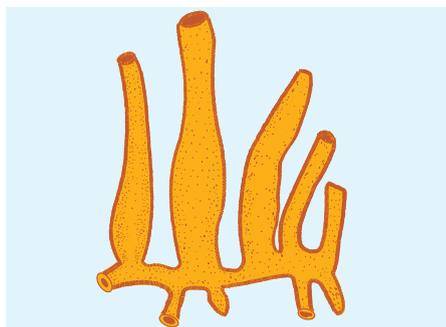


1. RELAÇÕES HARMÔNICAS ENTRE OS SERES VIVOS

Nas relações harmônicas não existe desvantagem para nenhuma das espécies consideradas e há benefício pelo menos para uma delas. Tais relações podem ser divididas em homotípicas e heterotípicas.



Pequena colônia do espongiário *Leucosolenia*.

• Relações homotípicas

Também chamadas intraespecíficas, são aquelas que ocorrem entre organismos da mesma espécie. Pertencem a este grupo as colônias e as sociedades.

• Relações heterotípicas

Também chamadas de interespecíficas, são aquelas que acontecem entre organismos de espécies diferentes.

A. COLÔNIAS

São constituídas por organismos da mesma espécie, que se mantêm anatomicamente unidos entre si. A formação das colônias é determinada por um processo reprodutivo assexuado, o brotamento.

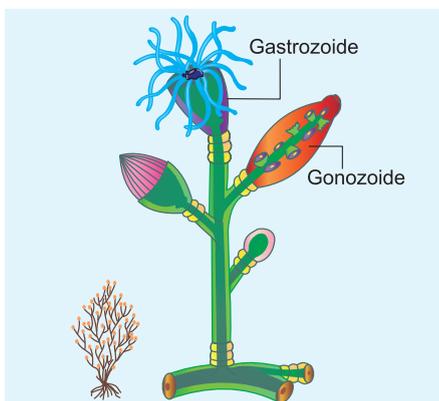
As colônias podem ser homomorfas e heteromorfas.

□ Colônias homomorfas

Tais colônias são constituídas por indivíduos iguais, que realizam as mesmas funções, ou seja, não existe a chamada divisão de trabalho. Como exemplos, citamos as colônias de espongiários, de protozoários, de cracas (crustáceos), entre outras.

□ Colônias heteromorfas

São constituídas por indivíduos morfologicamente diferentes, com funções distintas, caracterizando a chamada divisão de trabalho fisiológico. Quando formadas por dois tipos de organismos, tais colônias são chamadas de **dimórficas**. Como exemplo, citamos a *Obelia*, uma colônia de celenterados em que aparecem dois tipos de indivíduos: gastrozoides, para a nutrição, e gonozoides, para a reprodução.



Obelia, colônia dimórfica.

As colônias polimórficas são estruturadas por vários tipos de indivíduos adaptados para funções distintas. Como exemplo clássico, citamos as **caravelas**, complexas colônias de celenterados. Uma caravela apresenta um pneumatóforo, vesícula cheia de gás que funciona como flutuador. Dele partem indivíduos especializados pa-

ra a nutrição (gastrozoides), a reprodução (gonozoides), a natação (necrozoides) e a defesa (dactilozoides).

B. SOCIEDADES

São associações de indivíduos da mesma espécie, que não estão unidos, ou seja, ligados anatomicamente, e formam uma organização social que se expressa através do cooperativismo.

Sociedades altamente desenvolvidas são encontradas entre os chamados insetos sociais, representados por cupins, vespas, formigas e abelhas. Para um estudo mais aprofundado, destacaremos aquelas evidenciadas entre abelhas, formigas e cupins.

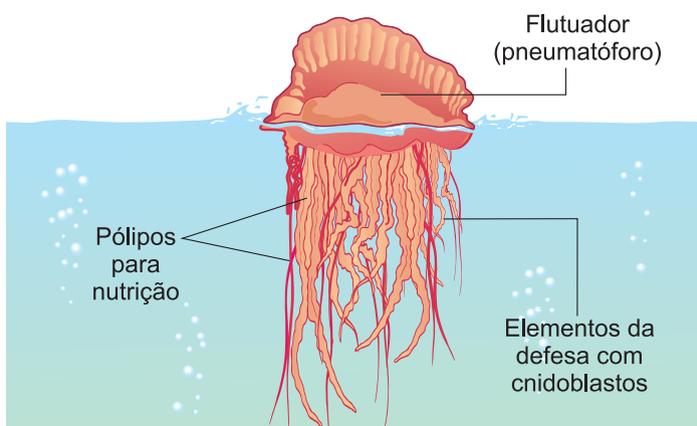
Abelhas

Na sociedade das abelhas distinguem-se três castas: a rainha, o zangão e as operárias.

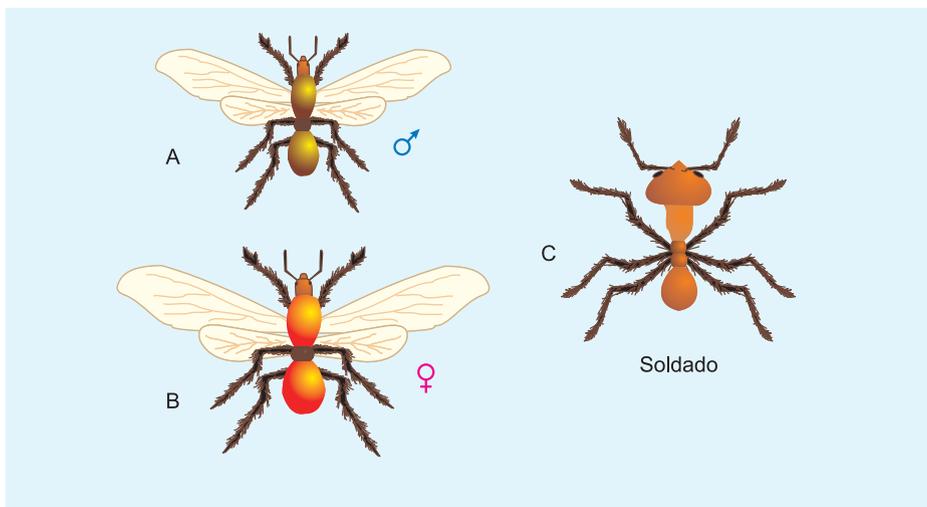
A rainha é a única fêmea fértil da colônia; salienta-se que em cada colônia existe apenas uma rainha. Os zangões são os machos férteis, enquanto as operárias ou obreiras são fêmeas estéreis.

As operárias são encarregadas de obter alimento (pólen e néctar) e produzir a cera e o mel. A cera é usada para confeccionar as celas hexagonais, onde são postos os ovos; o mel é fabricado por transformação do néctar e constituído por glicose e frutose.

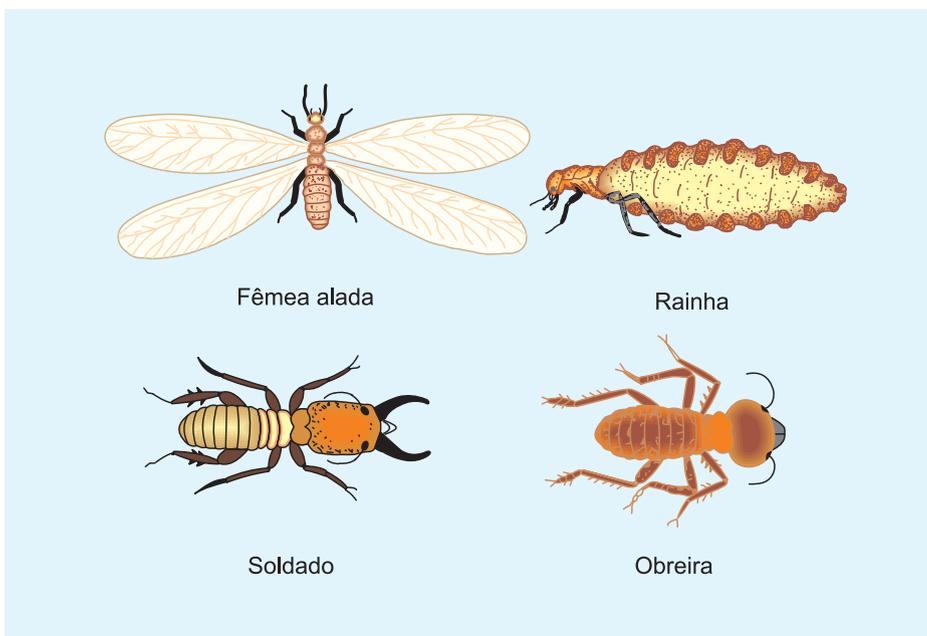
A única atividade dos zangões é a fecundação da rainha; após o voo nupcial, são expulsos e morrem de inanição.



Caravela.



Indivíduos do gênero *Atta* (saúva).



Térmitas.

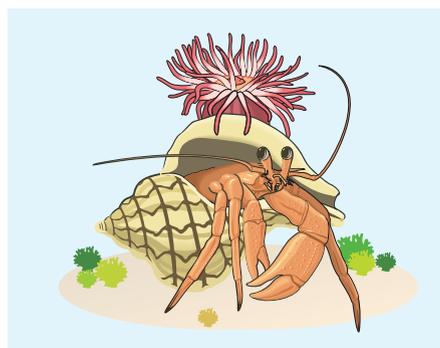
2. PROTOCOOPERAÇÃO

Também conhecida como cooperação, trata-se de uma associação entre duas espécies diferentes, na qual ambas se beneficiam. Contudo, tal associação não é indispensável à sobrevivência, podendo cada espécie viver isoladamente.

Como exemplo, citaremos:

O caranguejo bernardo-eremita e a anêmona

Também conhecido como paguro eremita, trata-se de um crustáceo marinho que apresenta o abdômen mole e desprotegido de exoesqueleto.



Paguro e anêmona.

A fim de proteger o abdômen, o bernardo vive no interior de uma concha vazia de caranguejo. Sobre a concha aparecem anêmonas (pólipos de celenterados) providas de tentáculos que eliminam substâncias urticantes. A anêmona é transportada

pelo paguro eremita, o que facilita a ela a captura do alimento. Em troca, a anêmona protege o crustáceo contra a ação de predadores, através de seus tentáculos.

O pássaro-palito e o crocodilo

O pássaro-palito penetra na boca dos crocodilos que ficam nas margens do Nilo, nutrindo-se dos restos alimentares e de vermes existentes na boca do réptil. A vantagem é mútua, porque, em troca do alimento, o pássaro livra o crocodilo dos parasitas.



Pássaro-palito e crocodilo.

O anu e o gado

O anu é uma ave que se alimenta dos carrapatos existentes na pele do gado, capturando-os diretamente. Em troca, livra o gado dos indesejáveis parasitas.

❑ Mutualismo

Trata-se de uma associação com benefícios mútuos. É mais íntima do que a cooperação, sendo necessária à sobrevivência das espécies, que não podem viver isoladamente. Cada espécie só consegue viver na presença da outra.



Beija-flores e flores de angiospermas mantêm uma relação do tipo mutualismo.

Dentre os exemplos, destacaremos:

Bacteriorrizas

Chamamos de bacteriorrizas a associação entre as bactérias do gênero *Rhizobium* e as raízes de leguminosas.

Como já vimos, no ciclo do nitrogênio, a bactéria produz compostos nitrogenados aproveitados pela planta e recebe dela matéria orgânica produzida na fotossíntese.

Microrrizas

Neste caso tem-se uma associação entre fungos e raízes de árvores florestais.

O fungo, que é um decompositor, fornece ao vegetal nitrogênio e outros nutrientes minerais; em troca, recebe matéria orgânica fotossintetizada.

Cupins e protozoários

Os cupins ou térmitas ingerem madeira, mas não conseguem digerir a celulose, pois não possuem a celulase, enzima que a digere. No tubo digestório do cupim, existem protozoários flagelados capazes de realizar tal digestão.

Líquens

É comum encontrarmos os líquens firmemente aderidos às rochas ou às cascas de árvores, formando uma crosta verde-acinzentada. O líquen é uma associação entre alga e fungo.

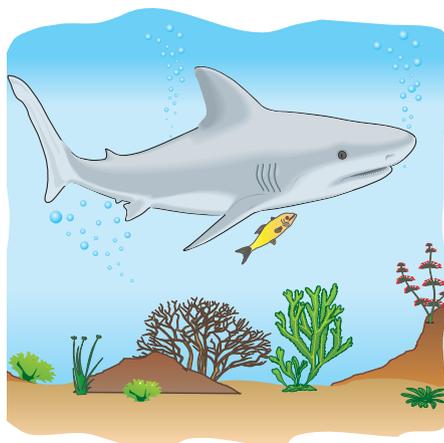
A alga é um produtor e sintetiza o alimento que é utilizado pelo fungo, organismo heterótrofo consumidor. Em troca, o fungo envolve e protege a alga contra a desidratação. Separados, tais organismos não sobrevivem.

3. COMENSALISMO

No comensalismo, uma espécie (comensal) beneficia-se, enquanto a outra (hospedeira) não leva vantagem alguma.

Um caso típico é a rêmora ou peixe-piolho, que vive como comensal do tubarão. No alto da cabeça, a rêmora apresenta uma ventosa por meio da qual se fixa no tubarão.

O efeito disso sobre o tubarão é nulo, mas a rêmora se beneficia, porque engole as sobras alimentares do tubarão, além de se deslocar sem gasto de energia.



Rêmora e tubarão.

4. INQUILINISMO

É a associação em que uma espécie (inquilino) procura abrigo ou suporte no corpo de outra espécie (hospedeiro), sem prejudicá-la.

Trata-se de uma associação semelhante ao comensalismo, não envolvendo alimento.

Citaremos dois exemplos:

O peixe-agulha e a holotúria

O peixe-agulha apresenta um corpo fino e alongado e se protege contra a ação de predadores, abrigo-se no interior das holotúrias (pepinos-do-mar), sem prejudicá-las.

Epifitismo

Epífitas são plantas que crescem sobre os troncos de plantas maiores, sem parasitá-las.

São epífitas as orquídeas e as bromélias, que, vivendo sobre árvores, obtêm maior suprimento de luz solar.



Bromélias epífitas na Mata Atlântica.

RELAÇÕES HARMÔNICAS HETEROTÍPICAS

TIPOS	ESPÉCIES REUNIDAS		ESPÉCIES SEPARADAS	
	Espécie A	Espécie B	Espécie A	Espécie B
PROTOCOOPERAÇÃO	+	+	0	0
MUTUALISMO	+	+	-	-
COMENSALISMO (A comensal de B)	+	0	-	0
INQUILINISMO (A inquilino de B)	+	0	-	0

0: as espécies não são afetadas em seu desenvolvimento.

+: o desenvolvimento da espécie torna-se possível ou é melhorado.

-: o desenvolvimento da espécie é reduzido ou torna-se impossível.

MÓDULO 26

Relações Desarmônicas entre os Seres Vivos



As relações desarmônicas se caracterizam por beneficiarem um dos associados e prejudicarem o outro. Tais relações também podem ser intraespecíficas e interespecíficas.

1. RELAÇÕES INTRAESPECÍFICAS OU HOMOTÍPICAS

São as que ocorrem entre indivíduos da mesma espécie, como é o caso da competição intraespecífica e do canibalismo.

❑ **Competição intraespecífica**

É a relação que se estabelece entre os indivíduos da mesma espécie, quando concorrem pelos mesmos fatores ambientais, principalmente espaço e alimento.

❑ **Canibalismo**

Canibal é o indivíduo que mata e come o outro da mesma espécie.

O canibalismo pode ocorrer entre ratos, quando existe falta de espaço.

2. RELAÇÕES INTERESPECÍFICAS OU HETEROTÍPICAS

Acontecem entre indivíduos de espécies diferentes e compreendem:

competição interespecífica, predatismo, amensalismo e parasitismo.

❑ **Competição interespecífica**

A competição entre espécies diferentes se estabelece quando tais espécies possuem o mesmo *habitat* e o mesmo nicho ecológico. É o caso de cobras, corujas e gaviões, que vivem na mesma região e atacam pequenos roedores.

❑ **Predatismo**

Predador é o indivíduo que ataca e devora outro, chamado presa, pertencente a uma espécie diferente. Os predadores são, geralmente, maiores e menos numerosos que suas presas, sendo exemplificados pelos animais carnívoros.

Tanto os predadores quanto as presas apresentam adaptações para ataque e defesa. Daremos especial destaque para a adaptação designada **mimetismo**.

Através do mimetismo os animais, pela cor ou forma, assemelham-se ao meio ambiente, com o qual se confundem. Tanto as presas como os predadores procuram esconder-se: os primeiros a fim de não serem perseguidos; os segundos para não serem descobertos. Assim, numerosos insetos que habitam a vegetação possuem cor verde.

Um interessantíssimo exemplo de mimetismo é dado pelo camaleão, um réptil provido de cromatóforos, células pigmentadas que permitem uma variação na coloração do corpo. Assim, tal animal é capaz de mudar sua cor em conformidade com o ambiente em que é colocado. Tal fenômeno é designado **homocromia**.

❑ **Amensalismo**

Amensalismo é um tipo de associação na qual uma espécie, chamada **amensal**, é inibida no crescimento ou na reprodução por substâncias secretadas por outra espécie, denominada **inibidora**.

A relação pode ser exemplificada pelos flagelados *Gonyaulax*, causadores das marés vermelhas. Em tal caso, os flagelados eliminam toxinas que provocam a morte da fauna marinha.

Outro caso é representado pelos fungos que produzem antibióticos, impedindo o desenvolvimento de bactérias.

❑ **Parasitismo**

Nesse caso, uma das espécies, chamada **parasita**, vive na superfície ou interior de outra, designada **hospedeiro**. O parasita alimenta-se a partir do hospedeiro, podendo até matá-lo. Os exemplos são numerosos e estudados na Zoologia.

RELAÇÕES DESARMÔNICAS HETEROTÍPICAS

TIPOS	ESPÉCIES REUNIDAS		ESPÉCIES SEPARADAS	
	Espécie A	Espécie B	Espécie A	Espécie B
COMPETIÇÃO	-	-	0	0
PREDATISMO (A predador de B)	+	-	-	0
PARASITISMO (A parasita de B)	+	-	-	0
AMENSALISMO (A amensal de B)	-	0	0	0

0: as espécies não são afetadas em seu desenvolvimento.

+: o desenvolvimento da espécie torna-se possível ou é melhorado.

-: o desenvolvimento da espécie é reduzido ou torna-se impossível.



MÓDULO 27

Populações



1. CONCEITO DE POPULAÇÃO

A demoecologia, ou dinâmica das populações, descreve as variações quantitativas das diversas espécies e procura as causas dessas variações.

População é um conjunto de seres da mesma espécie que habitam a mesma área num certo tempo.

□ Densidade populacional

Se dividirmos o número de indivíduos que constituem uma população pela área que ocupam, encontraremos a densidade populacional.

Densidade populacional é o número de indivíduos por unidade de espaço.

Se a população for bidimensional, o espaço será uma área e, se ela for tridimensional, o espaço será um volume.

Exemplos

1) A densidade de uma população humana é de 12 habitantes/ km².

2) A densidade de uma população de eucaliptos é de 980 árvores/hectare.

3) A densidade de uma população de peixes é de 13/m³.

□ Determinantes do tamanho populacional

O tamanho de uma população é determinado por quatro fatores básicos:

• Taxa de natalidade

Número de nascimentos em uma certa unidade de tempo.

• Taxa de mortalidade

Número de mortes em uma certa unidade de tempo.

• Taxa de imigração

Número de indivíduos que entram na população por unidade de tempo.

• Taxa de emigração

Número de indivíduos que saem da população por unidade de tempo. Salienta-se que a natalidade (N) e

a imigração (I) são fatores de acréscimo, enquanto a mortalidade (M) e a emigração (E) são fatores de decréscimo. Essas quatro variáveis têm de ser investigadas pelo ecologista que queira adquirir uma noção precisa sobre as características da população que está estudando. Assim, temos:

População em crescimento

$$N + I > M + E$$

População estável

$$N + I = M + E$$

População em declínio

$$N + I < M + E$$

□ Potencial biótico e resistência ambiental

Dá-se o nome de potencial biótico à capacidade potencial do crescimento de uma população em condições ambientais favoráveis.

A resistência ambiental exerce um controle natural, pois se opõe ao potencial biótico, limitando-o. Por resistência ambiental entende-se o conjunto de fatores limitantes do crescimento, como alimento, clima, espaço, competição, predação e parasitismo.

É devido à resistência ambiental que as populações não crescem de acordo com o seu potencial biótico.

□ Curva normal do crescimento populacional

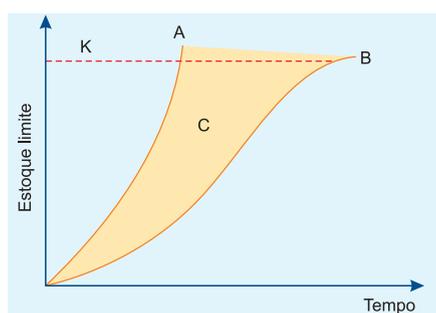
O crescimento de uma população que foi introduzida em um novo meio ocorre em três fases:

1) Fase de crescimento lento, correspondente à fase de adaptação no novo meio.

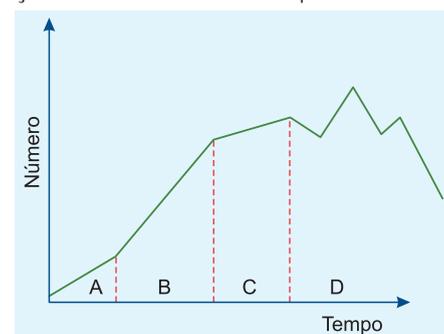
2) Fase de crescimento rápido, com exploração máxima do ambiente.

3) Fase de crescimento retardado, devido à resistência ambiental.

Finalmente, a população atinge o equilíbrio dinâmico e passa a apresentar oscilações, isto é, pequenas variações em torno do equilíbrio médio, ou flutuações, grandes variações em torno desse equilíbrio.



A - Potencial biótico
B - Crescimento real (curva sigmoide)
C - Resistência do meio
K - Capacidade limite de suporte do meio



A - Crescimento lento; B - Crescimento rápido; C - Crescimento retardado; D - Equilíbrio dinâmico; Curva normal de crescimento populacional.

$$\text{DENSIDADE} = \frac{\text{NÚMERO DE INDIVÍDUOS}}{\text{NÚMERO DE ÁREA}}$$

□ As causas das flutuações

• Competição

As espécies competem por espaço e alimento; tal competição pode





ser intra ou interespecífica e eliminar um dos competidores. Os gráficos a seguir mostram as curvas de crescimento de duas populações de micróbios P e P', quando estão separadas (gráfico I) e quando estão no mesmo meio de cultura (gráfico II).

Gráfico I

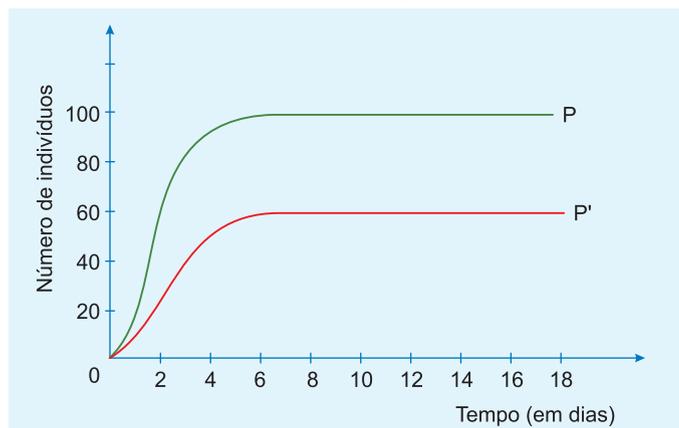
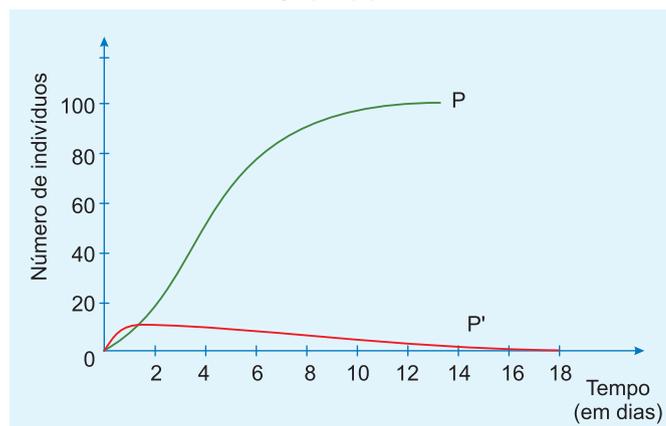


Gráfico II



• Predatismo

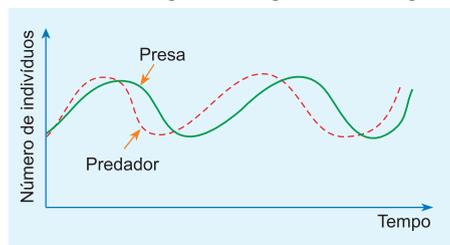
Suponhamos uma cadeia alimentar simples:

Vegetais → **Herbívoros** → **Carnívoros**
(presa) (predador)

Se a população do predador diminuir, a da presa aumentará; depois o alimento vegetal tornar-se-á insuficiente e a população da presa diminuirá graças ao aumento da mortalidade pela fome ou por epidemias.

Se a população do predador aumentar, aumentará o consumo de presa, e a população de predador diminuirá graças à mortalidade pela fome ou por epidemias.

As relações de tamanho entre predador e presa podem ser esquematizadas segundo o gráfico a seguir.



• Parasitismo

Na maioria das vezes, as doenças provocadas por parasitas são **endêmicas**: a proporção de afetados não varia com o tempo. Quando aumenta, passa-se por uma **epide-**

mia (se a doença se dissemina pela Terra, tem-se uma **pandemia**).

Numa epidemia, o aumento da população de parasitas leva ao aumento do número de doenças graves; com isso, a população de hospedeiros diminui pelo aumento da taxa de mortalidade. Mas a população parasita também sofre uma queda por não ter mais o que parasitar, voltando-se à situação de endemia.

• Alimentação

O aumento da quantidade de alimento provoca a aceleração do crescimento, o aparecimento mais rápido da maturidade sexual, o aumento da fecundidade, a redução da variação do tamanho entre os indivíduos da mesma idade, o aumento do teor de gorduras no organismo e a redução do canibalismo em relação aos filhotes.

A redução na quantidade de alimento acarreta o retardamento do crescimento e da maturidade sexual, a redução da fecundidade, o aumento do canibalismo e a diminuição da quantidade de gorduras de reserva.

• Fatores climáticos

São fatores como temperatura, luminosidade, umidade etc. A sua influência pode ser direta ou indireta.

Em relação aos animais, o que se pode dizer é que a ação dos fatores climáticos é importante e direta sobre os peiloterms, sendo frequente-

mente indireta e menos importante sobre os homeotermos, que dispõem de mecanismos fisiológicos que se tornam relativamente independentes do meio exterior.

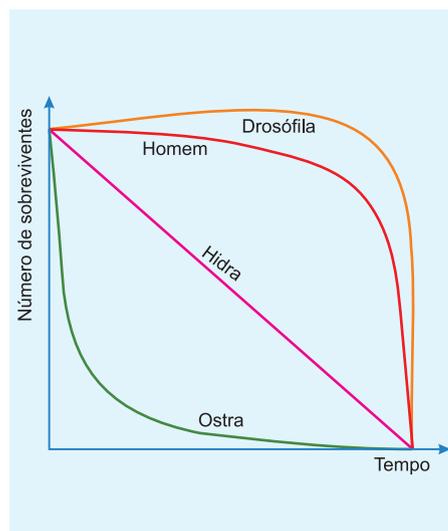
□ Curvas de sobrevivência

Existem três tipos de curvas de sobrevivência:

1. Muitos indivíduos têm a mesma duração de vida. É o caso da maioria dos mamíferos.

2. A mortalidade permanece constante durante toda a vida. Acontece com a hidra.

3. A mortalidade é elevada nos jovens. Ocorre em peixes e numerosos invertebrados.



Os diversos tipos de curvas de sobrevivência.





1. CONCEITO DE SUCESSÃO

Sucessão ecológica é o desenvolvimento de uma comunidade ou biocenose, compreendendo a sua origem e o crescimento, até chegar a um estado de equilíbrio dinâmico com o ambiente. Tal dinamismo é uma característica essencial das biocenoses.

2. ESTÁGIOS DA SUCESSÃO

A sucessão não surge repentinamente, de uma forma abrupta, mas sim por meio de um aumento crescente de espécies, até se atingir uma situação que não se modifica com o ambiente, denominada clímax. Uma sucessão pode iniciar-se de diversas maneiras: numa rocha nua, numa lagoa, num terreno formado por sedimentação etc.

O primeiro passo é a migração de espécies para a região onde se irá iniciar a sucessão. As espécies chegam a essa região por intermédio dos elementos de reprodução (esporos, sementes etc.).

As condições desfavoráveis, tais como intensa iluminação e solo úmido, só permitem o desenvolvimento de algumas espécies.

Essas espécies que se desenvolvem inicialmente no ambiente inóspito são chamadas **pioneiras**. São espécies de grande amplitude, isto é, são pouco exigentes, não tolerando apenas as grandes densidades.

São vegetações pioneiras: líquens, musgos, plantas de dunas etc.

Essa primeira etapa da sucessão chama-se **eceses**. Eceses é a capacidade de uma espécie pioneira em adaptar-se e reproduzir-se numa nova área.

A vegetação pioneira permite a preparação de um novo ambiente que, por sua vez, possibilita o estabelecimento de outras espécies vegetais. Outras espécies migram, algumas desaparecem, ocorrendo conseqüentemente alterações até se atingir o clímax. Na sucessão, as espécies de

maior amplitude ecológica são substituídas pelas de menor amplitude. As populações mais simples precedem as mais complexas; aumenta a diversidade de espécies; as formas herbáceas são substituídas pelas arbóreas. Denominam-se **seres** as comunidades temporárias que surgem no decorrer de uma sucessão.

Assim, a sequência na sucessão será:

Ecese → seres → comunidade clímax

3. TIPOS DE SUCESSÃO

As sucessões podem ser primárias, secundárias e destrutivas.

□ Sucessões primárias

As sucessões primárias correspondem às instalações dos seres vivos em um ambiente que nunca foi habitado. É, por exemplo, a sucessão que acontece numa rocha nua.

Os organismos pioneiros são representados pelos líquens. Por meio de ácidos orgânicos, produzidos pelos líquens, a superfície da rocha vai sendo decomposta. A morte desses organismos, associada à decomposição da rocha, permite o aparecimento de outros vegetais, como os musgos. Estes, por sua vez, permitem, pela sua ação, o aparecimento de espécies maiores, como as bromélias e as gramíneas.

• Sucessão numa lagoa

As águas paradas de lagoas e charcos são formações transitórias. Elas se formam quando o sistema normal de drenagem de terra fica interrompido pela elevação brusca do terreno (tremores de terra) ou por variações que se processam muito lentamente através de longos períodos geológicos. Uma lagoa está sempre em evolução. A tendência

geral é o seu desaparecimento final, pois ela vai sendo constantemente aterrada por sedimentos que as águas trazem das elevações vizinhas.

