



Classificação, organização corporal e linhagens basais de Metazoa

Prof^a. Isabela Cristina Rocha

Descrição

Diversidade e morfologia funcional dos protistas e metazoários basais, incluindo aspectos ecológicos, evolutivos e de desenvolvimento embrionário.

Propósito

Reconhecer os aspectos morfológicos dos protistas e dos metazoários basais é de grande importância para o embasamento teórico de um biólogo que deseja compreender os processos evolutivos que resultaram na diversidade atual das espécies animais, e ainda, entender a importância de preservá-las.

Objetivos

Módulo 1

Origem evolutiva de Metazoa e os eucariontes unicelulares

Reconhecer a origem evolutiva de Metazoa e sua relação com os eucariontes unicelulares

Módulo 2

Organização corporal dos animais

Identificar os diferentes tipos de organização corporal dos animais

Módulo 3

Morfologia funcional de Porifera

Reconhecer os principais aspectos de morfologia funcional do filo Porifera

Módulo 4

Morfologia funcional de Cnidaria e Ctenophora

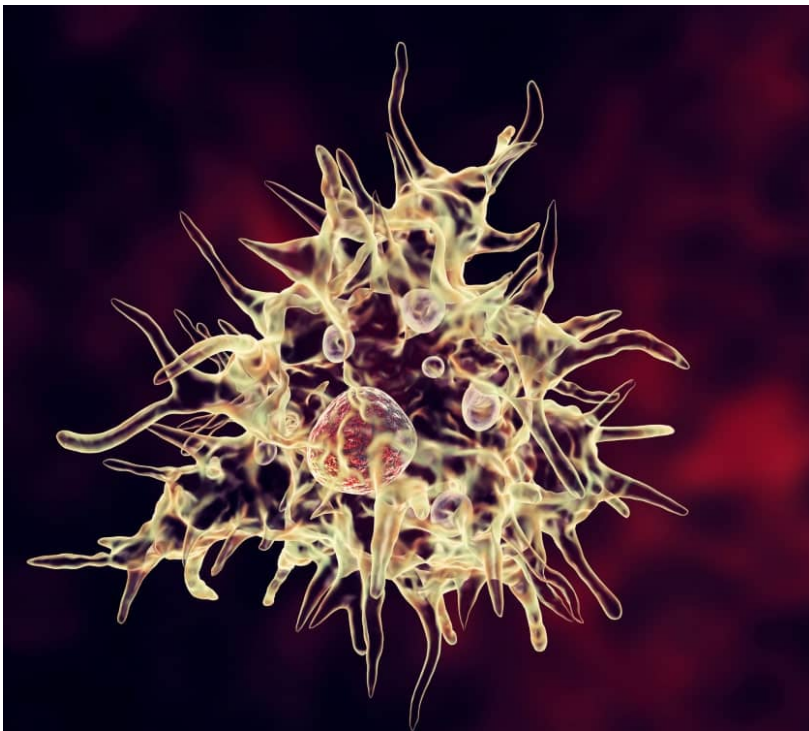
Reconhecer os principais aspectos de morfologia funcional dos filos Cnidaria e Ctenophora

Introdução

O estudo dos animais analisa diferentes aspectos de morfologia funcional além da ecologia e evolução, como estrutura, forma do corpo, desenvolvimento, crescimento, reprodução, locomoção e sistemas. Neste estudo, falaremos sobre as principais hipóteses de origem dos Metazoa e suas

relações com os demais eucariotos, bem como sobre os diferentes tipos de organização corporal que podemos encontrar nesse reino.

Você também poderá reconhecer as principais características morfológicas dos filos Porifera, Cnidaria e Ctenophora e como elas estão relacionadas ao estilo de vida desses animais e suas preferências de habitats. Como estratégia didática, a classificação e nomenclatura adotada para os representantes de Metazoa e outros eucariotos serão aquelas adotadas nos principais livros-textos, entretanto, sempre que possível, uma forma alternativa baseada em estudos recentes de filogenética molecular será mostrada.



1 - Origem evolutiva de Metazoa e os eucariontes unicelulares

Ao final deste módulo, você será capaz de reconhecer a origem evolutiva de Metazoa e sua relação com os eucariontes unicelulares.

Caracterização e classificação geral de protistas

Antes de iniciarmos nosso estudo com a classificação dos protistas, é importante relembrarmos alguns termos da sistemática que serão usados nesse contexto. Termos como **monofilético** e **parafilético** são usados na Sistemática Filogenética para descrever a condição válida de determinados táxons. Veja a seguir a definição desses termos.

Grupo monofilético

Inclui todos os descendentes de uma espécie ancestral. Dizemos que ele é monofilético e, portanto, natural.

Grupos parafilético

Inclui vários descendentes de uma espécie ancestral, mas não todos. Dizemos que ele é um grupo não natural.

Grupo polifilético

Referi-se a um agrupamento que não inclui totalmente os ancestrais de todos os seus descendentes. Dizemos que ele é um grupo não natural.

Encontrar uma definição que caracterize os protistas não é uma tarefa fácil. O conjunto desses organismos engloba uma complexa diversidade de formas e modos de vida. Embora alguns sejam comumente visíveis a olho nu, a maioria é microscópica, estando representados por espécies aquáticas, marinhas e de água doce, e terrestres, mostrados nos exemplos a seguir. Dentre os organismos que interagem com outras espécies (simbióticos), estão muitos patógenos graves, tendo inclusive, seres humanos como hospedeiros.



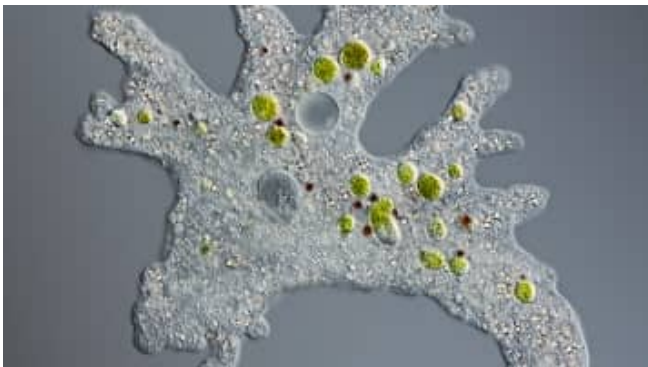
Filo Euglenida, *Phacus*



Filo Stramenopila, *Fucus*



Filo Dinoflagellata, *Ceratium*



Filo Amoebozoa, *Amoeba*

Na sistemática filogenética, Protista possui status parafilético e, portanto, não designa um agrupamento natural. A melhor definição para esse grupo seria:

Organismos eucariotos predominantemente unicelulares, que durante seu desenvolvimento não formam tecidos por meio do processo de deposição de folhetos embrionários — ao contrário dos animais, como veremos mais adiante.

Atenção

Uma das características principais utilizadas para definir os graus de complexidade dos animais é a presença ou ausência de tecidos verdadeiros, que são agregados de células morfológica e fisiologicamente semelhantes, os quais desempenham funções específicas.

É comum dizer que os protistas fazem parte da “sopa” da qual evoluíram três grandes reinos de eucariotos pluricelulares, hoje denominados:



Plantae



Metazoa (Animalia)



Fungi

Isso quer dizer que, se traçarmos uma linha evolutiva a partir da espécie ancestral que deu origem a todos os protistas, veríamos também o surgimento de outros seres que hoje sabemos fazer parte do grupo das plantas, animais e fungos.

Logo, pensar em protistas como seres eucariotos unicelulares é pensar em somente parte dos descendentes de sua espécie ancestral que originaram também eucariotos multicelulares como as plantas, animais e fungos.

O termo **Protozoa** (do grego, *proto* = “primeiro”; *zoon* = “animal”) foi inicialmente definido com base no argumento de que alguns protistas compartilham duas importantes características com os animais: a ausência de uma parede celular e a presença de, no mínimo, um estágio móvel no ciclo de vida. Por outro lado, há também **protistas fotoautotróficos** com organelas que apresentam funções de fotossíntese, se aproximando mais das plantas. Outros ainda são **mixotróficos** porque combinam fotossíntese e nutrição heterotrófica (absorção de moléculas orgânicas ou ingestão de partículas alimentares maiores).

Saiba mais

Com base nesses argumentos e no fato desses organismos não formarem um grupo monofilético, termos como Protista ou Protozoa (protozoários) não são mais aceitos em literatura científica. Entretanto, essa terminologia ainda é usada nos livros didáticos e, com o intuito de facilitar a compreensão sobre a diversidade desses organismos, ela também será usada aqui.

O grupo que inclui todos os eucariotos unicelulares ou pluricelulares, denominado Eukarya, tem como característica comum células eucarióticas, ou seja, com um núcleo celular cercado por uma membrana nuclear, a carioteca. Esse grande grupo tem hoje uma classificação baseada na filogenética molecular que o divide em seis grupos, estando os protistas distribuídos entre eles (BRUSCA; MOORE; SHUSTER, 2018):

Amoebozoa

Chromalveolata

Rhizaria

Excavata

Opisthokonta

Plantae

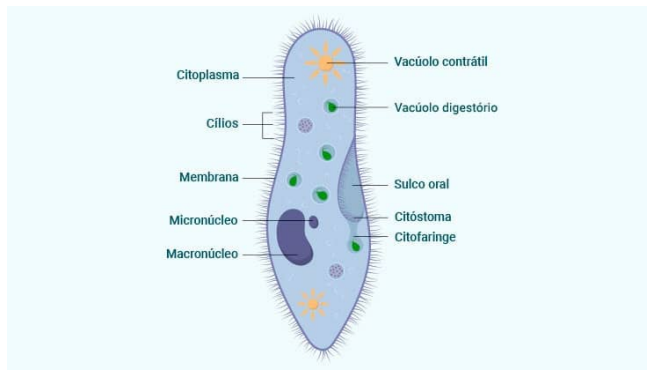
Devido à natureza dinâmica da sistemática filogenética, entretanto, é necessário estar alerta a possíveis mudanças nomenclaturais e de classificação biológica desses seres. Para este estudo, seguiremos com a classificação que encontramos mais comumente nos livros didáticos, que dividem o táxon Protista em três grupos artificiais:

- Algas (seres fotoautotróficos semelhantes às plantas).
- Protozoários (seres heterotróficos semelhantes aos animais).
- Protistas do tipo fungo.

A seguir, daremos enfoque nas principais características do protistas heterotróficos, os protozoários.

Características de protistas heterotróficos

Os protozoários contam com mais de 64 mil espécies descritas, das quais mais da metade é de fósseis. Apesar da grande diversidade de formas, os protozoários apresentam um plano corpóreo básico — uma única célula eucarionte — e demonstram amplamente o enorme potencial adaptativo desse plano. Como aprendemos anteriormente, o desenvolvimento embrionário de um protozoário não envolve a formação de folhetos germinativos, e, portanto, órgãos e tecidos estão ausentes. Contudo, os protozoários são organismos completos funcionalmente, com muitas estruturas microanatômicas complexas. Algumas organelas específicas podem funcionar como esqueletos, estruturas sensoriais, mecanismos de locomoção, entre outras funções. A figura a seguir ilustra a anatomia de um protozoário do gênero *Paramecium* e suas principais organelas internas. Repare nas séries de cílios dispostas por toda a superfície da membrana externa.



