas, as filárias, e ancilostomídeos, causadores respectivamente das doenças ascariíase, filariose e amarelão.

Apesar de não haver muitas espécies descritas de nematódeos, diversos autores defendem que este grupo seja tão diversificado quanto os artrópodes, dada a imensa diversidade observada em vários estudos, mas ainda por descrever formalmente. Assim, especula-se que este filo possa ter alguns milhões de espécies.

Os nematódeos são vermes cilíndricos, triblásticos, com cutícula espessa e altamente flexível. Há uma ampla cavidade interna, revestida de um lado pela musculatura longitudinal e do outro, pelo epitélio intestinal. Embora a musculatura seja de origem mesodérmica, não há um peritônio, enquanto do outro lado, o epitélio intestinal é de origem endodérmica (Figura 10). Isto caracteriza um pseudoceloma, mas dada a posição destes animais na escala filogenética, considera-se atualmente que este tipo de cavidade seja derivada secundariamente de formas com celoma verdadeiro. O trato digestivo de nematodeos é completo e não há sistema circulatório, sendo esta função desempenhada pelo fluido pseudocelomático.



**Figura 10.** Anatomia de um nematódeo fêmea (*Ascaris*). **a.** Vista lateral dos órgãos internos. **b.** Corte transversal. **c.** Detalhe da parede do corpo. / Fonte: modificado de Hickman et al., 2004

Neste filo as células nervosas não apresentam extensões até a musculatura, como em todos os demais filos animais. Ao invés disto, as fibras musculares é que emitem prolongamentos até os cordões nervosos longitudinais dorsal ou ventral, os processos mioelasmáticos (Figura 10). A única musculatura presente é a longitudinal, que atua contra o fluido encerrado no pseudoceloma (esqueleto hidrostático). A força antagônica é dada pela elasticidade da cutícula, de maneira que os nematódeos se locomovem entre os grânulos do sedimento “chicoteando”, o que é conhecido como movimentos coleantes.

Não ocorre reprodução assexuada no grupo. A maioria dos nematódeos é dioica, frequentemente com dimorfismo sexual entre machos e fêmeas, a fecundação é interna e o desenvolvimento é indireto. As formas parasitas podem apresentar hospedeiros intermediários.

### 3. Filo Arthropoda

Os artrópodes constituem o maior filo animal conhecido, com cerca de um milhão de espécies formalmente descritas. São animais triblásticos, simétricos bilateralmente e celomados, embora o celoma regrida muito no decorrer da ontogenia e, nos adultos, esteja presente apenas nos sistemas excretor e reprodutor.

As principais características deste filo são a presença de apêndices articulados, de onde vem o nome do grupo (Arthron = articulação, “poda” = pés), e de um exoesqueleto quitinoso recobrendo todo o corpo.

A presença deste exoesqueleto envolvendo o corpo como uma armadura, com partes articuladas entre si, encontra-se associada a um arranjo muscular totalmente diferente dos demais grupos de invertebrados, sem as típicas musculaturas circular e longitudinal, mas com pequenos feixes musculares inseridos em projeções do exoesqueleto para o interior do corpo, os apódemas, de maneira a articular placas do exoesqueleto entre si. Desta forma, os artrópodes abandonaram os típicos movimentos peristálticos de muitos invertebrados e passaram a caminhar sobre pernas.

O trato digestivo é completo, os modos de respiração e excreção variam entre as classes, e o sistema circulatório é aberto. Um coração tubular encontra-se no interior de um seio pericárdico. O coração é perfurado por óstios laterais, e a hemolinfa penetra no coração pelos óstios, e o deixa por uma curta aorta, através dos movimentos de sístole e diástole deste, no interior de um seio pericárdico cheio de hemolinfa. A aorta termina em uma ampla hemocela banhando diretamente os tecidos; a circulação da hemolinfa depende em grande parte dos movimentos corporais, pela contração da musculatura da parede do corpo.