Na lagoa, o plâncton é o primeiro sistema de produtores que se desenvolve. Quando os seus cadáveres começam a enriquecer o fundo das margens com material orgânico, a vegetação aquática pode aí se estabelecer. As folhas e caules mortos aumentam o húmus do fundo, e de ano para ano a vegetação avança das margens para o centro. Na borda, onde estavam as plantas pioneiras, aparecem arbustos lenhosos e, depois de um certo tempo, as árvores. O terreno eleva-se graças à sedimentação de restos vegetais e, finalmente, onde estavam, de início, as plantas aquáticas, fixam-se arbustos e árvores, e o que era, a princípio, o charco marginal se transforma em terra firme.

Por meio deste processo de sucessão, todos os lagos e lagoas tendem a desaparecer.

□ Sucessões secundárias

As sucessões secundárias aparecem em um meio que já foi povoado, mas os seres vivos foram eliminados por modificações climáticas (glaciações, incêndios) e geológicas (erosão) ou pela intervenção do homem. Uma sucessão secundária leva, muitas vezes, à formação de um disclímax, diferente do clímax que existia anteriormente.

É o caso da sucessão numa floresta destruída. Um trecho de floresta é destruído (homem ou fogo), e o local é abandonado por certo tempo. A recolonização é feita em etapas: em primeiro lugar, o terreno é invadido pelo capim e outras ervas; depois, aparecem arbustos e, no final, árvores.

□ Sucessões destrutivas

Sucessões destrutivas são aquelas que não terminam em um clímax



final. Nesse caso, as modificações são devidas a fatores bióticos, e o meio vai sendo destruído, pouco a pouco, por diferentes seres. É o que ocorre com os cadáveres.

• **Características de uma sucessão**

Em todas as sucessões, pode-se observar que:

- aumenta a biomassa e a diversidade de espécies;
- nos estados iniciais, a atividade autotrófica supera a heterotrófica. Por essa razão, a produção bruta (P) é maior que a respiração (R), e a relação entre P e R é maior do que 1;
- nos estágios climáticos, há equilíbrio e a relação $P/R = 1$.

• **O ecótono**

Normalmente a passagem de uma biocenose para outra nunca ocorre de forma abrupta; geralmente há uma zona de transição, designada ecótona. Em tal região, o número de espécies é grande, existindo, além das espécies próprias, outras provenientes das comunidades limítrofes.

MÓDULO 29

Biociclos Aquáticos



1. OS BIOCICLOS

A Terra é formada por grandes ecossistemas, que são divididos em biosfera, biociclo, biocoro e bioma, dependendo de suas dimensões.

Biosfera – é o ambiente biológico onde vivem todos os seres vivos.

Biociclos – são ambientes menores dentro da biosfera. Existem três tipos de biociclos: terrestre (epinociclo), água doce (limnociclo) e marinho (talassociclo).

Biocoro – é uma parte do biociclo com características próprias. Assim, no biociclo terrestre existem quatro biocoros: floresta, savana, campo e deserto.

Bioma – dentro do biocoro, há regiões diferentes chamadas biomas. Assim, no biocoro floresta, podemos encontrar a floresta tropical, temperada etc.

2. BIOCICLO MARINHO OU TALASSOCICLO

□ **Característica**

É o maior de todos os biociclos, ocupando 363 milhões de km^2 , o que representa 3/4 da biosfera.

□ **Fatores abióticos**

No mar, são fatores abióticos importantes a pressão hidrostática, a iluminação, a salinidade e a temperatura. A pressão hidrostática aumenta 1 atmosfera a cada 10m de profundidade. A luz vai sendo absorvida à medida que penetra na água; assim as radiações que mais penetram são azul e violeta.

Costuma-se distinguir no mar três regiões:

Eufótica – recebe luz diretamente e geralmente chega a 100m de profundidade.

Disfótica – recebe luz difusa e pode chegar a 300m de profundidade.

Afótica – é a região geralmente com mais de 300m de profundidade, que não recebe luz.

A temperatura varia muito, conforme a profundidade dos oceanos. A camada mais aquecida é a superfície e também é a que fica mais sujeita a variações decorrentes das estações do ano.

A salinidade gira em torno de 35 partes por mil e ocorre uma variedade muito grande de sais dissolvidos, predominando o cloreto de sódio (NaCl).

□ **O meio biótico**

A diversidade de organismos é extremamente variada, distinguindo-se: plâncton, bentos e nécton.

• **Plâncton**

São seres que vivem na superfície, geralmente transportados passivamente pelo movimento das águas. O plâncton costuma ser dividido em fitoplâncton e zooplâncton.

Fitoplâncton – são algas representadas pelas diatomáceas e pelos dinoflagelados (pirrófitos).

Zooplâncton – é constituído por protozoários, muitas larvas de crustáceos e outros animais.

• **Bentos**

São seres que vivem no fundo do mar, fixos ou movendo-se no fundo.

Os indivíduos fixos são chamados sésseis, representados por muitos tipos de algas vermelhas, pardas e verdes e por muitos animais, como

espongiários, corais etc.

Os animais que se movem no fundo são frequentemente representados por equinodermos (estrelas-do-mar) e moluscos.

• **Nécton**

São animais livres, natantes, representados por peixes, polvos, mamíferos marinhos, tartarugas etc.

□ **Subdivisões do meio marinho**

O biociclo marinho pode ser dividido em:

1. águas costeiras;
2. mar aberto;
3. grandes profundidades.

Em função da profundidade, ele pode ser dividido em quatro zonas: litorânea, nerítica, batial e abissal.

• **Zona litorânea**

É uma região que fica na dependência das marés, sendo, portanto, de difícil adaptação para os seres vivos. É a zona que fica ora coberta pelas águas, ora descoberta. Mesmo assim, alguns organismos conseguem viver nessa região: cracas, moluscos, algas etc.

• **Zona nerítica**

Essa região é também conhecida por plataforma continental e abrange uma área com largura aproximada de 50km da costa, podendo atingir até 200m de profundidade.

Os produtores dessa região são as algas e algumas raras espécies de angiospermas. O fundo da zona nerítica pode ser arenoso, lodoso ou



rochoso. Nessa região, há corais, geralmente encontrados em águas claras, limpas e com temperatura acima de 20°C. Estão frequentemente associados com algas vermelhas.

- **Zona batial**

Vai de 200 a 2.000 metros. Apresenta águas paradas, mais frias, à medida que a profundidade aumenta. É uma região afótica, com reduzida vida animal.

- **Zona abissal**

Abrange profundidades superiores a 2.000 metros.

As grandes profundidades apresentam condições difíceis para a vida, tais como grandes depressões, ausência de luz, frio e pouco alimento.

Mesmo assim, muitos organismos adaptam-se a essas condições especiais.

Uma das características desses seres é a bioluminescência, isto é, a capacidade de emissão de luz, utilizada para atração sexual, de presas etc. Têm visão muito sensível, capaz de responder a pequenos estímulos luminosos, possuem formas bizarras, bocas e dentes grandes para facilitar a captura das presas.

3. BIOCICLO DE ÁGUA DOCE OU LIMNOCICLO

As águas continentais possuem pequeno volume, cerca de 190 mil km³; têm pequena profundidade, raramente ultrapassando 400m; sofrem variações de temperatura mais intensas do que o mar, sendo, portanto, menos



Mar – talassociclo.

estáveis.

Existem dois tipos:

1. águas lênticas ou dormentes;
2. águas lóticicas ou correntes.

□ **Águas lênticas**

São as aparentes águas paradas, que, na verdade, estão sendo sempre renovadas. Abrangem desde uma poça d'água formada pelas chuvas até os grandes lagos, como o Lago Superior e o Mar Cáspio (maior lago salgado do mundo).

Vamos tomar como exemplo uma lagoa. Os produtores das lagoas são principalmente representados por algas microscópicas, que formam o fitoplâncton (diatomáceas, cianofíceas, dinoflagelados etc.).

De menor importância são os vegetais superiores (geralmente angiospermas), que vivem fixos no fundo ou são flutuantes. Os consumidores são representados pelo zooplâncton (protozoários, pequenos crustáceos e outros animais).

Outros animais que não pertencem ao plâncton, como larvas de peixes, moluscos e peixes adultos, têm como predadores aves, como a garça, e mamíferos, como ariranhas e lontras, que dependem do ecossistema aquático.

Quando os seres vivos morrem, acumulam-se no fundo da lagoa e são transformados por ação dos decompositores (bactérias e fungos).

□ **Águas lóticicas**

Essas águas compreendem ria-



Lagoa ou lago – limnociclo (águas lênticas).

chos, córregos e rios. Nelas, há três regiões distintas: nascente, curso médio e curso baixo (fóz).

O curso superior ou nascente é pobre em seres vivos, devido à violência das águas. Não há plâncton, podendo ser encontradas algas fixas ao fundo, larvas de insetos etc.

O curso médio dos rios é mais importante, pois é mais lento e apresenta maior diversificação de vida. O fitoplâncton é representado por algas verdes, diatomáceas, cianofíceas etc. Plantas flutuantes, como o aguapé, e outros vegetais são encontrados nas margens. O zooplâncton é formado por microcrustáceos, larvas de insetos e outros. Há grande quantidade de peixes. O curso médio apresenta intenso intercâmbio com animais terrestres.

O curso inferior ou fóz (estuário) apresenta grande variação de salinidade (água salobra) e constitui uma zona de transição com o mar.

O homem influencia decisivamente nas águas continentais, promovendo drenagens, construção de açudes, usinas hidrelétricas e principalmente poluindo as águas. Assim, o lançamento de esgotos ricos em nutrientes orgânicos provoca uma intensa ação dos decompositores, diminuindo o suprimento de O₂ e, conseqüentemente, eliminando os seres aeróbicos.

Muitas vezes, os organismos aquáticos são eliminados por ação de agrotóxicos carregados pelas enxurradas durante o período chuvoso, para lagos, lagoas e rios.



Rio – limnociclo (águas lóticicas).



MÓDULO 30

A Poluição Ambiental



1. CONCEITO DE POLUIÇÃO

Existe, na natureza, um **equilíbrio biológico** entre todos os seres vivos. Nesse sistema em equilíbrio, os organismos produzem substâncias que são úteis para outros organismos e assim sucessivamente.

A poluição vai existir toda vez que os **resíduos** produzidos pelos organismos não puderem ser absorvidos pelo ecossistema, o que acaba provocando alterações na sobrevivência das espécies.

A poluição pode ser entendida ainda como qualquer alteração do equilíbrio ecológico existente.

A poluição é essencialmente produzida pelo homem e está diretamente relacionada com a concentração das populações. Assim, quanto maior for o aglomerado humano, mais intensa será a poluição.

Os **agentes poluentes** são os mais variáveis possíveis e são capazes de alterar a água, o ar, o solo etc.

2. A POLUIÇÃO DO AR

A poluição do ar é causada principalmente por compostos sulfurosos, nitrogenados e monóxido de carbono.

❑ Compostos sulfurosos

Os compostos sulfurosos são representados principalmente pelo dióxido de enxofre (SO_2) e pelo gás sulfídrico (H_2S), encontrados em concentrações variáveis no ar das grandes cidades. O dióxido de enxofre é formado principalmente pela combustão dos derivados de petróleo e do carvão mineral.

Esse composto provoca problemas no sistema respiratório e é causa de bronquites e distúrbios como o enfisema pulmonar. No ar, o dióxido de enxofre pode ser transformado em trióxido de enxofre, que, para as vias respiratórias, é ainda mais irritante que o primeiro. Os vegetais são mais sensíveis aos óxidos de enxofre; suas folhas amarelecem e, em concentrações maiores, chegam mesmo a morrer.

❑ Compostos nitrogenados

O dióxido de nitrogênio (NO_2) é o poluente produzido pelas descargas dos motores de automóveis, especialmente os movidos a óleo *diesel* e gasolina. Os óxidos de nitrogênio constituem a névoa seca (*smog* fotoquímico) que se forma sobre as grandes cidades por ação das radiações solares sobre os gases expelidos pelos veículos automotores. É tóxico para as vias respiratórias, provocando uma grave doença, o enfisema pulmonar. Reduz a fotossíntese nas plantas e danifica as pinturas, alterando as tintas.

❑ Monóxido de carbono

O monóxido de carbono é o poluente que aparece em menor quantidade no ar das grandes cidades. Tem origem, principalmente, na combustão do petróleo e do carvão.

No sangue humano, existe a hemoglobina, um pigmento que, nos pulmões, se combina com o oxigênio e, assim, é transportado para as células. O monóxido de carbono (CO) pode reagir com a hemoglobina, substituindo o oxigênio; tal fato provoca a morte por asfixia: muitas pessoas já morreram asfixiadas em garagens fechadas com automóveis em funcionamento. Seriam medidas eficientes, no combate ao problema, a regulação de motores e, principalmente, a diminuição do número de automóveis circulantes.

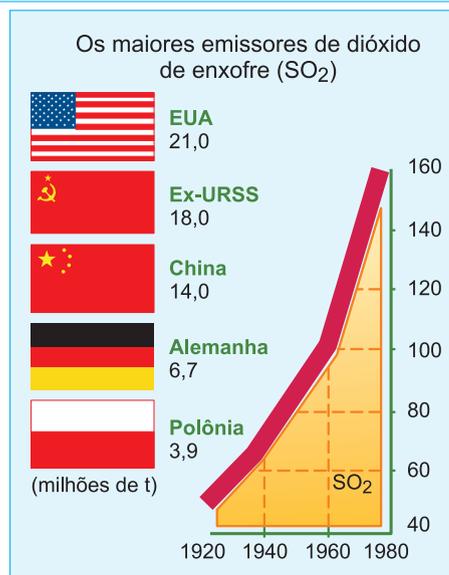
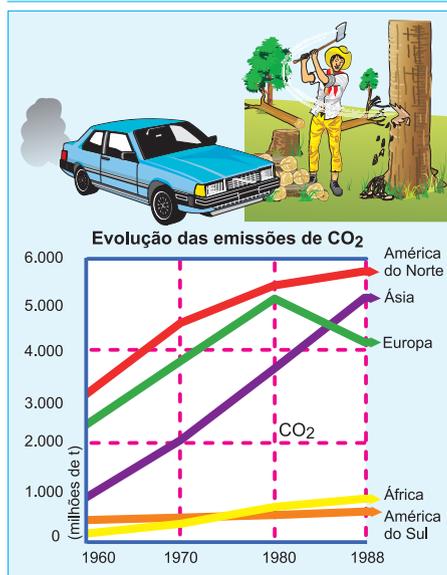
❑ A chuva ácida

A atividade industrial e o uso de automóveis provocam, por meio da combustão de carvão mineral, petróleo e derivados, emissão de poluentes, especialmente os dióxidos de enxofre e nitrogênio. Na atmosfera, esses poluentes em contato com o vapor de água produzem os ácidos sulfúrico e nítrico, que se precipitam na forma de neve ou chuva.

Essa chuva ou neve, contendo ácidos, provoca erosão de prédios, monumentos, além da destruição de florestas e, conseqüentemente, da fauna.

❑ Efeito estufa

O efeito estufa é um fenômeno natural, sem o qual a Terra seria inabitável. Em condições normais, esse fenômeno mantém o planeta aquecido. Ele é provocado por gases, especialmente o gás carbônico (CO_2), cujo efeito é comparável ao do vidro das estufas, que deixa entrar os raios de sol, mas impede que o excesso de calor seja irradiado de volta para o espaço. No efeito estufa, o vidro é substituído pelos gases que absorvem a radiação infravermelha. Sem a camada de gases, a radiação infravermelha seria irradiada para o espaço e a Terra teria uma temperatura de -50°C , ou seja, seria um planeta gelado. A energia solar atinge a Terra e é distribuída na superfície. O calor sobe novamente, mas os gases ab-



sorvedores do infravermelho refletem parte dessa energia, fazendo-a voltar à superfície.

Além do gás carbônico, responsável por 50% do efeito estufa, outros gases desempenham o mesmo papel. Entre eles, citam-se os clorofluorcarbonetos (20%), o metano (18%), os óxidos de nitrogênio (10%) e outros.

A concentração desses gases na atmosfera está aumentando, em razão principalmente da queima de combustíveis e de madeira, retendo mais raios infravermelhos e elevando a temperatura terrestre. Isso pode acrescentar 2°C a 4°C na temperatura nos próximos setenta anos.

As consequências previstas são catastróficas. Existe o risco de as calotas polares se derreterem e ocasionarem um aumento no nível dos mares. Mudarão também a circulação atmosférica e o regime das chuvas.

❑ A inversão térmica

A inversão térmica é um fenômeno que acontece no frio e agrava a poluição atmosférica. Em condições normais, o solo é aquecido pela radiação solar e, por sua vez, aquece as camadas de ar com as quais está em contato. O ar aquecido, pouco denso, sobe para a atmosfera e dispersa os poluentes. No inverno, pode ocorrer um rápido resfriamento do solo e, conseqüentemente, do ar.

Em tais condições, o ar frio, que é mais denso, não sobe e retém os poluentes. Nas grandes cidades, o fenômeno da inversão térmica pode levar as autoridades a decretar estado de emergência, com a proibição do funcionamento de indústrias e circulação de automóveis.

❑ A camada de ozônio

O sol produz a chamada radiação ultravioleta, que é perigosa para os seres vivos. O ozônio (O_3) é um gás que forma, na atmosfera, um filtro natural que impede a passagem da radiação ultravioleta.

Se a camada de ozônio fosse destruída, a vida na Terra estaria seriamente ameaçada. Mas, apesar da gravidade da ameaça, a camada de ozônio vem sendo constantemente agredida. Por exemplo, aeronaves supersônicas, que voam na estratosfera, liberam gases que podem reagir com o ozônio, destruindo-o.

Entre os principais destruidores da camada de ozônio, estão os clorofluorcarbonetos (CFCs), usados em ciclos de refrigeração e nas embalagens do tipo aerossol.

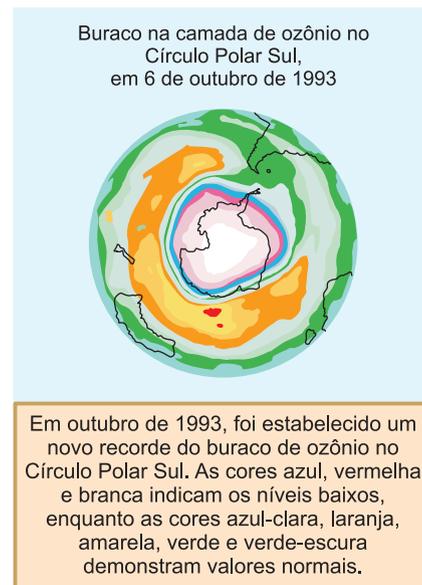
O CFC passou a ser usado por ser de pequeno custo, não inflamável, de baixa toxicidade e bastante estável, quer dizer, não se decompõe com facilidade, permanecendo como é por mais de 150 anos.

Os CFCs sobem lentamente e alcançam altitudes de até 50 mil metros. É nesse ponto que, submetidas às radiações ultravioleta, as moléculas de CFC são quebradas, liberando o átomo de cloro. Este reage com o ozônio (O_3), transformando-o em oxigênio molecular (O_2). Sabe-se que cada átomo de cloro liberado na atmosfera destrói cerca de 100 mil moléculas de ozônio.

Em 1985, foi observado por cientistas britânicos trabalhando na Antártida um enorme buraco na camada de ozônio que envolve a Terra.

À medida que a camada de ozônio vai sendo destruída, a superfície da Terra passa a receber maior quan-

tidade de radiação ultravioleta. Entre os efeitos dessa radiação, aparecem: câncer de pele, catarata, redução de resistência a infecções, redução das colheitas. Esse é um dos grandes problemas ecológicos da atualidade, alvo de intensa campanha em prol de sua preservação, já que sua destruição ameaça a natureza como um todo.



3. A POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

A poluição das águas constitui um dos mais sérios problemas ecológicos da atualidade.

As fontes de poluição da água decorrem, principalmente, da atividade humana; esgotos domésticos e dejetos industriais são alguns exemplos.

❑ O lançamento de esgoto nos rios e lagos

O material orgânico existente no esgoto serve de alimento para as bactérias decompositoras.

Emissão de gases poluidores que aquecem a atmosfera

Setor	Gás carbônico	CFCs	Metano	Óxido de nitrogênio	Outros	TOTAL
Energia	35%	–	4%	4%	6%	49%
Desmatamento	10%	–	4%	–	–	14%
Agricultura	3%	–	8%	2%	–	13%
Indústria	2%	20%	–	–	2%	24%
Participação no efeito estufa	50%	20%	16%	6%	8%	100%

Saliente-se que a bactéria é um organismo unicelular que se divide a cada vinte minutos. Graças a tão elevada capacidade reprodutiva, a população de bactérias aeróbias, que utilizam oxigênio para a respiração, multiplica-se rapidamente, e esse aumento excessivo de bactérias provoca a diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido na água.

A falta de oxigênio acarreta a morte de outros organismos aquáticos. Sendo organismos maiores, os peixes necessitam de mais oxigênio para a respiração. Por isso, são eles os primeiros organismos a morrer por asfixia.

Finalmente, a quantidade de oxigênio se reduz a tal ponto que só as bactérias anaeróbias podem viver naquele ambiente. Estas não necessitam de oxigênio para a respiração e, além disso, eliminam substâncias como o gás sulfídrico, que tem cheiro típico, como de ovos podres. Daí o odor insuportável em tais ambientes aquáticos.

Em São Paulo, tal fato é verificado, tristemente, nos seus três principais rios: Tietê, Tamanduateí e Pinheiros. A situação é tão alarmante que tais rios são designados como “esgotos a céu aberto”.

Antes de ser despejado nos rios ou nos mares, o esgoto deve ser tratado, passando por um processo que elimina as substâncias tóxicas e os agentes causadores de doenças.

❑ Eutroficação

É o aumento de nutrientes em meio aquático, acelerando a produtividade primária, ou seja, intensificando o crescimento de algas. Esse fenômeno pode ser provocado por lançamento de esgotos, resíduos industriais, fertilizantes agrícolas e erosão. É fácil concluir que, em certas proporções, a eutroficação pode ser benéfica ao ecossistema. Contudo, em excesso, acarreta um desequilíbrio ecológico, pois provoca o desenvolvimento incontrolado de uma espécie em detrimento das outras. É o fenômeno conhecido como “floração da água”, que transforma reservatórios de águas potáveis em lagoas e lagos imprestáveis para o uso.

❑ Poluição por fosfatos e nitratos

Os adubos e fertilizantes usados na agricultura contêm grandes concentrações de nitrogênio e fósforo. Esses poluentes orgânicos constituem nutrientes para as plantas aquáticas, especialmente as algas, que transformam a água em algo semelhante a um caldo verde (um fenômeno também chamado de “floração das águas”).

Em alguns casos, toda a superfície é recoberta por um “tapete”, formado pelo entrelaçamento de algas filamentosas. Com isso, ocorre a desoxigenação (falta de oxigênio) da água.

Pode parecer incoerente, afinal as algas são seres que produzem o oxigênio durante a fotossíntese. Assim, a quantidade de oxigênio deveria aumentar, e não diminuir.

De fato, as algas liberam o oxigênio, mas o tapete superficial que elas formam faz com que boa parte desse gás seja liberada para a atmosfera, sem se dissolver na água. Além disso, a camada superficial de algas dificulta a penetração de luz. Isso impossibilita a fotossíntese nas zonas inferiores, reduzindo a produção de oxigênio e causando a morte de vegetais.

A decomposição dos vegetais mortos aumenta o consumo de oxigênio, agravando ainda mais a desoxigenação das águas.

❑ Poluição por resíduos não biodegradáveis

Todos os compostos orgânicos são biodegradáveis, ou seja, podem ser decompostos pelas bactérias.

Existem, entretanto, alguns compostos orgânicos sintetizados pela indústria que não são biodegradáveis. Tais compostos também podem ser chamados de recalcitrantes ou biologicamente resistentes. Não sendo degradados, tais compostos vão se acumulando na água, atingindo concentrações tão altas que geram sérios riscos aos seres vivos. Dessas substâncias não degradáveis, merecem destaque os detergentes, o petróleo e os defensivos agrícolas.

Mesmo não sendo providos de ação tóxica acentuada, os detergentes causam prejuízos ao meio ambiente. Destruindo as bactérias, eles impedem

a decomposição, fenômeno fundamental para qualquer ambiente. Os fosfatos são encontrados na maior parte dos detergentes e, como já vimos, provocam a eutroficação.

A poluição por óleo é feita, principalmente, pelos navios petroleiros por ocasião da lavagem de seus tanques. O óleo forma, na superfície da água, uma película impermeabilizante que impede a troca de oxigênio e gás carbônico entre a água e a atmosfera. Isso provoca a asfixia dos animais e impede a realização da fotossíntese por parte dos vegetais do plâncton.

Outra forma de poluição por meio de resíduos não degradáveis é o caso dos metais pesados (chumbo, alumínio, zinco e mercúrio), entre outros que se depositam nos seres vivos, intoxicando-os.

Milhares de peixes morrem nos rios, em virtude da aplicação de substâncias, como, por exemplo, sulfato de cobre.

Usada como fungicida, tal substância, aplicada às lavouras, atinge os rios, intoxicando os peixes.

Os outros metais, como o mercúrio, sofrem efeito cumulativo ao longo das cadeias alimentares. Esse metal, altamente tóxico, é usado na garimpagem do ouro. O cascalho, retirado do rio, é misturado ao mercúrio. O ouro em pó, existente no cascalho, aglutina-se ao mercúrio. A seguir, a mistura mercúrio-ouro é aquecida para a separação dos dois metais. Durante o processo, a maior parte do mercúrio evapora; o resto acaba sendo atirado nos rios e absorvido pela cadeia alimentar.

❑ Poluição por organismos patogênicos

A água pode ser infectada por organismos patogênicos, existentes nos esgotos. Assim, ela pode conter:

bactérias – provocam infecções intestinais epidérmicas e endêmicas (febre tifoide, cólera, shigelose, salmonelose, leptospirose etc.);

vírus – causam hepatites, infecções nos olhos etc.;

protozoários – são responsáveis pelas amebíases e giardiases etc.;

vermes – produzem esquistossomose e outras infestações.

❑ A poluição do mar

Os oceanos ocupam 2/3 da superfície da Terra, contendo cerca de $1420 \times 10^{15} \text{m}^3$ de água. É uma enorme quantidade de água, sendo capaz de absorver todos os resíduos que lhe são lançados. Mas a poluição pode ocorrer toda vez que as substâncias tóxicas ficam acumuladas em áreas limitadas e não se dissolvem completamente na água, ou ainda ficam acumuladas nos organismos vivos. É o caso de baixas concentrações de dimetilmercúrio e inseticidas organoclorados, que têm efeitos nocivos sobre o fitoplâncton (plâncton vegetal). Isso pode reduzir a população de peixes. Algumas algas têm a capacidade de concentrar elementos como o iodo. Outro fato preocupante é o acúmulo de resíduos radioativos.

Além disso, há a poluição do mar pelo mercúrio resultante da atividade humana. Como já sabemos, é um metal de efeito cumulativo e muito tóxico.

❑ Poluição por petróleo

O derrame de petróleo no mar é consequência do naufrágio ou avarias

de petroleiros, derrames deliberados da borra de petróleo ou lavagem dos tanques dos navios.

Em termos puramente físicos, perto de 1/3 do óleo derramado é evaporado rapidamente. Sobra na superfície da água um líquido viscoso contendo fenóis e outras substâncias tóxicas. Esse líquido acaba sufocando o fitoplâncton e o zooplâncton.

O efeito da poluição por petróleo em pássaros é drástico. As penas ficam encharcadas de óleo, impedindo o voo. Quando o pássaro procura limpar as suas penas, acaba ingerindo grandes quantidades de petróleo, que o levam à morte por envenenamento. O isolamento térmico produzido pelas penas deixa de existir, e os pássaros contraem pneumonia ou morrem de frio.

As rochas onde se fixam as algas e moluscos e se movimentam os crustáceos, quando cobertas por petróleo, impossibilitam a permanência e a vida desses seres vivos.

Quando o petróleo atinge as praias, o turismo fica altamente prejudicado, ocasionando danos à eco-

nomia local.

Hoje sabemos que bactérias podem promover a degradação do petróleo. Rochas e praias que foram cobertas pelo óleo se recuperaram rapidamente, e a flora e a fauna foram restabelecidas graças à ação dessas bactérias decompositoras.

Têm-se utilizado vários tipos de detergentes para dispersar e emulsificar o óleo. Esses detergentes são eficazes nessa tarefa, mas se mostram muito mais tóxicos para os organismos vivos do que o próprio petróleo.

❑ Esgotos e outros resíduos tóxicos

Por meio dos longos emissários de descarga, esgotos não tratados são lançados ao mar. Essa matéria orgânica será degradada, e os nutrientes serão reciclados, não havendo, portanto, objeções a essa prática.

O grande problema é quando esses emissários lançam os resíduos próximo às praias, gerando riscos e danos à saúde pública.

Na avaliação do grau de poluição das nossas praias, utiliza-se a determinação do número de coliformes fecais/volume de água do mar. Como se sabe, a bactéria *Escherichia coli* está presente nas fezes humanas em grandes quantidades.



MÓDULO 25

A Origem da Vida

1. INTRODUÇÃO

Como teria aparecido a vida na Terra?

A resposta a esse problema tem preocupado o homem durante séculos, tendo as diversas religiões e a ciência procurado dar uma resposta satisfatória. A seguir, examinaremos apenas a aproximação científica em relação à questão.

2. A GERAÇÃO ESPONTÂNEA

A hipótese da geração espontânea ou abiogênese foi proposta há mais de 2 mil anos por Aristóteles. Dizia ele que a vida podia aparecer subitamente na matéria viva, desde que nesta fosse insuflado o “princípio ativo” ou “alma imortal”, que, adicionado à matéria, poderia produzir vida. A superação da teoria da geração espontânea só foi conseguida por volta de 1860, graças às experiências do francês Louis Pasteur, que mostrou conclusivamente que micro-organismos, tais como bactérias, não surgem por geração espontânea, mas se originam apenas de bactérias anteriormente existentes.

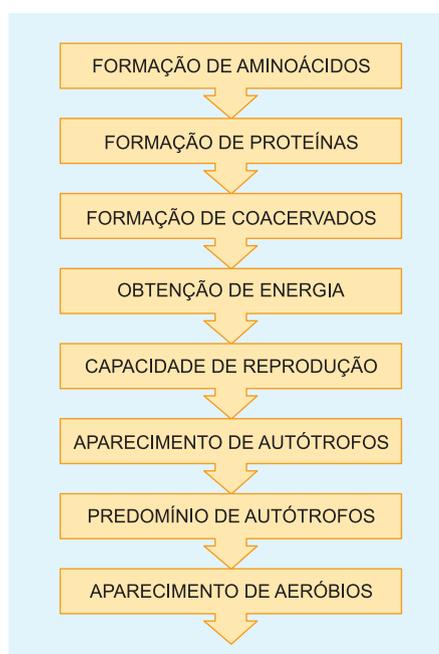
3. A HIPÓTESE AUTOTRÓFICA

Como todo ser vivo necessita de alimento para sobreviver, é lógico admitir que os primeiros seres vivos tenham sido capazes de produzi-lo, isto é, tenham sido **autótrofos**. Contra essa hipótese existe uma objeção muito séria: os autótrofos sintetizam alimentos orgânicos à custa de uma série externamente complexa de reações químicas, exigindo que o organismo também seja complexo. Aceitando a hipótese autotrófica, somos obrigados a acreditar que repentinamente surgiu um ser vivo já muito complicado logo de início. Acontece, porém, que a teoria da evolução

biológica, contra a qual não há objeções sérias, afirma que os primeiros seres vivos devem ter sido bastante simples, levando muito tempo para se tornarem complexos; portanto, os biólogos não aceitam a hipótese autotrófica, porque ela vai contra a teoria da evolução.