Anatomia ilustrada de um *Paramecium* (ciliado).

Os cílios são estruturas fundamentais na locomoção dos protozoários, que também pode se dar por meio de pseudópodes, flagelos ou movimentos celulares diretos. A maioria deles é de vida livre, sendo encontrados em ambientes aquáticos e terrestres, enquanto outros experimentam relações simbióticas de:

Mutualismo

Um tipo de simbiose, geralmente definido como uma associação na qual o hospedeiro e o simbiote são beneficiados. Por exemplo, bactérias de nosso intestino grosso que atuam na produção de algumas vitaminas e no processamento de material presente nessa região do trato digestivo.

Comensalismo

Uma associação vantajosa para apenas uma parte (o simbiote), mas que não afeta o outro parceiro (hospedeiro). Por exemplo, plantas epífitas que se fixam em árvores para facilitar a incidência dos raios solares sobre elas.

Parasitismo

Uma relação desarmônica na qual o simbiote (ou parasita) recebe benefícios às custas do hospedeiro. Por exemplo, parasitas externos (ectoparasitas) como piolhos, carrapatos e sanguessugas, ou internos (endoparasitas) como vermes hepáticos, alguns nematódeos e tênias.

Nos protozoários, a reprodução ocorre nas formas **assexuada** (por fissão, brotamento e cisto) e **sexuada** (por conjugação ou singamia).

Exemplo

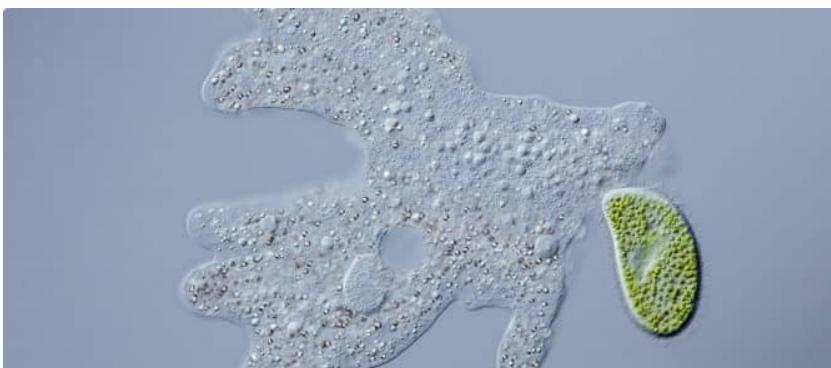
Entre as principais doenças infecciosas transmitidas por protozoários podemos citar a toxoplasmose, leishmaniose, tricomoníase, doença de Chagas e malária.

A classificação dos protozoários é controversa, pois inclui diversos seres morfologicamente semelhantes, mas incomuns quanto às suas origens evolutivas. Contudo, para entendermos melhor quem são esses seres, é necessário apresentar de forma sintética os principais atores que compõem esses cenários evolutivos. Os protozoários se dividem em cinco grupos de acordo com seu modo de locomoção. Vamos conhecer a seguir as principais características morfofuncionais de cada um deles.

Rizópodes (amebas)



- Maioria de vida livre, encontrados em oceanos, água doce e no solo.
- Podem ser parasitas humanos (p. ex., *Entamoeba histolytica*).
- Utilizam **pseudópodes** ("falsos pés", projeções citoplasmáticas) para capturar alimentos (fagocitose) e se locomover.
- Presença de vacúolos contráteis com função de osmorregulação (elimina o excesso de água absorvida).



Ciliados



- Maioria de vida livre, encontrados em oceanos, em água doce, ou onde exista matéria vegetal em decomposição.
- Presença característica de organelas (vacúolo contrátil, vacúolo digestório etc.) e cílios com função locomotora, fixadora, alimentar e sensorial.

- Macronúcleo (atividades vitais) e micronúcleo (atividades reprodutivas).
- Reprodução exclusivamente por conjugação (sexuada), na qual uma célula transmite material genético para outra célula, ocasionando uma variabilidade genética.



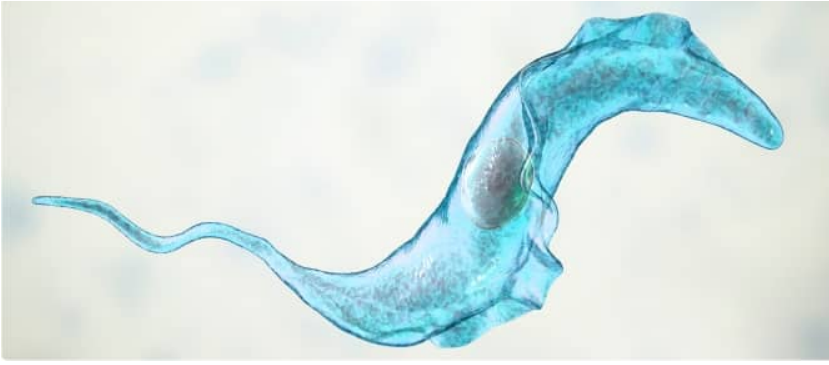
Esporozoários

- Parasitas obrigatórios de invertebrados e vertebrados.
- Endoparasitas de células, **sem estruturas locomotoras** nem vacúolos contrácteis.
- Reprodução assexuada por divisão múltipla, podendo haver troca de material genético em fases sexuais.
- Produção de esporos para disseminação no meio ambiente.



Flagelados

- Geralmente de vida livre, mas muitos são parasitas de humanos.
- **Flagelo** longo e único para locomoção (como chicote) e captura de alimentos.
- Maioria heterotrófico, mas alguns autotróficos com cloroplastos para fotossíntese.
- Reprodução assexuada por bipartição longitudinal ou sexuada por singamia (fusão de dois gametas produzidos por meiose).



Foraminíferos



- Marinhos, de zonas estuarinas a planícies abissais.
- Apresentam conchas calcárias (ou testas) com poros, onde o citoplasma pode ser estendido para capturar o alimento (p. ex., diatomáceas e bactérias).
- **Pseudópodos reticulados** (finas projeções do citoplasma que se ramificam e se fundem formando uma rede dinâmica) com função de locomoção, fixação e captura de alimento.
- Reprodução por alternância de gerações (gerações haploides assexuadas e diploides sexuadas).



Caracterização e classificação geral de protistas

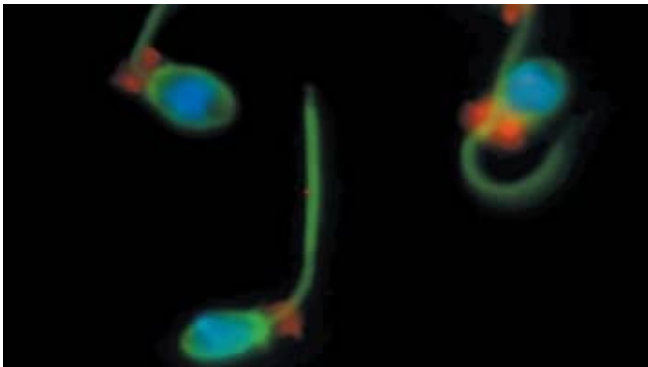
Neste vídeo, a especialista Isabela Cristina Rocha fala sobre aspectos morfológicos, comportamentais, reprodutivos e de alimentação dos protozoários. A classificação geral apresentada é baseada na forma de locomoção de cada grupo.

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



Origem e evolução dos animais

É importante destacar, até agora, que a evolução da célula eucariótica foi seguida pela diversificação de muitas outras linhagens. Tradicionalmente, organismos eucariotos e heterotróficos são divididos em:



Unicelulares (protozoários)



Multicelulares (metazoários)

No entanto, atualmente, sabemos que os protozoários não representam um agrupamento natural. Portanto, não devem ser considerados como animais. Esses organismos, juntamente com as algas, passaram a formar o grupo dos protistas. O que conhecemos hoje como animais são os eucariotos pluricelulares e heterotróficos, logo, um sinônimo para o termo metazoário.

Saiba mais

De acordo com a classificação biológica adotada por Brusca, Moore e Shuster (2018), os metazoários fazem parte de um supergrupo de Eukarya denominado Opisthokonta, juntamente com os fungos, os coanoflagelados (um protista) – que conheceremos mais adiante – e poucos outros grupos.

Hoje em dia, são poucas as dúvidas de que os animais surgiram como um grupo monofilético de um ancestral protista há cerca de 650 milhões de anos. Entretanto, o que ainda se discute na atualidade é sobre como e de qual grupo protista o primeiro metazoário derivou. São duas as teorias mais discutidas sobre a origem dos Metazoa fundamentadas na [homologia](#) entre o corpo dos protistas e as diversas células dos metazoários. Veja a seguir.

Teoria colonial

A primeira delas, a **teoria colonial**, foi proposta por Ernst Haeckel em 1874, que afirmou que os metazoários teriam se originado de uma colônia de células protistas na qual ocorreria a especialização de algumas dessas células para desempenhar diferentes funções (movimento, reprodução, locomoção, entre outras).

No momento, para compreender a teoria colonial, é necessário entender sobre as fases de desenvolvimento embrionário dos animais, que seguem a formação de um ovo ou zigoto até atingir o estágio de larva.

omologia

Nesse contexto, o termo homologia se aplica à condição de uma estrutura presente em dois ou mais táxons que possuem a mesma origem filogenética.

Fase 1



Na primeira fase, denominada clivagem, o ovo fecundado, composto de apenas uma célula, passa a se dividir em diversas células. Esse grupo de células denominado mórula adquire uma formato semelhante a de uma amora.

Fase 2



A medida que o processo de clivagem prossegue e o número de novas células aumenta progressivamente, uma cavidade preenchida por líquidos surge envolvida por uma camada de células. Nessa fase do desenvolvimento, esse conjunto de células é denominado blástula e sua cavidade interna central, blastocele.

Fase 3



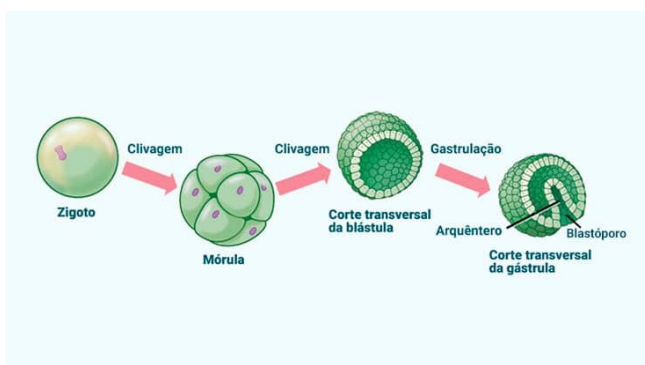
Na fase seguinte, na gastrulação, a parede de células de uma determinada região da blástula começa a migrar para dentro, em um processo de invaginação. Nesse estágio de desenvolvimento, a gástrula forma um embrião com dois tipos de tecidos primitivos ou folhetos embrionários: o ectoderma (externo) e o endoderma (interno). O processo de invaginação resulta também na formação de uma cavidade denominada arquêntero, ou tubo digestivo, aberto em uma extremidade denominada blastóporo.

Fase 4



Ao longo do desenvolvimento, o blastóporo irá originar, ou a boca ou o ânus do indivíduo adulto.