A nova arquitetura corporal também possibilitou a divisão do corpo em regiões, os chamados tagmas, que representam fusões dos segmentos. O corpo pode apresentar três tagmas bem diferenciados, cabeça, tórax e abdômen, como em insetos, ou alguns tagmas se fundem, como a cabeça e o tórax, num cefalotórax, típico de quelicerados e também de muitos crustáceos, ou o tórax e o abdômen se unem num tronco indiferenciado, como em miriápodes.

Por outro lado, embora confira uma proteção muito mais efetiva a estes animais e lhes permita todo um novo hábito de vida, pela locomoção muito mais rápida e eficiente, a presença de um exoesqueleto encapsulando o corpo impede o crescimento. Assim, o crescimento depende obrigatoriamente de trocas de esqueletos menores (antigos) por maiores (novos), um processo chamado ecdise, sob o controle hormonal através da ecdisona. No processo de pré-muda, a epiderme começa a produzir um novo exoesqueleto, enquanto também secreta um fluido com enzimas que digerem a base do esqueleto antigo; sendo maior do que aquele, o esqueleto em formação deve ser bastante flexível e permanecer dobrado ou pregueado, enquanto dentro do antigo. No período de muda, o animal incha o corpo, através de ingestão de água ou ar, dependendo do ambiente, e rompe o exoesqueleto antigo nas linhas de sutura, que são regiões pré-determinadas de exoesqueleto mais fino. Na pós-muda, o animal se desprende do esqueleto antigo e continua inchando o corpo de maneira a esticar completamente o novo esqueleto, o que causa o enrijecimento do mesmo; também pode ocorrer a adição de cálcio ao exoesqueleto durante este processo, como em crustáceos. Finalmente, após o endurecimento do novo esqueleto, o animal desincha o corpo eliminando o ar

ou a água anteriormente absorvidos, de maneira a que formar um espaço entre o corpo e o novo esqueleto, que permitirá o crescimento efetivo dos tecidos.

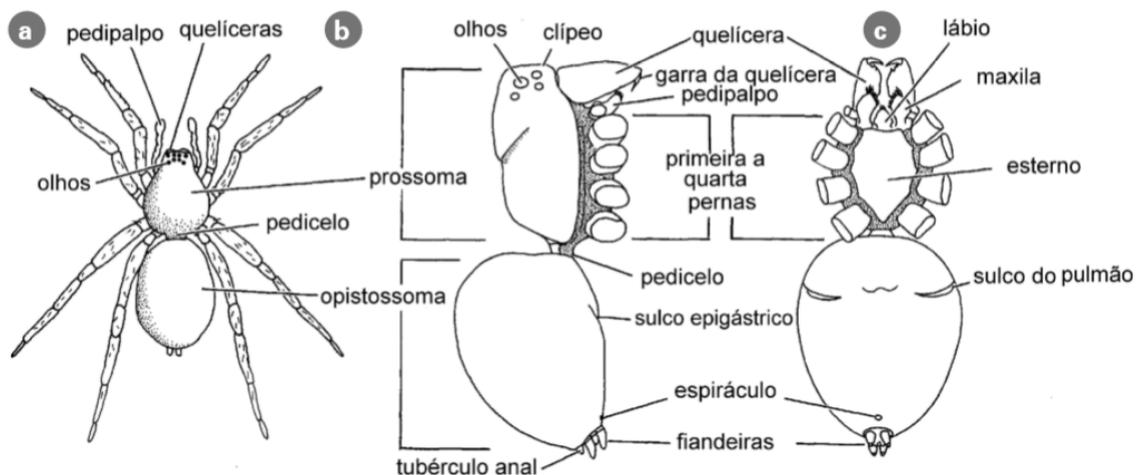
São animais geralmente com ampla capacidade de regeneração corporal, mas não a utilizando para reprodução. São dioicos, com fecundação interna ou externa, e desenvolvimento indireto em crustáceos e insetos, ou direto em quelicerados e miriápodes.

Os artrópodes são divididos em quatro classes, muitas vezes tratadas como subfilos, Chelicerata, Crustacea, Myriapoda e Insecta. Embora haja uma certa polêmica sobre este assunto, a maioria dos cientistas considera Chelicerata o grupo mais basal, e crustáceos, miriápodes e insetos mais proximamente relacionados. Há ainda a classe Trilobita, totalmente extinta, mas fundamental para se entender a arquitetura corporal basal dos animais deste filo e estudar a evolução de suas linhagens ao longo do tempo.