4. A HIPÓTESE HETEROTRÓFICA

De acordo com a hipótese heterotrófica, a vida teria surgido por meio das seguintes etapas:

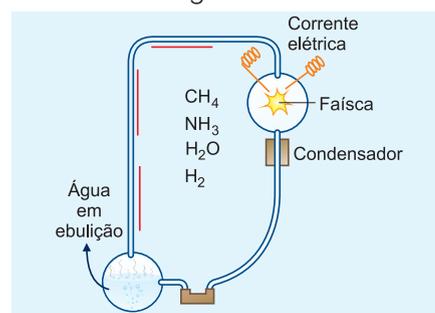


Supõe que a forma mais primitiva de vida se desenvolveu de matéria não viva, formando-se em um ambiente complexo um ser muito simples, incapaz de fabricar seu alimento. Não se trata de geração espontânea, uma vez que esta afirma que seres complexos podem surgir repentinamente de matéria bruta **todos os dias**, enquanto a hipótese heterotrófica supõe que um ser muito simples evolui **vagorosamente**, da matéria inanimada, e que isso aconteceu há milhões de anos, mas não ocorre mais.

❑ Formação de aminoácidos

Os geólogos e outros cientistas constataram a evidência de que a atmosfera da Terra primitiva era constituída de hidrogênio, metano, amônia e vapor d'água.

A elevada temperatura da crosta terrestre determinava o vapor-d'água, que, condensando-se nas camadas altas e frias, provocava violentas tempestades acompanhadas de descargas elétricas. Harold Urey e Stanley Miller construíram um dispositivo no qual expuseram uma mistura de vapor-d'água, metano, amônia e hidrogênio às descargas elétricas, obtendo, após uma semana, aminoácidos como a glicina e a alanina.



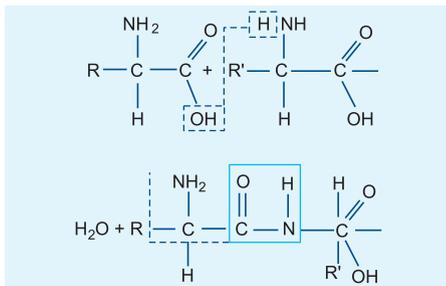
A experiência de Miller, realizada em 1953, indica que um processo semelhante poderia ter acontecido na atmosfera primitiva.

❑ Formação de proteínas

Inicialmente, recapitularemos o processo de combinação de dois aminoácidos constituindo um dipeptídeo.

Como se observa, a formação de um dipeptídeo é um exemplo de síntese por desidratação. Sidney W. Fox aqueceu uma mistura seca de aminoácidos e, após o resfriamento, verificou a união destes para compor moléculas maiores e mais complexas semelhantes a proteínas e designadas por proteínoides. Na Terra primitiva, os aminoácidos teriam chegado até as rochas carregados pelas chuvas. A evaporação da água teria deixado os aminoácidos secos sobre a superfície das rochas quentes. Em tais condi-

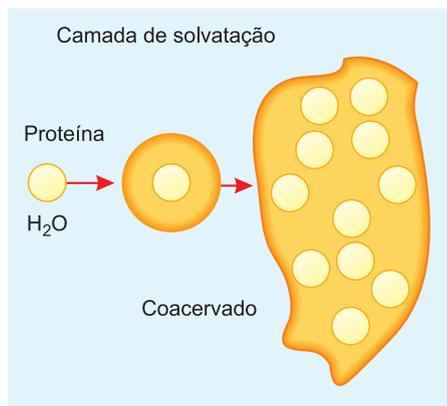
ções, teria ocorrido a formação de ligações peptídicas pela evaporação de água e a consequente formação de proteínas; posteriormente, tais proteínas seriam levadas aos oceanos pelas chuvas.



Formação de um díptido.

❑ Formação de coacervados

Os aminoácidos e proteínas formados na era pré-biogênica da Terra teriam chegado aos mares, produzindo o que Haldane descreveu como “caldo quente e diluído”. Segundo Oparin, as proteínas teriam formado aglomerados designados por **coacervados**.



Formação de coacervados.

Sabemos que os coacervados são aglomerados de proteínas que se mantêm unidas em pequenos grumos circundados por uma camada líquida, chamada camada de hidratação ou solvatação.

❑ Obtenção de energia

Um sistema de coacervados, para manter-se e desenvolver-se, teria de dispor de uma fonte de energia constante e controlável. Qual teria sido essa fonte de energia? A hipótese heterotrófica admite que essa fonte de energia teria sido a energia das ligações químicas existentes nas imensas quantidades de substâncias compostas, produzidas durante milhares de anos no mar primitivo, por

processo abiogênico.

Nos seres vivos mais recentes, a energia para a sobrevivência das células é obtida, em geral, da glicose. Para conseguir obter essa energia, a célula precisa diminuir a energia de ativação necessária para que a molécula de glicose possa ser quebrada e a energia de suas ligações, liberada; isso ela faz utilizando enzimas e ATP (adenosina trifosfato). Em certos casos, como na ausência de oxigênio, a célula consegue retirar energia da glicose pelo processo de fermentação. Será que tal processo poderia ter ocorrido com os coacervados?

O americano Melvin Calvin realizou experiências do mesmo tipo de Miller, misturando gases supostamente da atmosfera primitiva e bombardeando-os com raios ultravioleta. Como resultado, obteve misturas de compostos orgânicos, entre os quais a **glicose**.

Como as **enzimas** são sempre proteínas, elas já poderiam ter existido (experiência de Fox). Por outro lado, todos os elementos necessários para formar o ATP poderiam ter estado presentes no mar primitivo, inclusive fosfatos. Portanto, se tudo tivesse sido realmente como pensamos que tenha sido, os coacervados poderiam ter retirado glicose, enzimas e ATP do meio ambiente e fermentado a glicose, e, com isso, conseguido a energia necessária para a sobrevivência.

Logo, os primeiros seres vivos teriam sido **heterótrofos-anaeróbios**.

❑ Capacidade de reprodução

Graças à sua capacidade de retirar alimentos e energia, e organizar as moléculas em padrões definidos, os heterótrofos-anaeróbios primitivos teriam crescido gradativamente, a tal ponto que teriam surgido novos problemas na luta pela sobrevivência: com o aumento volumétrico do indivíduo, a difusão do alimento do meio exterior até o âmago do coacervado teria sido mais lenta, devido à maior distância a percorrer dentro do heterótrofo; desse modo, o coacervado teria começado a sofrer fome.

Nessas condições, ou ele teria perecido ou teria de se dividir, como meio de reduzir o volume. En-

tretanto, qualquer mecanismo de divisão teria trazido um novo problema; ao dividir-se, o coacervado teria corrido o risco de se desorganizar e, portanto, perder as características de sistema complexo adquiridas em muitos séculos de evolução.

Nos organismos bem-sucedidos, teriam surgido os ácidos nucleicos, moléculas que controlam os processos básicos de reprodução e organização. Em tais condições, o primitivo organismo que tivesse DNA teria encontrado o meio para se duplicar exatamente, transmitindo aos seus descendentes o mesmo padrão de organização conseguido após séculos de evolução.

❑ Aparecimento dos autótrofos

O DNA, ao duplicar-se, geralmente dá origem a cópias exatamente iguais; porém, às vezes ocorrem mutações, isto é, alterações na sequência de bases existente na molécula e, com isto, a molécula que controla as atividades vitais passa a não ser mais a mesma. Portanto, as células-filhas que receberam a mutação terão uma alteração no seu comportamento, serão diferentes.

Se a mudança for vantajosa, conforme o meio ambiente, será mantida pela seleção natural. Passando à hipótese heterotrófica: em milhares de anos pode ter havido um número imenso de mutações, quando as incontáveis moléculas de DNA se duplicaram. É possível que tais mutações eventualmente tenham passado a exercer um controle benéfico sobre o organismo e, com isso, tenham-se acumulado de modo que os indivíduos tenham obtido, aos poucos, conjuntos de moléculas de DNA diferente, resultando em vários tipos de comportamento.

Assim, por ação mutagênica, teriam surgido organismos autótrofos.

❑ Predomínio dos autótrofos

Com o passar dos séculos, é possível que os heterótrofos tenham sido obrigados a enfrentar um novo problema: a quantidade relativa de alimento teria começado a diminuir; a “sopa” orgânica ter-se-ia diluído



progressivamente por dois motivos: aumento de consumo de substâncias orgânicas existentes no ar primitivo, devido ao crescimento contínuo da população, e diminuição da produção de tais substâncias pelo processo abiogenético.

❑ **Aparecimento dos aeróbios**

Os primeiros autótrofos, a partir de um suprimento de CO_2 , enzimas de ATP e aparecimento de uma

molécula (clorofila?) capaz de absorver a energia luminosa, realizariam uma primitiva fotossíntese.

No processo de fotossíntese, liberam-se moléculas de oxigênio. Portanto, podemos supor que uma certa quantidade de gás tenha-se acumulado gradativamente durante milhares de anos como consequência do aparecimento dos autótrofos.

Todavia, a utilização de oxigênio para a obtenção de energia a partir

da glicose libera muito mais energia do que a retirada de energia na ausência de oxigênio (a fermentação fornece um lucro energético de apenas 2 ATPs, enquanto, na reação, o lucro é de 38 ATPs). Teriam, então, levado vantagem os organismos capazes de executar **respiração aeróbia**, porque, assim, teriam retirado mais energia do alimento disponível.

MÓDULO 26

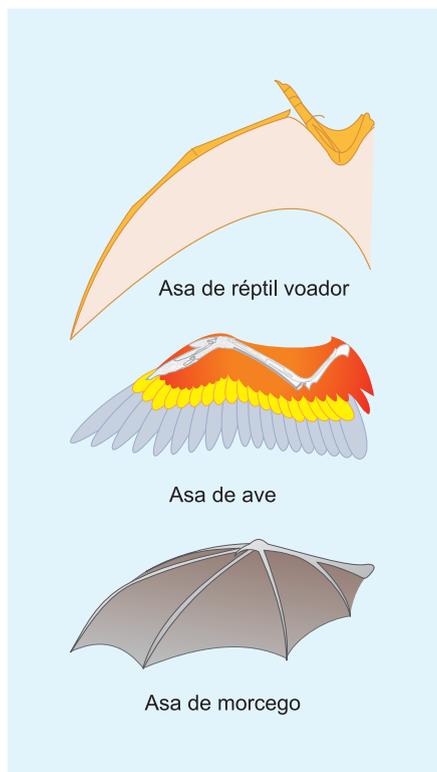
Lamarckismo e Darwinismo



1. A TEORIA DA EVOLUÇÃO

É a teoria biológica que procura explicar a enorme variabilidade dos seres vivos e o grande número de espécies e raças diferentes que existem atualmente. A teoria da evolução afirma que as espécies existentes se originaram de espécies preexistentes (transformismo), de formas mais simples para formas mais complexas e especializadas. Tendo antepassados comuns, as espécies atuais são mais ou menos relacionadas.

2. EVIDÊNCIAS DA EVOLUÇÃO



Homologia.

❑ **Homologia e analogia**

Dizemos que dois ou mais órgãos são **homólogos** quando têm a mesma origem embrionária e estrutura semelhante, podendo a função ser a mesma ou não.

Exemplo: os membros anteriores do homem, de outros mamíferos, de aves, de anfíbios; a bexiga natatória dos peixes e os pulmões dos vertebrados superiores.

A razão de homologia seria que os diferentes organismos teriam uma origem evolutiva comum: quanto mais recente o antepassado, maior a semelhança estrutural. Sob a ação do ambiente, pode haver modificações, mas a estrutura fundamental permanecerá.

Dizemos que dois ou mais órgãos são análogos quando têm idêntica função, mas diferente origem. É o caso das asas das aves e dos insetos, cuja função é a mesma, mas cuja estrutura e origem são completamente diferentes. A analogia decorre de adaptações convergentes às mesmas condições ambientais.

❑ **Órgãos vestigiais**

São órgãos que involuíram por meio do processo evolutivo. São os casos do apêndice vermiforme no homem (enorme nos herbívoros por necessidade de simbiose mutualística com micróbios), do coccige humano (resto da cauda dos outros mamíferos), da prega semilunar do ângulo interno dos olhos (resto de membrana nictitante de anfíbios, répteis e aves), do canino (resto de canino dos carnívoros) etc

❑ **Embriologia**

Animais de espécies diferentes, quando na fase embrionária, são muito semelhantes. Quanto maior a semelhança entre os adultos de espécies diferentes, mais prolongada é a fase embrionária comum. Assim é que os embriões de um peixe, anfíbio, réptil, ave, mamífero e do homem têm bolsas branquiais e cauda; a explicação é que nós descendemos de animais em que tais órgãos eram funcionais.

O indivíduo, durante o seu desenvolvimento embrionário, passa pelas fases de desenvolvimento de várias espécies; é a “lei biogenética fundamental” ou “a ontogenia repete a filogenia”, de F. Muller e Haeckel.

❑ **Paleontologia**

Os estudos dos fósseis mostram contínua modificação das espécies através dos tempos, com a extinção de algumas e transformações em outras. Graças ao método do carbono radioativo, pode-se determinar com precisão a idade dos estratos geológicos e seus fósseis, correlacionando as modificações estruturais com o tempo.

É bom lembrar que pode haver evolução em curtos períodos: é o caso da seleção natural adaptativa de insetos resistentes a inseticidas e de bactérias resistentes a antibióticos, mais evoluídos em relação às formas preexistentes.

Os registros fósseis evidenciam formas intermediárias entre organismos. Sabe-se, por exemplo, que as aves e os répteis divergiram a partir de um antepassado comum. O ele-



mento mais convincente de informação nesse campo foi a descoberta do *Archaeopteryx*, forma fóssil intermediária entre esses dois grupos. O *Archaeopteryx* tinha dentes, uma longa cauda e garra nas asas, características de répteis, além de penas e estrutura geral dos membros, características de aves.

❑ Bioquímica

As evidências bioquímicas da evolução baseiam-se na semelhança existente entre:

1ª) compostos bioquímicos fundamentais como o DNA e as proteínas; em qualquer ser vivo, o DNA é formado por quatro tipos de nucleotídeos e as proteínas por 20 tipos de aminoácidos;

2ª) vias metabólicas comuns, como a síntese de proteínas e a respiração celular;

3ª) universalidade do código genético e do ATP como fonte de energia.

4ª) as reações sorológicas

As reações sorológicas, baseadas nas reações específicas entre antígenos e anticorpos, evidenciam as relações filogenéticas pela interpretação dos processos de aglutinação. O plasma humano é injetado no coelho. Do sangue deste, é obtido, por centrifugação, o soro anti-humano que é adicionado ao sangue de várias espécies. Os resultados obtidos aparecem na figura 1. Observe que quanto maior for o grau de aglutinação, maior é a afinidade com a espécie humana. (Fig. 1)

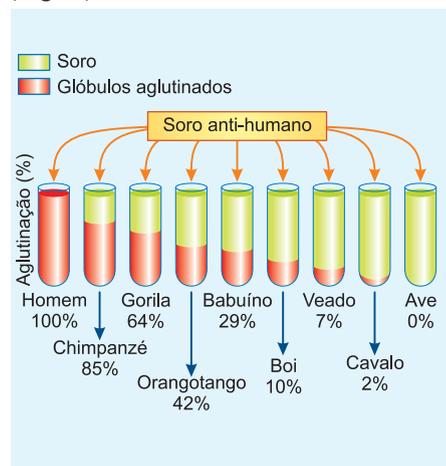


Fig. 1 – As reações do soro anti-humano com o sangue de outras espécies.

3. TEORIAS EVOLUTIVAS

❑ Lamarckismo

De acordo com Lamarck, os animais, dependendo das variações ambientais, deveriam desenvolver adaptações para poder sobreviver; a adaptação seria uma consequência de atividades musculares: pelo exercício, certos músculos se desenvolveriam, enquanto outros, na falta de estímulo, se atrofiariam; os órgãos teriam modificações pelo “uso e desuso”, modificações essas que seriam hereditárias e, ocorrendo em sucessivas gerações, haveria uma adaptação cada vez mais perfeita e, portanto, haveria progressiva melhora do organismo.

Em diferentes meios ambientes, as formas iriam tendo distintas adaptações, até originar espécies diferentes.

O lamarckismo explicaria por que a girafa tem o comprimento acentuado do pescoço (como seu alimento fica na copa das árvores, teria aumentado o comprimento do pescoço e das pernas pelo esforço constante de esticá-los, através de muitas gerações), por que as cobras não têm membros (perderam pelo desuso porque os membros atrapalhariam a locomoção em túneis estreitos) etc.

O lamarckismo, ou “hipótese de transmissão hereditária dos caracteres adquiridos por modificação do ambiente”, é considerado equivocado pela biologia contemporânea.

Assim, os lamarckistas admitiram que os bagres cegos das grutas de Ipiranga ficaram cegos devido ao desuso e à atrofia dos olhos na ausência da luz; porém, foi demonstrado que tais animais simplesmente descendem de formas com visão atrofiada (mutações), que surgiram espontaneamente, quer na presença, quer na ausência de luz.

O golpe definitivo no lamarckismo foi dado por Weismann, nas suas famosas experiências cortando caudas de camundongos por sucessivas gerações e mostrando que não havia atrofia desse apêndice. Ele foi autor da teoria da “continuidade do plasma germinativo”, pela qual o germe é imortal, não sendo as alterações provocadas pelo meio ambiente no soma transmissíveis aos descendentes.

❑ Darwinismo

No seu livro *A Origem das Espécies*, Darwin expôs a sua teoria da evolução por seleção natural, tomando como pontos de partida duas observações:

1ª) Os organismos vivos produzem grande número de sementes ou ovos, mas o número de indivíduos nas populações normais é mais ou menos constante, o que só se pode explicar pela grande mortalidade natural.

2ª) Organismos de mesma espécie, ou então de uma população natural, são muito variáveis em forma e comportamento, sendo a variabilidade muito influenciada pela hereditariedade.

Portanto, há grande variabilidade e grande mortalidade, uns organismos terão maior probabilidade de deixar descendentes do que outros: a tal tipo de reprodução seletiva Darwin chamou **seleção natural**.

Como Darwin demonstrou, a seleção natural ou “luta pela vida com sobrevivência do mais apto” é o fator **orientador** da evolução, mas não a causa das variações, que ele foi incapaz de descobrir.

A dificuldade de Darwin só foi resolvida com a descoberta das **mutações**, responsáveis pela origem das variações.



1. TEORIA SINTÉTICA OU NEODARWINISMO

A moderna teoria sintética da evolução envolve quatro fatores básicos: mutação, recombinação genética, seleção natural e isolamento reprodutivo. Os dois primeiros determinam a variabilidade genética, que é orientada pelos dois últimos. Três processos acessórios também atuam no processo; são eles: migração, hibridação e oscilação genética.

□ As fontes da variabilidade

Sob a designação de variabilidade, enquadrados as diferenças existentes entre os indivíduos da mesma espécie. Como já estudamos em capítulos anteriores, as fontes de variabilidade são as mutações e a recombinação genética. É importante salientar que a mutação constitui a matéria-prima da evolução e ocorre espontaneamente, ou seja, nunca aparece como resposta do organismo a uma situação ambiental.

□ A seleção natural

As variações são submetidas ao meio ambiente que, pela seleção natural, conserva as favoráveis e elimina as desfavoráveis. Assim, quando as condições ambientais se modificam, algumas variações serão vantajosas e permitirão, então, aos indivíduos que as apresentam, sobreviver e produzir mais descendentes do que aqueles que não as têm.

Entre os principais exemplos de seleção natural, citaremos: melanismo industrial, bactérias e antibióticos, e moscas e DDT.

2. MELANISMO INDUSTRIAL

Antes da industrialização na Inglaterra, predominavam as mariposas claras; às vezes apareciam mutantes escuras, dominantes, que, apesar de serem mais robustas, eram eliminadas pelos predadores por serem visíveis. Depois da industrialização, no século XIX, as mutantes escuras passaram a ser mimetizadas pela fuligem e, como eram mais vigorosas, foram aumentando em frequência e substituindo as mariposas claras, que, agora, passaram a ser eliminadas pelos

predadores, por ficarem mais visíveis. Os predadores da mariposa, que atuam, portanto, como agentes seletivos, são os pássaros.

3. RESISTÊNCIA DE BACTÉRIAS A ANTIBIÓTICOS

Pode-se dizer **que não é a presença de um certo antibiótico que provoca o aparecimento das mutações; na realidade, estas surgem espontaneamente, e, quando conferem resistência ao antibiótico, são úteis à bactéria na presença do medicamento.** Não se deve afirmar simplesmente que uma certa mutação é favorável ou desfavorável; essa afirmação só tem sentido se frisar o ambiente, porque a mesma mutação pode ser favorável ou desfavorável, conforme o meio.

4. RESISTÊNCIA DE MOSCAS AO DDT

Durante o primeiro ano em que o DDT foi usado numa determinada localidade, quase todas as moscas foram mortas; algumas, porém, por causa da variação herdada, não foram afetadas. Puderam sobreviver e se reproduzir e, assim, logo ultrapassaram em número os tipos de moscas menos resistentes naquela área. O inseticida foi-se tornando menos ativo. O DDT causou uma mudança no ambiente e só as moscas que eram resistentes puderam sobreviver e foram sendo selecionadas; não foi, portanto, o inseticida que conferiu resistência às moscas.

□ Isolamento reprodutivo

Ocorre o isolamento reprodutivo, quando duas populações de indivíduos não podem cruzar-se e, portanto, trocar genes. Os mecanismos de isolamento constituem barreiras ao intercâmbio de genes e podem ser:

- **Mecanismos pré-zigóticos**

Impedem a fecundação e a formação do zigoto.

- **Habitat**

As populações vivem na mesma região, mas se localizam em *habitats* diferentes.

- **Sazonal ou temporal**

A reprodução é impossibilitada devido à ocorrência de maturidade sexual em épocas diferentes.

- **Etológico**

A fecundação não ocorre devido a diferenças de comportamento, impossibilitando o acasalamento.

- **Mecânico**

Diferenças estruturais nos órgãos reprodutores impedem a fecundação.

- **Mecanismos pós-zigóticos**

Ocorre a fecundação, mas os zigotos produzem híbridos fracos ou estéreis.

- **Inviabilidade do híbrido**

Devido a sua fraqueza orgânica.

- **Esterilidade do híbrido**

Determinada por anomalia de gônadas ou impossibilidade de meiose.

- **Deterioração da F₂**

Os híbridos (F₁) são normais e férteis, mas seus descendentes (F₂) são fracos ou estéreis.

□ Fatores evolutivos complementares

- **Migração**

A migração é responsável pelo fluxo gênico, que traz à população novos genes, contribuindo para aumentos da variabilidade genética.

- **Hibridação**

Consiste no cruzamento entre populações com patrimônios genéticos diferentes, produzindo indivíduos com alta variabilidade genética.

- **Oscilação genética**

Nas populações finitas, pequenas, o equilíbrio de Hardy-Weinberg é alterado pelo tamanho da população. Se ocorrer mutação rara, o número de portadores da mutação será baixo e, pela sua morte, desaparecerá da população. Poderá aparecer de novo quando e se ocorrer nova mutação. É a **oscilação genética**, que depende do fato de o gene ser favorável ou não.

É a oscilação genética que explica como os genes deletérios podem aumentar de frequência e, como em índios, há frequências altas de tipos sanguíneos diferentes, de acordo com a tribo.





MÓDULO 28

O Processo de Especiaçãoção



1. ESPECIAÇÃO

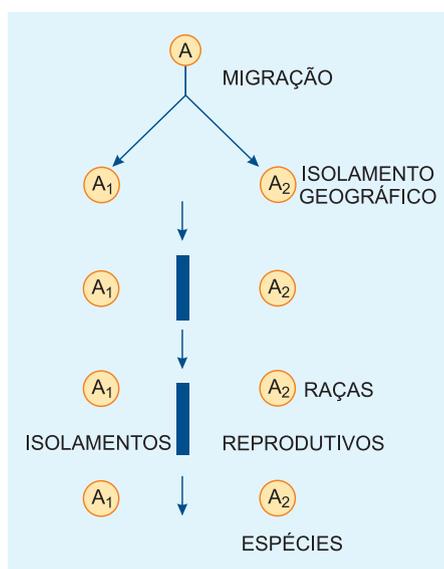
Consiste no processo de formação de espécies e obedece aos seguintes estágios:

1.º estágio: uma população A vive em um ambiente homogêneo.

2.º estágio: uma diferenciação ambiental provoca a migração da população para ambientes diferentes. Assim, a população A divide-se em A_1 e A_2 que migram para ambientes diferentes. Isoladas geograficamente e submetidas a pressões seletivas diferentes, tais populações passam a constituir raças geográficas ou subespécies.

3.º estágio: com o passar do tempo, aumenta a diferenciação genética entre A_1 e A_2 , provocando o isolamento reprodutivo.

4.º estágio: as raças A_1 e A_2 coexistem novamente na mesma região. Permanecendo distintas em razão dos mecanismos de isolamento reprodutivo, que as separam, A_1 e A_2 são reconhecidas como espécies distintas.



Estágios da especiação.

2. IRRADIAÇÃO ADAPTATIVA OU EVOLUÇÃO DIVERGENTE

É o processo de evolução de uma espécie ancestral em uma variedade de formas, que ocupam diferentes ambientes. Em virtude da constante

competição por espaço e alimento, cada grupo de organismos tende a se expandir e ocupar diferentes ambientes por meio de novas características adquiridas. O conceito de irradiação adaptativa, ou seja, evolução em várias direções, partindo de um ancestral comum, pode ser ilustrado pela estrutura dos membros dos mamíferos. Assim, partindo de um tipo primitivo, surgiram os voadores, nadadores, trepadores etc.

3. CONVERGÊNCIA EVOLUTIVA OU EVOLUÇÃO CONVERGENTE

Consiste na semelhança entre organismos de origens diferentes que, vivendo por muito tempo no mesmo ambiente, são submetidos às mesmas pressões seletivas e acabam por se assemelhar. É o caso da semelhança corpórea entre um ictiossauro, réptil fóssil, um peixe, o tubarão, e um mamífero, o golfinho; no caso, trata-se de uma adaptação à vida aquática.

MÓDULO 29

Engenharia Genética I



1. OS OBJETIVOS DA ENGENHARIA GENÉTICA

Utilizando complexas e modernas técnicas de laboratório, a Engenharia Genética é capaz de:

- isolar um gene e determinar a sequência de seus nucleotídeos;
- juntar nucleotídeos e produzir um gene;
- alterar a sequência nucleotídica de um gene, produzindo assim um gene mutante;
- introduzir no DNA de um vírus ou de uma bactéria um gene extraído de outro organismo.

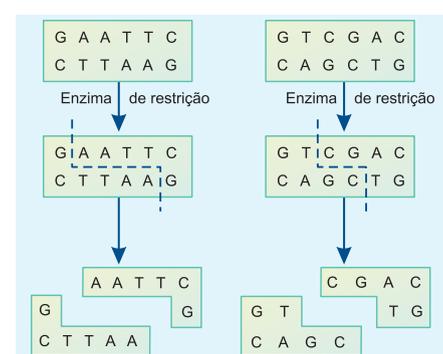
2. AS ENZIMAS DE RESTRIÇÃO

As **enzimas de restrição**, também chamadas de endonucleases de restrição, atuam como “tesouras”, dado que são capazes de reconhecer e cortar seqüências curtas de DNA.

Produzidas pelas bactérias, as enzimas de restrição são usadas para destruir um DNA estranho que penetra na célula trazido, por exemplo, por um bacteriófago. As enzimas de restrição cortam o DNA nos chamados **palíndromos**. Chamamos palíndromo a uma sequência de bases que tem a mesma leitura nas duas cadeias de DNA, mas em sentidos opostos. Observe alguns palíndromos:



As enzimas de restrição cortam os palíndromos, produzindo pontas desiguais, de acordo com o esquema a seguir:



É importante salientar que cada enzima de restrição reconhece uma única e mesma sequência de bases (palíndromo) em qualquer tipo de DNA.

3. O DNA RECOMBINANTE

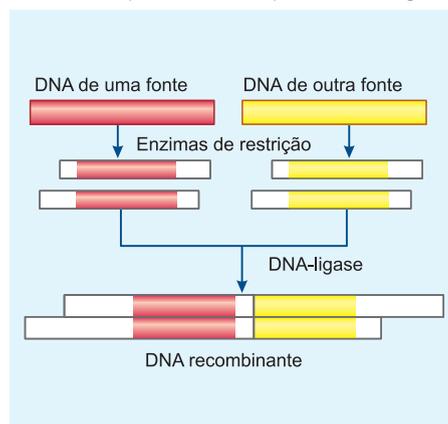
O DNA recombinante é uma molécula obtida, em laboratório, pela união de fragmentos de DNA derivados de fontes biologicamente diferentes.





Assim, fragmentos de DNA oriundos de genes diferentes e obtidos pela ação das enzimas de restrição são unidos pela ação da enzima, formando a molécula do DNA recombinante.

Acompanhe o esquema a seguir:

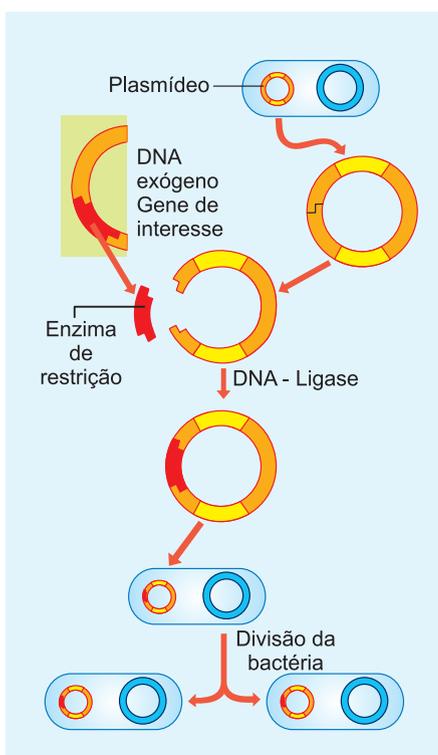


4. A CLONAGEM MOLECULAR

O processo de clonagem molecular consiste em construir um DNA recombinante que se replica, quando é introduzido numa célula bacteriana.

Ao observarmos a estrutura de uma bactéria, notamos que, além do DNA existente no cromossomo único, aparece o plasmídeo, uma molécula circular de DNA que se replica e passa para as células-filhas, quando a bactéria se divide. O plasmídeo é extraído da bactéria e cortado por meio de uma enzima de restrição. A seguir, com o auxílio do DNA-ligase, o plasmídeo fragmentado é ligado a um fragmento de DNA de outro organismo, submetido à ação da mesma enzima de restrição. Forma-se desse modo um plasmídeo, chamado vetor, constituído por um DNA recombinante. Agora, o vetor é introduzido na célula bacteriana, na qual se replica.