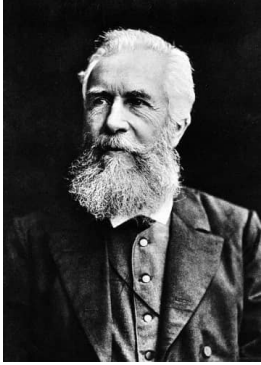
Agora observe as fases iniciais na ilustração a seguir.



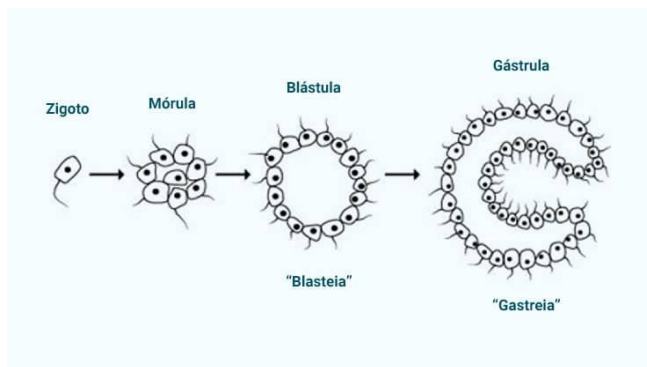
Fases iniciais do desenvolvimento embrionário dos animais.

Na visão de Haeckel, os estágios embrionários dos animais atuais refletiriam a filogenia do grupo, sugerindo que a blástula dos embriões atuais recapitularia um organismo adulto ancestral denominado blasteia.

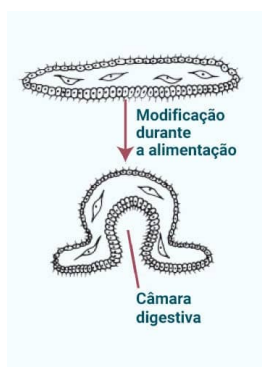
Nesse cenário, os primeiros metazoários poderiam ter surgido por invaginação da blasteia resultando em um animal primitivo com o corpo semelhante à gástrula (uma gastreia), como mostrado na figura a seguir. Esse tipo de organização corporal é muito semelhante à dos cnidários atuais que, como resultado da gastrulação, dão origem a dois folhetos germinativos, a ectoderme e a endoderme. Organismos que dão origem a duas camadas germinativas durante o seu desenvolvimento embrionário são denominados diploblásticos.



Ernst Haeckel.



Esquema da hipótese blasteia/gastreia de Ernst Haeckel.

Ilustração de um *Trichoplax* (filo Placozoa) demonstrando sua semelhança em relação à plácula de Bütschli.

Em uma outra variante da teoria colonial, proposta por Otto Bütschli, uma criatura achatada e bilateralmente simétrica, que consistia em duas camadas de células, alimentava-se rastejando sobre seu alimento, utilizando sua camada ventral como superfície digestiva. Bütschli chamou essa criatura de plácula.

Essa hipótese recebeu um grande apoio de pesquisadores após a descoberta de um ser diminuto pluricelular, com uma conformação semelhante à plácula de Bütschli, nomeado *Trichoplax adhaerens*, colocado em seu próprio filo, o **Placozoa**. Embora essa hipótese seja atraente, análises de filogenética molecular não indicam *Trichoplax* como um ramo basal da evolução dos metazoários.

Teoria sincicial

Uma segunda teoria, a **sincicial**, diz que os metazoários teriam se originado de uma única célula protista ciliada. Mediante o surgimento de novas membranas celulares, essa célula dividiu internamente o seu citoplasma, originando uma massa multinucleada semelhante a um verme. Os primeiros metazoários seriam, por essa teoria, animais semelhantes aos do filo Platyhelminthes. As evidências a favor dessa hipótese se encontram nos protistas ciliados atuais, como os do gênero *Paramecium*. Ao contrário da maioria dos demais protistas, esses ciliados apresentam células multinucleadas, veja a seguir.

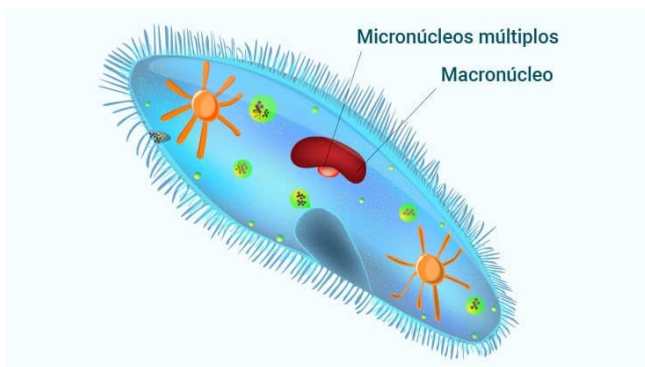


Ilustração de um *Paramecium*, um protista ciliado, considerado um intermediário de protistas-metazoários pela teoria sincicial.

Saiba mais

O aparecimento de membranas internas levaria à formação de novas células, cada uma contendo um desses núcleos do ancestral protista. Entretanto, as objeções a essa teoria foram mais convincentes: os platelmintos têm desenvolvimento embrionário complexo, o que não ocorre nos ciliados, e, além disso, estudos de filogenética molecular não apoiam essa hipótese.

Podemos concluir que não existe, até o momento, um consenso na comunidade científica quanto à origem dos metazoários. No entanto, um grande corpo de evidências anatômicas e moleculares apoia a visão de que os animais multicelulares compartilham um ancestral comum e exclusivo com o grupo de protistas conhecidos como coanoflagelados. Os coanoflagelados são eucariotos aquáticos, coloniais ou solitários, nos quais cada célula apresenta um flagelo envolto por um colarinho de microvilosidades.

Essas células são notáveis porque lembram nitidamente as células de alimentação das esponjas, chamadas de coanócitos. Na visão evolutiva linear de Haeckel, poderíamos imaginar que o coanócito da esponja foi herdado de um ancestral comum com os coanoflagelados.

Contudo, argumentos contrários a essa hipótese incluem a observação de que os coanócitos ocorrem apenas nos adultos das esponjas — e não em seus estágios iniciais de desenvolvimento —, além de em alguns corais e equinodermos. Além disso, evidências moleculares recentes sugerem que os ctenóforos — e não as esponjas — estejam na base da evolução dos metazoários. Discutiremos melhor sobre as relações evolutivas dos metazoários no tópico a seguir.



Filo Choanoflagellata. O coanoflagelado *Salpingoeca*.

Classificação de Metazoa

Como mencionado anteriormente, os metazoários constituem um clado de eucariotos monofilético, sendo, portanto, descendentes de um único ancestral comum e exclusivo. Eles são definidos por algumas sinapomorfias, isto é, novidades evolutivas compartilhadas por um grupo monofilético, das quais as mais evidentes são: a multicelularidade; a presença de tecidos distintos; células reprodutivas ou gaméticas; e reprodução sexuada por meiose.

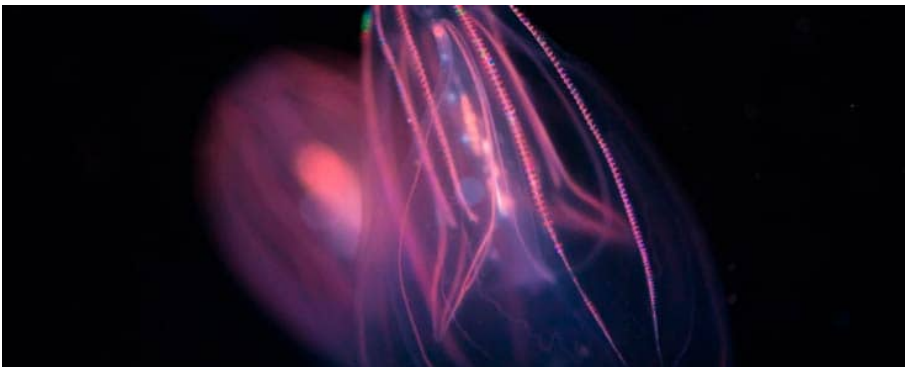
Em termos gerais, os 32 filos de Metazoa são agora divididos em quatro filos basais ou não bilaterais — Porifera, Cnidaria, Ctenophora e Placozoa — e Bilateria. Os quatro filos não bilaterais são tão antigos e com uma arquitetura corporal tão simples, que suas relações com outros animais fogem ao nosso entendimento. Estudos de análise filogenética morfológica afirmam que esses quatro filos são basais a todos os outros metazoários e que Porifera provavelmente seria o filo animal mais antigo existente. Um número de supostas sinapomorfias também ligaria os cnidários e os ctenóforos aos bilaterais, um clado que tem sido descrito pelo termo Neuralia. Por outro lado, na visão da filogenética molecular, o filo Ctenophora poderia ser o metazoário mais basal, e Placozoa juntamente com Cnidaria formariam o grupo-irmão de todos os Bilateria. Dentre os grupos de metazoários não bilaterais, Ctenophora é o filo com maior inconstância filogenética. Veja os exemplos a seguir.



Filo Porifera, *Siphonochalina*.



Filo Cnidaria, *Metridium*.



Filo Ctenophora, *Beroë*.



Filo Placozoa, *Trichoplax*.

A maior parte da diversidade atual dos metazoários pertence ao grupo dos bilatérios, caracterizados por uma simetria bilateral, cefalização e embrião constituído por três folhetos germinativos (triploblásticos). Esse grande grupo pode ser diferenciado em duas linhagens principais:

Deuterostômios

Incluem os cordados, os hemicordados e os equinodermos:



Filo Chordata, *Duttaphrynus*.



Filo Hemichordata, *Saccoglossus*.



Filo Echinodermata, *Linckia*.

Protostômios

Incluem os platelmintos, os anelídeos, os moluscos, os nematódeos, os artrópodes e muitos outros filos menores:



Filo Platyhelminthes, *Eurylepta*.



Filo Annelida, *Hermodice*.



Filo Mollusca, *Sepioteuthis*.



Filo Nematoda, *Heterorhabditis*.



Filo Arthropoda, *Leucauge*.

A divisão desses dois grupos foi baseada nas principais características do desenvolvimento embrionário de ambos. Como vimos anteriormente, durante o processo de gastrulação, a formação do endoderma por invaginação resultará na formação de um tubo digestivo e sua abertura denominada de blastóporo. Animais cujo blastóporo dá origem à boca foram classificados como Protostomia (do grego *protos* = “primeiro” + *stoma* = “boca”) e aqueles cuja boca surge como uma abertura secundária foram classificados como Deuterostomia (do grego *deuteros* = “segundo”).

Hoje, sabe-se que diversas espécies dentro do que se considerava Protostomia apresentam desenvolvimento deuterostômio. Portanto, esses nomes perderam grande parte de seu significado descritivo. Ainda assim, estudos de filogenética molecular confirmam a separação de animais bilaterais em dois grandes grupos, correspondendo consideravelmente bem às classificações tradicionais de Protostomia e Deuterostomia. O que nos importa saber por agora, é que a origem embrionária da boca não sustenta mais essa divisão.

Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

No livro de Araújo e Vieira (2021), o capítulo dedicado aos Protista está intitulado como “O enigmático Universo ‘Protista’”. Os autores Brusca, Moore e Shuster (2018) dizem que esses mesmos seres constituem a “sopa” da qual evoluíram três grandes reinos pluricelulares. Já Russo, Salles e Brito (2007) referem-se aos protistas como uma “lata de lixo”. Qual sentença a seguir melhor justifica o tratamento indigno que o termo Protista recebeu desses autores?

- A O termo Protista refere-se a organismos, em sua maioria unicelulares, que apresentam formação tecidual complexa por meio da deposição de camadas germinativas. Dentre os protistas, estão os protozoários (heterotróficos) e as algas (autótrofas), sendo muitas vezes confundidos com representantes de animais e plantas.
- B Apesar dos protistas formarem um grupo natural, a evolução complexa desses organismos os impediram de serem morfologicamente bem definidos e dissociados dos animais, plantas e fungos.
- C O conjunto que chamamos de protistas é parafilético porque exclui numerosas linhagens descendentes de Metazoa, Fungi e Plantae. Pela falta de sinapomorfias que sustentem esse grupo, a definição mais precisa para os protistas seria: todos os eucariontes que não são plantas, não são animais e não são fungos.
- D A utilização dos termos Protista e Protozoário apresentaram significações consistentes ao longo do histórico das classificações dos seres vivos, estando atualmente representados pelas plantas, animais e fungos.
- E O domínio Eukarya, do qual os protistas heterotróficos não fazem parte, é dividido em seis grupos: Amoebozoa, Chromalveolata, Rhizaria, Excavata, Opisthokonta e Plantae.

Parabéns! A alternativa C está correta.

O uso dos termos “enigmático”, “sopa” e “lata de lixo” remete a falta de um significado biológico para o nome Protista. Esses organismos não formam um agrupamento natural, com status parafilético, e não

podem ser definidos por características únicas e próprias a eles.

Questão 2

No desenvolvimento embrionário de um Protista e de um Metazoa, qual a relação entre a presença de tecidos embrionários — ou folhetos germinativos — e a formação de órgãos e tecidos?

- A Nos metazoários, tecidos embrionários formam a estrutura básica sobre a qual são formados os órgãos e tecidos. A combinação desses elementos não está presente nos protistas, nos quais folhetos germinativos não se desenvolvem.
- B Na embriogênese dos metazoários diploblásticos, dois folhetos germinativos são formados por meio da deposição da ectoderme e endoderme, contudo, não há formação de tecidos verdadeiros. Em eucariotos unicelulares como os protistas, folhetos embrionários nunca estão presentes.
- C Os protistas são organismos completos funcionalmente, com muitas estruturas microanatômicas complexas formadas a partir da deposição de folhetos germinativos. Nos metazoa, órgãos e tecidos estão presentes independente da formação de tecidos embrionários.
- D Na embriogênese dos protistas e metazoários, folhetos germinativos surgem somente em estágios avançados de desenvolvimento para formação de órgãos e tecidos.
- E A organização dos órgãos e tecidos dos Metazoa é muito semelhante à dos Protista que, como resultado da gastrulação, dão origem a dois ou três folhetos germinativos.

Parabéns! A alternativa A está correta.

Protistas são eucariotos majoritariamente unicelulares, e seu desenvolvimento não depende de um processo de divisão celular e formação de tecidos. Isso acontece em eucariotos pluricelulares, como os

metazoários, que passam por diferentes fases de desenvolvimento embrionário a partir da divisão celular e especialização de tecidos e órgãos, até chegar na fase adulta.



2 - Organização corporal dos animais

Ao final deste módulo, você será capaz de identificar os diferentes tipos de organização corporal dos animais.

Morfologia funcional

A partir daqui, focaremos não apenas os aspectos evolutivos dos animais, mas também conheceremos mais sobre os planos corpóreos e seus diferentes níveis de complexidade que subjazem à aparente diversidade de forma em Metazoa.

Níveis de organização corporal

É possível identificar quatro níveis principais de organização corporal nos animais:

Celular



Naqueles mais simples como as esponjas (Porifera), as células são combinadas em um grau celular de organização, caracterizado pela presença de agregados de células funcionalmente diferenciadas.

Celular-tecidual



As células estão agrupadas e realizam suas funções comuns como uma unidade altamente coordenada, denominada tecido. As medusas, anêmonas e formas relacionadas (filo Cnidaria) mais claramente representam esse nível de organização.

Tecidual-organogênico



Os tecidos estão associados em unidades funcionais maiores chamadas órgãos. A agregação de tecidos em órgãos é um aumento adicional de complexidade, surgindo nos animais do filo Platyhelminthes.

Sistemas de órgãos



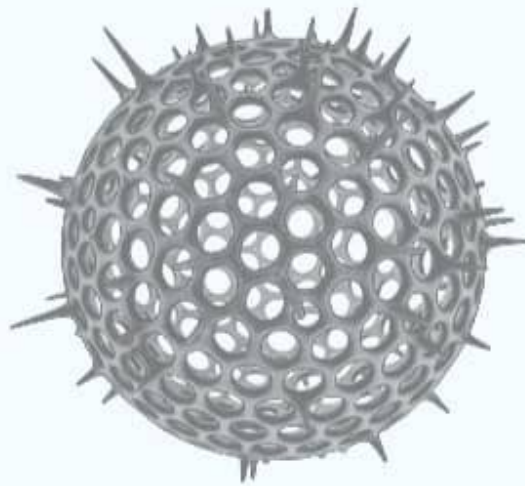
A maioria dos animais tem um nível adicional de complexidade, no qual órgãos diferentes operam conjuntamente como sistemas de órgãos. Essa solução está relacionada ao desenvolvimento de sistemas de transporte interno para condução de nutrientes, gases e excretas entre as células e o meio externo. De uma maneira geral, esses casos permitem a evolução de tamanhos corpóreos maiores e em complexos sistemas de funcionamento do corpo. Em Metazoa, esses sistemas podem ser classificados como: esquelético, muscular, tegumentar, digestivo, respiratório, circulatório, excretor, nervoso, endócrino, imune e reprodutivo.

Simetria corporal

Um outro aspecto que nos permite caracterizar os diferentes filos é a simetria corporal. Ela nos diz sobre a forma e a posição relativa das partes integrantes do corpo, podendo ser do tipo:

Simetria esférica

A simetria esférica significa que qualquer plano passando pelo centro divide o corpo em duas metades equivalentes ou especulares. Essa simetria é encontrada principalmente em organismos unicelulares e é rara nos animais.



Simetria esférica em um radiolário (protista).

Simetria radial

A simetria radial é aquela em que alguns eixos, e não apenas um plano, passam através do animal, e as partes se repetem em volta desse eixo. Ela é encontrada nas esponjas (filo Porifera), pólipos e medusas (filo Cnidaria) e nos ouriços-do-mar (filo Echinodermata).



Simetria radial em uma anêmona-do-mar (filo Cnidaria).

Simetria bilateral

Em animais com simetria bilateral, as partes corporais estão orientadas ao redor de um eixo que se estende da parte da frente (anterior) à extremidade de trás (posterior). A bilateralidade é encontrada comumente nos animais que apresentam motilidade altamente direcionada.



Simetria bilateral em um escorpião (filo Arthropoda).

Cavidades e folhetos

Se você leu com atenção o tópico sobre a origem e a evolução dos animais no Módulo 1, ficará mais fácil compreender acerca das cavidades corporais e folhetos embrionários dos animais. Nós vimos que as sucessivas clivagens após a fertilização resultam em um conjunto de células que estão arranjadas em torno de uma cavidade interna central, a blastocele. Animais que se encontram no grau celular-tecidual de organização corporal, como as anêmonas-do-mar e as águas vivas (filo Cnidaria), desenvolvem dois tipos de cavidades corporais: o arquêntero (cavidade gastrovascular) e a blastocele. O revestimento do arquêntero é o endoderma, e a camada externa de células que envolve a blastocele, o ectoderma. Nesses casos, a blastocele persiste preenchida por líquido, entretanto, em animais com organização corporal mais complexa, ela é preenchida por um terceiro folheto germinativo, o mesoderma.

Nos animais que apresentam ectoderma, mesoderma e endoderma (os triploblásticos), três planos corpóreos distintos são possíveis:



Plano acelomado

As células mesodérmicas preenchem completamente a blastocele e o arquêntero permanece como a única cavidade do corpo.



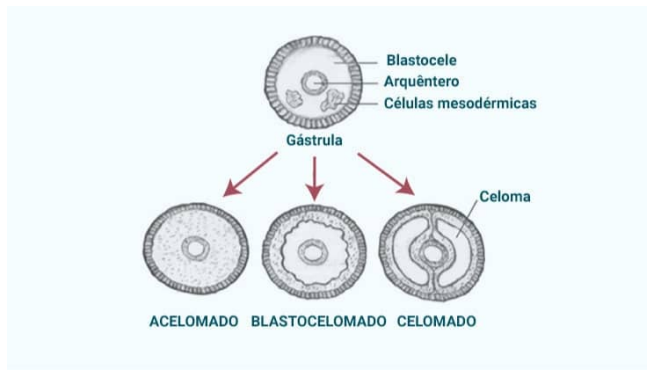
Plano blastocelomado

As células mesodérmicas forram a periferia da blastocele, resultando em duas cavidades corpóreas: uma blastocele persistente (blastoceloma) e o arquêntero.



Plano celomado

A massa de células mesodérmicas se fende internamente, originando uma nova cavidade, denominada celoma, a qual substituirá a blastocele.



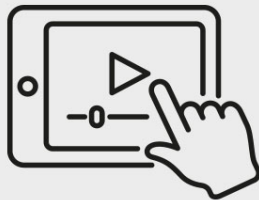
Condições acelomada, blastocelomada e celomada dos animais triploblásticos.



Cavidades e folhetos embrionários

Neste vídeo, a especialista Isabela Cristina Rocha fala como as células de um zigoto se multiplicam e se diferenciam para formar os tecidos dos animais. O vídeo também demonstra como os animais podem ser classificados em grupos distintos de acordo com as diferenças observadas nos processos de blastulação e gastrulação.

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



Principais aspectos ecológicos

Para que os animais garantam sua sobrevivência e se reproduzam com sucesso, eles precisam realizar atividades básicas como digerir e metabolizar alimentos distribuindo os produtos energéticos por todo o corpo. Suas células precisam respirar e, para isso, o oxigênio precisa ser obtido do ambiente. Ao mesmo tempo, escórias digestivas e metabólicas precisam ser eliminadas.

A fim de assegurar a execução dessas atividades, os animais utilizam diversas estratégias que, além de dependerem de princípios biológicos, físicos e químicos, estão sujeitas à sua arquitetura corporal.

Animais com simetria esférica e radial, por exemplo, são geralmente sésseis ou flutuantes, e, por isso, não se movimentam ativamente para buscar comida. Para contornar esse problema, organismos sésseis como as esponjas utilizam o batimento dos flagelos de seus coanócitos para movimentar a água, trazendo para dentro alimento e oxigênio, bem como carregando os dejetos para fora.

Cnidários como as anêmonas-do-mar e águas-vivas, sem extremidade anterior ou posterior, podem interagir com seu meio em todas as direções. Essa é uma grande vantagem para formas sésseis ou de flutuação livre, cujas estruturas alimentares estão organizadas para capturar a presa que se aproxima de qualquer direção.



Água-viva.