### 3a. Classe Chelicerata

Os quelicerados incluem as populares aranhas, escorpiões e ácaros, bem como diversos outros grupos menos conhecidos popularmente, incluindo formas marinhas como os límulos e as aranhas-do-mar.

O corpo de quelicerados é dividido em cefalotórax e abdômen, não há antenas e os apêndices do cefalotórax consistem em um par de quelíceras, um par de pedipalpos e quatro pares de pernas. Os apêndices abdominais de quelicerados são reduzidos, ausentes em alguns segmentos, representados por pulmões foliáceos e fiandeiras quando presentes (Figura 11), exceto nos límulos, que apresentam apêndices abdominais conspícuos, como brânquias lamelares.



**Figura 11.** Morfologia de uma aranha generalizada. **a.** Vista dorsal. **b.** Vista lateral. **c.** Vista ventral. Em **b** e **c** as pernas foram omitidas, com exceção das coxas. / Fonte: modificado de Brusca; Brusca, 2007.

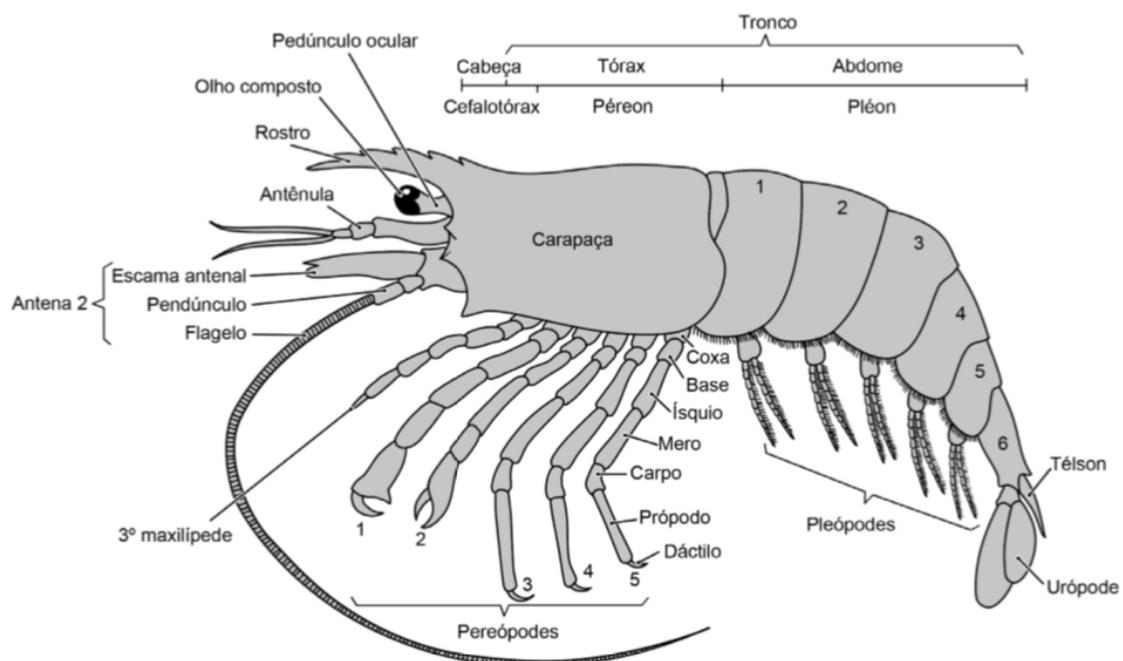
Nas formas terrestres, as trocas gasosas ocorrem por meio de pulmões foliáceos, que são apêndices de 1-2 segmentos abdominais modificados, internalizados, na forma de câmaras com lamelas onde o ar e a hemolinfa se

encontram em íntimo contato. Algumas formas apresentam pseudotraqueias, que são aberturas na superfície do corpo ramificando-se em elaborados sistemas de canais, terminando na hemolinfa. Os nefrídios de aracnídeos concentram-se em glândulas coxais, nas coxas de alguns pares de pernas.