Quando o vetor é colocado num meio de cultura, ele não é absorvido por todas as bactérias. Para selecionar as bactérias que o incorporaram, os engenheiros genéticos utilizam o seguinte artifício: o plasmídeo-vetor sempre apresenta genes resistentes a um determinado antibiótico, de modo que, quando cultivados em meio contendo um antibiótico, apenas as células portadoras do vetor sobrevivem e se multiplicam.



Clones de bactérias.

5. A ENGENHARIA BACTERIANA

Consiste na produção de bactérias capazes de realizar determinadas atividades ou produzir moléculas, como hormônios, enzimas e antibióticos.

Assim, foram obtidas bactérias marinhas capazes de degradar petróleo derramado nos mares.

Outras bactérias conseguem produzir álcool etílico, usado como combustível. O gene humano responsável pela produção de insulina foi introduzido em bactérias, que passaram a secretar esse hormônio, empregado no tratamento dos diabéticos.

A mesma técnica produziu bactérias que sintetizam somatotrofina (hormônio de crescimento), interferon (usado contra infecções e tumores), vacina contra hepatite B e ativador do plasminogênio (dissolvente de coágulos sanguíneos).

6. TRANSGÊNESE

Chamamos transgênese ao processo que permite a transferência de um gene de um organismo para outro. Transgênico é o organismo que recebe o gene estranho e, consequentemente, tem o seu genótipo alterado.

7. PLANTAS TRANSGÊNICAS

A transferência de um gene de um organismo para outro é feita por um elemento conhecido por vetor. Na obtenção de plantas transgênicas, o vetor mais usado é a bactéria *Agrobacterium tumefaciens*, causadora dos tumores de galha que ocorrem nos vegetais.

Quando um vegetal é infectado pelo *Agrobacterium*, o T-DNA, uma parte do plasmídeo, chamado Ti, é transferida para o DNA da planta. Contendo genes para a produção dos hormônios vegetais – auxina e citocinina –, o T-DNA provoca um desequilíbrio no crescimento, originando o tumor de galha.

A Engenharia Genética é capaz de extrair genes do T-DNA e substituí-los por genes de outros organismos. O gene estranho que é incorporado ao genoma da bactéria pode ser transcrito e traduzido, determinando o seu caráter.

❑ O milho transgênico

Um gene da bactéria *Bacillus thuringiensis*, enxertado no genoma do milho, tornou a planta resistente ao ataque das lagartas que a parasitam. No caso, o gene bacteriano produz uma proteína que mata as lagartas.

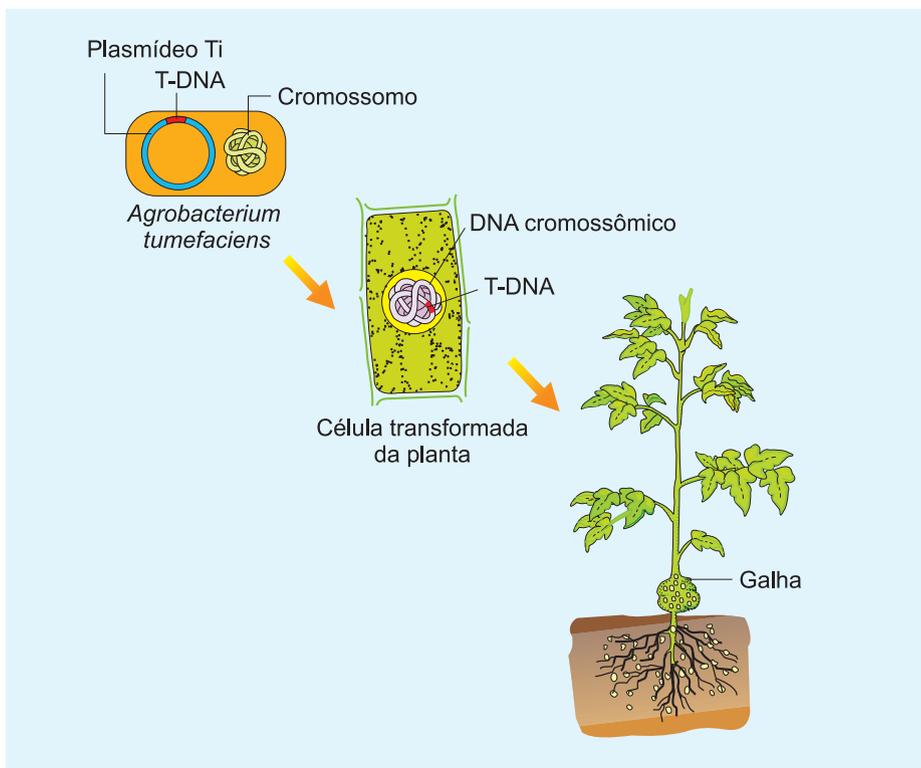
❑ A soja transgênica

A soja comum morre quando recebe uma aplicação de Roundup, um dos herbicidas mais usados na agricultura. A soja transgênica incorporou um gene bacteriano que a tornou resistente ao Roundup. Deste modo, quando o herbicida é aplicado, apenas as ervas daninhas são destruídas.

❑ O arroz transgênico

A cultura do arroz comum, chamado arroz branco, é infestada pelo arroz vermelho, impróprio para o consumo. Para acabar com o arroz vermelho, é necessário o uso do herbicida Liberty, que também mata o arroz branco. Para solucionar o problema, os cientistas retiraram do solo uma bactéria (*Streptomyces higroscopicus*) que, insere no DNA do arroz branco, provoca resistência ao Liberty.





A formação do tumor de galha.

Os ambientalistas, principalmente os europeus, condenam o uso de alimentos transgênicos, dado que há muitas dúvidas sobre efeitos dos transgênicos em longo prazo.

8. CONFUSÃO TRANSGÊNICA

O uso de produtos transgênicos está causando polêmica entre produ-

tores, ambientalistas e cientistas. Assim, produtores e cientistas defensores da nova tecnologia dizem que a soja transgênica, por exemplo, vai aumentar a produtividade e baratear os custos do produto.

Ambientalistas e outros pesquisadores que atacam a nova tecnologia afirmam que os produtos transgênicos são perigosos. Na

verdade, ainda são desconhecidos os efeitos dos alimentos geneticamente modificados sobre a saúde humana e o impacto que poderiam causar ao meio ambiente.

9. USOS POTENCIAIS DA ENGENHARIA GENÉTICA

- Identificação e função de genes em animais e vegetais.
- Desenvolvimento de doenças humanas em animais, facilitando o seu estudo e a busca de novas terapias.
- Produção de proteínas de interesse médico por meio dos animais transgênicos.
- Desenvolvimento de animais transgênicos para doação de tecidos ou órgãos para o transplante em humanos.
- Desenvolvimento de vegetais mais resistentes a pragas e de melhor qualidade.
- Desenvolvimento de raças de animais transgênicos de crescimento mais rápido e de melhor qualidade para o consumo.

MÓDULO 30

Engenharia Genética II

1. GENOMA

Genoma é a totalidade do material genético de um organismo. No caso da espécie humana, é constituído pelo DNA existente nos 46 cromossomos, contidos no núcleo da célula.

2. O PROJETO GENOMA

O Projeto Genoma (PGH) é um empreendimento internacional, iniciado em 1995, com os seguintes objetivos:

1. Determinar a sequência de bases químicas que compõem o DNA humano.

2. Identificar e mapear os genes da espécie humana.

3. Armazenar essas informações em bancos de dados e torná-las acessíveis para novas pesquisas biológicas.

3. MAPEAMENTO E SEQUENCIAMENTO DO GENOMA

Mapear um cromossomo é localizar nele a posição dos genes e determinar a sequência das bases do DNA que o constitui.

4. TRABALHO REALIZADO PELO PGH ATÉ O MOMENTO

Em fevereiro de 2001, o PGH, um consórcio formado por 16 instituições públicas de pesquisa, e a Celera Genomics, uma empresa de biotecnologia, conseguiram sequenciar 95% do genoma humano, composto de 3 bilhões de pares de bases. Desse total de bases, somente 10% formam os genes, ou seja, segmentos que codificam proteínas. Os 90% restantes constituem o **junk** DNA (DNA-lixo), que não apresenta função conhecida, sendo interpretado como um resquício do processo evolutivo da espécie.



cie humana. O PGH concluiu que há relativamente poucos genes – somente 30 ou 40 mil. Estimativas anteriores indicavam de 60 a 100 mil genes.

5. A ESTRUTURA DOS GENES

Nas células procarióticas, cada gene contém uma sequência contínua de nucleotídeos que codificam todos os aminoácidos de uma determinada proteína. Dessa sequência, sai o RNA-m, que, no ribossoma, participa da tradução, formando a proteína.

Tal processo não ocorre com o gene dos eucarióticos, que apresenta o DNA dividido em dois tipos de sequências: **éxons** e **íntrons**. Chamamos éxons às **sequências codificantes** que, posteriormente, serão traduzidas em proteínas.

Já os íntrons são as **sequências intervientes** que não são traduzidas em proteínas.

Na transcrição, o DNA produz um

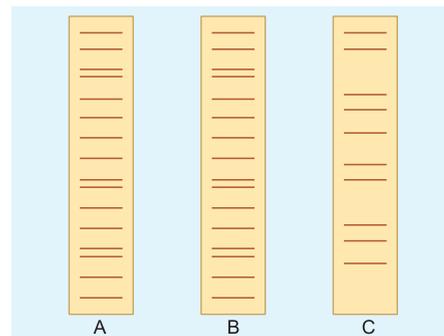
RNA pré-mensageiro contendo éxons e íntrons. Ainda no interior do núcleo, esse RNA sofre um processo de maturação, no qual os íntrons são eliminados, formando-se o RNA-m, que, no citoplasma, será usado na tradução.

6. O TESTE DO DNA

Trata-se do teste máximo de identificação do DNA, usado, por exemplo, em criminologia para mostrar se o material genético existente em uma gota de sangue, encontrada no local do crime, coincide com o sangue de um suspeito; também é utilizado em caso de paternidade duvidosa.

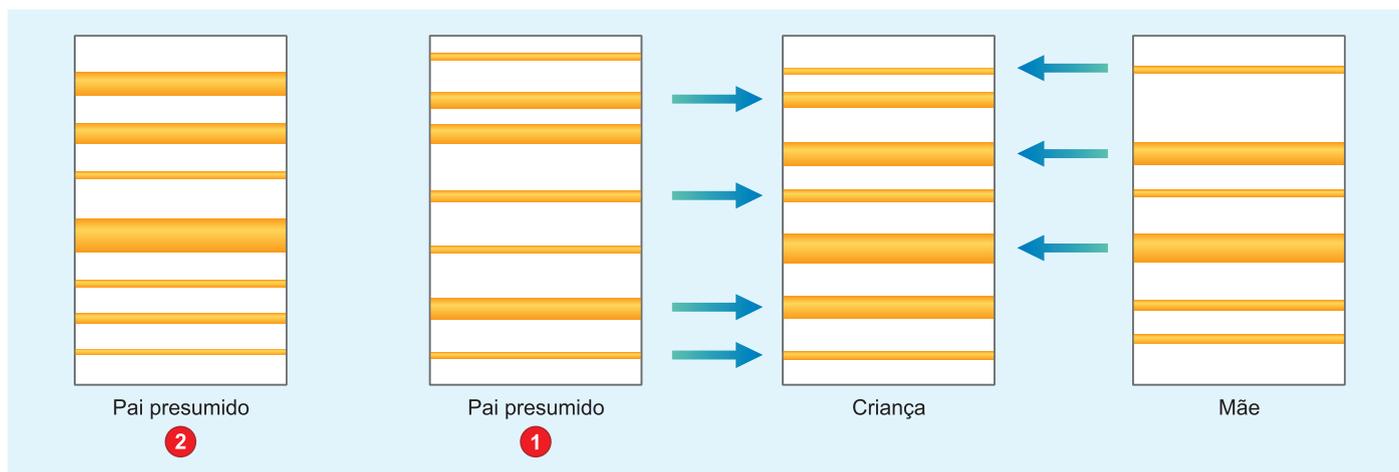
A técnica de *fingerprinting* de DNA, descoberta pelo inglês Alec Jeffreys em 1984, baseia-se no fato de que, ao lado das sequências de nucleotídeos correspondentes aos genes conhecidos (muito semelhantes em todos os indivíduos normais), existem outras de sequências idênticas,

chamadas de **DNA repetitivo**. O comprimento e o número dessas repetições são idênticos para cada indivíduo.

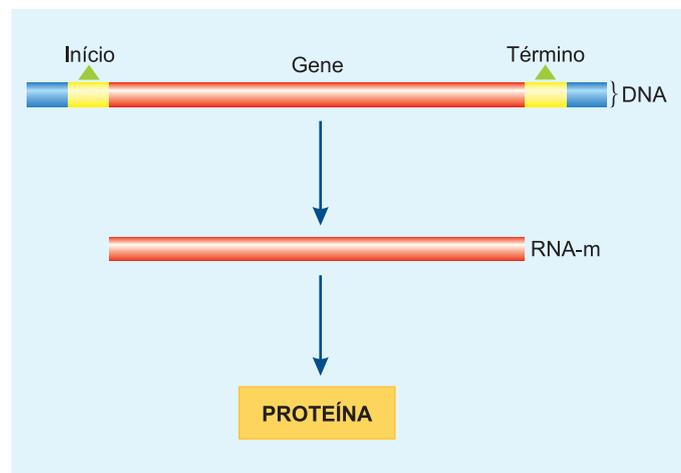


A → amostra de DNA obtida do sêmen colhido na vagina de uma mulher violentada. B e C → amostras obtidas do sangue de dois suspeitos. É evidente que B é o criminoso.

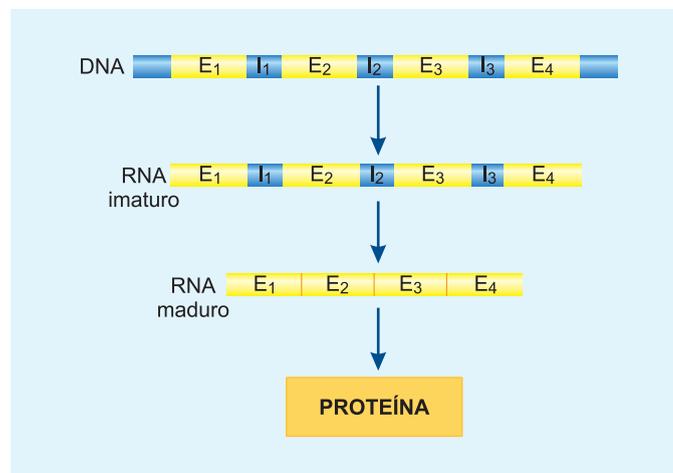
No DNA extraído do sangue, sêmen ou qualquer outro tecido, pode-se expressar, por meio de uma complicada técnica, o **DNA repetitivo**, na forma de um código de bar-



O código genético da criança é uma combinação entre os códigos da mãe e do pai verdadeiro (o número 1).



O gene procariótico.



DNA com 4 éxons e 3 íntrons.

ras que é diferente para cada indivíduo (exceto nos gêmeos univitelinos). Em criminologia, faz-se uma comparação entre o *fingerprinting* de DNA obtido de células (sangue, sêmen, pelos etc.) advindas do crime com o das células do suspeito. A coincidência dos padrões identifica o criminoso. Nos casos de análise de parentesco, leva-se em conta que metade das bandas que constituem o *fingerprinting* de um indivíduo é herdada da mãe, e a outra do pai. Ao se comparar as bandas do filho com as de sua mãe, pode-se eliminar as que são semelhantes, restando as que foram herdadas do pai. Se todas as bandas de origem paterna coincidirem com o suposto pai, a identificação da paternidade será positiva.

7. CLONAGEM

A palavra **clone** (do grego *klon*, que significa “broto”) é usada para designar um conjunto de indivíduos que se originam de outros por reprodução assexuada.

Clonagem é o processo de formação de clones. O fenômeno ocorre normalmente quando bactérias e outros organismos unicelulares se reproduzem por bipartição.

O processo de clonagem também ocorre na propagação de plantas por meio de mudas. Às vezes, esse é o único processo de multiplicação de uma espécie, como é o caso da bananeira. Nos animais como o tatu, a poliembrionia também produz clones.

Nesses animais, como sabemos, um zigoto pode se dividir, originando de 4 a 6 gêmeos univitelinos, todos machos ou todas fêmeas. Na espécie humana, nascem, diariamente, gêmeos univitelinos, na proporção de 4 por 1 000 nascimentos. Também são chamados de monozigóticos, por serem originados de 1 zigoto, ou idênticos, pelo fato de possuírem o mesmo genótipo.

❑ A clonagem da ovelha Dolly

A clonagem da ovelha Dolly, de maneira simplificada, seguiu estas etapas:

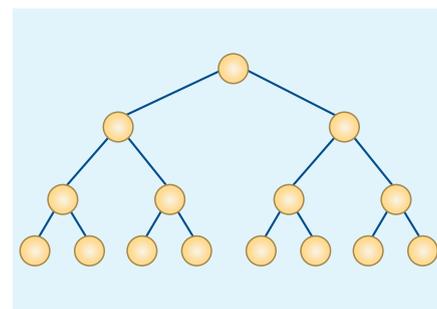
1. Óvulos não fecundados foram retirados de uma ovelha A.

2. O núcleo do óvulo foi retirado e guardado.

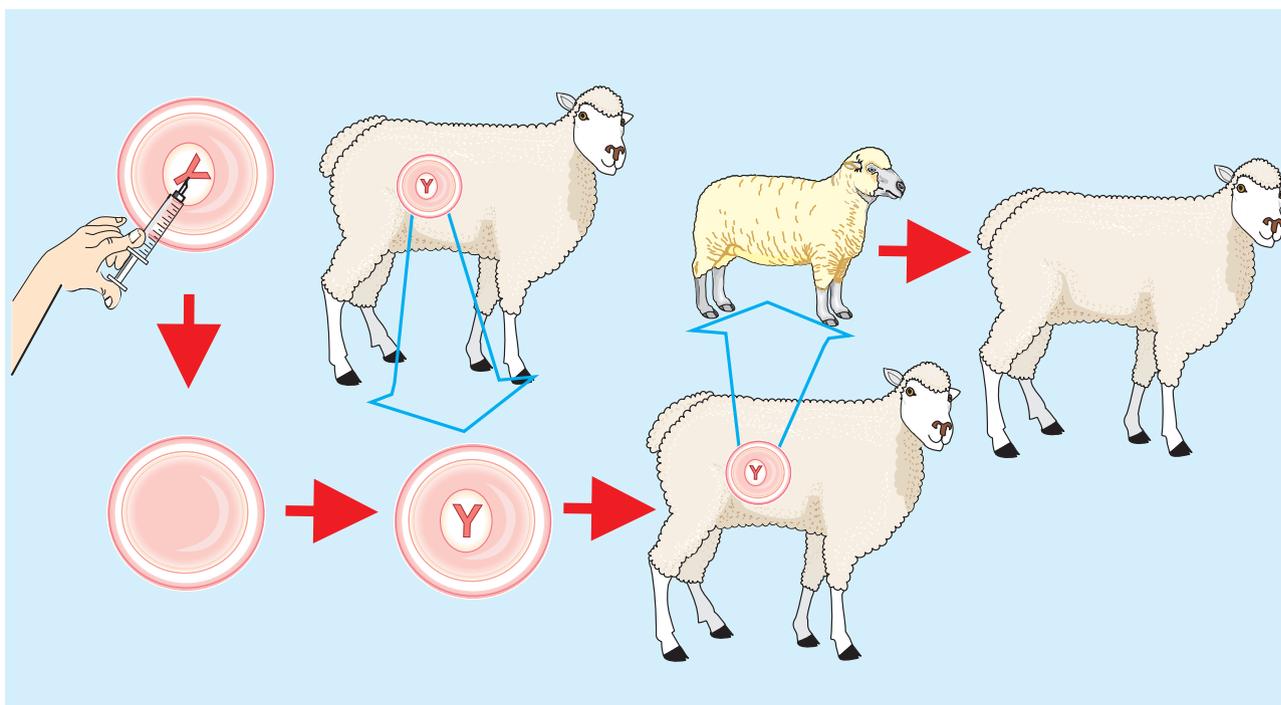
3. Células da glândula mamária de uma ovelha B, de 6 anos, foram extraídas e mantidas em um estado de dormência. Isto foi possível com a manutenção dessas células em meio de cultura com poucos nutrientes.

4. Os núcleos das células da glândula mamária foram extraídos e implantados no óvulo retirado da ovelha A.

5. A nova célula assim formada iniciou o processo de divisão, originando um embrião, que foi implantado no útero de uma ovelha C.



A clonagem de uma bactéria.



1. Os cientistas pegaram um óvulo comum de ovelha e esvaziaram seu núcleo, a parte que contém todo o material genético do animal.

2. O DNA retirado de uma célula da região mamária de uma ovelha adulta foi implantado no óvulo. O embrião foi gerado a partir desse encontro.

3. Implantado em outra ovelha, o embrião se desenvolveu normalmente. A fêmea pariu Dolly em julho de 1997.

4. Geneticamente, Dolly era idêntica à ovelha que forneceu o DNA. Ela tinha aparência normal e era capaz de se reproduzir da forma convencional.

Obs.: Em fevereiro de 2003, a ovelha Dolly teve de ser sacrificada, em razão de graves doenças.



1. CARACTERES GERAIS

Os cordados constituem o último grande filo do Reino Animal. São os animais superiores, filo ao qual pertence o homem.

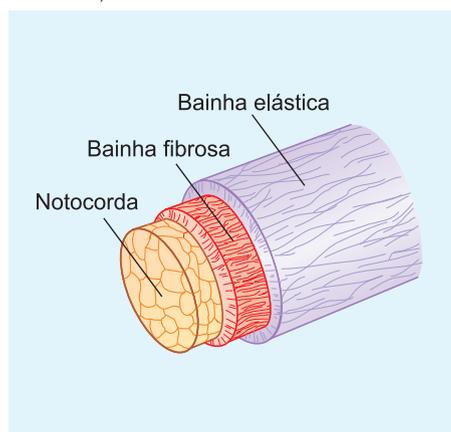
Possuem três características que os distinguem dos demais animais:

- 1) notocorda;
- 2) tubo neural dorsal;
- 3) fendas branquiais na faringe.

São triblásticos, celomados, deuterostomados; possuem tubo digestório completo e celoma bem desenvolvido.

□ Notocorda – Estrutura e posição

É uma haste cilíndrica, elástica e consistente, formada por células vacuolizadas e envolvidas por duas bainhas: uma interna, fibrosa, e outra externa, elástica.



Notocorda e bainhas.

Evolução

Nos protocordados, a notocorda persiste na fase adulta, exceto nos tunicados. Nos vertebrados ela é substituída pela coluna vertebral.

□ Sistema nervoso

Tem a posição dorsal e é constituído inicialmente pelo **tubo neural**, de origem ectodérmica, esten-

dendo-se longitudinalmente logo acima da notocorda. O sistema nervoso, sob a forma de tubo dorsal, é uma importante característica para diferenciar os **cordados dos demais animais**, que o possuem sob a forma ganglionar e ventral.

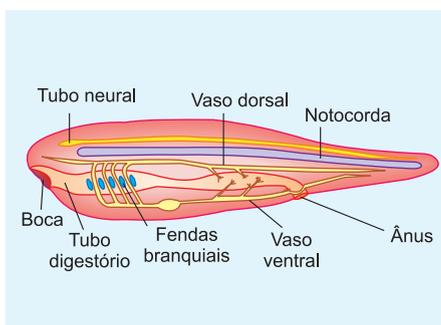


Diagrama dos principais caracteres dos Chordata.

□ Fendas branquiais

Localizam-se nas paredes da faringe, pelo menos na fase embrionária. Nos cordados aquáticos, elas persistem na fase adulta com a função respiratória. Nos cordados terrestres, as fendas desaparecem e em seu lugar sai da faringe um tubo, a traqueia, que leva ar aos pulmões.

2. ORIGEM DOS CORDADOS

Existem várias hipóteses relacionadas com a origem dos cordados, porém todas elas são bastante controvertidas.

A hipótese mais provável é a que admite a evolução dos cordados a partir dos equinodermas: esta hipótese surgiu após um estudo comparativo entre invertebrados e protocordados, que mostrou que as formas larvais dos equinodermas (invertebrados) e dos hemicordados (protocordados) são extremamente parecidas. Tanto os equinodermas como os cordados são deuterostomados.

Apesar desses fatos, não existem dados mais concretos que confirmem essa hipótese.

3. CLASSIFICAÇÃO

Os cordados podem ser divididos em dois grandes grupos: protocordados e vertebrados.

□ 1º Grupo Protocordados ou Acrânia

Não apresentam crânio, encéfalo ou vértebras, e, considerando o desenvolvimento da notocorda, dividiremos o grupo em três subfilos:

Subfilo 1 Hemichordata

Notocorda reduzida a um certo segmento anterior.

Subfilo 2 Urochordata

Notocorda presente apenas na fase larvária.

Subfilo 3 Cephalochordata

Notocorda bem desenvolvida, estendendo-se desde a cabeça até a cauda.

□ 2º Grupo Craniata ou Vertebrata

Com crânio, encéfalo e vértebras.

Subfilo 4 Vertebrata

Classe 1: Ciclostomados

Classe 2: Condrictes

Classe 3: Osteíctes

Classe 4: Anfíbios

Classe 5: Répteis

Classe 6: Aves

Classe 7: Mamíferos

Observação

Osteíctes e condrictes formam a superclasse dos **pisces**



(peixes); **anfíbios, répteis, aves e mamíferos** formam a superclasse dos **tetrápodes**.

Subfilo **Hemichordata**

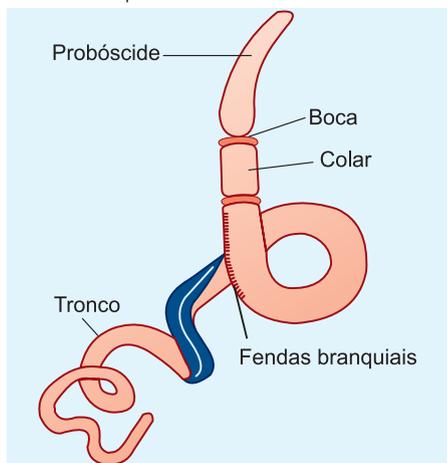
Os hemicordados são animais vermiformes, de corpo mole, alongados, tendo na extremidade anterior uma tromba ou probóscide e um colar. Possuem notocorda anterior e rudimentar (estomocorda); são marinhos e vivem enterrados na areia do mar.

Ex.: *Balanoglossus sp.*

Alguns zoólogos não consideram que a estomocorda seja realmente uma notocorda reduzida, vestigial, daí o fato de classificarem os hemicordados como pequeno filo independente.

Morfologia externa

O corpo vermiforme é dividido em três regiões: probóscide, colar e tronco. O tronco é a parte mais longa do corpo, mais ou menos cilíndrica e apresentando na parte inicial as fendas branquiais.



Balanoglossus sp.

Tegumento

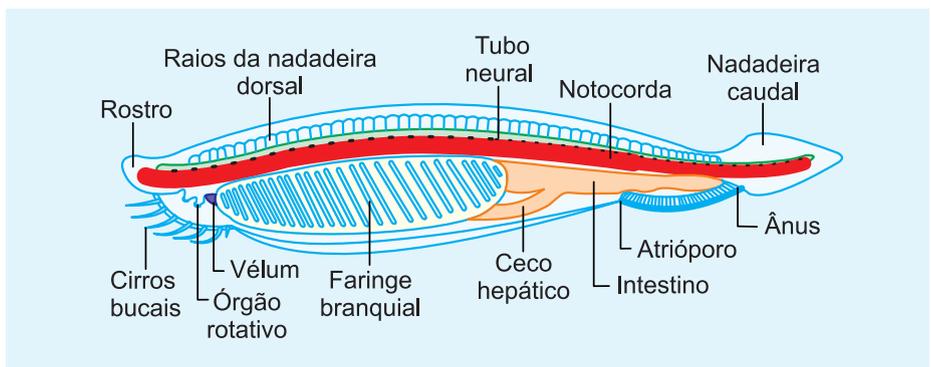
A epiderme é um epitélio simples, ciliado, com glândulas mucosas.

Esqueleto

É representado pela estomocorda, bastante reduzida e situada na parte posterior da probóscide.

Sistema digestório

É completo. A boca permanece aberta, de maneira que por ela penetra uma mistura de água e areia, que contém restos orgânicos. A faringe e



Anfiexo – estrutura interna.

o esôfago constituem dois tubos paralelos, superpostos, sendo a faringe dorsal e com fendas branquiais em forma de U. O ânus é terminal.

Sistema respiratório

As fendas branquiais, existentes na faringe, comunicam-se com as bolsas branquiais, que se abrem externamente. Nas paredes das bolsas são realizadas as trocas gasosas entre a água e o sangue.

Sistema circulatório

Apresentam basicamente um vaso dorsal e um ventral. Não há um coração típico.

Sistema excretor

No interior da probóscide encontramos o **glomérulo**. O sangue sai do vaso contrátil e passa pelo glomérulo, que recolhe os catabólitos, lançando-os posteriormente na cavidade da tromba, que os elimina através do poro dorsal.

Sistema nervoso

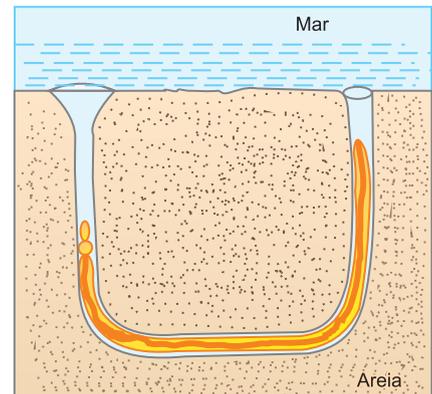
É representado por um **anel periesofágico**, do qual sai um cordão nervoso dorsal e um cordão nervoso ventral. Há células sensoriais espalhadas pela epiderme.

Reprodução

São animais de sexos separados (dioicos), de fecundação externa com desenvolvimento indireto, passando pela fase larval, denominada **tornária**.

Biologia

Os hemicordados têm capacidade de regeneração. São marinhos; vivem solitários em águas litorâneas, no interior de galerias que escavam. Para a nutrição, aproveitam substâncias orgânicas existentes na areia.

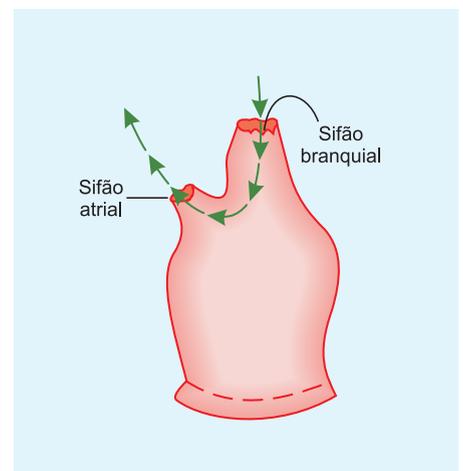


Habitat do *Balanoglossus sp.*

Subfilo **Urochordata**

Os urocordados ou tunicados são animais marinhos que vivem em parte fixos, enquanto outros flutuam e nadam livremente. Devem seu nome à presença de um manto ou túnica, formado essencialmente por uma substância denominada **tunicina**, isômero da **celulose**.