A bilateralidade encontrada comumente nos animais lhes garante uma mobilidade altamente direcionada. Nesses casos, a extremidade anterior do corpo entra em contato primeiramente com o ambiente. A concentração de estruturas nervosas e órgãos dos sentidos nessa região fornece grandes vantagens a um animal que se movimenta com a cabeça dirigida para frente. Isso produz um posicionamento eficiente dos órgãos para sentir melhor o ambiente e responder a essa percepção.



Caranguejos.

Uma vez que grande parte da atividade de um animal está relacionada à busca de alimento, fica evidente a razão pela qual a boca está localizada na cabeça. Há também outras modificações assimétricas secundárias das simetrias bilateral e radial ocorrendo no reino animal. Um exemplo claro é o enrolamento em espiral dos caramujos e caranguejos-ermitões ou a simetria birradial dos ctenóforos.

Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

O que caracteriza o grau de organização corporal encontrado nos animais do filo Cnidaria?

- A Suas células estão combinadas em um grau celular de organização, caracterizado pela presença de agregados de células especializadas.
- B Suas células estão organizadas em tecidos que, por sua vez, estão associados em unidades funcionais maiores chamadas órgãos.
- C Todas as funções exercidas por esses animais ocorrem dentro dos limites de uma única célula, na qual se situam organelas capazes de realizar funções especializadas.
- D As células corporais dos Cnidaria estão agregadas em camadas definidas, formando tecidos.
- E É caracterizado como o nível mais alto de organização, em que seus órgãos trabalham em conjunto para realizar determinadas funções.

Parabéns! A alternativa D está correta.

O filo Cnidaria está representado por animais diploblásticos, ou seja, durante seu desenvolvimento embrionário, somente dois folhetos são produzidos, a endoderme e a ectoderme. Esse grau de

organização possibilita uma certa complexidade, que não é vista no plano corpóreo dos Porifera, entretanto, não permite o desenvolvimento de órgãos e sistemas mais elaborados, como é o caso dos animais triploblásticos.

Questão 2

Que grande vantagem adaptativa os animais com simetria bilateral tiveram em relação aos animais com simetria radial?

- A Nos animais com simetria bilateral, diversas modificações assimétricas secundárias ocorreram, permitindo que esses organismos adquirissem comportamentos semelhantes aos com simetria radial.
- B O estilo de vida dos animais com simetria bilateral é vantajoso pois permite que eles confrontem o ambiente igualmente a partir de várias direções, o que não acontece com animais radialmente simétricos.
- C A evolução do eixo corporal anteroposterior combinado ao movimento unidirecional favoreceu a concentração de estruturas alimentares e sensoriais na extremidade anterior do corpo, permitindo comportamentos mais complexos e movimentos corporais mais eficientes.
- D Apesar de rara entre os animais, a simetria bilateral permitiu o desenvolvimento de apêndices locomotores mais elaborados e comportamentos reprodutivos mais eficientes.
- E A simetria bilateral é uma variação da simetria radial e divide o corpo em metades similares por mais de dois planos passando pelo eixo longitudinal. Animais bilatérios possuem estruturas alimentares e receptores sensoriais distribuídos a intervalos regulares em torno da periferia de seus corpos.

Parabéns! A alternativa C está correta.

As partes corporais dos animais bilateralmente simétricos estão orientadas ao redor de um eixo que se estende da parte da frente (anterior) à extremidade de trás (posterior). Esse tipo de simetria não seria vantajoso para animais sésseis, como alguns Cnidaria, pois não permitiria que eles confrontassem o ambiente em todas as direções, colocando-os em risco de sobrevivência.



3 - Morfologia funcional de Porifera

Ao final deste módulo, você será capaz de reconhecer os principais aspectos de morfologia funcional do filo Porifera.

Características morfofuncionais e ciclo de vida

O filo Porifera abrange animais com um complexo sistema de poros e canais (sistema aquífero) dotados de coanócitos. Essas células são responsáveis por movimentar água para dentro e fora do corpo por intermédio do batimento de seus flagelos. Poros menores, chamados de óstios, servem para a entrada de água, e os maiores, chamados ósculos, para a saída de água. Ao contrário da maioria dos metazoários, as esponjas dependem da digestão intracelular, sendo a fagocitose o meio usado para capturar alimentos.

Além de filtrar alimentos, esse sistema serve para conduzir o oxigênio às células corporais, bem como eliminar os produtos da excreção e respiração.

As esponjas, como assim são conhecidas, estão situadas no nível celular de organização corporal e, portanto, considera-se que elas não sejam capazes de formar tecidos verdadeiros. Contudo, hoje sabemos que as esponjas passam por processos distintos de gastrulação, da qual tecidos rudimentares podem se originar nos adultos.

De maneira geral, seu corpo é constituído por células inseridas em uma matriz gelatinosa; quando presentes, os elementos esqueléticos são compostos por fibras de colágeno (espongina), espículas calcárias ou silicosas. Em alguns casos, os indivíduos parecem ser radialmente simétricos, contudo a maioria adquire um aspecto assimétrico.



Curiosidade

Existem cerca de 8.800 espécies de esponjas exclusivamente marinhas, com algumas poucas espécies vivendo em águas salobras, e cerca de 150 espécies de água doce. Embora a maioria dos poríferos seja marinha, no Brasil existem 50 espécies de esponjas de água doce, que habitam uma série de ambientes, incluindo troncos de árvores na Amazônia ou rochas na Mata de Araucária.

Os poríferos adultos são sempre sésseis, vivendo sobre diferentes tipos de substratos, por exemplo, conchas, corais e rochas; outros crescem sobre a areia ou lama, e até mesmo fixos a animais vivos. As formas larvais, por sua vez, nadam ativamente e possuem grande capacidade de dispersão. O tamanho corporal dos adultos pode variar desde formas diminutas, com apenas alguns milímetros, até espécies com dois metros de largura. Muitos apresentam cores brilhantes devido à presença de pigmentos em suas células dérmicas, os pinacócitos, e em outros, são as bactérias ou algas simbióticas que conferem coloração aos seus corpos, veja os exemplos a seguir.



Classe Calcarea, *Leucilla*.



Classe Hexactinellida, *Euplectella*.



Classe Demospongiae, *Aplysina*.



Classe Homoscleromorpha, *Oscarella*.

Além dos coanócitos e pinacócitos, a matriz gelatinosa das esponjas apresenta um número variado de tipos celulares com funções distintas e alto grau de pluripotência — a maioria das células é capaz de mudar de forma e função, e algumas são mantidas em um estado totipotente para que possam ser recrutadas quando necessário. Os miócitos, por exemplo, se organizam em feixes circulares em torno dos poros, podendo aumentar ou diminuir o seu tamanho, auxiliando na regulação da corrente de água. Espongócitos e esclerócitos ficam responsáveis pela produção de elementos esqueléticos de sustentação. Os arqueócitos são células ameboides totipotentes que se movem pela matriz gelatinosa, podendo se diferenciar de praticamente qualquer um dos outros tipos celulares.

As esponjas adultas podem expressar três tipos de organização do seu sistema aquífero:

Asconoide

No mais simples, o asconoide, os indivíduos apresentam um formato de tubo, com um canal central chamado átrio ou espongiocele. A água entra no corpo através dos óstios, passa pelo átrio, sendo liberada por um único ósculo.

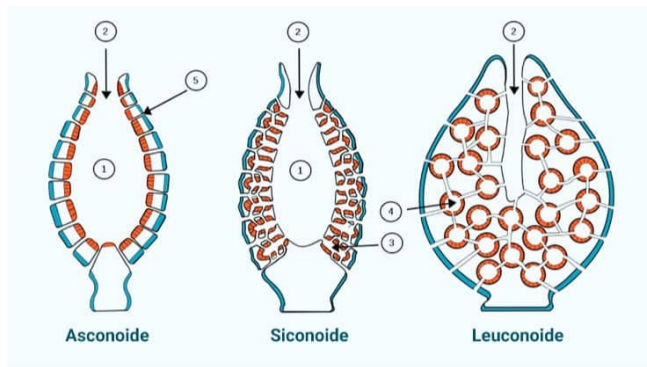
Siconoide

Em um nível mais elevado de complexidade desse sistema, nas esponjas do tipo siconoide, a parede do corpo é mais espessa sendo composta por canais radiais revestidos por coanócitos. Esses canais se abrem no átrio central, onde um único ósculo está presente.

Leuconoide

De forma mais elaborada e mais frequente, as esponjas do tipo leuconoide são caracterizadas por apresentar numerosas câmaras de coanócitos, que recebem uma série de canais provenientes de poros dérmicos, e de onde também partem canais que se abrem em numerosos ósculos.

Observe agora os três tipos na figura a seguir.



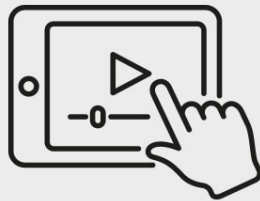
1. Átrio. 2. Ósculo central. 3. Canal radial. 4. Câmara de coanócitos. 5. Óstio. A cor azul representa a camada externa de pinacócitos, em vermelho, a camada de coanócitos.



O sistema aquífero das esponjas

Neste vídeo, a especialista Isabela Cristina Rocha fala sobre os três tipos básicos de organização do sistema aquífero das esponjas e em quais grupos eles ocorrem.

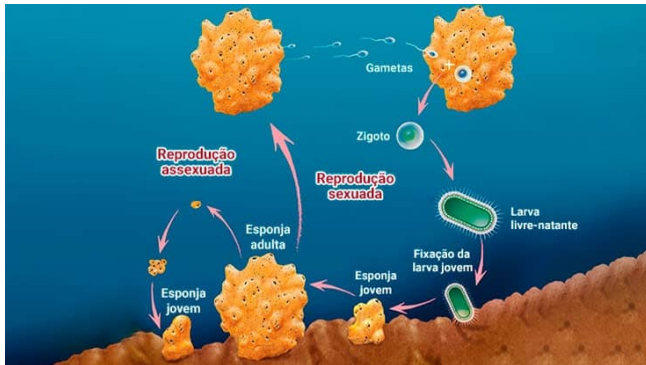
Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



Reprodução e ciclo de vida

A reprodução dos poríferos pode ocorrer de maneira sexuada ou assexuada. Na reprodução sexuada, a maior parte das esponjas é monoica (hermafrodita), embora sejam observadas espécies dioicas. Os espermatozoides surgem da transformação dos coanócitos, enquanto os ovócitos se originam dos coanócitos ou dos arqueócitos. O ciclo de vida prossegue quando um indivíduo adulto libera seu esperma na água para penetrar no sistema de canais de outros. Os espermatozoides são fagocitados pelos coanócitos, os quais são transformados em células transportadoras responsáveis pela condução dos gametas masculinos, através da matriz gelatinosa, para os oócitos.

A maioria das esponjas é vivípara. Essa condição é caracterizada pela retenção do zigoto dentro do corpo parental até que uma larva ciliada seja liberada. A larva livre-natante nada até se fixar em um substrato para dar origem a um novo indivíduo. Existem também poríferos ovíparos e, nesse caso, os oócitos e o esperma são liberados na água, onde se processa a fecundação.



Ciclo de vida sexuado e assexuado das esponjas.