### 3b. Classe Crustacea

Os crustáceos são animais bastante conhecidos, representados pelos camarões, caranguejos e tantos outros animais quase exclusivamente aquáticos. O grupo apresenta imensa variabilidade morfológica e de tamanho, desde diminutas formas quase microscópicas do zooplâncton, a caranguejos com alguns metros de envergadura das pernas.

Crustáceos possuem cabeça com dois pares de antenas, um par de mandíbulas e dois pares de maxilas. A tagmose é muito variável no grupo, mas a maioria dos crustáceos apresenta o corpo dividido em cefalotórax e abdômen, tem cinco pares de pernas torácicas (pereópodes) e apêndices em todos os segmentos abdominais (pleópodes) (Figura 12).



**Figura 12.** Morfologia de um camarão. / Fonte: modificado de Ruppert; Fox; Barnes, 2005.

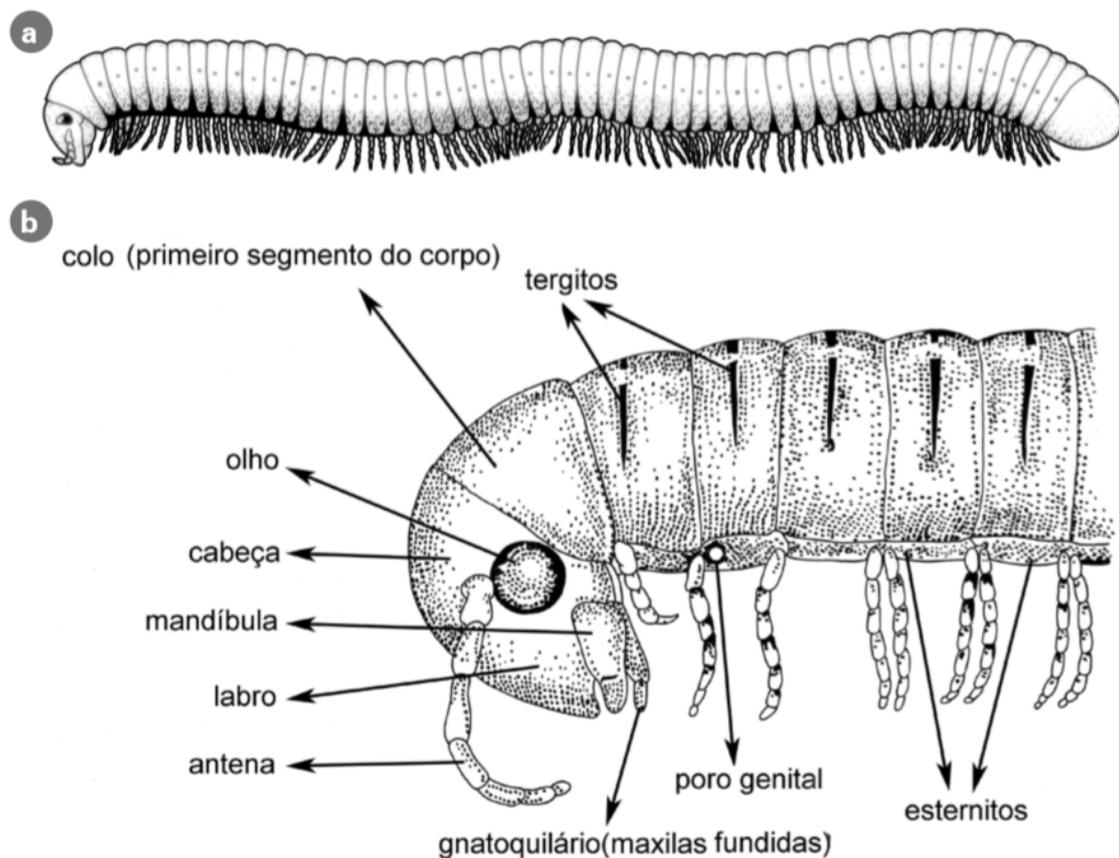
A excreção e a osmorregulação ocorrem por difusão nas formas menores, e se devem a nefrídios modificados na base das antenas (glândulas antenais), ou das maxilas (glândulas maxilares), nas formas de maior tamanho. As trocas gasosas também ocorrem por difusão nas formas menores, enquanto as demais apresentam brânquias formadas a partir de parte modificada dos apêndices torácicos e/ou abdominais. Tais brânquias são áreas intensamente ramificadas, com exoesqueleto muito mais fino, permitindo íntimo contato entre a hemolinfa e a água do mar. O tatuzinho-de-jardim, representante terrestre de