As verdadeiras características de cordados são encontradas na fase larval. Exemplo: Ascídia.



Ascídia.

Tegumento

O tegumento é formado por um epitélio simples, uma camada mesodermal, na qual se dispõem feixes longitudinais e circulares de musculatura. O epitélio é secretor da túnica ou manto.

Esqueleto

É a notocorda caudal, sempre presente nas larvas e desaparecendo no adulto.

Sistema digestório

O tubo digestório é amplo, com fendas branquiais. Na faringe há uma espécie de canaleta ou goteira ciliada, com glândulas mucosas, o **endóstilo**. Ele desempenha um importante papel na captação das partículas alimentares trazidas pela água.



Estrutura da Ascídia.

Sistema respiratório

A água que chega à faringe passa pelas fendas branquiais, na qual ocorre a hematose; daí a água passa para uma grande câmara, que a envolve, o átrio, e vai para o exterior através de um **sifão exalante**, situado praticamente ao lado do **sifão inalante**, em que está a boca.

Circulação

É do tipo lacunar. Há um coração tubiforme, algumas vezes dobrado em forma de V. Os tunicados são os únicos animais cujo coração alterna o sentido da corrente sanguínea. O sangue apresenta um pigmento respiratório com átomos de **vanádio** na molécula (vanadina).

Excreção

Não há órgãos excretores. Há células que retiram os catabólitos, conservando-os como concreções sólidas e, posteriormente, eliminando-os.

Sistema nervoso

Na fase larval, há um tubo neural, e, na fase adulta, há um simples gânglio, colocado entre os dois sifões.

Reprodução

São animais hermafroditas, com fecundação externa e com metamorfose. Além da reprodução sexuada, possuem também a reprodução assexuada por brotamento.

Biologia

As ascídias são todas sésseis, fixadas em rochas ou em outros objetos submersos. As formas isoladas são as maiores, atingindo 10 a 20 centímetros; as colônias são sempre menores.

Subfilo Cephalochordata

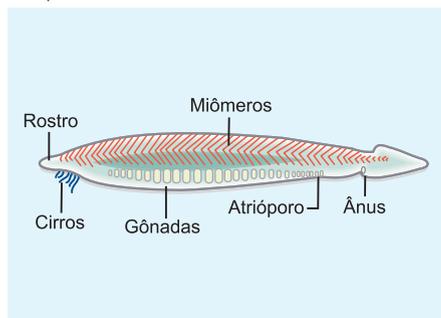
Os cefalocordados ou leptocárdios (coração frágil) são animais pequenos, pisciformes, de vida livre, marinhos, com notocordas bem desenvolvidas e persistentes durante toda a vida do animal.

Ex.: *Branchiostoma lanceolatus* (Anfioxo).

Morfologia externa

O anfioxo é um pequeno animal de 5 a 8cm de comprimento, transparente e pisciforme. Na extremidade anterior há o rostro, abaixo do qual se encontra a abertura bucal, rodeada de **cirros**. Há três aberturas no animal: boca, atrióporo e ânus, deslocado para a esquerda.

Através da sua transparência, observam-se os músculos, em forma de V, nos flancos do corpo. Também as gônadas são facilmente distinguíveis: estão localizadas na região ventral do corpo.



Anfioxo – morfologia externa.

Sistema tegumentário

A pele é formada por uma simples camada de células epidérmicas e uma delicada derme.

Sistema muscular

A musculatura é dividida em somática e visceral. A primeira, localizada logo abaixo da derme, em forma de V, apresenta miômeros. Entre os músculos viscerais, destacamos os transversais, que comprimem a cavidade atrial, eliminando água para o exterior.

Sistema esquelético

A principal estrutura esquelética é a notocorda, que se dispõe paralelamente no interior do tubo neural, desde a cabeça até a cauda.

Sistema digestório

É completo, com boca filtradora e uma grande faringe com muitas fendas branquiais. O ânus é ventral e posterior.

Sistema respiratório

As trocas gasosas se dão principalmente através da pele, por difusão direta, em todo o corpo do animal.

Sistema circulatório

Apresenta vasos que circundam a faringe, com pequenas dilatações, com capacidade contrátil, que impulsionam o sangue de baixo para cima. O sentido da corrente sanguínea é posteroanterior, na região ventral, e anteroposterior, na região dorsal. A circulação é lenta e a pressão do sangue, muito baixa. O sangue é incolor (sem pigmento respiratório).

Sistema excretor

A excreção é feita por 100 pares de **protonefrídeos** ou **solenócitos**, situados na região dorsal da faringe. Os catabólitos são eliminados no átrio, através de poros, atingindo finalmente o meio externo, através do atrióporo.

Sistema nervoso

É basicamente um longo **tubo nervoso**, com uma pequena dilatação anterior, a vesícula cerebral. O pequeno desenvolvimento do encéfalo está relacionado com a pobreza



de órgãos sensoriais, pois não há órgãos sensoriais especializados. Mas os cirros e toda a região bucal têm células sensoriais. Há também uma fosseta olfativa.

Reprodução

Os sexos são separados (dioicos). As paredes das gônadas, quando ocorre a maturação dos óvulos, racham, libertando os óvulos que caem no átrio, saindo pelo atrióporo. O mesmo acontece com os espermatozoides. A fecundação é externa e o desenvolvimento é direto.

Biologia

Os anfioxos são animais marinhos. Durante o dia, permanecem enterrados na areia. À noite, nadam à procura de alimentos, ingerindo algas e animais planctônicos. Ao serem perseguidos, nadam rapidamente e se enterram.

Considerações gerais

O anfioxo tem especial interesse zoológico porque mostra as características fundamentais do **Filo Cordata** de um modo bem simplificado. De um modo geral, o plano de organização do corpo é o mesmo de um animal vertebrado. O anfioxo não é um animal muito conhecido, mas apresenta um grande valor biológico no estudo da embriologia comparada dos vertebrados, e também como um animal de transição entre os proto-cordados e os vertebrados mais simples, os **ciclóstomos**.

4. VERTEBRADOS SUPERCLASSE PISCES (PEIXES)

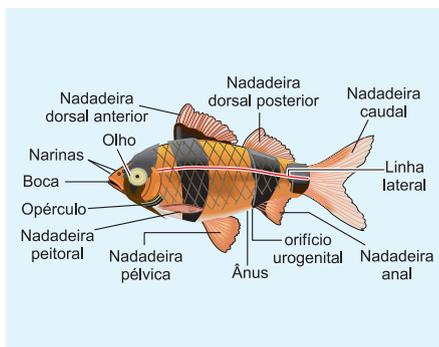
Animais gnatostomados (com mandíbula), anamniotas (sem âmnio) e analantoidianos (sem alantoide). Apresentam saco vitelino. São cartilagineos (ex.: tubarão) ou ósseos (ex.: roncador).

Características gerais

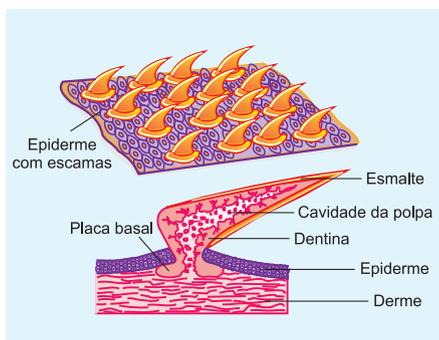
Tegumentos

Epiderme pluriestratificada com glândulas mucíparas. Condrictes com escamas placoides (origem dermoepidérmica). Osteíctes com escamas

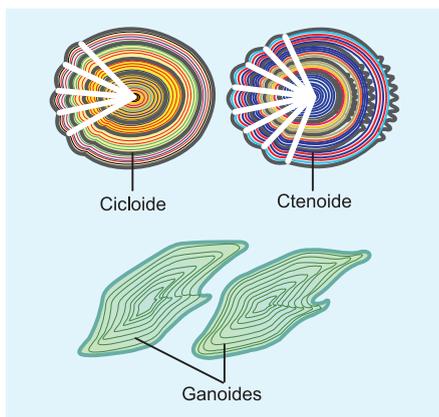
dérmicas (cicloide, ctenoide e ganóide).



Aspecto geral externo de um peixe ósseo.



Escama placóide.



Tipos de escamas dérmicas.

Esqueleto

Cartilaginoso ou ósseo.

Digestão

Tubo digestório completo. Digestão extracelular, intestino com tiflosolis (somente nos condrictes).

Respiração

Branquial, pulmonar (dipnoicos).

Circulação

Fechada e simples.

Excreção

Rins mesonefros.

Sistema nervoso

Dez pares de nervos cranianos

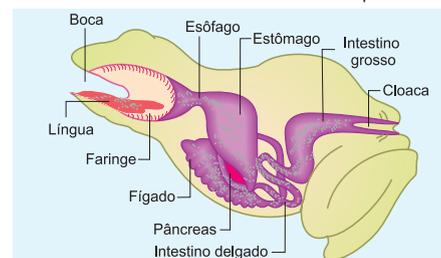
Reprodução

Dioicos; ovíparos ou vivíparos; fecundação externa ou na bolsa copuladora (cavalo-marinho).

Ex.: larva alevino.

5. CLASSE AMPHIBIA (ANFÍBIOS)

São animais tetrápodos, anamniotas e analantoidianos. Ex.: sapo.



Sistema digestório do sapo.

Características gerais

Tegumento

Pele úmida, intensamente vascularizada, pouco queratinizada e com glândulas pluricelulares.

Digestão

Tubo digestório completo. Digestão extracelular.

Respiração

Cutânea, branquial, bucofaríngea e pulmonar.

Circulação

Fechada, dupla e incompleta.

Excreção

Rins mesonéfricos.

Sistema nervoso

Dez pares de nervos cranianos.

Reprodução

Dioicos, fecundação externa: desenvolvimento indireto (larva girino). Neotenia.

6. CLASSE REPTILIA (RÉPTEIS)

São animais amniotas (possuem âmnio), triblásticos, celomados, deuterostômios, cordados, gnatostomados e pecilotérmicos.

Características gerais

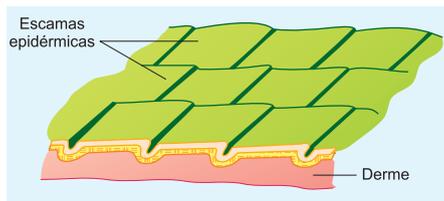
Tegumento

Apresentam pele seca, sem glândulas, com espessa camada córnea, com escamas e placas ósseas.



Poros femurais nos lagartos e glândulas de cheiro na cloaca das cobras.

Apresentam muda.



Pele de réptil.

• Esqueleto

Crânio com um côndilo occipital. Cobras apresentam coluna vertebral com mais de 500 vértebras. Tartarugas com exoesqueleto (carapaça dorsal e plastrão ventral).

• Digestão

Boca com dentes; língua protrátil; glândulas venenosas desembocando em dentes inoculadores.

Esôfago, estômago (com moela nos crocodilianos), intestino delgado e grosso, terminando em cloaca.

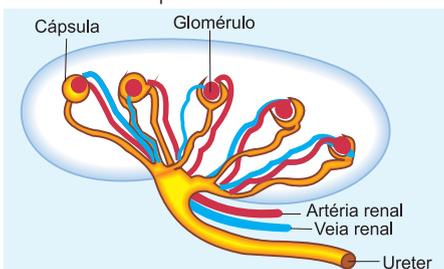
Com glândulas salivares, fígado e pâncreas.

• Respiração

Pulmonar. Nos quelônios aquáticos há uma respiração auxiliar através de sacos cloacais.

• Circulação

Fechada, dupla e incompleta. Hemácias elípticas e nucleadas.



Rim metanéfrico.

• Excreção

Rins metanéfricos. Ausência de bexiga nos ofídios e crocodilianos. Excretam ácido úrico.

• Sistema nervoso

Doze pares de nervos cranianos. Telencéfalo bem desenvolvido.

• Reprodução

Dioicos. Fecundação interna e desenvolvimento direto.

Ovíparos, vivíparos (sucuri) ou ovovivíparos (coral).

Pênis em tartaruga e crocodilo; hemipênis em cobras e lagartos.

7. CLASSE DAS AVES

São animais cordados, vertebrados, amniotas, alantoidianos e homeotermos.

Apresentam corpo aerodinâmico coberto de penas epidérmicas.

□ Características gerais

• Tegumento

Pele delgada, seca e sem glândulas, exceto a uropigiana.

• Esqueleto

Ossos pneumáticos. Um côndilo no occipital.

• Digestão

Possuem bico córneo e boca.

Não têm dentes.

Esôfago com um papo (armazena e amolece o alimento).

Não apresentam glândulas salivares.

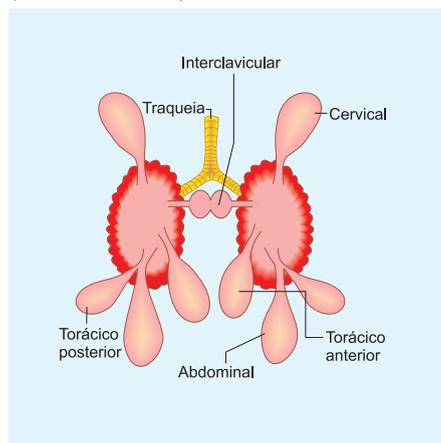
Estômago dividido em proventrículo (digestão química) e moela (digestão mecânica). Intestino termina em cloaca.

Têm fígado e podem ou não apresentar vesícula biliar.

Possem pâncreas.

• Respiração

Pulmonar; sacos aéreos; ossos pneumáticos; presença de siringe (aves canoras).



Sacos aéreos.

• Circulação

Fechada, dupla e completa (dois átrios e dois ventrículos). Crossa aórtica voltada para a direita. Hemácias ovais e nucleadas.

• Excreção

Rins metanéfricos. Dois ureteres terminam na cloaca.

Ausência de bexiga urinária. Excretam ácido úrico.

• Sistema nervoso

Telencéfalo e cerebelo bem desenvolvidos. Doze pares de nervos cranianos.

• Reprodução

Dioicos; fecundação interna; ovíparos; desenvolvimento direto. Ocorre pênis em algumas espécies (ganso, pato, avestruz).

8. CLASSE MAMMALIA

São animais cordados, vertebrados, triblásticos, celomados, deuterostomados e homeotérmicos.

Corpo geralmente coberto por pelos. Geralmente possuem quatro membros. Apresentam pé com cinco artelhos ou menos.

□ Características gerais

• Tegumento

Epiderme corneificada. Pele com muitas glândulas sebáceas, sudoríparas, odoríferas e mamárias.

Presença de pelos.

• Esqueleto

Crânio com dois côndilos occipitais. Apresenta sete vértebras cervicais. Ouvido médio com três ossículos (martelo, bigorna e estribo).

• Digestão

Boca com dentes (raramente ausentes).

Estômago longo atravessando o diafragma.

Estômago simples (ou dividido em câmaras ruminantes).

Intestino delgado e grosso, terminando em ânus ou cloaca (marsupiais e monotremados).

• Respiração

Pulmonar; laringe com pregas vocais; presença de diafragma.

• Circulação

Fechada, dupla e completa. Dois átrios e dois ventrículos. Hemácias anucleadas.

• Sistema nervoso

Desenvolvimento máximo do córtex cerebral. Doze pares de nervos cranianos.

• Sistema urogenital

Rins metanéfricos; ureteres (desembocando na bexiga urinária). Fecundação interna; desenvolvimento direto; vivíparos (maioria) ou ovíparos (monotremados).

MÓDULO 26

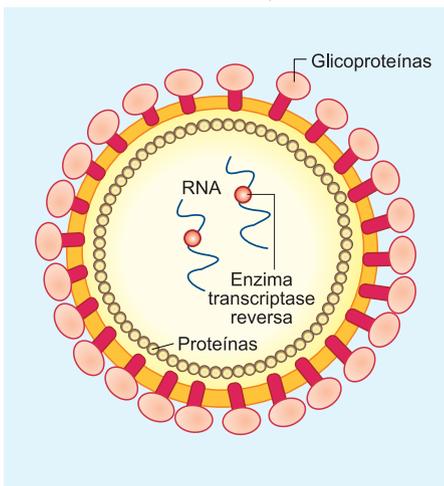
AIDS, Virose e Bacterioses

1. AIDS OU SIDA

A sigla SIDA significa “Síndrome da Imunodeficiência Adquirida”. Na língua inglesa é AIDS (*Acquired Immunodeficiency Syndrome*).

O termo **imunodeficiência** deve-se ao fato de o portador do vírus tornar-se incapaz na defesa contra os agentes patogênicos (causadores de doenças).

O agente causador da AIDS é o vírus denominado HIV (vírus da imunodeficiência humana).



Estrutura interna do HIV, segundo Robert Gallo.

O vírus HIV, causador da AIDS, tem como material genético o RNA.

As células verdadeiras apresentam os dois ácidos nucleicos, DNA e RNA. Geralmente, nestas células, o DNA comanda a produção de RNA.

O HIV é denominado **retrovírus** porque apresenta RNA que pode comandar a síntese de DNA, quando está parasitando uma célula. Ele possui uma enzima especial, chamada **transcriptase reversa**. Esta enzima é que permite a produção do DNA a partir do RNA.

O HIV é denominado retrovírus porque possui um RNA capaz de comandar a síntese de DNA ao parasitar uma célula verdadeira.

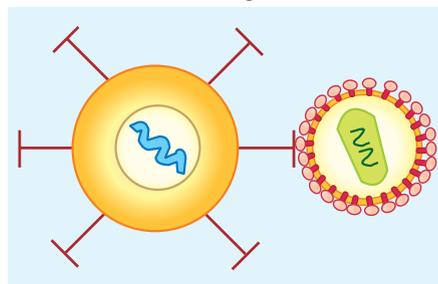
O HIV tem afinidade por um tipo de glóbulo branco do homem, que é considerado o “general-de-divisão” do exército de defesa imunológica: o linfócito CD4 (linfócito T4). O material genético “pirata” do vírus é incorporado ao glóbulo branco.

Quando esse tipo de glóbulo do sangue se divide para organizar a defesa contra agentes agressores, o código “pirata” do vírus é decifrado e milhares de novas partículas virais são produzidas, espalham-se pelo sangue e vão-se concentrar nas secreções do corpo – das quais o esperma e os líquidos vaginais são as mais importantes – e no sistema nervoso central, pois o HIV possui especial afinidade pelas células nervosas.

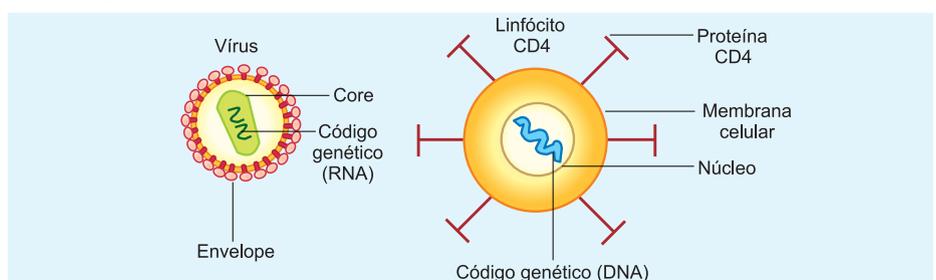
2. O COQUETEL ANTI-AIDS

O virologista chinês, naturalizado norte-americano, David Ho, anunciou na XI Conferência Internacional da AIDS resultados animadores na terapia da Síndrome da Imunodeficiência Adquirida.

Esse tratamento permite uma diminuição da carga viral do portador. Os doentes medicados obtiveram uma diminuição em 98,9% da quantidade de HIV no organismo.



Ao entrar no linfócito, o HIV livra-se da cápsula e, à custa de uma enzima, a transcriptase reversa, transforma seu material genético, o RNA, em DNA.



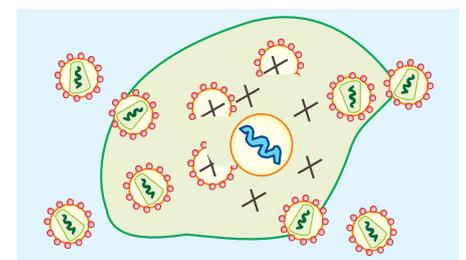
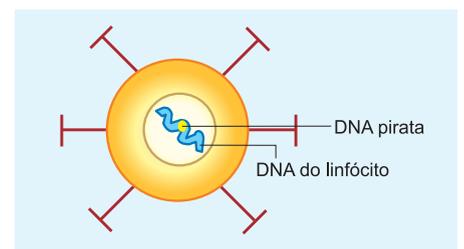
O vírus liga-se à proteína CD4 do linfócito e é puxado para dentro da célula.

Esse coquetel apresenta uma droga de 1ª geração, o AZT, que é um inibidor da enzima transcriptase reversa. Possui também uma droga de 2ª geração que pode ser, por exemplo, o 3 TC, outro inibidor da transcriptase. O terceiro componente é uma droga de nova geração (terceira) conhecida como inibidora da protease (indinavir, ritonavir, saquinavir etc.).

Os inibidores da protease dificultam o amadurecimento do vírus.

O emprego dessas drogas melhora o quadro clínico dos pacientes tratados, ocasionando em muitos o desaparecimento das moléstias oportunistas.

Não sabemos ainda o que ocorrerá a longo prazo, mas surgiu uma “luz no fim do túnel” para a provável cura dessa terrível moléstia.

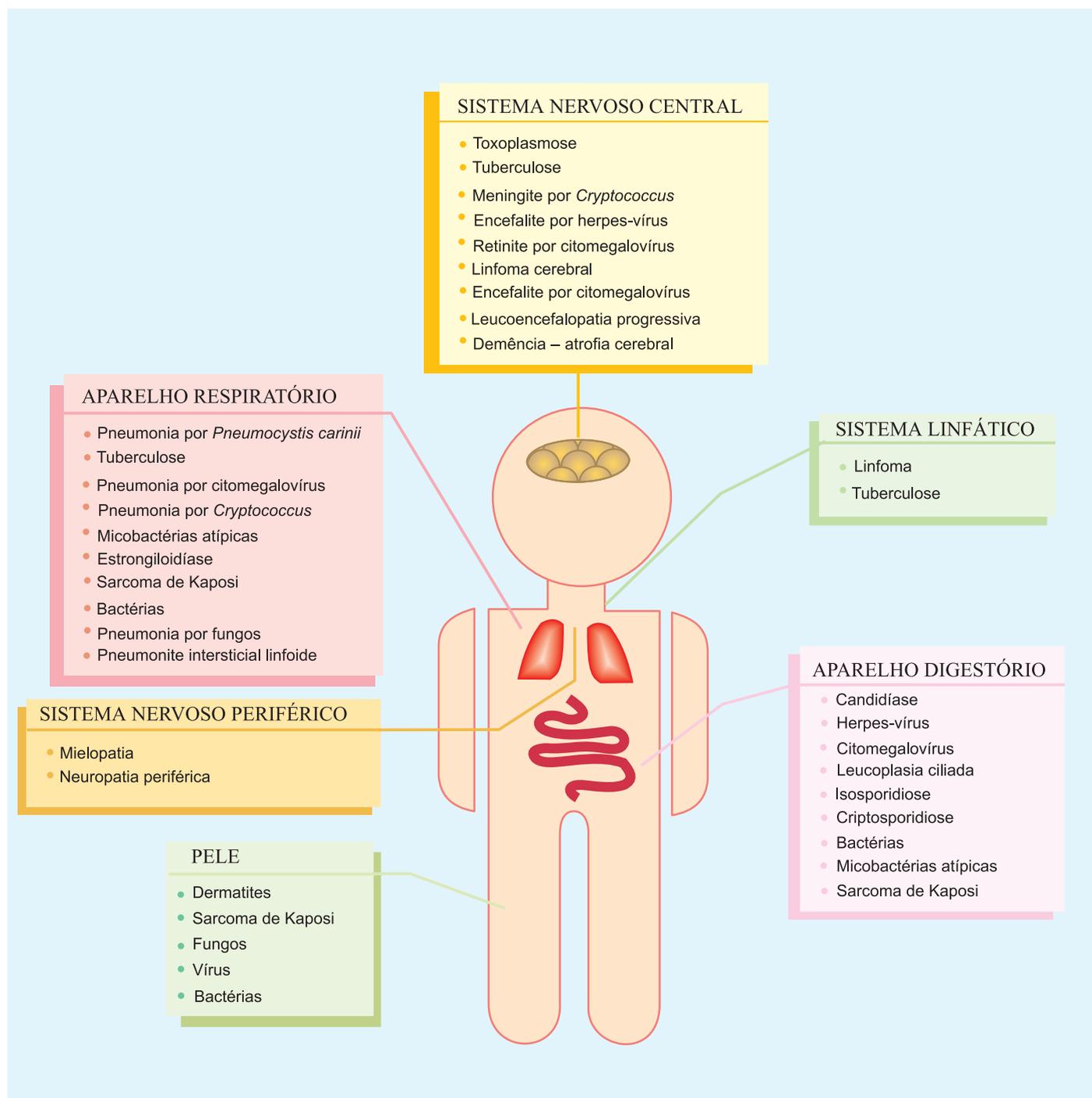


O código “pirata” é então incorporado ao DNA do linfócito, graças à enzima integrase.

O linfócito, sob o comando pirata, transforma-se numa fábrica de vírus.



3. CONDIÇÕES CLÍNICAS ASSOCIADAS À AIDS



4. DOENÇAS CAUSADAS POR VÍRUS

Vírus são estruturas acelulares, parasitas intracelulares obrigatórios. São agentes etiológicos relacionados às seguintes doenças:

DOENÇA	TRANSMISSÃO
Catapora (varicela)	Contato da pele com as bolhas, e pelo ar, que contêm o vírus <i>Varicela zoster</i> .
Caxumba (parotidite infecciosa)	Por gotículas de saliva expelidas pelo doente, que contêm o <i>Paramyxovirus sp.</i>
Citomegalia	Vertical (placentária), amamentação materna, sexual, de pessoa para pessoa e por transfusão sanguínea.
Dengue	Picada da fêmea de mosquitos: <i>Aedes aegypti</i> ou <i>Aedes albopictus</i> .
Dengue hemorrágica	Picada da fêmea de mosquitos: <i>Aedes aegypti</i> ou <i>Aedes albopictus</i> (tigre asiático). Ocorre quando um indivíduo que teve um tipo de vírus da dengue recebe outro vírus diferente, também da dengue.
Febre aftosa	Via respiratória, inalando o <i>Aphthovirus sp.</i>
Febre amarela silvestre	Picada da fêmea do mosquito <i>Haemagogus sp</i> ou <i>Sabethes sp</i> contendo o <i>Flavivirus sp.</i>
Febre amarela urbana	Picada da fêmea do mosquito <i>Aedes aegypti</i> ou <i>Aedes albopictus</i> contendo o <i>Flavivirus sp.</i>
Febre hemorrágica do ebola	Através de secreções corpóreas e sangue contaminado pelo <i>Filovirus sp.</i>
Gripe	Contato com o ar contaminado pelo <i>Myxovirus influenzae</i> .
Hantavirose	Via respiratória, água e alimentos contendo o <i>Hantavirus sp.</i>
Hepatite	Contato pessoa a pessoa; oral-fecal, transfusão sanguínea.
Herpes	Contato íntimo com indivíduo transmissor, a partir de superfície mucosa ou de lesão infectante contendo, por exemplo, o <i>Herpes simplex</i> .
Mononucleose	Contato íntimo de secreções orais (saliva) contendo o vírus Epstein-Barr, da família <i>Herpesviridae</i> .
Papiloma (Condiloma)	Vertical (placentária); ato sexual; o agente etiológico é o HPV.
Poliomielite (paralisia infantil)	Contato direto com secreções faríngeas de doentes.
Raiva (hidrofobia)	Através da saliva de animais doentes.
Resfriado	Contato com o ar contaminado pelo vírus sincicial respiratório, ou pelo vírus parainfluenza ou pelo rinovírus.
Rubéola	Através de gotículas de muco e saliva ou pelo contato direto com as secreções do nariz.
Sarampo	Através de gotículas de muco e saliva ou pelo contato direto com as secreções do nariz.
Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (AIDS = SIDA)	Ato sexual, seringas contaminadas, transfusões sanguíneas, via vertical (placentária).
Varíola	Contato com as secreções das vias respiratórias, com as lesões da pele, das mucosas e com os objetos de uso do doente.

5. BACTERIOSES

As bactérias são procariontes. Pertencem ao reino *Monera*. São agentes etiológicos relacionados às seguintes doenças:

DOENÇA	TRANSMISSÃO	AGENTE INFECCIOSO
Antrax (carbúnculo)	Através da inalação de esporos ou ingestão de alimentos contaminados, ou ferimentos cutâneos.	Bacilo do antraz (<i>Bacillus anthracis</i>)
Botulismo	Ingestão de alimentos contaminados (ex.: enlatados de palmito).	Bacilo botulínico (<i>Clostridium botulinum</i>)
Brucelose (febre ondulante ou do mediterrâneo)	Contato com secreções animais contaminadas; com a placenta; fetos abortados; ingestão de leite cru.	(<i>Brucella sp</i>)
Cólera	Ingestão de água ou de alimentos contaminados.	Vibrião colérico (<i>Vibrio cholerae</i>)
Coqueluche (tosse comprida)	Contato direto ou indireto com a saliva do doente.	Bacilo da coqueluche (<i>Bordetella pertussis</i>)
Difteria (crupe)	Contato com a secreção do nariz, ou da garganta, ou através do leite cru.	Bacilo de Krebs-Loeffler (<i>Corynebacterium diphtheriae</i>)
Fasciíte necrosante	Penetração através de cortes na pele.	Estreptococo de tipo A
Febre purpúrica brasileira	Contato direto pessoa a pessoa (com conjuntivite) ou indireto por intermediação mecânica (insetos, toalhas, mãos).	Bacilo (<i>Haemophilus influenzae</i>)
Febre tifoide (Tifo)	Contato direto ou indireto com fezes ou urina do doente.	Bacilo tífico (<i>Salmonella typhi</i>)
Gonorreia (blenorragia)	Contato sexual.	Gonococo (<i>Neisseria gonorrhoeae</i>)
Lepra (Hanseníase)	Penetração no organismo pela pele ou mucosas (ex.: nasais).	Bacilo de Hansen (<i>Mycobacterium leprae</i>)
Leptospirose	Penetração no organismo pelas mucosas ou pela pele ferida ou via oral (alimentos contaminados).	(<i>Leptospira sp</i>)
Lyme (doença de Lyme)	Adesão de carrapatos à pele e sucção de sangue.	(<i>Bonnella bungdorferi</i>)
Meningite meningocócica	Por via respiratória, quando o doente fala, tosse, espirra ou beija.	Meningococo (<i>Neisseria meningitidis</i>)
Peste	Picada de pulgas infectadas; pessoa a pessoa.	(<i>Yersinia pestis</i>)
Pneumonia	Por via respiratória; contato pessoa a pessoa; infecção hospitalar.	Diversos exemplos (<i>Diplococcus pneumoniae</i> , micoplasmas, clamídias, legionelas etc.)
Psitacose	Por via respiratória; contato pessoa a pessoa.	(<i>Chlamydia psittaci</i>)
Shigelose (disenteria)	Ingestão de água ou de alimentos contaminados.	(<i>Shigella sp</i>)
Sífilis	Contato sexual; transfusão de sangue; via vertical (placentária).	Espiroqueta (<i>Treponema pallidum</i>)
Tétano	Penetração dos esporos através de ferimentos perfurantes.	Bacilo tetânico (<i>Clostridium tetani</i>)
Pneumonia	Por via respiratória (inalando o bacilo).	Bacilo de Koch (<i>Mycobacterium tuberculosis</i>)
Uretrite	Ato sexual.	(<i>Chlamydia trachomatis</i>)



MÓDULO 27

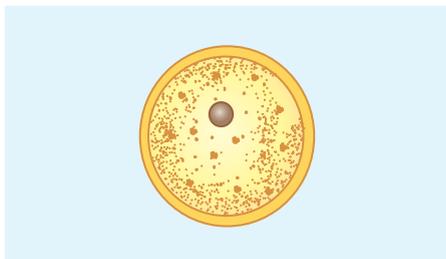
Tipos de Ovos e Clivagem

1. TIPOS DE OVOS

A classificação é baseada na quantidade e distribuição do vitelo ou deutoplasma, substância nutritiva que o embrião utiliza no desenvolvimento.