A reprodução assexuada das esponjas pode ocorrer por meio de fragmentação, brotamento (brotos externos) e gêmulas (brotos internos). O broto externo surge no corpo da esponja, podendo soltar-se e dar origem a uma nova esponja, ou permanecer preso formando colônias. Devido à grande capacidade de regeneração dos poríferos, adultos viáveis podem se formar a partir de fragmentos desprendidos de seus corpos. As gêmulas são constituídas por arqueócitos capazes de originar todos os tipos celulares e formar novos indivíduos. Esses processos reprodutivos têm uma grande importância adaptativa para as esponjas, permitindo que as populações resistam a variações ambientais adversas, assim como sobrevivam ao longo das diferentes estações do ano.

Classificação dos poríferos

Atualmente, o filo Porifera é dividido em quatro classes conforme as características dos seus elementos esqueléticos e organização corporal, sendo elas:

Classe Calcarea

Nas esponjas da classe Calcarea, as espículas do esqueleto são compostas unicamente por carbonato de cálcio. Em geral, essas espículas são pequenas com um, três ou quatro raios. A construção de seus corpos pode ser do tipo asconoide, siconoide ou leuconoide. Muitas espécies apresentam simetria radial superficial, enquanto outras são assimétricas. Todas as espécies vivem

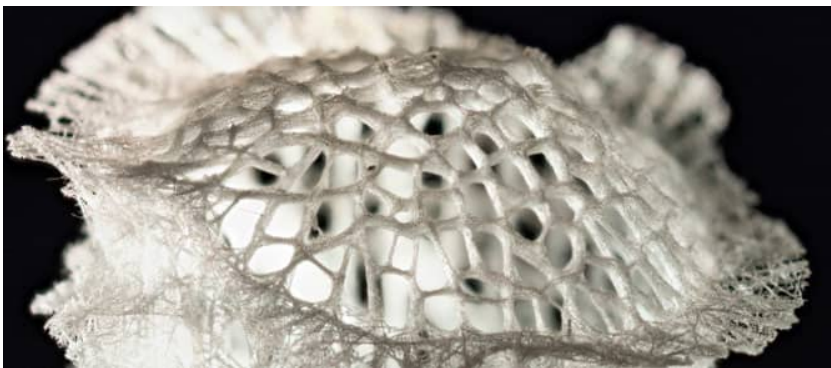
em ambientes marinhos. Veja um exemplo a seguir, a espécie *Clathrina aurea*, esponja amarela ao centro.



Classe Hexactinellida



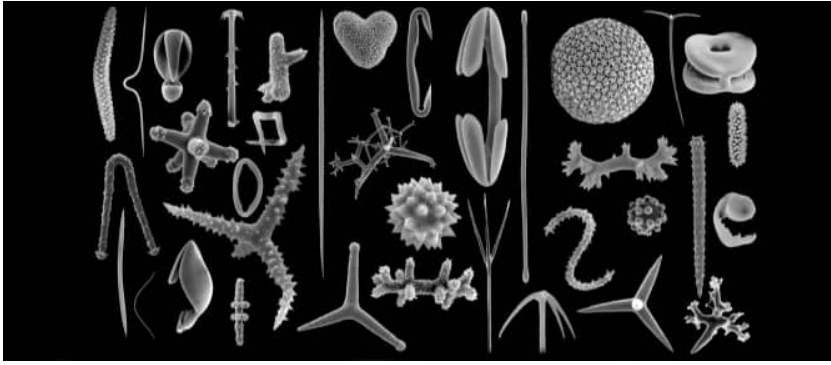
Os poríferos da classe Hexactinellida são conhecidos como esponjas-de-vidro, como mostrado na imagem a seguir. Seu esqueleto é formado por espículas siliciosas que possuem seis raios e usualmente se agrupam para formação de uma rede. São animais de vida longa, exclusivamente marinhos, geralmente com formato de vaso ou tubo, predominantemente de águas profundas. Arranjos corporais do tipo siconoide e leuconoide estão presentes nessa classe.



Classe Demospongiae



o esqueleto das esponjas é formado por espículas silicosas e/ou espongina; em alguns casos, é formado por um esqueleto cálcico sólido. As espículas adquirem um formato variado, porém, nunca com seis raios, como mostrado na imagem a seguir. O sistema de canais é do tipo leuconoide. Esses poríferos são encontrados em água do mar, água salobra ou água doce e ocorrem em todas as profundidades.



Classe Homoscleromorpha



É a classe de esponjas proposta mais recentemente, antes considerada como um subgrupo de Demospongiae. Quando presente, o esqueleto é formado por espículas silicosas pequenas, simples em relação à sua forma, com quatro raios. Veja a seguir um exemplo, *Oscarella lobularis*.



Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

As esponjas podem apresentar três tipos básicos de organização do seu sistema aquífero. Em qual das alternativas abaixo esses sistemas são citados em ordem crescente de complexidade (do mais simples ao mais elaborado)?

A Siconoide, leuconoide, asconoide.

- B Leuconoide, asconoide, siconoide.
- C Leuconoide, siconoide, asconoide.
- D Asconoide, siconoide, leuconoide.
- E Siconoide, asconoide, leuconoide.

Parabéns! A alternativa D está correta.

As esponjas que apresentam o sistema aquífero do tipo asconoide possuem um formato de tubo simples, dotado de poros externos que irão direcionar a água para um canal central e que, em seguida, será eliminada por um único ósculo. No sistema do tipo siconoide, a parede do corpo é mais espessa e composta por uma série de canais radiais, tornando-o mais elaborado que o anterior. Numerosas câmaras de coanócitos, canais radiais e numerosos ósculos caracterizam o sistema mais complexo das esponjas, o do tipo leuconoide.

Questão 2

A reprodução das esponjas pode ocorrer de maneira assexuada ou sexuada. Em um dos tipos da reprodução sexuada, após a fecundação, o zigoto irá se desenvolver dentro do corpo parental, para então ser liberado na forma de uma larva ciliada livre-natante. A esse tipo de desenvolvimento do embrião damos o nome de

- A oviparidade.
- B desenvolvimento direto.
- C brotamento.

D ovoviviparidade.

E viviparidade.

Parabéns! A alternativa E está correta.

Os animais cujo desenvolvimento embrionário ocorre dentro do corpo parental são chamados de vivíparos.

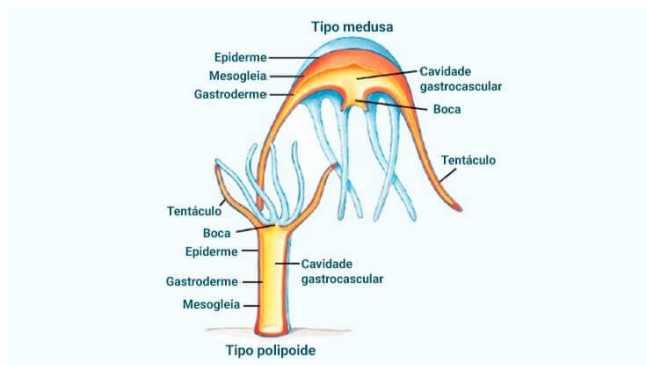


4 - Morfologia funcional de Cnidaria e Ctenophora

Ao final deste módulo, você será capaz de reconhecer os principais aspectos de morfologia funcional dos filos Cnidaria e Ctenophora.

Surgimento da cavidade gastrovascular

No módulo 2, aprendemos que animais dos filos Cnidaria e Ctenophora se encontram no grau celular-tecidual de organização corporal. Vimos também que, na sua embriogênese, apenas duas camadas germinativas – endoderme e ectoderme – são formadas e, por isso, eles são classificados como animais diploblásticos. No processo de gastrulação, uma camada mediana se forma a partir da ectoderme (que origina a epiderme), produzindo um mesênquima mais ou menos sólido, que consiste em uma matriz gelatinosa, a mesogleia. A endoderme (que origina a gastroderme) irá revestir um tubo digestivo incompleto, denominado cavidade gastrovascular ou celêntero. Nos cnidários e ctenóforos adultos, essa cavidade servirá para a circulação e também para a digestão e a distribuição do alimento.



Parede corporal e cavidade gastrovascular de Cnidaria, no estágio medusoide e polipoide.

Características morfofuncionais e ciclo de vida

Os cnidários são animais exclusivamente aquáticos, representados por hidras, medusas, anêmonas-do-mar e corais. Eles podem viver livres ou em colônias e podem incluir duas morfologias totalmente diferentes: uma forma polipoide e uma forma medusoide.

São cerca de 14 mil espécies descritas, sendo a maioria encontrada nas regiões marinhas. O tamanho corporal dos cnidários varia de pólipos e medusas praticamente microscópicos, até espécimes de medusa com 2 metros de largura e tentáculos com 25 metros de comprimento. As colônias, como as dos corais, podem ter muitos metros de diâmetro. Veja a seguir dois exemplos de cnidários representativos.



Pólipio do gênero *Hydra* (classe Hydrozoa)



Medusa da classe Cubozoa

Os ctenóforos são animais exclusivamente marinhos e são conhecidos como águas-vivas-de-pente ou caramolas-do-mar. São organismos gelatinosos e transparentes que apresentam como característica distintiva a presença de pentes formados por grupos de cílios com função natatória. Existem cerca de 100 espécies descritas, com tamanho corporal variando de 1 milímetro até cerca de 1,5 metros de comprimento.



Ctenophoro do gênero *Beroe* (ordem Beroidea) batendo seus cílios durante a locomoção.

Comentário

Apesar de caracterizarem filos distintos e com relacionamento filogenético duvidoso, cnidários e ctenóforos são similares em vários aspectos e, por isso, serão estudados aqui de forma conjunta.

Forma e estruturas do corpo

Cnidários e ctenóforos não apresentam cabeça, nem estruturas bem desenvolvidas para trocas gasosas, excreção ou circulação. A cavidade gastrovascular é a única “cavidade corpórea” e, em ambos os grupos, não há sistema nervoso concentrado, mas sim uma rede neural difusa com órgãos sensoriais distribuídos radialmente.

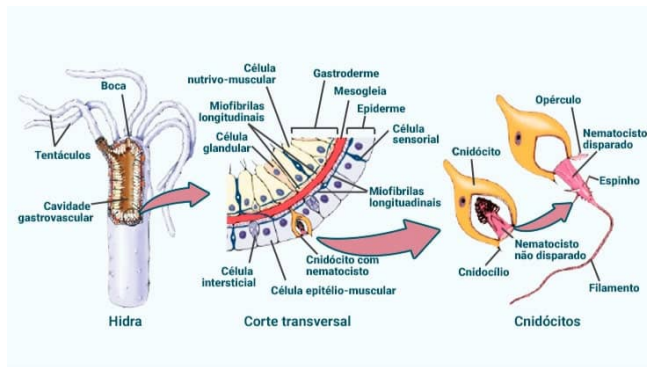
A maioria dos Cnidaria possui uma simetria radial primária, com as partes do corpo arranjadas de forma concêntrica em torno do eixo que passa pela boca, que é rodeada por tentáculos marginais. O corpo dos pólipos é geralmente tubular e estruturas de fixação na extremidade oposta à boca funcionam como um disco aderente (disco pedal) de fixação ao substrato. Em alguns casos, o pólipo forma um único indivíduo (por exemplo, anêmonas-do-mar), em outros, vários deles podem se organizar para formar colônias (por exemplo, corais).