crustáceos, apresenta pseudotraqueias semelhantes às de quelicerados, mas não homólogas.

Os crustáceos são animais dioicos, frequentemente com algum dimorfismo sexual, fecundação geralmente externa e desenvolvimento indireto, com diversos estágios larvais, incluindo o típico náuplio. Alguns crustáceos diminutos apresentam elaborados ciclos de vida. É comum a partenogênese e há muitos casos onde machos nunca foram observados; em outros, as populações reproduzem-se normalmente por partenogênese, mas formam machos e realizam fecundação cruzada, produzindo ovos de resistência, sob condições adversas, como congelamento no inverno, ou ressecamento na estação seca, em rios temporários.

### 3c. Classe Myriapoda

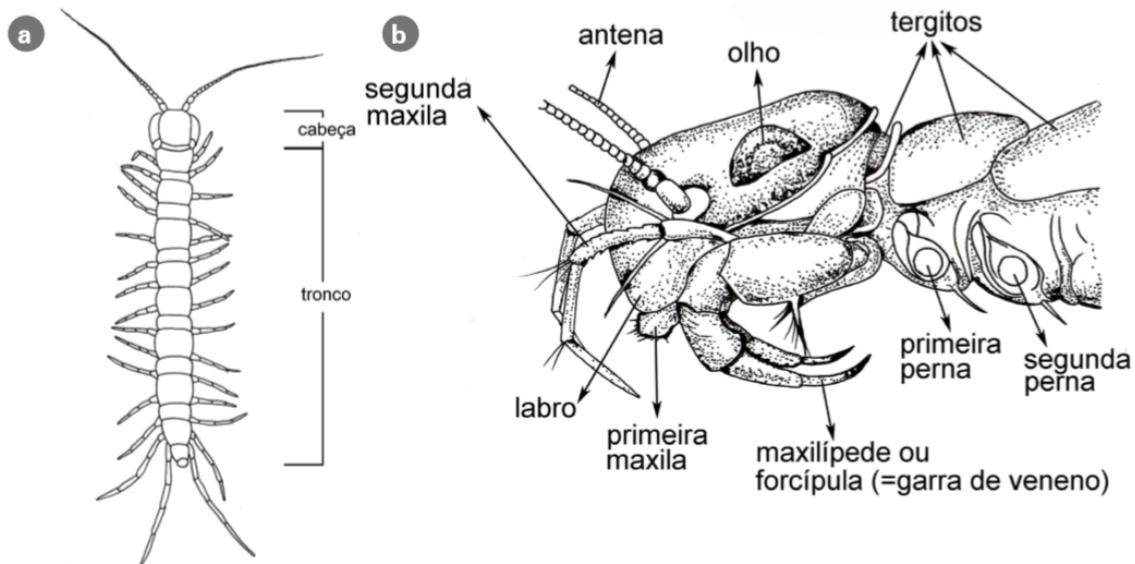
Os miriápodes correspondem a quatro grupos de animais, dos quais os mais conhecidos popularmente são os piolhos-de-cobra ou milípedes (Diplopoda), e as lacraias ou centopeias (Chilopoda).



**Figura 13.** Diplopoda. **a.** Vista lateral de um piolho-de-cobra. **b.** Vista lateral da extremidade anterior de um piolho-de-cobra. / Fonte: modificado de **a.** Ruppert; Fox; Barnes, 2005. **b.** Brusca; Brusca, 2007.