❑ Ovos oligolécitos ou isolécitos

São aqueles que possuem pequena quantidade de vitelo uniformemente distribuída pelo citoplasma. São próprios das espécies nas quais o embrião não obtém o alimento do ovo, mas sim do corpo materno ou do meio ambiente. Aparecem em espongiários, celenterados, equinodermas, protocordados e mamíferos.

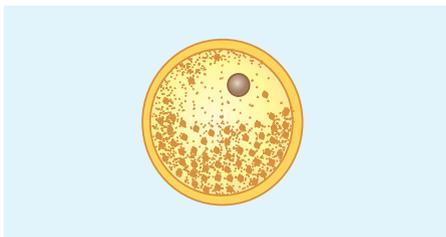


Ovo oligolécito.

❑ Ovos heterolécitos ou mediolécitos

Apresentam nítida polaridade, distinguindo-se o polo animal, com pequena quantidade de vitelo, e o polo vegetativo, com abundante vitelo, permitindo a nutrição do embrião durante algum tempo.

Aparecem em platelmintos, moluscos, anelídeos e anfíbios.

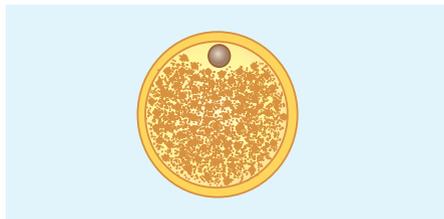


Ovo heterolécito.

❑ Ovos telolécitos ou megalécitos

Apresentam uma grande quantidade de vitelo, que ocupa quase todo o ovo. O citoplasma e o núcleo ficam reduzidos a uma pequena área, e a cicatrícula, ou disco germinativo, fica situada no polo animal.

Ocorrem em cefalópodos, peixes, répteis e aves.

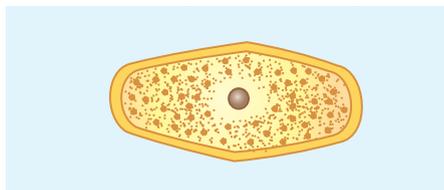


Ovo telolécito completo.

❑ Ovos centrolécitos

O vitelo concentra-se no centro do ovo e separa duas zonas de protoplasma: uma central, contendo o núcleo, e outra periférica, circundando o vitelo.

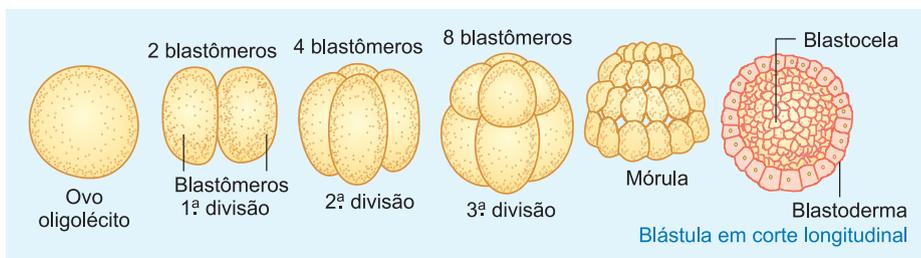
São ovos típicos de artrópodos.



Ovo centrolécito.

2. SEGMENTAÇÃO OU CLIVAGEM

Entende-se por segmentação ou clivagem a divisão do ovo em certo número de células denominadas blastômeros. A segmentação termina com a formação de uma figura embrionária chamada blástula. O tipo de segmentação é determinado pela quantidade de vitelo existente no ovo. Sendo substância inerte, o vitelo, quando em



Segmentação holoblástica.

grande quantidade, pode dificultar ou mesmo impedir a segmentação total do ovo.

Distinguem-se dois tipos de segmentação: holoblástica e meroblástica.

❑ Segmentação holoblástica ou total

Ocorre em ovos oligolécitos e heterolécitos, nos quais a pequena quantidade de vitelo permite a segmentação completa do ovo.

Distinguem-se dois tipos: igual e desigual.

3. TOTAL E IGUAL (OU SUBIGUAL)

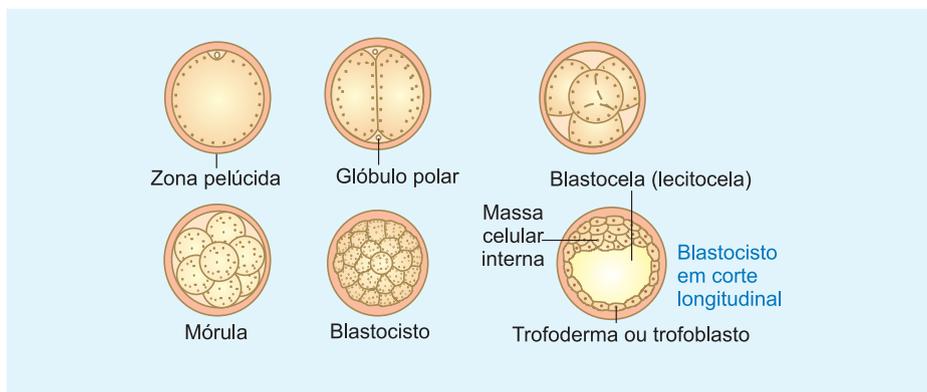
É própria dos oligolécitos, nos quais a distribuição uniforme do vitelo permite a divisão em blastômeros de mesmo tamanho. Serve como exemplo a segmentação do ovo do anfioxo. O primeiro plano de divisão é longitudinal ou meridional e corta o ovo em dois blastômeros rigorosamente iguais.

O segundo plano é ainda meridional e perpendicular ao primeiro, produzindo quatro células iguais. O terceiro plano de divisão é transversal e passa ligeiramente acima do equador. O embrião aparece, agora, com oito células, sendo as quatro do polo animal ligeiramente menores.

As divisões seguintes são iguais e realizadas em planos alternadamente longitudinais e transversais, determinando a formação de uma primeira figura embrionária, a mórula, constituída por um conjunto de células arredondadas lembrando uma amora, daí o nome de mórula dado ao estágio em questão. O desenvolvimento prossegue e, à medida que as divisões se sucedem, as células se deslocam, deixando, no centro do embrião, um espaço com líquido.

Finalmente, todas as células aparecem dispostas na periferia, formando uma camada denominada blastoderma, que reveste a blastocela, cavidade central cheia de líquido. A esse estágio dá-se o nome de blástula.





Segmentação do ovo de mamífero.

❑ Segmentação especial do ovo dos mamíferos

O ovo dos mamíferos é do tipo oligolécito, aparecendo envolvido por espessa membrana denominada zona pelúcida. A clivagem é holoblástica, produzindo a mórula.

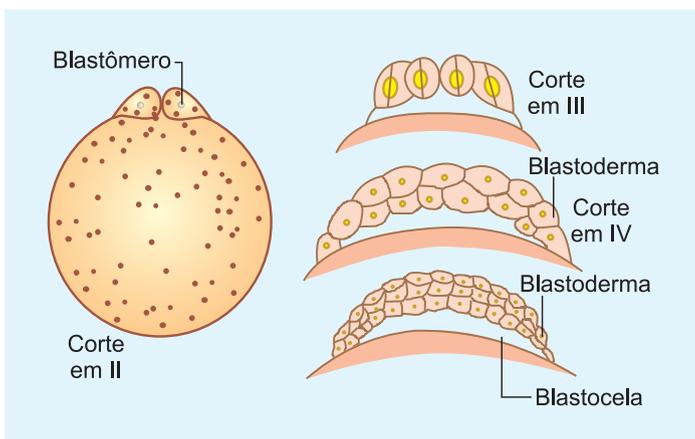
As divisões prosseguem e, no lugar da blástula, surge o **blastocisto**, uma estrutura esférica envolvendo um grupo de células e uma cavidade. A parede do blastocisto é chamada **trofoblasto** e inicialmente constituída por uma única camada celular, com a função de obter alimento para nutrição do embrião. As células situadas no interior do blastocisto constituem a **massa celular interna**, da qual se formará o embrião.

4. SEGMENTAÇÃO HOLOBLÁSTICA OU TOTAL E DESIGUAL

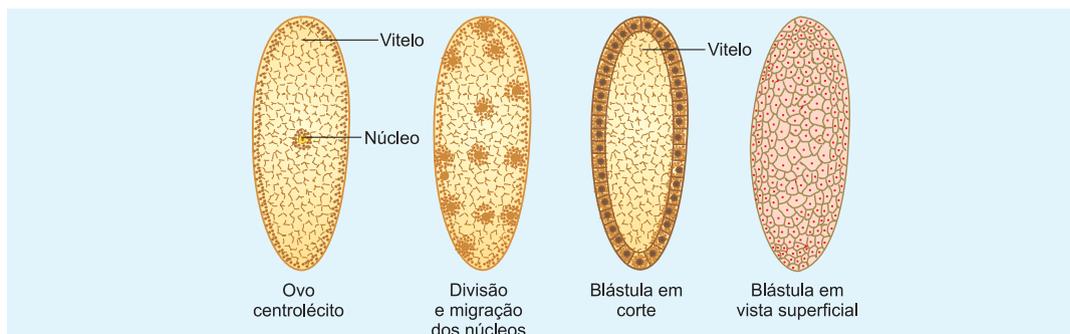
Ocorre nos ovos heterolécitos e, devido à desigual distribuição do vitelo, produz blastômeros de tamanhos diferentes. Serve como exemplo a segmentação do ovo de sapo.

Os dois primeiros planos de divisão são meridionais e perpendiculares entre si, destacando quatro blastômeros de igual tamanho. O terceiro plano é transversal e deslocado para o polo animal, de maneira que determina a formação de quatro pequenos blastômeros ou micrômeros no polo animal e quatro maiores ou macrômeros no polo vegetativo.

Desde o estágio que apresenta oito células, começa a aparecer entre os blastômeros uma pequena cavidade, marcando o início da formação da blastocela. As divisões seguintes realizam-se em planos perpendiculares e, à medi-



Fases da segmentação meroblástica discoidal.



Segmentação meroblástica superficial.

da que elas ocorrem, vai aumentando a blastocela; forma-se, desse modo, uma blástula que, cortada longitudinalmente, apresenta a blastocela deslocada para o polo animal. Superiormente, o blastoderma é formado por micrômeros e, inferiormente, por macrômeros.

5. SEGMENTAÇÃO MEROBLÁSTICA OU PARCIAL

Nos ovos com abundante vitelo, como é o caso dos telolécitos completos e centrolécitos, apenas o protoplasma se divide, de maneira que a segmentação do ovo é apenas parcial.

❑ Meroblástica discoidal

É típica dos ovos telolécitos com diferenciação polar completa e atinge apenas o disco germinativo. Pode ser observada na evolução do ovo de aves.

Os fusos mitóticos orientam-se tangencialmente à superfície do disco germinativo e produzem um mosaico celular sobre o vitelo.

Na etapa final da segmentação, os blastômeros dão origem a uma lâmina discoidal e superficial, o blastoderma, que depois se destaca do vitelo, deixando um espaço que corresponde à blastocela. Forma-se, desse modo, a blástula.

❑ Meroblástica superficial

Ocorre nos ovos centrolécitos dos artrópodes.

O núcleo, situado no centro do ovo, divide-se várias vezes. Os núcleos resultantes migram para a periferia do ovo, onde surge uma camada protoplasmática plurinucleada. Entre os núcleos, surgem membranas divisórias, originando um estrato celular que representa o blastoderma.





MÓDULO 28

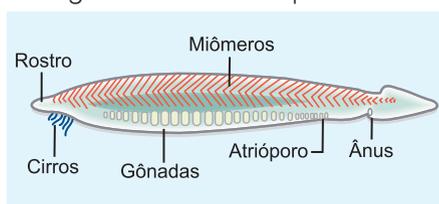
Embriologia do Anfioxo



1. O ANFIOXO

O anfioxo é um pequeno animal de 5 a 8cm de comprimento, transparente e pisciforme. Na extremidade anterior, há o **rostro**, abaixo do qual se encontra a abertura bucal, rodeada de **cirros**. Há três aberturas no animal: boca, atrióporo e ânus, deslocado para a esquerda.

Em razão da transparência, observam-se os músculos em forma de V nos flancos do corpo. Também as gônadas se distinguem muito bem pela transparência; estão localizadas na região ventral do corpo.



Anfioxo – morfologia externa.

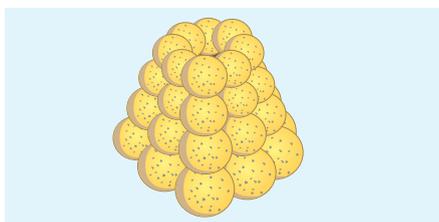
2. FASES DA SEGMENTAÇÃO

Vamos tomar por base o desenvolvimento do anfioxo, que apresenta segmentação holoblástica igual.

Já aprendemos que, após a fecundação, a célula sofre sucessivas divisões, passando por diferentes estágios de desenvolvimento.

Já vimos a fase de mórula, que só ocorre na segmentação holoblástica igual, e a fase de blástula.

3. MÓRULA

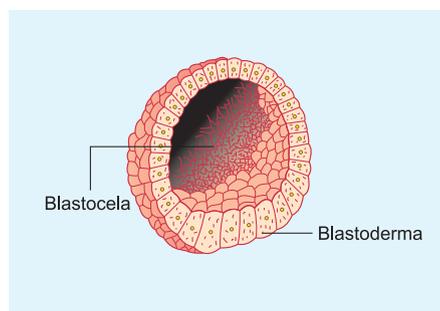


Mórula.

Constitui a forma embrionária encontrada após sucessivas divisões celulares. Caracteriza-se, fundamentalmente, pela forma esférica e por apresentar-se maciça, isto é, composta inteiramente de células embrionárias. Só aparece no tipo de segmentação holoblástica igual.

4. BLÁSTULA

Consiste numa fase embrionária típica em certos animais e de difícil reconhecimento em outros. Caracteriza-se, de um modo geral, pela forma globosa e por apresentar uma única camada de células (blastoderma), delimitando uma cavidade completamente fechada (blastocela).



Corte da blástula de um anfioxo.

5. GASTRULAÇÃO

É o processo de formação da gástrula, estágio embrionário que se inicia a partir da blástula e se caracteriza pela existência de duas camadas celulares.

No anfioxo, a gastrulação é feita por embolia. É o tipo mais primitivo de gastrulação. O processo começa com um achatamento do polo vegetativo que, a seguir, invagina e penetra na blastocela, aplicando-se contra a face interna do polo animal. Neste tipo de gastrulação, a blastocela vai diminuindo progressivamente, chegando a ser apenas virtual quando as duas camadas celulares se encostam. Do outro lado, forma-se pela invaginação uma nova cavidade, o arquêntero ou intestino primitivo, que se comunica com o exterior através de uma abertura chamada blastóporo. Cortada longitudinalmente, a gástrula aparece constituída por dupla camada celular. A parede externa é o ectoderma ou ectoblasto, e a interna, que reveste o arquêntero, é o mesentoderma, que irá formar o endoblasto ou endoderma e o mesoblasto ou mesoderma.

6. FORMAÇÃO DO TUBO NEURAL (NÊURULA)

Inicialmente, as células ectoblásticas dorsais do embrião tornam-se mais alongadas e passam a constituir a placa neural. A seguir, a placa neural invagina-se e forma o sulco ou goteira neural. O sulco aprofunda-se, e seus bordos unem-se, transformando-se no canal neural, sobre o qual se refaz o ectoblasto. O tubo neural possui, no início, duas aberturas: o neuróporo, anterior, em comunicação com o meio externo, e o canal neurentérico, que se comunica com o arquêntero. Posteriormente, ocorre o fechamento das duas aberturas. Orientando-se dorsal e longitudinalmente entre o ectoblasto e o endoblasto, o canal neural transforma-se no sistema nervoso central. A constituição do canal é a mesma para os diversos vertebrados.

7. FORMAÇÃO DO MESOBLASTO E DA NOTOCORDA

No teto do arquêntero, o mesoderma forma três evaginações: uma central, que formará a notocorda, e duas laterais, que originarão o celoma. As duas vesículas laterais constituem os somitos. Em cada um dos somitos, a parede é chamada de mesoblasto ou mesoderma, enquanto a cavidade central representa o celoma.

A evaginação longitudinal mediana transforma-se na notocorda ou corda dorsal, um eixo de sustentação que caracteriza todo embrião de animal cordado. Cortado transversalmente, o embrião apresenta, nesta fase, as seguintes estruturas:

- 1 – Três folhetos germinativos: ectoderma, endoderma e mesoderma.
- 2 – Tubo neural.
- 3 – Notocorda.
- 4 – Intestino primitivo.



8. EVOLUÇÃO DOS FOLHETOS

De cada um dos três folhetos germinativos – ectoderma, endoderma e mesoderma –, derivam todas as estruturas dos animais, por meio de um processo denominado organogênese. Explicaremos, a seguir, os folhetos e as principais estruturas deles derivadas.

9. ECTOBLASTO

O ectoblasto divide-se em dois elementos: o epiblasto e o neuroblasto.

O epiblasto origina a epiderme e os anexos epidérmicos, como glândulas, pelos, penas, garras, escamas etc.

No epiblasto, destacam-se os placoides sensoriais, que migram em profundidade e originam as vesículas olfativas, as auditivas, os cristalinos, os lobos anterior e intermediário da hipófise.

Do neuroblasto derivam o encéfalo e a medula, que constituem o sistema nervoso central (SNC).

10. MESOBLASTO

O mesoblasto divide-se em três partes: epímero (dorsal), mesômero (central) e hipômero (ventral).

O epímero também se divide e origina três estruturas: esclerótomo,

miótomo e dermatomo, que formam, respectivamente, o esqueleto axial, os músculos estriados e a derme.

O mesômero, situado entre o epímero e o hipômero, é responsável pela gênese do sistema urogenital, constituído por rins e gônadas.

O hipômero limita o celoma e apresenta duas lâminas: a somatopleura, colada ao ectoblasto, e a esplanopleura, em contato com o endoblasto.

A somatopleura dá origem aos músculos viscerais, ao pericárdio (tecido que envolve o coração) e aos ossos e músculos dos apêndices locomotores, braços e pernas.

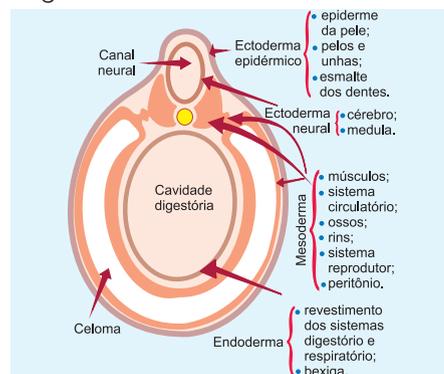
A esplanopleura origina os músculos lisos, o miocárdio (musculatura do coração), o endocárdio (tecido que recobre internamente o coração) e o endotélio (camada celular que reveste internamente os vasos sanguíneos).

11. ENDOBLASTO

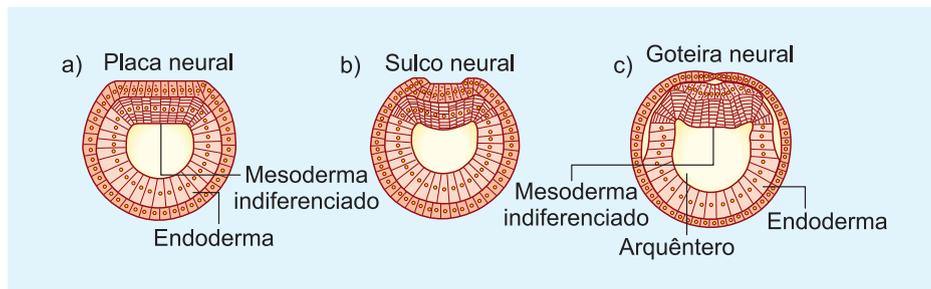
O endoblasto dá origem a diferentes partes do tubo digestório e de suas glândulas anexas, tais como o fígado e o pâncreas. Os pulmões e a traqueia são igualmente de origem endodérmica.

O endoblasto só constitui o epitélio pulmonar interno, sendo o estroma dos pulmões e a parede da traqueia provenientes do mesoblasto. Também no caso do tubo digestório, o endoblasto só forma a parte epitelial, sendo a musculatura originada do mesoblasto.

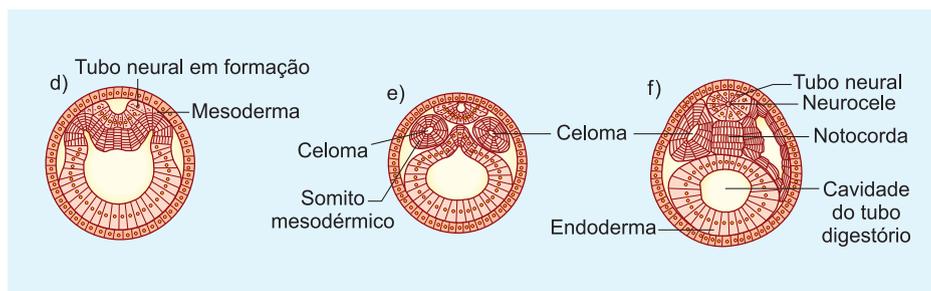
Veja o diagrama abaixo mostrando os três folhetos embrionários de um embrião típico de vertebrados e algumas das estruturas que eles originam.



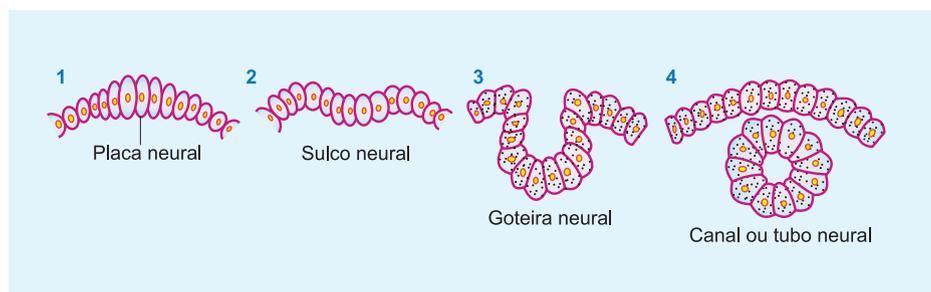
Corte transversal de um embrião de cordado.



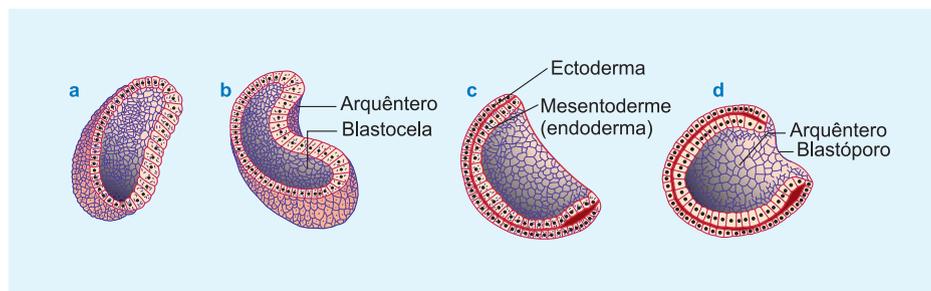
A formação do mesoderma.



Desenvolvimento do mesoderma e da notocorda.



A formação do tubo neural.



Gastrulação em anfioxo.



MÓDULO 29

Os Anexos Embrionários



1. GENERALIDADES

À custa de porções dos folhetos germinativos não utilizados na formação do embrião, constituem-se os anexos embrionários, que posteriormente se atrofiam com o desenvolvimento embrionário ou então são expulsos com o nascimento do animal.

Os anexos embrionários servem para nutrição, proteção, respiração, excreção e outras funções necessárias ao desenvolvimento embrionário. Como anexos, encontramos saco vitelínico, alantoide, âmnio, cório e placenta.

2. O SACO VITELÍNICO

É o único anexo embrionário que aparece nos peixes e anfíbios, nos quais a fecundação é externa, de maneira que o embrião se desenvolve na água, encontrando proteção contra choques e desidratação, ao mesmo tempo em que realiza com o meio trocas respiratórias e eliminação de catabólitos. Acompanharemos a evolução do saco vitelínico no embrião de peixe. O ovo é telolécito com diferenciação polar completa. A cicatrícula produz o embrião, que, durante o desenvolvimento, se eleva na superfície do vitelo, ao mesmo tempo em que dobras do ectoblasto, mesoblasto e endoblasto crescem em torno do vitelo, terminando por envolvê-lo completamente. Forma-se, deste modo, a vesícula ou saco vitelínico, que se une ao embrião através de um curto pedúnculo.

As substâncias nutritivas são gradualmente transportadas ao embrião através de uma rede de vasos sanguíneos que se formam na parede do saco vitelínico.

Nos anfíbios, não se forma um saco vitelínico típico. A pequena quantidade de vitelo que os anfíbios apresentam é envolvida pela parede ventral do embrião durante a gastrulação. Desse modo, o saco vitelínico se restringe apenas a uma dilatação da parte ventral do embrião.

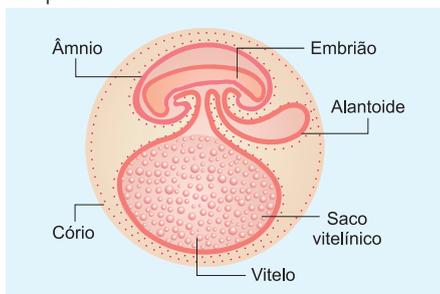
3. ÂMNIO E CÓRIO

O âmnio e o cório são anexos embrionários encontrados em répteis, aves e mamíferos. Observaremos o desenvolvimento no embrião de aves. Inicialmente, notamos o aparecimento de duas dobras amnióticas: a cefálica e a caudal, formadas por ectoderma e somatopleura.

A dobra cefálica começa adiante da cabeça e progride para trás, recobrindo o embrião como um capuz. A dobra caudal forma-se posteriormente e cresce para a frente.

As duas dobras vão ao encontro uma da outra e fundem-se sobre o embrião.

O resultado é a formação de duas paredes: uma externa, chamada **cório** ou **serosa de Von Baer**, e outra interna, o **âmnio**. Este constitui a cavidade amniótica, que se enche de líquido e envolve o embrião. No interior do líquido, o embrião apresenta, em intervalos irregulares, movimentos espasmódicos. No mesoblasto do saco amniótico, aparecem fibras musculares que, por suas contrações peristálticas, mantêm o embrião em constante movimento. O líquido amniótico impede a dessecação do embrião. Nos mamíferos, o âmnio protege o organismo embrionário contra os choques do organismo materno e as contrações uterinas da gravidez. Na espécie humana, contém meio litro de água no fim da gravidez e é vulgarmente chamado de bolsa-d'água, rompendo-se no início do parto.



Embrião de ave ou réptil com anexos embrionários. (A linha pontilhada representa o mesoderma.)

4. ALANTOIDE

Observaremos a evolução do anexo no embrião de ave. Enquanto apare-

cem as dobras para formar, respectivamente, o âmnio e o saco vitelínico, a parte posterior do intestino começa a formar uma evaginação ou divertículo.

Introduzindo-se no celoma extraembrionário, ele cresce até atingir o cório, contra o qual se aplica, havendo fusão das lâminas mesoblásticas. A alantoide diferencia-se rapidamente num importante órgão embrionário, com o aparecimento de vasos sanguíneos no mesoblasto visceral que o reveste. O oxigênio que passa através da casca porosa do ovo fixa-se nos glóbulos vermelhos que circulam nos vasos da alantoide, pelos quais é transportado ao embrião. De maneira inversa, é eliminado o gás carbônico. Outra importante função da alantoide é a excreção. O rim embrionário abre-se na porção terminal do intestino através dos canais uriníferos. A urina, em vez de ser expulsa para o exterior, acumula-se na cavidade alantoidiana durante a vida embrionária.

A alantoide ainda absorve parte dos sais de cálcio da casca do ovo. Essas substâncias serão utilizadas na construção do esqueleto. Por outro lado, a absorção de cálcio torna a casca mais frágil, facilitando a eclosão.

5. A ESTRUTURA DA PLACENTA

No embrião dos mamíferos, há os seguintes anexos embrionários: âmnio, cório, alantoide, saco vitelínico e placenta. O anexo mais importante é a placenta, constituída por duas partes: materna e fetal.

A parte materna é representada pelo endométrio, a parede interna do útero que será expulsa, com o feto, no momento do parto. A parte fetal é constituída pelo cório, que gera uma série de expansões, as vilosidades coriônicas, que se insinuam na parede uterina. A placenta é um órgão ricamente vascularizado, isto é, provido de muitos vasos sanguíneos – alguns da mãe, no endométrio, e outros do feto, nas vilosidades coriônicas. Entre a placenta e o embrião, forma-se o cordão umbilical; pelo seu interior, circulam duas artérias e uma





veia. As artérias conduzem o sangue venoso do feto para a placenta, enquanto a veia transporta o sangue arterial em sentido oposto.

6. AS FUNÇÕES DA PLACENTA

A placenta assegura a nutrição

do embrião, além de efetuar trocas respiratórias e a excreção. Pela estrutura da placenta, observa-se que o sangue da mãe não se mistura com o do feto; apenas os vasos de ambos se situam muito próximos e trocam substâncias entre si. Assim, a mãe envia ao feto: oxigênio, água, ali-

mento, hormônios e anticorpos. Do feto para a mãe, passam, principalmente, gás carbônico e excretas. A placenta tem ainda função endócrina, produzindo a progesterona e a gonadotrofina coriônica, hormônios relacionados com a gestação.

MÓDULO 30

As Vitaminas



1. CONCEITO

Vitaminas são compostos orgânicos que atuam como coenzimas, ou seja, ativando as enzimas responsáveis pelo metabolismo celular.

Agem em pequenas quantidades, sendo obtidas por meio dos alimentos.

2. AVITAMINOSES

Chamamos de avitaminoses ou doenças de carência as enfermidades causadas pela falta de certas vitaminas. Assim, por exemplo, são avitaminoses: nictalopia, raquitismo e escorbuto.

3. CLASSIFICAÇÃO

As vitaminas são classificadas em dois grupos:

- lipossolúveis (A, D, E e K), que se dissolvem apenas em óleos e gorduras;
- hidrossolúveis (C e complexo B), que se dissolvem em água.

4. VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS

□ **Vitamina A**

• **Funções**

Classifica-se em: **retinol**, encontrado nos alimentos de origem animal (manteiga, ovos e óleo de fígado de peixe), e **provitamina A** ou **β-caroteno**, produzida pelos vegetais. É uma vitamina indispensável para a visão, especialmente noturna, bem como para a regeneração dos epitélios (pele e mucosas).