Colônia de cnidários formando corais.

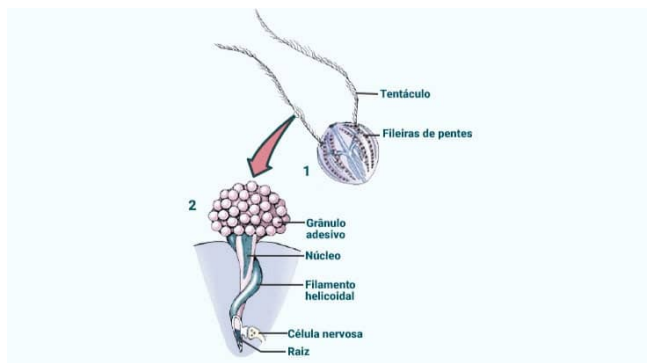
Os ctenóforos não apresentam qualquer estágio de vida sésil fixo. A maioria tem formato ovoide ou esférico e uma simetria birradial (uma variação da simetria radial), na qual apenas dois planos dividem o animal em duas partes iguais.

Os cnidários utilizam uma grande variedade de mecanismos de sustentação, que vão desde uma mesogleia flexível e muito fina de algumas medusas até fragmentos de sedimentos e conchas incorporados na parede corporal de alguns pólipos coloniais. Esses organismos não apresentam tecido muscular verdadeiro, mas há células na epiderme (epiteliomusculares) e gastroderme (nutritivo-musculares) que lhe conferem movimentação. Além dessas, a camada epidérmica de alguns grupos podem conter células glandulares, sensoriais e nervosas, bem como células que contêm cnidas — os chamados cnidócitos. Um tipo especial de cnida, o nematocisto, é usado para injetar substâncias urticantes utilizadas tanto para defesa como para o ataque, no caso dos animais predadores.



À esquerda, um póipo de *Hydra* mostrando seu revestimento gastrovascular. Ao centro, uma porção da parede do corpo de uma hidra. À direita, a estrutura de uma célula urticante (cnidócito).

Para sua sustentação estrutural, os ctenóforos dependem principalmente da grossa camada de mesogleia, na qual se desenvolvem células musculares verdadeiras. Eles possuem estruturas locomotoras denominadas ctenos, dispostas em fileiras de pentes, e apresentam tentáculos retráteis ricamente armados com estruturas adesivas para capturar presas, conhecidas como coloblastos, como mostrado a seguir. Apesar de frágeis e transparentes, os ctenóforos são vistos com maior facilidade à noite, pois são geralmente bioluminescentes.



(1) Visão externa de um ctenóforo *Pleurobrachia*. (2) Estrutura de um coloblasto.

Locomoção e alimentação

Os cnidários medusoides são organismos vágéis e se deslocam na coluna d'água por meio de contrações musculares da parede do corpo. Nos ctenóforos, o batimento dos ctenos gera a maior parte da potência locomotora, permitindo movimentos modestos para cima e para baixo na coluna d'água. Nos pólipos de Cnidaria, elementos musculares circulares atuam em conjunto com o [esqueleto hidrostático](#) de forma a distender os tentáculos e o corpo. Alguns podem desprender-se do substrato para rastejar ou mesmo nadar livremente por flexões ou dobras "rápidas" do corpo.

Veja a seguir como os cnidários e os ctenóforos se alimentam.

squeleto hidrostático

Cavidade corporal preenchida por líquido, que dá apoio às contrações musculares e permite que os organismos que a possui possam movimentar e alterar a forma de seus corpos.

2

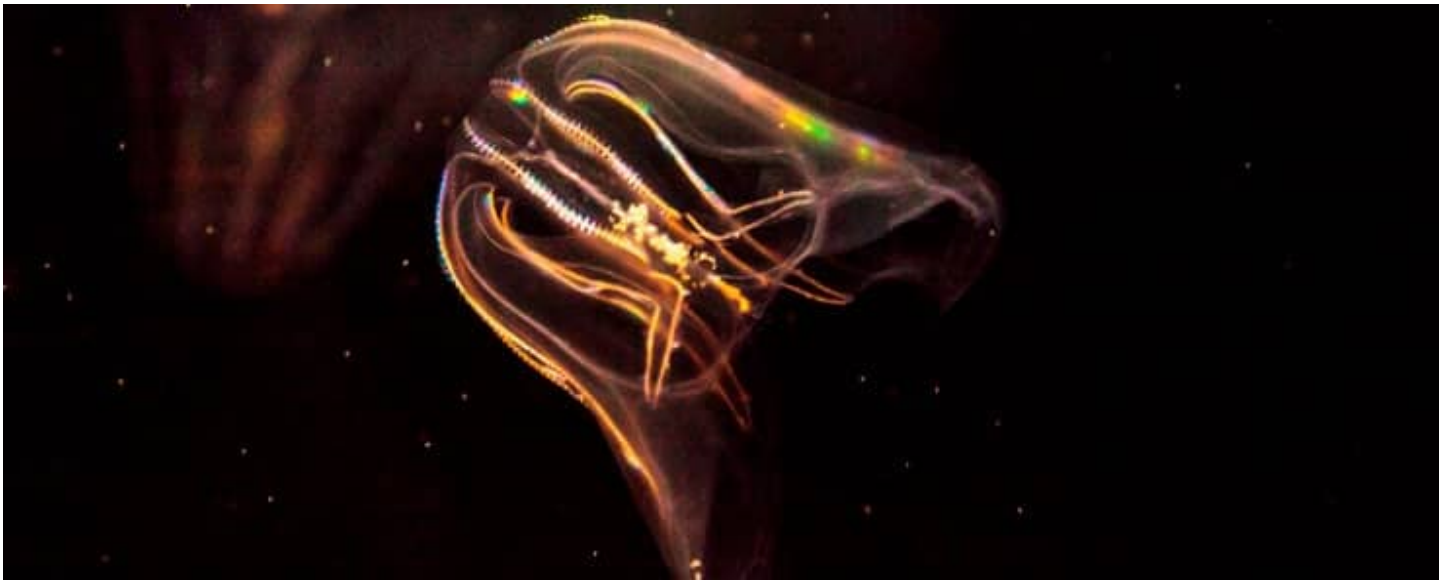
Cnidários

Todos são carnívoros e, nos casos típicos, os tentáculos alimentares repletos de nematocistos capturam a presa e levam-na em direção à região da boca. No interior da cavidade gastrovascular, células glandulares descarregam enzimas sobre o alimento para começar a digestão extracelular. A digestão intracelular ocorre nas células da gastroderme. Muitos corais se alimentam por suspensão utilizando uma rede de muco para reter partículas orgânicas que se precipitam na coluna d'água. O muco repleto de alimentos é levado pelos cílios até a boca. Em todos os casos, os restos não digeridos no celêntero são expelidos pela boca.



Ctenóforos

Utilizam seus tentáculos cobertos por coloblastos para capturar pequenos crustáceos. Seu sistema digestivo é mais completo que o dos cnidários, sendo formado pela boca, seguida pela faringe, pelo estômago e por um conjunto de canais gastrovasculares que se estende pela mesogleia. Aqui, a digestão também acontece de forma extracelular e intracelular, no entanto, diferentemente dos cnidários, o material não digerido é eliminado por canais que se abrem para o exterior do corpo localizados na extremidade oposta à boca, funcionando como um ânus rudimentar.

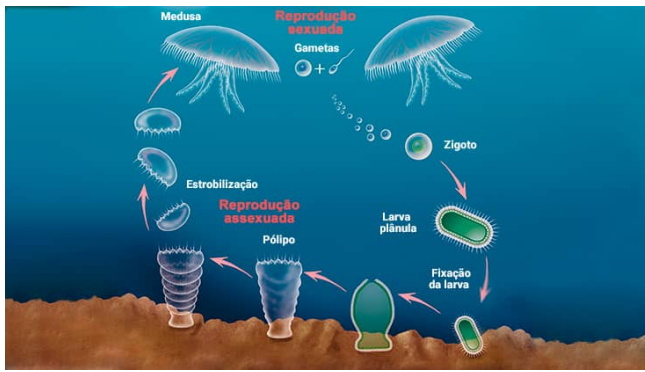


Ciclo de vida

Cnidários podem se reproduzir por processos sexuais e assexuais. A forma mais frequente de reprodução entre os pólipos é a assexuada por brotamento. Ela consiste na formação de pequenos brotos que surgem na superfície do corpo e que se desprendem do animal para formar novos indivíduos. A reprodução por fissão também é comum, principalmente entre as anêmonas-do-mar, que podem ser separadas ao meio e as duas metades regeneram-se perfeitamente.

Os processos de reprodução sexuada dos cnidários estão diretamente relacionados com a alternância de gerações, que caracteriza esse filo. Nesse caso, o estágio de pólipo assexuado se alterna com um estágio medusoide sexuado que é responsável por formar uma larva plânula. De modo excepcional, a reprodução sexuada dos antozoários (a classe das anemônas-do-mar, Anthozoa), nos quais somente a forma polipoide está presente, envolve a produção de gametas diretamente pelos pólipos. Após a fertilização, o zigoto se transforma em uma larva plânula móvel que se instala e cresce como um pólipo adulto sésil.

Nos indivíduos da classe Cubozoa, as larvas plânulas se instalam e crescem como pólipos, os quais se dividem assexuadamente por brotamento. Assim, cada novo pólipo dará origem a uma forma medusoide sexuada. Os cifozoários (classe Scyphozoa) também seguem o modelo plânula-pólipo sésil, entretanto, ao passar por sucessivos brotamentos, o pólipo irá formar um indivíduo semelhante a um estróbilo, do qual serão formadas várias medusas sexuadas, concluindo um processo conhecido como estrobilização, veja a seguir.



Ciclo de vida de um cifozoário com alternância de geração.

Saiba mais

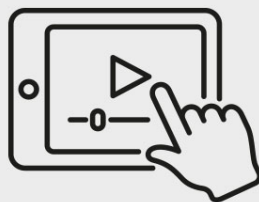
As plánulas, os pólipos e as medusas ocorrem nos ciclos de vida de muitas espécies de hidrozoários (classe Hydrozoa). Nesse grupo, as medusas desenvolvem-se a partir de uma massa de tecido germinativo, mas o estágio de pólipos ou medusa pode estar totalmente ausente em determinados ciclos de vida.



Alternância de geração nos cnidários

Neste vídeo, a especialista Isabela Cristina Rocha fala sobre o ciclo de vida dos cnidários e no que consiste o processo de alternância entre as formas de pólipos e medusa a cada geração.

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



No aspecto reprodutivo, os ctenóforos diferem fundamentalmente dos cnidários porque são monomórficos, nunca formam colônias e não têm qualquer indício de um estágio sésil fixo. Eles reproduzem-se assexuadamente por processos de laceração, no qual pequenos fragmentos desprendidos do animal podem regenerar-se e formar um organismo adulto completo. A maioria dos ctenóforos é hermafrodita simultânea, capaz de autofecundação. Seu desenvolvimento geralmente é indireto, caracterizado pelo crescimento gradual dos juvenis para se tornarem adultos. Contudo, processos metamórficos podem ocorrer em determinadas espécies, tipicamente com uma fase larval característica denominada cidipídia.