A cabeça de miriápodes tem um par de antenas, um par de mandíbulas e 1-2 pares de maxilas. À cabeça de miriápodes segue-se um tronco uniforme, sem diferenciação entre tórax e abdômen, e com um par de pernas por

segmento, exceto nos diplópodes, que possuem diplossegmentos com dois pares de pernas cada, exceto pelos primeiros segmentos do tronco (Figura 13). Por outro, nas lacraias os apêndices do primeiro segmento do tronco formam potentes garras para inoculação de veneno, as forcípulas (Figura 14).



**Figura 14.** Chilopoda. **a.** Vista dorsal de uma centopeia. **b.** Vista lateral da extremidade anterior de uma centopeia. / Fonte: modificado de Brusca; Brusca, 2007.

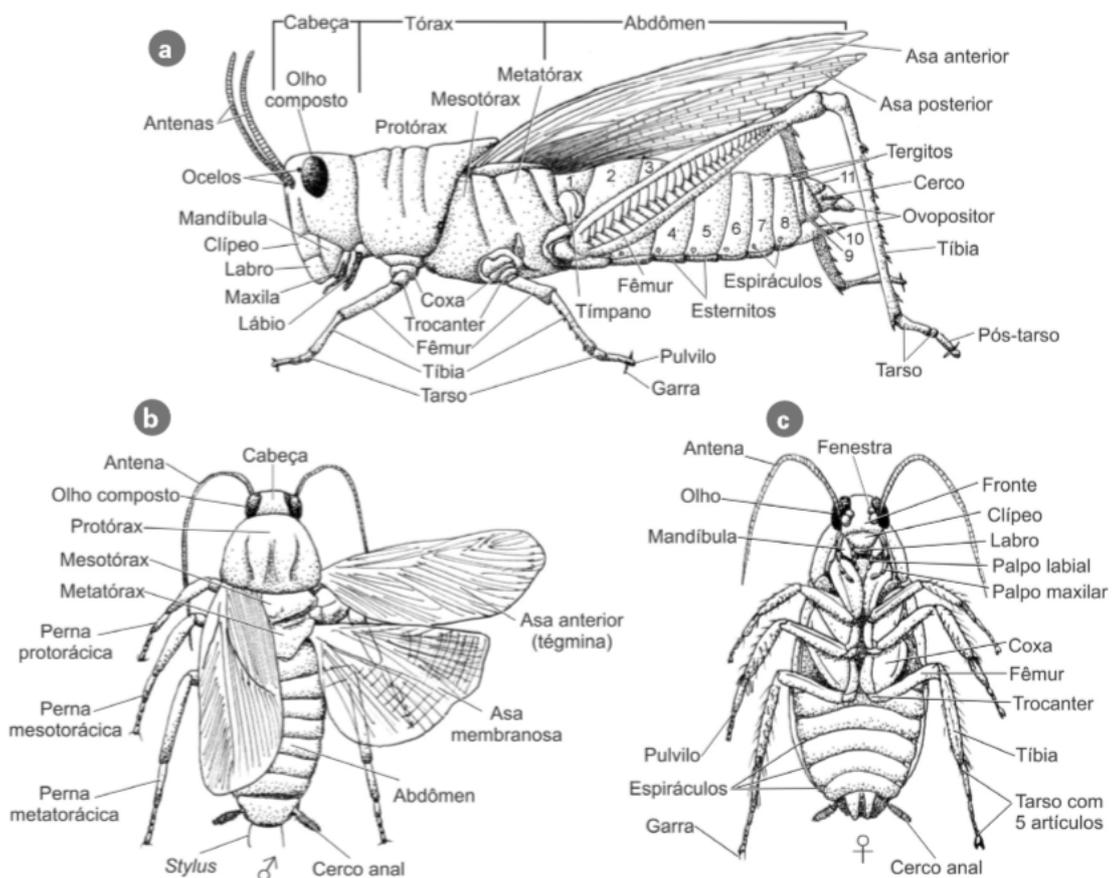
As trocas gasosas de miriápodes, assim como em insetos, ocorrem por traqueias, que são aberturas na parede do corpo ramificando-se em elaborados sistemas de canais revestidos por cutícula, que penetram por todo o interior do corpo destes animais, permitindo íntimo contato entre cada célula e o ar, sem a participação da hemolinfa. As aberturas das traqueias, chamadas espiráculos, encontram-se permanentemente abertas em miriápodes, enquanto em insetos há esfíncteres regulando a abertura.