• **Carência**

A avitaminose provoca nictalopia (cegueira noturna), hemeralopia

(ofuscamento), xeroftalmia (ulceração da córnea) e baixa resistência às infecções.

• **Fontes**

As principais fontes de vitamina A são alimentos de origem animal, como leite, manteiga, queijos, gema de ovo, fígado e óleo de fígado de peixes. Os melhores fornecedores de caroteno são os vegetais verdes e amarelos, como cenoura, milho, agrião, couve, alface e espinafre.

□ **Vitamina D**

• **Funções**

Trata-se do **calciferol** ou vitamina **antirraquítica**, cuja função é a perfeita calcificação dos ossos e dentes. É ingerida na forma de provitamina D que se transforma em D, na pele, pela ação dos raios UV.

• **Carência**

A avitaminose provoca o raquitismo na infância, a osteomalácia (amolecimento geral do esqueleto) no adulto e a osteoporose (ossos quebradiços) no idoso.

• **Fontes**

As fontes alimentares são os óleos de fígado de peixes (bacalhau, atum e cação), leite, fígado, manteiga e ovo.

□ **Vitamina E**

• **Funções**

É também chamada de **tocopherol** ou vitamina **antiestérel**, porque provoca, na sua ausência, esterilidade em ratos. No homem, tem ação antioxidante, evitando a oxidação de compostos celulares.

• **Carência**

A carência acarreta degeneração muscular.

• **Fontes**

Os alimentos mais ricos em vitamina E são os óleos vegetais, as hortaliças verdes, ovos, carnes e peixes.

□ **Vitamina K**

• **Funções**

É a vitamina anti-hemorrágica que atua na coagulação sanguínea, favorecendo a síntese de protrombina.

• **Carência**

A carência provoca o retardamento da coagulação do sangue e conseqüente hemorragia.

• **Fontes**

Couve, espinafre, cenoura, ervilha, tomates, fígado, ovos e leite.

5. VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS

São as vitaminas C e o complexo B, que agrupa uma série de vitaminas, não porque sejam similares na composição química ou nos efeitos, mas porque tendem a ocorrer juntas.

□ **Vitamina B₁**

• **Funções**

É a **tiamina** ou **aneurina**, que atua como enzima no metabolismo dos açúcares, permitindo a liberação de energia necessária às atividades vitais. É conhecida como “vitamina da disposição”, graças aos efeitos benéficos sobre a disposição mental.

• **Carência**

A avitaminose produz o beribéri, uma polineurite generalizada.



- **Fontes**

A fonte mais rica é o lêvedo de cerveja. Também aparece na carne, fígado, ovos, cereais (arroz e trigo) e frutas (maçã, pera, ameixa, pêssego e banana).

□ **Vitamina B₂**

- **Funções**

É conhecida como **riboflavina**, uma constituinte das flavoproteínas (FAD), coenzimas que atuam como transportadoras de elétrons no processo respiratório.

- **Carência**

A carência acarreta a glossite (inflamação da língua) e a queilose (fisuras nos cantos dos lábios).

- **Fontes**

Lêvedo, leite, fígado, rim, queijo, verduras e peixes.

□ **Vitamina B₃**

- **Funções**

É a **niacina** ou **nicotinamida** ou ácido **nicotínico**, constituinte do NAD e do NADP, substâncias fundamentais na bioenergética celular.

- **Carência**

A avitaminose produz a pelagra (pele áspera), enfermidade que se caracteriza por dermatite, diarreia e demência; por essa razão, também é conhecida como doença dos três Ds.

- **Fontes**

As melhores fontes são lêvedo, fígado, carne (boi, vitela e porco), aves e peixes.

□ **Vitamina B₅**

- **Funções**

É o ácido pantotênico, um constituinte da coenzima A atuante no metabolismo dos carboidratos, gordura e proteínas e na transferência de energia. Contribui para a formação de células, mantendo o crescimento normal, e para o desenvolvimento do SNC.

- **Carência**

A deficiência causa hipoglicemia, dermatite, perturbações gástricas, alopecia (queda de pelos e cabelos).

- **Fontes**

Lêvedo, cereais, legumes, músculos e ovo.

□ **Vitamina B₆**

- **Funções**

Trata-se da **piridoxina**, que entra na constituição química das transaminases, enzimas atuantes na formação de aminoácidos.

- **Carência**

A falta produz a acrodínia, doença que se caracteriza pelas inflamações das extremidades do corpo (mãos e pés), convulsões e hiperirritabilidade.

- **Fontes**

Lêvedo, trigo, fígado, rim, coração, leite, ovo, carne e legumes.

□ **Vitamina B₁₂**

- **Funções**

É a **cianocobalamina**, uma vitamina que contém cobalto e atua na formação de hemácias, prevenindo a anemia.

- **Carência**

Na ausência dessa vitamina, ocorre a anemia perniciosa.

- **Fontes**

Fígado, carne bovina e suína, leite, queijo e ovo.

□ **Vitamina H**

- **Funções**

Quimicamente é a **biotina**, sintetizada pelas bactérias e necessária para a manutenção da pele e das mucosas.

- **Carência**

A carência provoca dermatite.

- **Fontes**

Lêvedo, legumes, leite, carne e peixes do mar.

□ **Vitamina C**

- **Funções**

É conhecida como **ácido ascórbico**. Atua nos processos imunológicos, estimulando a produção de anticorpos, e na prevenção de resfriados.

- **Carência**

A avitaminose determina o escorbuto, moléstia que se manifesta por fraqueza, dores musculares e sangramento das gengivas.

- **Fontes**

As melhores fontes são as frutas (laranja, limão, caju, goiaba e abacaxi) e verduras (agrião e repolho) cruas.

SAIBA QUE:

- **Nossa vida depende das vitaminas que extraímos dos alimentos ou dos suplementos dietéticos que ingerimos.**
- **As vitaminas não são comprimidos energizantes nem substituem os alimentos.**
- **As vitaminas regulam o metabolismo por meio dos sistemas enzimáticos.**
- **A falta de uma única vitamina pode colocar em risco todo o organismo.**
- **O fígado é o principal órgão de armazenamento das vitaminas lipossolúveis.**
- **As vitaminas não funcionam nem podem ser assimiladas sem a ajuda dos minerais.**
- **Os minerais mais importantes são cálcio, iodo, ferro, magnésio, fósforo, selênio e zinco.**
- **As vitaminas podem durar de dois a três anos num recipiente bem vedado.**



MÓDULO 25

Movimentos dos Vegetais



1. MOVIMENTOS DOS VEGETAIS

Os movimentos dos vegetais podem ser classificados em dois tipos:

- movimentos de curvatura (crescimento);
- movimentos de locomoção (deslocamento).

Os movimentos de crescimento são, por sua vez, divididos em dois tipos:

- a) tropismos;
- b) nastismos ou nastia.

❑ **Tropismos**

São fenômenos de crescimento ou de curvatura orientados em relação a um agente excitante; isto é, a curvatura depende da direção de onde vem o agente excitante. Conforme a natureza desse agente, os tropismos são classificados em

- a) fototropismo (luz);
- b) geotropismo (gravidade);
- c) quimiotropismo (substâncias químicas);
- d) tigmotropismo (contato).

São de especial interesse o fototropismo e geotropismo. Podem-se explicar os fenômenos trópicos baseando-se fundamentalmente em dois fatores:

- o excitante deve incidir unilateralmente;
- as auxinas devem sofrer uma redistribuição, isto é, distribuir-se desigualmente nos dois lados do órgão excitado unilateralmente.

A distribuição desigual poderia ser explicada por

- a) transporte lateral das auxinas;
- b) produção desigual das auxinas no ápice;
- c) destruição desigual das auxinas.

Atualmente, a tendência é a de se aceitar como verdadeira a hipótese

do transporte lateral das auxinas quando ocorrer estímulo unilateral nos órgãos vegetais.

2. FOTOTROPISMO

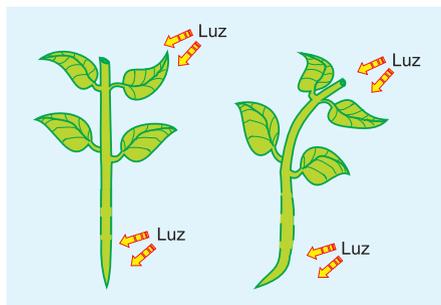
Movimento de curvatura orientado em relação à luz.

O caule e os coleótilos apresentam fototropismo positivo (curva em direção à luz).

A raiz apresenta fototropismo negativo (curva em direção oposta à luz).

As folhas são plagiofototrópicas ou diafototrópicas (formam um ângulo reto em relação ao raio da Terra).

A experiência abaixo ilustra o fenômeno.

**Explicação**

A luz provoca uma redistribuição das auxinas, que se concentram no lado escuro.

Caule: o lado escuro apresenta maior concentração de auxinas e o crescimento fica acelerado.

Raiz: o lado escuro apresenta maior concentração de auxinas e o crescimento fica inibido.

É claro que a luz, para agir no fenômeno, tem de ser absorvida. Para tanto, devem existir pigmentos relacionados com a absorção de luz. Foi observado que as radiações eficientes nos fenômenos fototrópicos estão no início do **espectro** luminoso visível (violeta, anil e azul). Os **pigmentos** que apresentam intensa

absorção nessa faixa são os **carotenos** e as **riboflavinas**.

É possível que sejam esses os pigmentos responsáveis pela absorção de luz no fototropismo.

3. GEOTROPISMO

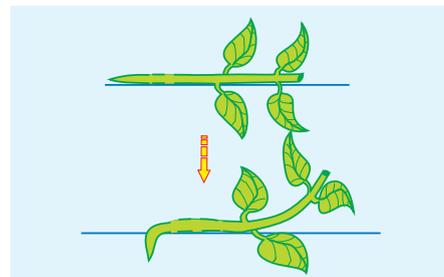
Crescimento orientado em relação à força da gravidade.

• **Caule e coleótilos:** apresentam geotropismo negativo (crescimento em sentido oposto à gravidade).

• **Raízes:** apresentam geotropismo positivo (crescem no mesmo sentido da gravidade).

• **Folhas:** apresentam plagio-geotropismo ou diageotropismo.

A experiência abaixo ilustra o fenômeno.

**Explicação**

• **Raiz:** quando se coloca uma raiz na horizontal, ela cresce acentuadamente no lado superior, curva-se e penetra no solo. Tal fato ainda se baseia na ação do AIA, que se desloca lateralmente, indo concentrar-se no lado inferior da raiz. A concentração elevada de AIA nessa região inibe o crescimento, enquanto o lado oposto fica com o crescimento acelerado.

• **Caule:** o caule colocado horizontalmente sobre o solo cresce acentuadamente no lado inferior, curva-se e afasta-se do solo. Também nesse caso, o AIA, por ação da força da gravidade, desloca-se do lado superior para o inferior, aí se concentrando. Em consequência, essa região tem crescimento acelerado.

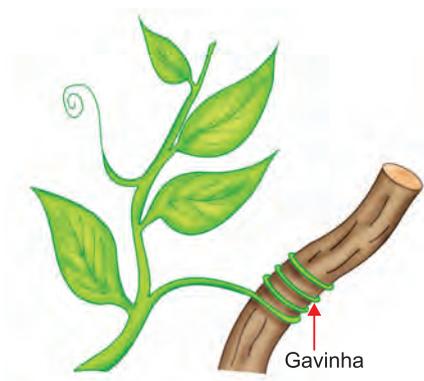


4. TIGMOTROPISMO

Movimento de curvatura em resposta a um estímulo mecânico (contato).

O fenômeno pode ser observado no movimento de enrolamento de gavinhas em um suporte.

As gavinhas são órgãos dorsiventrals. Quando se estimula uma gavinha no lado inferior, ocorre uma reação que determina uma diminuição no alongamento celular, enquanto o lado oposto dorsal tem o alongamento acelerado. Dessa maneira, ocorre o enrolamento.



5. QUIMIOTROPISMO

São fenômenos de crescimento orientados em relação a uma substância química, mas ainda não estão muito esclarecidos.

Podemos citar como exemplos:

- crescimento do tubo polínico das angiospermas à procura do óvulo;
- crescimento das hifas vegetativas dos fungos em direção ao alimento.

□ Nastismos

São movimentos de curvatura não orientados em relação ao agente excitante, isto é, não dependem da direção de onde vem o excitante, mas sim da simetria interna do órgão que reage.

Os nastismos só ocorrem em órgãos dorsiventrals.

Exemplos de nastismos:

- **Fotonastismo:** há flores que se abrem quando iluminadas, fazendo as pétalas um movimento de curvatura para a base da corola.

A direção dos raios luminosos não influencia a direção da reação. Esta é sempre orientada para a base da flor. Há outras flores que fazem o movimento contrário, abrindo-se durante a noite. Essas flores, quando iluminadas, fecham a corola.

- **Tigmonastismo:** observa-se, por exemplo, nos tentáculos das folhas de *Drosera*. Estes, irritados por um inseto, sempre se dobras para o interior da folha.



Drosera com tentáculos.

- **Quimionastismo:** também observa-se na *Drosera* quando os tentáculos se curvam, orientados por substâncias químicas emanadas do inseto.

- **Nictinastismo:** movimento complexo que depende da excitação exterior (alternância de luz e obscuridade, calor e frio) e também de fatores internos; tal fato é verificado em muitas leguminosas que, à noite, fecham os seus folíolos.

Nas mimosas (sensitivas) um abalo promove uma reação rápida de fechamento dos folíolos. Os folíolos aparecem com articulações (espessamentos) ricas com um parênquima aquoso. Quando uma folha se abaixa, as células das regiões superiores desse parênquima aumentam a sua turgescência.



Folha de Dionaea capturando uma libélula (inseto).

Em caso de elevação da folha, ocorre o inverso. O fenômeno é conhecido por seismonastia.



Folhas de Dionaea.

□ Tactismos

Movimentos de deslocamento de seres vivos. São orientados em relação ao excitante e podem ser positivos ou negativos.

Exemplos de tactismos:

- **Quimiotactismo:** movimento de deslocamento em relação a substâncias químicas.

Exemplo: deslocamento de anterozoides à procura do órgão feminino (arquegônio).

- **Aerotactismo:** quando o elemento químico é o oxigênio.

Exemplo: bactérias aerotácteis.

Os tecidos vegetais são divididos em dois grupos:



MÓDULO 26

Tecidos Vegetais I



1. TECIDOS MERISTEMÁTICOS OU TECIDOS EMBRIONÁRIOS OU MERISTEMAS

Tecidos constituídos por células indiferenciadas e com grande capacidade de divisão celular (mitose). As células são pequenas, justapostas, com parede celular delgada e núcleo volumoso e central.

Os tecidos meristemáticos são divididos em dois tipos: **primários** e **secundários**.

Os **meristemas primários** estão localizados no ápice da raiz e do caule e são responsáveis pelo crescimento longitudinal observado nesses órgãos.

Os **meristemas secundários** estão localizados no cilindro central do caule e da raiz (**câmbio**) e na região da casca, do caule e da raiz (**felogênio**). Esses meristemas são responsáveis pelo crescimento em espessura (diametral), observado no caule e na raiz de árvores e arbustos. O câmbio forma, para o lado externo, células do líber ou floema, e para o lado interno, células do lenho ou xilema. O felogênio forma, para o lado externo, células do súber ou cortiça, e para o lado interno, células de um parênquima chamado feloderma.

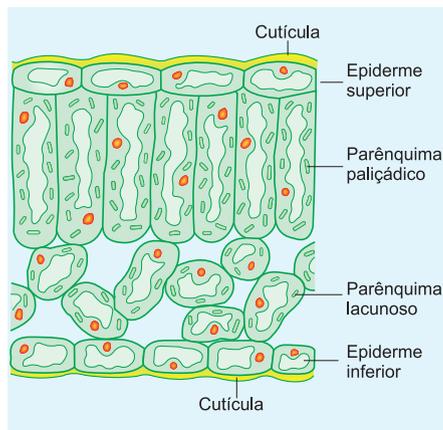
2. TECIDOS ADULTOS (ESPECIALIZADOS)

Tecidos de proteção (revestimento): epiderme e súber

□ Epiderme

Tecido formado por células vivas, achatadas, justapostas e que reveste externamente os órgãos da planta. Geralmente é monoestratificada.

Exerce várias funções: proteção, absorção, trocas gasosas, secreção e excreção.



Corte da folha mostrando a epiderme.

Anexos epidérmicos:

- cutícula

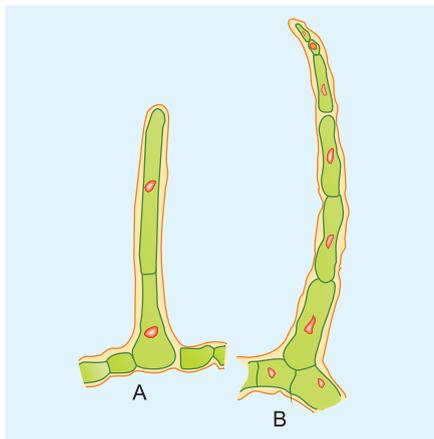
É uma película depositada pelas células no lado mais externo, isto é, na parede da célula exposta ao ar atmosférico.

É formada por cutina, substância impermeável à água, cuja função é evitar uma perda excessiva de H_2O por transpiração.

É frequente encontrar-se sobre a cutícula deposição de cera. A cera ajuda na função importante de evitar o acúmulo de água, especialmente sobre as folhas.

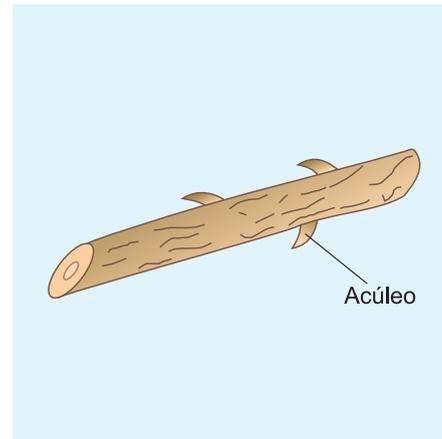
- pelos

São saliências epidérmicas, podendo ser unicelulares ou pluricelulares e também simples, ramificados ou capitados (Fig. 2).



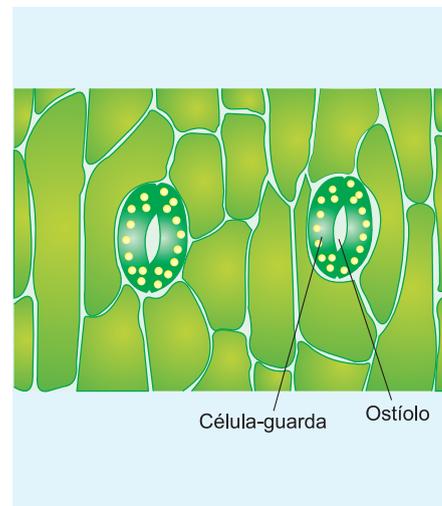
A) Pelo bicelular do caule de gerânio, B) Pelo pluricelular da folha de violeta-africana.

- acúleos



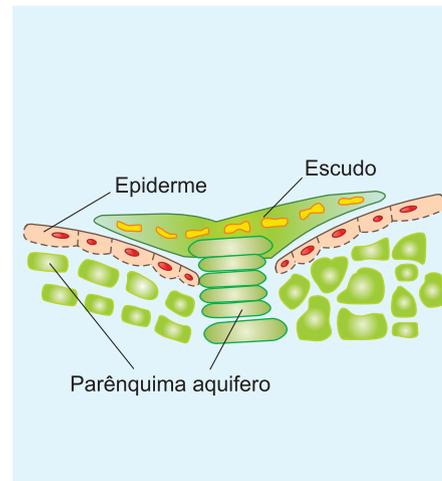
Acúleos em um ramo de roseira.

- estômatos



Vista frontal da epiderme de folha com estômatos.

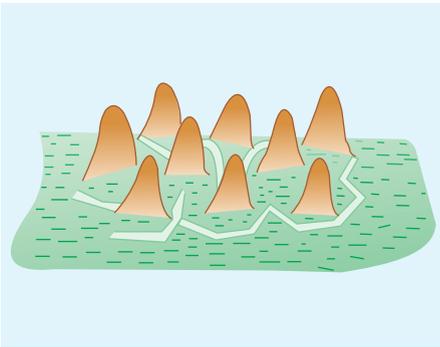
- escamas



Corte radial de uma escama.



- papilas



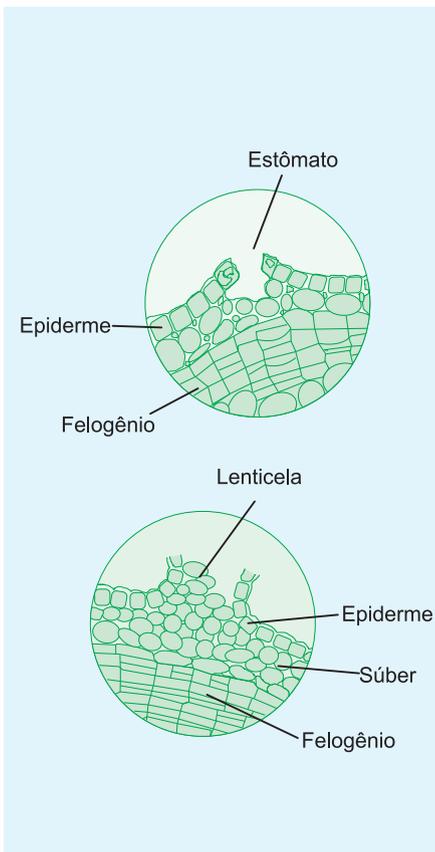
Papilas na epiderme das pétalas de amor perfeito.

□ Súber ou cortiça

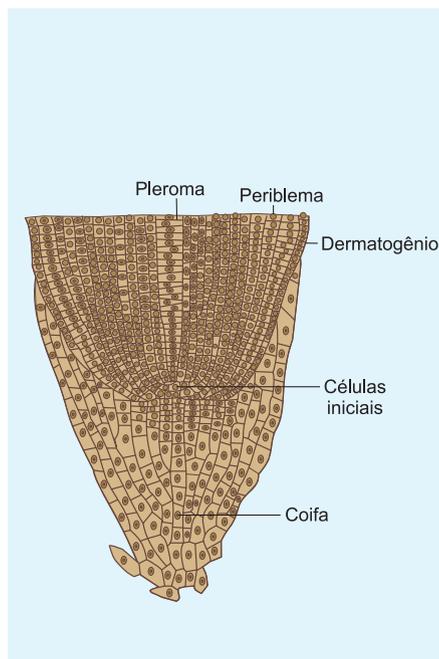
Súber ou cortiça é um tecido formado por células mortas, caracterizadas pela suberificação de suas paredes celulares; geralmente apresenta formas prismáticas. Com frequência, o lúmen celular está cheio de ar. As células são justapostas, sem deixar espaços intercelulares. A suberificação consiste na deposição de suberina (gordura) sobre a membrana primária, geralmente formando várias camadas.

O súber é um tecido de proteção que substitui a epiderme no caule e na raiz. Protege contra ferimentos, perda de água por transpiração e funciona também como um eficiente isolante térmico para as plantas.

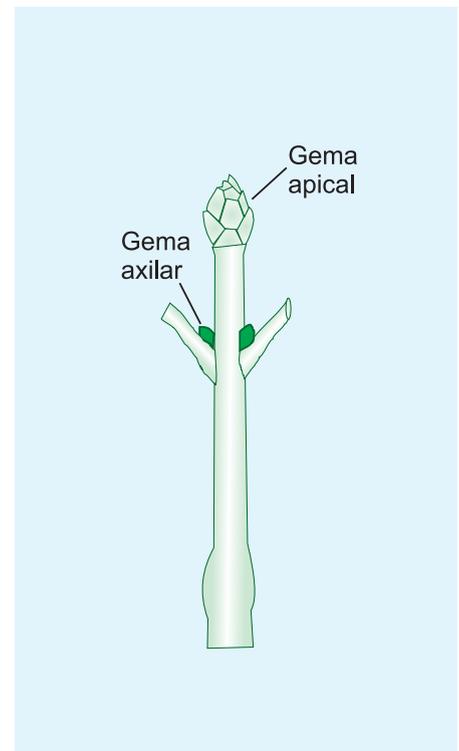
No súber, com frequência, encontramos as lenticelas, que formam saliências macroscópicas nesse tecido. O felogênio, na região da lenticela, apresenta maior atividade e acaba por produzir um conjunto de células, para o meio externo, que se caracterizam pela presença de espaços intercelulares, aliás, fato que difere grandemente do tecido suberoso. Esses espaços intercelulares se abrem para o meio externo e por eles podem acontecer trocas gasosas. Essas trocas ocorrem sem controle vegetal, uma vez que esses poros não são reguláveis.



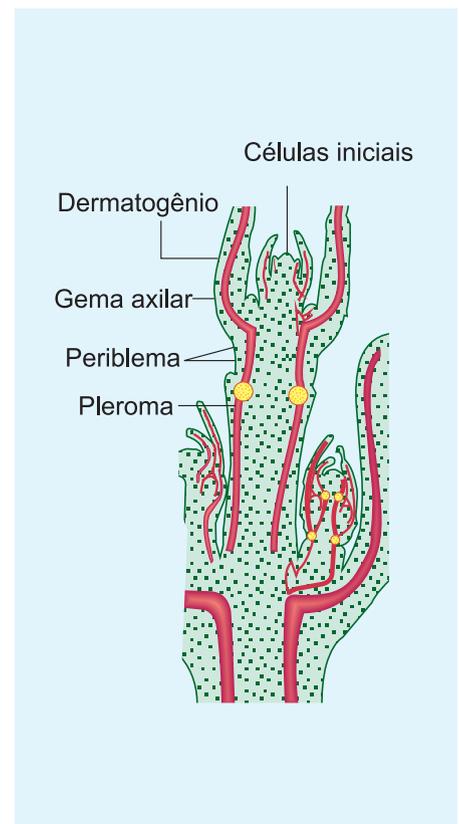
As lenticelas são formadas na região da epiderme onde existiam estômatos.



Corte longitudinal do ápice da raiz.



Ápice do caule.



Corte longitudinal do ápice do caule.



MÓDULO 27

Tecidos Vegetais II



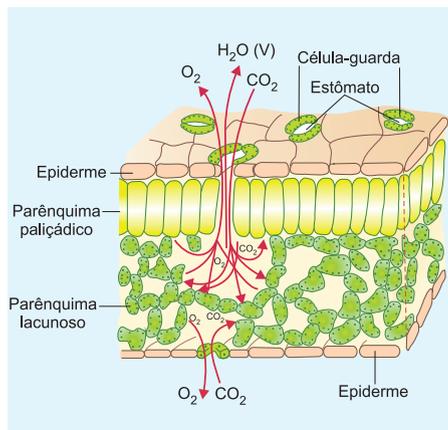
1. PARÊNQUIMAS

Tecidos formados por células vivas, com parede celular primária, pouco diferenciadas; geralmente são prismáticas.

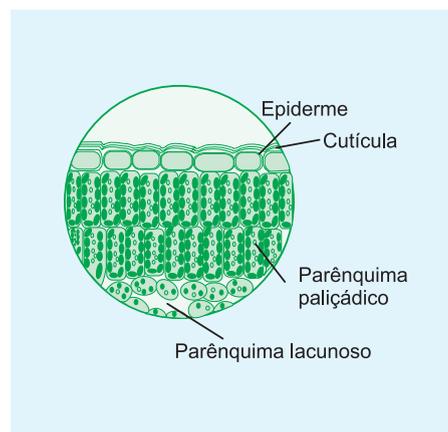
Os parênquimas podem ser classificados em:

□ Parênquimas clorofilados

Possuem células ricas em cloroplastos; são divididos em paliçádico e lacunoso. Ocorrem nas folhas.



Aspecto de um corte transversal de folha mostrando o mesófilo com os parênquimas paliçádico e lacunoso.



Parênquimas clorofilianos.

□ Parênquimas de reserva

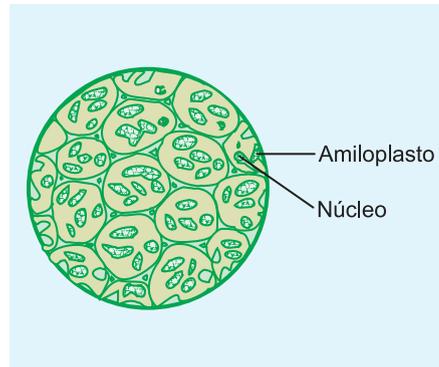
Células com função de armazenamento de vários tipos de substâncias.

□ Parênquima amilífero

Armazena amido. Frequente em sementes e órgãos subterrâneos.

□ Parênquima aquífero

Armazena água. Ocorre em plantas adaptadas a ambientes secos (xerófitas).



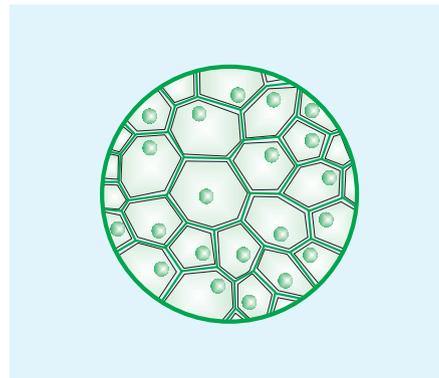
Parênquima amilífero.

□ Parênquima aerífero ou aerênquima

Acumula ar. Ocorre em plantas aquáticas.

□ Parênquima de preenchimento

Preenche algumas regiões do caule e da raiz.



Parênquima de preenchimento.

2. TECIDOS DE SUSTENTAÇÃO MECÂNICA

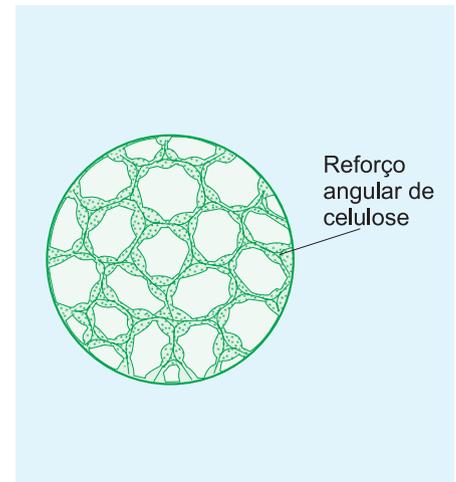
Nos vegetais, a sustentação é feita por dois tecidos: o colênquima e o esclerênquima.

□ Colênquima

Suas células são vivas, apresen-

tando as paredes celulares parcialmente reforçadas, geralmente nos ângulos das células. O espessamento é dado por celulose e substâncias pécticas, nunca ocorrendo lignina. As células são prismáticas e geralmente dotadas de cloroplastos.

Encontram-se colênquimas nos caules jovens (verdes), no pecíolo e nas nervuras mais desenvolvidas das folhas.

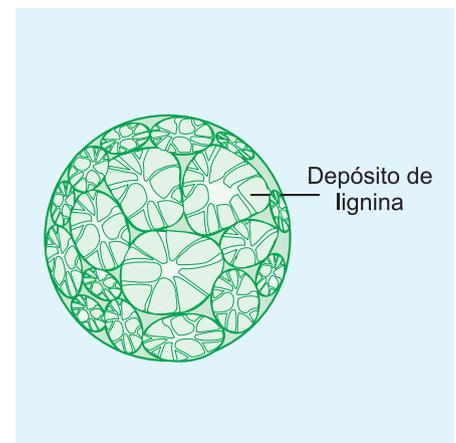


Colênquima em corte transversal.