Evolução e classificação

No passado, Cnidaria e Ctenophora foram reunidos no grupo denominado Celenterata, por possuírem o tubo digestivo em forma de saco oco com uma única abertura. Eles também foram denominados Radiata em referência à sua simetria radial (secundariamente birradial). Contudo, as relações filogenéticas desses animais ainda são bastante discutidas.

Saiba mais

Embora alguns pesquisadores estejam inclinados a conservar os cnidários e os ctenóforos junto como celenterados, alguns zoólogos entendem as semelhanças compartilhadas entre eles como um reflexo de adaptações para o estilo de vida pelágico, não necessariamente uma origem evolutiva comum. Atualmente, celenterado não tem mais valor taxonômico, sendo apenas utilizado como um coletivo do grupo.

Os cnidários incluem três linhagens principais:

Anthozoa

Uma linhagem polipoide que não inclui medusas.

Medusozoa (Hydrozoa + Scyphozoa + Cubozoa + Staurozoa)

Um clado diversificado que inclui espécies com formas medusoides predominantemente móveis, assim como formas que alternam os estágios de vida medusoide e polipoide.

Myxozoa

Um clado cujas relações com as outras duas linhagens ainda não estão definidas.

O sistema de classificação mais tradicional divide os Ctenophora em duas classes:

Classe Tentaculata

Espécies com tentáculos e formada por seis ordens.



Classe Nuda

Espécies sem tentáculos e formada por uma ordem apenas.

Atenção

No entanto, o monofiletismo desses dois grupos, Tentaculata e Nuda, vem sendo questionado, e análises moleculares recentes indicam que, embora os ctenóforos em geral sejam monofiléticos, a existência ou inexistência de tentáculos pode fornecer pouca informação filogenética para o grupo.

Aspectos ecológicos

Animais dimórficos como os cnidários (isto é, com fases polipoide e medusoide) podem ser extremamente diferentes sobre uma perspectiva ecológica. A ocorrência de diferentes formas em um mesmo ciclo de vida permite que algumas espécies explorem ambientes e recursos diferentes, caracterizando uma “vida dupla”.

Recifes de coral são formados pelo acúmulo de animais marinhos e de certas algas, com participação significativa dos cnidários polipóides. Essa formação constitui um dos ecossistemas mais diversificados do

oceano, contudo, tamanha diversidade está ameaçada por um fenômeno conhecido como clareamento de corais, como observado na imagem a seguir.



Corais clareados pela perda das zooxantelas.

Saiba mais

O clareamento de corais acontece em razão da perda das algas que vivem em associação mutualística com o coral, as chamadas zooxantelas, causando a morte desses coletivos. A perda das zooxantelas está correlacionada com o aquecimento global e o consequente aumento da temperatura dos oceanos.

Cnidários medusoides são famosos por provocarem queimaduras em banhistas. Apesar de sua toxina ser geralmente utilizada para mobilizar e capturar presas, como peixes e crustáceos, ela pode ser suficientemente potente para prejudicar humanos, como mostrado no exemplo a seguir.



Queimadura provocada por uma água-viva.

Exemplo

Na Austrália tropical, o número de pessoas que morrem com envenenamento por medusas da classe Cubozoa é duas vezes maior que o das vítimas de tubarões. As “ferroadas” de *Chironex*, conhecida como vespa-do-mar, geralmente resultam em dores fortes, mas as formas mais graves podem causar insuficiência cardíaca ou respiratória.

Você já deve ter ouvido falar que, ao ser “queimado” por uma água-viva, a região atingida deve ser molhada com urina (ácido) ou com solução de bicarbonato de sódio (alcalino). Isso não é um mito! Substâncias ácidas e alcalinas suprimem o efeito urticante dos nematocistos, atenuando os efeitos da toxina.

Hoje, sabe-se que os ctenóforos formam uma parte importante da biomassa planctônica em muitas áreas do planeta. O fato de muitas espécies serem hermafroditas, com juvenis capazes de se reproduzir antes de chegarem na forma adulta, favorece o crescimento de pequenas populações a uma taxa explosiva.

Curiosidade

Os ctenóforos podem equilibrar os ecossistemas marinhos, evitando, por exemplo, uma superabundância de copépodes (pequenos crustáceos), que são a principal fonte nutricional desses animais. Em alguns casos, se a comida for abundante, eles podem comer até dez vezes o seu próprio peso por dia.

Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

Apesar de constituírem filos diferentes, Cnidaria e Ctenophora compartilham importantes características relacionadas às suas formas e estruturas corporais, tais como

- A a presença de cnidócitos, mesênquima gelatinoso, celêntero e de sistema nervoso central.
- B a simetria radial (ou birradial) e a presença de mesênquima gelatinoso, celêntero e sistema nervoso simples em forma de rede.
- C a assimetria e a presença de musculatura verdadeira, celêntero e sistema nervoso central.

- D a simetria radial, a diploblastia e a presença de mesênquima gelatinoso e células musculares verdadeiras.
- E a simetria radial (ou birradial) e a presença de tubo digestivo completo, celêntero e sistema nervoso simples em forma de rede.

Parabéns! A alternativa B está correta.

A formação de um sistema nervoso central é acompanhada da presença de uma cabeça, que nunca é formada entre os cnidários e ctenóforos. Apesar de uma musculatura verdadeira ser possível dentre os Ctenophora, em Cnidaria as células que conferem movimentação ao corpo do animal são derivadas da epiderme e da gastroderme. Nos Cnidaria, a cavidade gastrovascular, responsável pela circulação e digestão, tem apenas um orifício, que serve como boca e ânus, portanto, um tubo digestivo completo é impossível nesses casos.

Questão 2

Grande parte dos cnidários passa por dois estágios de vida: o de póipo e o de medusa. A respeito do ciclo de vida desses animais, marque a alternativa correta.

- A Os processos de reprodução assexuada só ocorrem nas formas medusoides capazes de alternar suas gerações.
- B O estágio de póipo assexuado nunca dará origem a uma larva plânula.
- C O estágio de póipo só é capaz de dar origem a novos póipos; o estágio de medusa, a novas medusas.
- D Póipo ou medusa são estágios de vida obrigatoriamente presente nas diferentes classes de Cnidaria.

E

O estágio medusoide sexuado é capaz de formar uma larva plânula que crescerá como um pólipó assexuado.

Parabéns! A alternativa E está correta.

Somente a forma polipoide está presente nos organismos da classe Anthozoa. No restante das classes, o estágio medusoide sexuado geralmente origina novos pólipos, que por sua vez, darão origem a novas medusas. Apesar disso, variações podem ocorrer em alguns grupos com o estágio de pólipó ou medusa totalmente ausente.

Considerações finais

Apesar de Protista não constituir um grupo monofilético, aqui eles foram estudados como um grupo distinto de eucariotos unicelulares, que compartilham importantes características com os animais, mas que também compreendem grupos mais relacionados às plantas e aos fungos. Animal é um termo sinônimo para Metazoa, que inclui os eucariotos pluricelulares capazes de formar tecidos distintos e células reprodutivas ou gaméticas, bem como se reproduzir de forma sexuada por meiose.

Os diferentes níveis de complexidade observados no plano corporal dos metazoários foram apresentados, assim como os tipos gerais de simetria corporal e de cavidades corporais. Detalhes maiores foram dados aos filos Porifera, Cnidaria e Ctenophora, enfocando principalmente a morfologia funcional de seus representantes, no ciclo de vida, a diversidade e a classificação taxonômica. Além de entender sobre as peculiaridades de cada um desses grupos, os pontos estudados servirão também como embasamento teórico para o estudo dos animais bilatérios. Esses organismos têm sua morfologia intrinsecamente relacionada à evolução de formas mais complexas oriundas dos metazoários basais.



Neste *podcast*, a especialista Isabela Cristina Rocha explica por que os protistas não formam um agrupamento natural e o que é preciso para ser considerado um autêntico animal.

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



Referências

- ARAÚJO, L. A. L.; VIEIRA, G. C. (orgs.). **Ensino de Biologia**: uma perspectiva evolutiva. Porto Alegre: Instituto de Biociências da UFRGS, 2021.
- BRUSCA, C. R.; MOORE, W.; SHUSTER, S. M. **Invertebrados**. 3. ed. São Paulo: Saraiva Academic Press, 2018.
- DIAS, R. J. P.; ROSSI, M. F.; BARBOSA, B. C. **Avanços da Zoologia no século XXI**. Juiz de Fora: Edição dos autores, 2019.
- FERNÁNDEZ, R.; GABALDÓN, T. J. N. **Gene gain and loss across the metazoan tree of life**. *Nature Ecology & Evolution*, v. 4, n. 4, p. 524-533, 2020. Consultado na internet em: 24 ago. 2021.
- FERREIRA JUNIOR, N.; PAIVA, P. C. **Introdução à Zoologia**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2010. v. 2.
- HICKMAN, C. P. et al. **Princípios integrados de Zoologia**. 16. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.
- KING, N. **Choanoflagellates**. *Current Biology*, v. 15, n. 4, p. R113-R114, 2005. Consultado na internet em: 3 set. 2021.
- LEE, J. J.; LEEDALE, G. F.; BRADBURY, P. (eds.) **An illustrated guide to the protozoa**: organisms traditionally referred to as protozoa, or newly discovered groups. 2. ed. Lawrence: Allen Press, 2000.
- MORAES, F. C. **Esponjas das ilhas oceânicas brasileiras**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2011. 252 p. Série Livros 44.
- RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**: uma abordagem funcional-evolutiva. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005.

RUSSO, C. A. M.; SALLES, L. O.; BRITO, P. **Diversidade dos seres vivos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2007. v. 2.

VENTURA, C. R. R.; MELLO-PATIU, C. A.; MEDJDALANI, G. **Diversidade biológica dos protostomados**. 3. ed. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2010. v. 1.

Explore +

Para saber mais sobre a origem e o registro fóssil dos animais, consulte o seguinte artigo: *O registro fóssil de metazoários ediacaranos na América do Sul e suas implicações nos estudos sobre origem e complexificação da vida animal*, de Bruno Becker Kerber e colaboradores, publicado em 2013 na Revista Geologia USP, Série Científica.

Veja o que este artigo traz acerca das adaptações morfológicas do filo Porifera ao longo do seu processo de evolução: *Estudo da evolução das adaptações morfológicas em poríferos*, de Alder Oliveira Alves e colaboradores, apresentado na Semana de Mobilização Científica da Universidade Católica de Salvador em 2003.

Leia o capítulo 1 do livro *Biologia marinha*, chamado **O ambiente marinho**, de Abílio Soares Gomes e Alberto Garcia Figueiredo, e saiba mais a respeito das características do ambiente em que vivem os grupos estudados até o momento e conheça outros animais compartilham desse espaço.

Assista ao vídeo *Swimming anemone*, disponível no canal waymire5, no YouTube, e veja como uma anêmona-do-mar é capaz de se movimentar quando entra em contato com um predador em potencial.

Aprenda mais sobre o estado de conservação dos recifes de coral no Brasil no livro *Monitoramento dos recifes de coral do Brasil: situação atual e perspectivas*, de Beatrice Padovani Ferreira e Mauro Maida, publicado pelo Ministério do Meio Ambiente em 2006 e disponível no portal do ICMBio.