Também assim como ocorre em insetos, a excreção de miriápodes não é nefridial, mas realizada por túbulos de Malpighi, que são ramificações da parte posterior do intestino, na forma de longos e finos túbulos mergulhados na hemocele, produzindo ácido úrico, eliminado pelo ânus. Este sistema excretor é uma das muitas adaptações destes animais ao ambiente terrestre, permitindo uma reabsorção muito maior de água da urina, tanto por excretar ácido úrico, insolúvel, ao invés de ureia, quanto por reabsorver água pelo epitélio intestinal.

### 3d. Classe Insecta

Os insetos são indiscutivelmente o maior grupo animal do planeta. A discrepância entre o número de espécies conhecidas é tamanha, que uma única família de coleópteros (besouros) conta com mais espécies descritas do que a soma das espécies de todos os demais filos de Metazoa!

São animais com um par de antenas, um par de mandíbulas e outro de maxilas; a morfologia das peças bucais encontra-se adaptada para diferentes hábitos alimentares, como lambedor ou picador-sugador, por exemplo. Isto implica numa diversidade imensa de hábitos alimentares e muitos insetos são de enorme importância econômica, seja para agricultura, principalmente pela polinização de plantas frutíferas, quanto pelo aspecto de saúde pública, pois muitas espécies são ectoparasitas e podem transmitir importantes doenças. O tórax apresenta três segmentos apenas, cada qual com um par de pernas, os dois primeiros frequentemente também com um par de asas cada. O abdômen geralmente conta com 11 segmentos, sem apêndices ou com eles muito reduzidos, restritos a estruturas reprodutivas ou sensoriais (Figura 15).



**Figura 15.** Anatomia geral dos insetos. **a.** Gafanhoto, vista lateral. **b.** Barata, vista dorsal. **c.** Barata, vista ventral. / Fonte: modificado de Brusca; Brusca, 2007.

O imenso sucesso de insetos em relação a todos os demais grupos animais é devido a algumas adaptações extremamente bem sucedidas, como o aparecimento de asas, possibilitando a conquista do ambiente aéreo; a associação com plantas angiospermas, para polinização e dispersão de sementes, uma relação mutuamente benéfica que contribuiu enormemente para a diversidade observada em ambos os grupos; a economia de água pelo sistema excretor, descrita acima; e o desenvolvimento indireto, em insetos

holometábolos, com larvas e adultos ocupando nichos ecológicos diferentes e, portanto, sem que haja competição intraespecífica.

Com relação à reprodução, algumas formas mais basais de insetos apresentam desenvolvimento direto, dos ovos eclodindo diretamente juvenis semelhantes em tudo aos adultos, apenas menores; tal desenvolvimento é chamado ametábolo. Em outros, conhecidos como hemimetábolos, ocorre metamorfose (= metabolia) parcial, os jovens, chamados ninfas, eclodem dos ovos com aspecto semelhante ao adulto, incluindo o mesmo hábito alimentar, mas com diferenças substanciais principalmente no tamanho das asas, transformando-se no adulto gradualmente, a cada troca de exoesqueleto.

Mas a maioria dos insetos é holometábola, com uma larva completamente diferente do adulto, sem asas nem pernas articuladas, e também com hábito alimentar diferente, frequentemente uma lagarta. Esta passa para a fase de pupa, quando ocorre a metamorfose; em alguns casos, há secreção de algum tipo de envoltório ao redor do corpo formando um casulo protetor. Ao final da metamorfose, o adulto ou imago sai da fase de pupa e abandona seu antigo exoesqueleto. O adulto se reproduzirá sexualmente, encerrando o ciclo. São frequentes os casos de espécies cujas larvas permanecem anos no estado de lagarta, se alimentando e acumulando reservas, para então sofrerem metamorfose e viverem apenas alguns dias a poucas semanas como adultos, morrendo após a liberação de milhares de ovos.