□ Esclerênquima

Também realiza sustentação mecânica nos vegetais.

Pode aparecer formando um verdadeiro tecido ou em células esparsas entre as células de outros tecidos. As células do esclerênquima são mortas, devido à intensa lignificação que ocorre em suas membranas.



Esclerênquima em corte transversal.



3. TECIDOS DE CONDUÇÃO (VASCULARES)

❑ Lenho ou xilema

Tecido especializado em transporte de seiva bruta (água e sais minerais).

É constituído principalmente pelo **sistema traqueário**, no qual podemos observar dois tipos de células:

elemento do vaso e traqueíde.

Essas células são alongadas, mortas e possuem paredes celulares lignificadas.

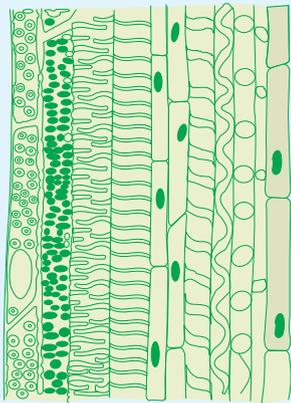
❑ Líber ou floema

Tecido especializado em transporte de seiva elaborada (água e açúcar).

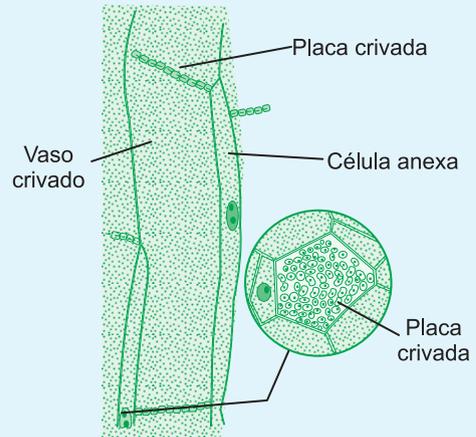
Constituído principalmente pelos vasos crivados (liberianos), por células

las vivas, alongadas, anucleadas e com paredes transversais dotadas de muitos poros, formando as placas crivadas.

Ao lado das células dos vasos crivados ocorrem as células anexas ou companheiras, vivas, com núcleo volumoso e que, provavelmente, controlam o metabolismo das células componentes dos vasos crivados.

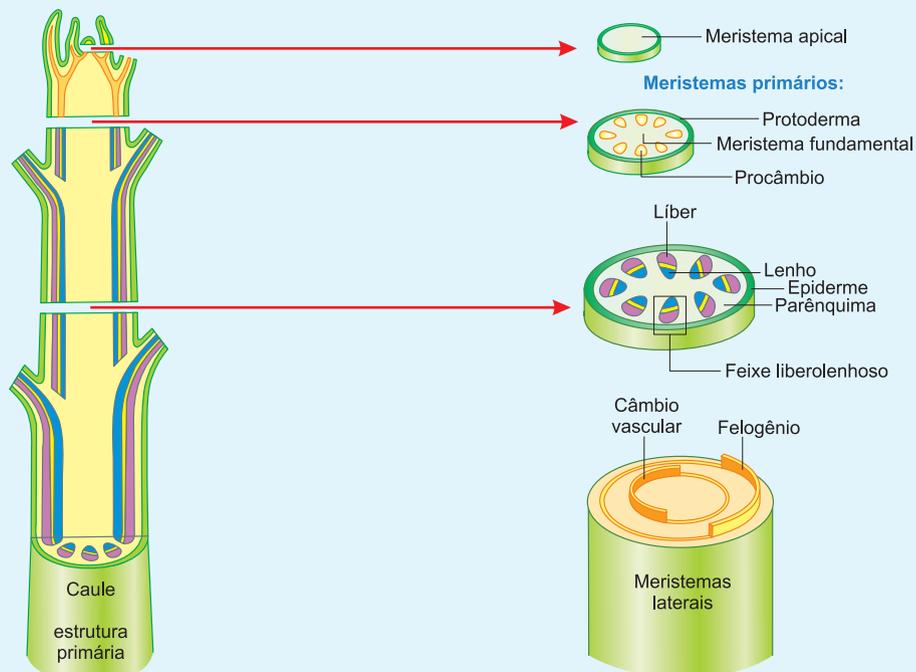


Os diferentes tipos de vasos do xilema em corte longitudinal.



Floema em corte longitudinal.

O crescimento da planta pode ser primário ou secundário. O primário é determinado pelos meristemas localizados nas pontas do caule e da raiz e o secundário pelos meristemas laterais: felogênio e câmbio.





MÓDULO 28

Raiz das Angiospermas



1. RAIZ

É o órgão vegetal destinado à fixação da planta ao substrato, à absorção de água e nutrientes minerais do solo e ao acúmulo de substâncias de reserva.

❑ Coifa

É o tecido adulto de proteção dos meristemas que compõem o ponto vegetativo.

❑ Ponto vegetativo

É o conjunto de meristemas primários que multiplicam as células intensamente por mitoses, garantindo a produção de novas células e o crescimento longitudinal da raiz.

❑ Região lisa

É a região em que as células provenientes do ponto vegetativo sofrem distensão longitudinal.

❑ Região pilosa (pilífera)

É a região em que células da epiderme produzem os pelos absorventes.

❑ Região de ramificação

É a região em que se formam as raízes secundárias, a partir das células do periciclo. Essas raízes aumentam a fixação do vegetal e a área de exploração do solo.

❑ Colo

É a região de transição entre a raiz e o caule.

A anatomia de uma raiz, na sua estrutura primária, mostra fundamentalmente três regiões:

- 1 – Epiderme.
- 2 – Casca ou córtex.
- 3 – Cilindro central ou vascular.

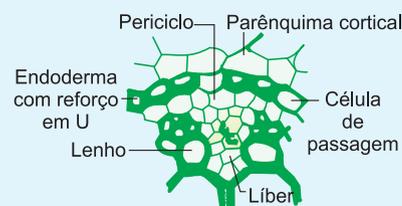
A epiderme é formada, geralmente, por uma única camada de células. A epiderme pluriestratificada constitui o **velame** das raízes de orquídeas.

A casca, ou córtex, é composta do parênquima cortical e da endoderme, que é uma camada especial de células cujas paredes celulares aparecem impregnadas com lignina e suberina.

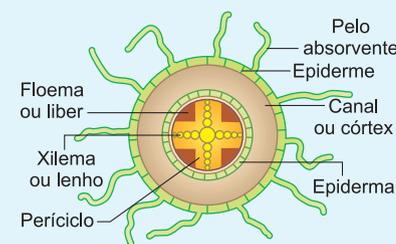
Em raízes de monocotiledôneas (milho), as células apresentam reforços em **U** e células desprovidas de reforços chamadas células de passagem. Em raízes de dicotiledôneas (feijão), as células possuem estrias de Caspary (reforço de suberina), formando uma espécie de fita ao redor da célula.

O cilindro central é composto de células parenquimáticas que constituem o periciclo, responsável pela formação das raízes secundárias. Todo o restante é constituído por parênquima de preenchimento, dentro do qual encontramos os feixes lenhosos e liberianos. Esses feixes estão separados e alternados. O centro da raiz chama-se medula, que pode possuir parênquima, xilema ou ser vazia (medula oca).

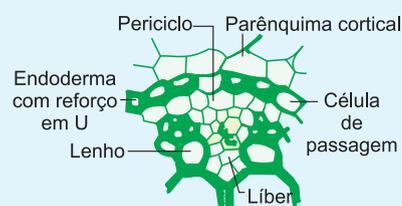
Em raízes de dicotiledôneas, podem estar presentes o câmbio e felôgênio, que garantem o crescimento em espessura.



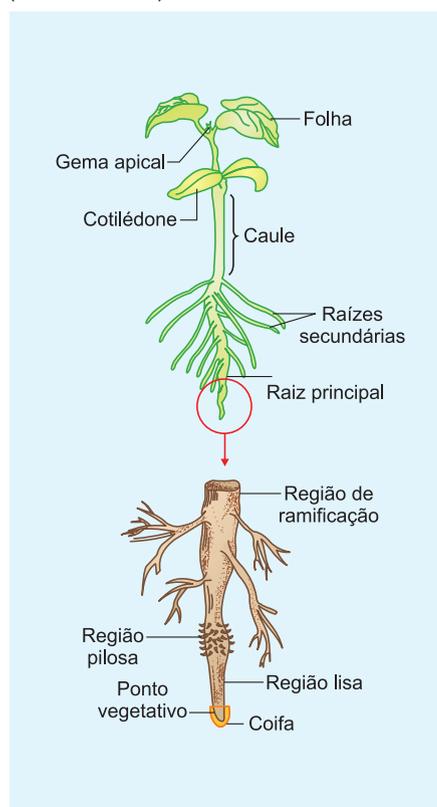
Segmento de raiz de monocotiledônea.



Estrutura primária de uma raiz.



Segmento de raiz de dicotiledônea.



Morfologia da raiz.

2. TIPOS DE RAÍZES

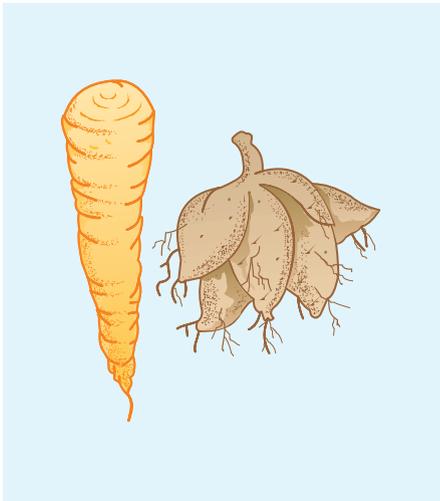
❑ Subterrâneas ou terrestres

• **Raiz axial** ou **pivotante**: apresenta um eixo principal que penetra perpendicularmente no solo e emite raízes laterais secundárias em direção oblíqua. É encontrada entre as dicotiledôneas (feijão) e **gimnospermas** (pinheiros).



- **Raiz fasciculada:** não tem um eixo principal; todas as raízes crescem igualmente. Algumas ficam na superfície, aproveitando a água das chuvas passageiras. Caracteriza as monocotiledôneas (milho, capim).

- **Raiz tuberosa:** é a raiz muito espessada, em razão do acúmulo de substâncias de reserva. É **axial**, quando a reserva é acumulada somente no eixo principal, e **fasciculada**, quando a reserva também fica acumulada nas raízes secundárias (mandioca, dália etc.).



Raiz tuberosa.

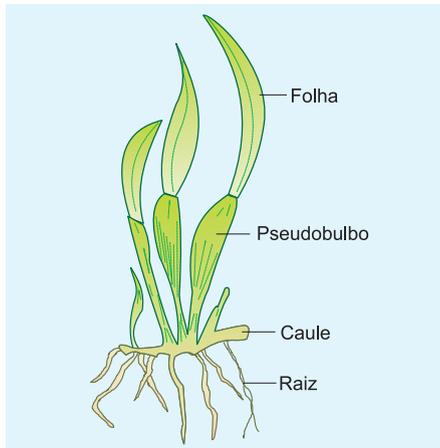
□ Raízes aéreas

- **Raízes-suporte:** são raízes que partem do caule e atingem o solo. A sua principal função é aumentar a fixação do vegetal. Aparecem no milho, plantas de mangue, figueiras etc.



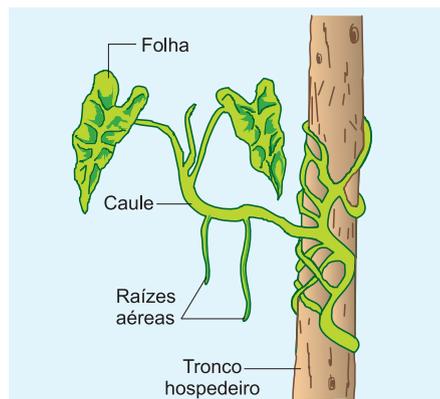
Raiz-suporte ou escora de plantas do mangue.

- **Raízes-cinturas:** são encontradas em plantas epífitas (orquídeas).



Raiz-cintura de orquídea.

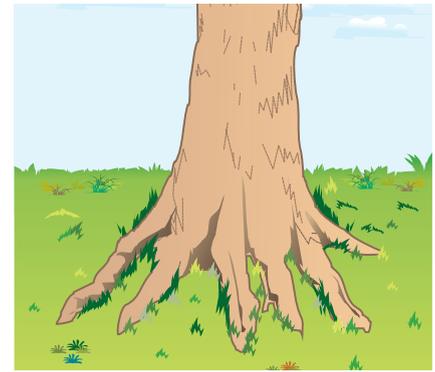
Crescem enroladas em um suporte, geralmente em caules de árvores. Apresentam **velame**, que é uma epiderme pluriestratificada, com células mortas, e que funciona como uma verdadeira esponja, absorvendo a água que escorre pelos caules.



Raiz-cintura de filodendro.

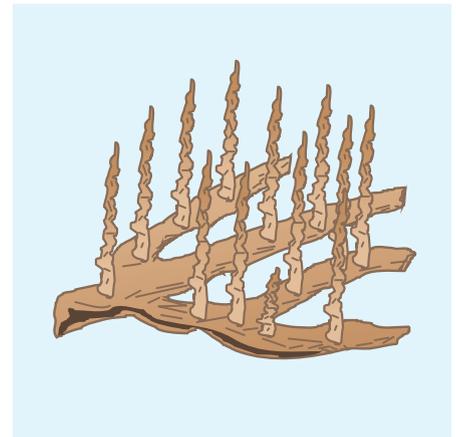
- **Raízes estrangulantes:** são raízes resistentes, densamente ramificadas, que se enrolam no tronco de uma árvore que lhes serve de suporte. Essas raízes crescem em espessura e acabam determinando a morte da planta hospedeira por estrangulamento, pois impedem o crescimento e a circulação da seiva elaborada. Ex.: mata-paus.

- **Raízes tabulares:** são raízes achatadas, geralmente encontradas em árvores de florestas densas. Desenvolvem-se horizontalmente à superfície do solo e são bastante achatadas. Além de realizar a fixação, essas raízes são respiratórias. Ex.: figueiras.



Raízes tabulares.

- **Raízes respiratórias ou pneumatóforos:** aparecem em plantas que vivem em lugares pantanosos, onde o oxigênio é consumido pela grande atividade microbiana, como ocorre no mangue. Na *Avicennia tomentosa* (planta de mangue), essas raízes apresentam geotropismo negativo, crescendo para fora do solo. Os pneumatóforos têm poros denominados **pneumatódios**, que permitem a troca gasosa entre a planta e o meio ambiente.



Pneumatóforos em Avicennia.

- **Raízes grampiformes:** são raízes curtas que aderem profundamente ao substrato. Ex.: hera.

- **Raízes sugadoras ou haustórios:** são raízes modificadas de plantas parasitas. Estas raízes penetram no caule de outra planta e podem estabelecer um contato com o xilema (lenho), de onde sugam a seiva bruta. Neste caso, a planta é chamada semiparasita. Ex.: erva-de-passarinho. Em outros casos, o haustório atinge o floema e passa a retirar a seiva elaborada. A planta é chamada holoparasita. Ex.: cipó-chumbo.



MÓDULO 29

Caule das Angiospermas



1. CAULE

É o órgão geralmente aéreo que produz e sustenta folhas, flores e frutos.

Na morfologia externa, podem-se reconhecer:

❑ Gema apical (terminal)

É formada por um conjunto de meristemas primários que multiplicam as suas células e garantem o crescimento em comprimento. É protegida pelos primórdios foliares. Não possui coifa.

❑ Gema lateral (dormente)

É constituída também por meristemas primários em repouso de divisão celular. É recoberta e protegida por folhas modificadas chamadas catáfilos ou escamas.

❑ Nó

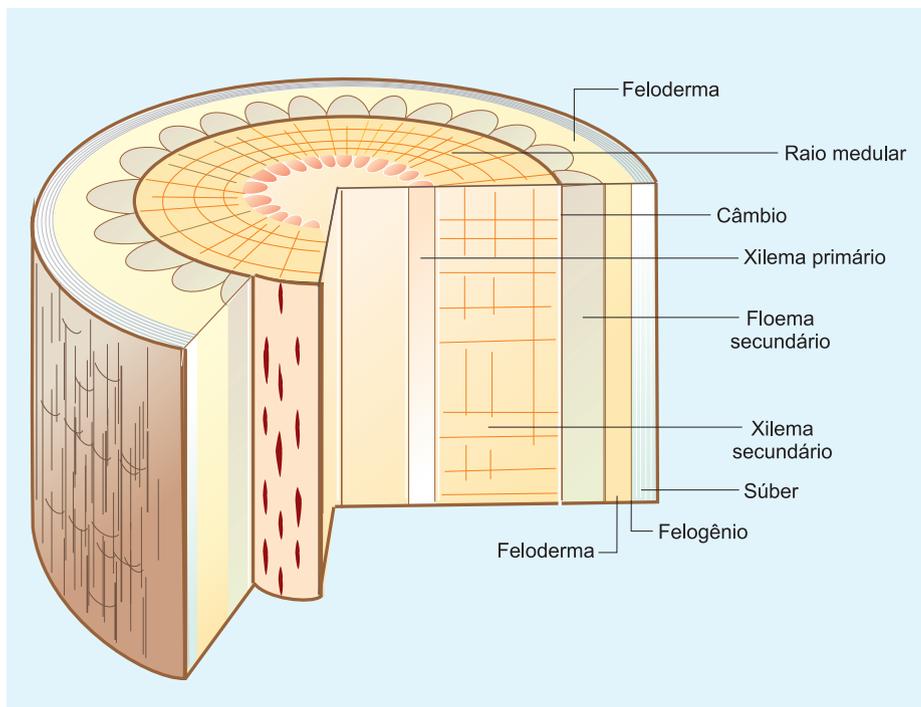
É a região do caule onde estão inseridas as folhas e as gemas laterais.

❑ Entrenó

É a região compreendida entre dois nós.

2. ESTRUTURA DO CAULE DAS DICOTILEDÔNEAS

É aquela obtida da atividade dos meristemas primários localizados na gema apical.



Aspecto de caule de dicotiledônea com estrutura secundária.

Encontram-se três regiões: epiderme, casca e cilindro vascular (central).

❑ Epiderme

Provida de uma única camada de células, é originada do dermatogênio, apresentando cutícula, estômatos, pelos etc.

A epiderme funciona primariamente como um tecido de proteção.

❑ Casca

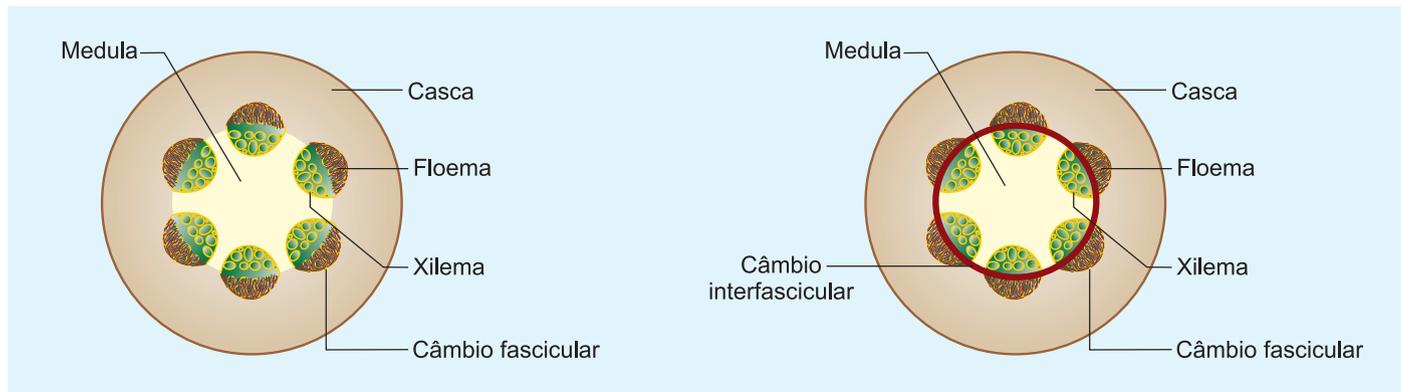
Ocupada por um tecido parenquimático, localiza-se logo abaixo da epiderme e deriva do periblema. Na parte mais periférica, esse parênquima está transformado em colênqui-

ma. Pode haver ainda células de esclerênquima.

A função principal dessa região é a reserva, mas serve também como uma região de transporte lateral de nutrientes orgânicos, inorgânicos e água e como uma região de suporte mecânico e de realização da fotossíntese.

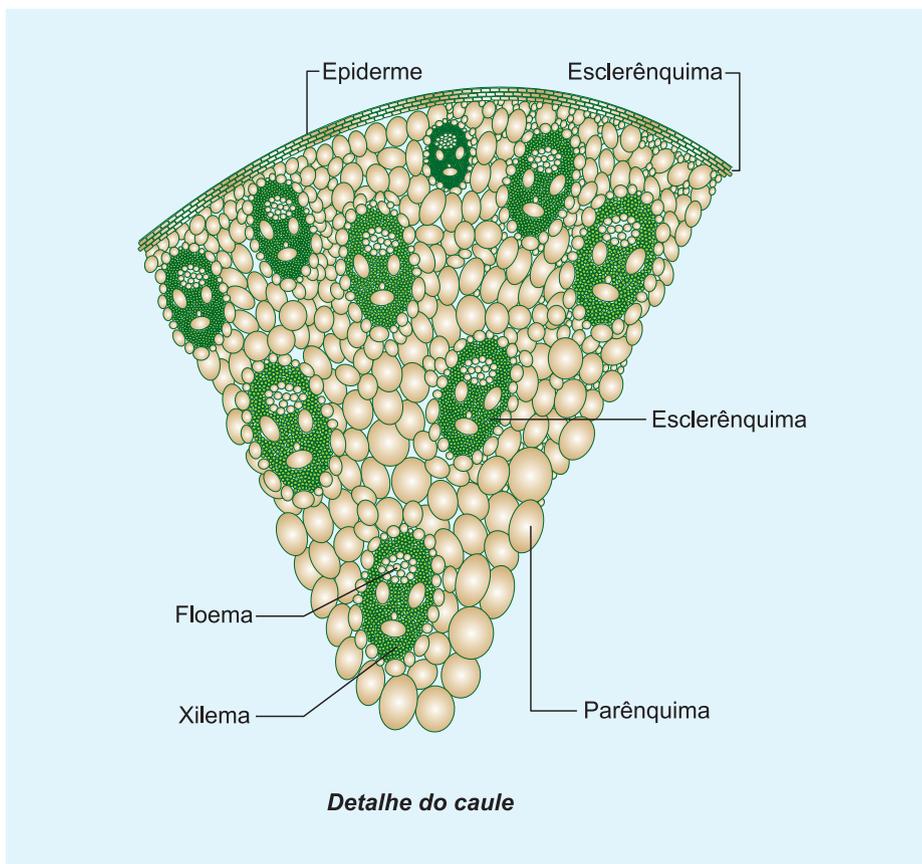
❑ Cilindro central

Ocupado pelos feixes liberolenhosos, relacionados com a condução da seiva elaborada e bruta, e também por um tecido parenquimático de enchimento, localiza-se entre os feixes e,



Cortes transversais do caule de dicotiledônea.





Corte transversal do caule de milho.

às vezes, ocupa a região central, formando a medula. Muitas vezes, podemos observar centralmente uma cavidade chamada medula oca.

Os feixes liberolenhosos nessa região derivam do pleroma.

Basicamente, o tipo de feixe mais comum, encontrado nas dicotiledôneas, é o colateral, em que os elementos do líber ocupam posição mais externa e os elementos do lenho, posição mais interna.

Fato importante nas dicotiledôneas é que o lenho e o líber estão separados por um tecido merismático chamado câmbio intrafascicular.

3. ESTRUTURA SECUNDÁRIA

É observada quando a planta começa a produzir novos elementos no sentido lateral, na região do caule onde já cessou o crescimento longitudinal. Em consequência, a planta cresce em espessura. Duas estruturas são responsáveis por esse crescimento: felogênio e câmbio (intrafascicular e interfascicular).

□ Câmbio

Seja fascicular, seja interfascicular, ambos produzem, para o lado mais externo, novos elementos do líber e raios medulares e, para o lado mais interno, novos elementos do lenho e raios medulares.

Os chamados raios medulares são constituídos por células parenquimáticas, com seu maior comprimento disposto na direção horizontal. Os raios medulares são utilizados no transporte rápido de substâncias da casca para o cilindro central e vice-versa.

Como vimos, da atividade do câmbio resultam o floema e o xilema. Na estrutura secundária, observam-se uma faixa contínua de líber externamente e uma faixa contínua do lenho internamente; nesse instante, não podemos mais reconhecer o câmbio fascicular do interfascicular. Nas plantas de climas em que existem nitidamente uma estação favorável e outra desfavorável, podemos perceber a formação dos chamados anéis anuais de crescimento. Tais anéis permitem o re-

conhecimento da idade das plantas.

Os anéis anuais são reconhecidos pelo lenho: no período favorável, o câmbio produz vasos lenhosos com grande calibre, relacionados com a condução de água – é o **lenho primaveril**; no início do período desfavorável, antes de o câmbio entrar em repouso, são produzidos vasos lenhosos com pequeno calibre e grande espessamento das paredes. Esses vasos parecem estar mais associados com a sustentação do que com a condução de água. Tal lenho é chamado **estival**.

Com o passar dos anos e com a produção de novos elementos pelo câmbio, a planta vai crescendo em espessura e os elementos do lenho vão morrendo. A parte do lenho secundário que fica perto do câmbio, a parte nova, que possui elementos parenquimatosos vivos, chama-se **alburno**. A parte central, morta, constitui o **cerne**, que pode apresentar diferentes colorações e é aproveitado industrialmente.

□ Felogênio

Ao mesmo tempo, na casca, diferencia-se um novo meristema – **felogênio** –, que produz súber para o lado mais externo e células parenquimáticas para o lado interno.

4. ESTRUTURA DO CAULE DAS MONOCOTILEDÔNEAS

Basicamente, o caule mostra em corte transversal, externamente, um tecido epidérmico protetor que envolve um tecido parenquimático único. Mergulhados dentro desse parênquima, encontramos os feixes liberolenhosos, difusamente dispersos. Os feixes condutores são colaterais fechados, isto é, o lenho está voltado para dentro e o líber para o lado externo, ficando todo o conjunto envolvido por uma bainha de esclerênquima.

As monocotiledôneas, geralmente, não apresentam felogênio e também não têm câmbio. Dessa maneira,





não há crescimento secundário em espessura. Existem, é claro, exceções, como no caso de certas monocotiledôneas dos gêneros *Dracena*, *Yucca*, *Alloe* etc. Essas plantas crescem em espessura e formam felogênio e câmbio.

5. TIPOS DE CAULE

□ **Caules aéreos de estrutura normal**

Tronco

É um caule desenvolvido, de estrutura lenhosa, apresentando sempre ramificações; caracteriza árvores e arbustos.

Haste

É um caule pouco desenvolvido, de consistência herbácea; caracteriza ervas e subarbustos.

Estipe

É caule cilíndrico, não ramificado, típico das palmeiras.

Colmo

É um caule nitidamente dividido em nó e entrenó; é típico das gramíneas. O colmo pode ser **maciço** (cana) ou **oco**, fistuloso (bambu).

Estolão ou estolho

É um caule aéreo rastejante, articulado em nó e entrenó; dos nós partem raízes e ramos aéreos. Ex.: morangueiro, grama.

Volúvel

É um caule que, por meio de um movimento chamado circunutação, cresce, enrolando-se num suporte.

Pode ser:

- **Dextrorso:** quando a ponta se volta para a direita (feijão).

- **Sinistrorso:** quando a ponta se volta para a esquerda (lúpulo).

- **Escandescente** ou **sarmentoso:** quando se fixa a suporte por meio de gavinha (uva) ou raízes grampiformes (hera).

□ **Caules aéreos de estrutura modificada**

Suculento

É um caule aéreo espessado em virtude de acúmulo de água, comum em cactáceas. Ex.: barriguda.

Cladódio e filocládio

São caules aéreos achatados com aspecto de folhas. Diferem das folhas verdadeiras porque têm gemas que podem produzir flores, o que não acontece com as folhas.

O termo **cladódio** designa ramos longos, achatados e verdes, com crescimento indefinido (opúncia). O termo **filocládio** refere-se a ramos laterais, afilados, de crescimento definido. Ex.: asparago.

Espinho

É o ramo caulinar atrofiado, curto e pontiagudo. Ex.: laranjeira e limoeiro.

Gavinhas

São estruturas filamentosas que se enrolam em suportes e sustentam caules escandescentes. Ex.: maracujá.

Pseudobulbo

É o bulbo aéreo que aparece, por exemplo, nas orquídeas.

Alado

Resulta da expansão lateral do caule, em forma de lâmina. Ex.: carqueja.

□ **Caules subterrâneos de estrutura normal**

Rizoma

É o caule rastejante subterrâneo que produz ramos aéreos e raízes adventícias. Ex.: bananeira, samambaia.

Tubérculo

É o caule espesso que acumula reservas nutritivas. Ex.: batata-inglesa.

Os tubérculos diferem das raízes tuberosas porque apresentam gemas e escamas, formações nunca encontradas nas raízes.

□ **Caules subterrâneos de estrutura modificada**

Xilopódio

É o órgão subterrâneo espessado e resistente que acumula água.

No xilopódio, entram também partes da raiz, ou seja, não há distinção nítida entre raiz e caule. Caracteriza as malváceas e é encontrado em plantas do cerrado.

Bulbo

É o órgão subterrâneo de estrutura complexa, no qual o caule, propriamente dito, é representado por uma porção basal chamada **prato**. Na parte inferior, o prato emite raízes adventícias. Na parte superior, existe uma gema protegida por folhas modificadas chamadas **catáfilos**.

O bulbo pode ser:

- **Tunicado:** o prato é revestido totalmente por escamas desenvolvidas, formando túnicas superpostas (cebola).

- **Escamoso:** o prato é revestido totalmente por escamas imbricadas, pouco desenvolvidas (lírio).

- **Sólido:** o prato é bastante desenvolvido, acumulando reservas (tulipa, gengibre), com escamas reduzidas.





MÓDULO 30

Folha das Angiospermas



1. FOLHA

A folha é um órgão laminar, com grande superfície, rica em cloroplastos, altamente adaptada para a realização de fotossíntese. Além dessa função, é um importante órgão de transpiração e respiração (trocas gasosas).

2. MORFOLOGIA

Na folha, podemos observar:

- limbo (lâmina foliar);
- nervura (feixes liberolenhosos);
- pecíolo (eixo de sustentação);
- bainha (expansão basal que articula a folha com o caule);
- estípula (expansão filiforme da base do pecíolo).

Quanto ao padrão de nervuras, geralmente podemos reconhecer dois tipos:

- a) folhas com nervuras paralelas (monocotiledôneas);
- b) folhas com nervuras ramificadas ou reticuladas (dicotiledôneas).

3. ANATOMIA

Uma folha apresenta normalmente:

- a) epiderme superior (ventral);
- b) epiderme inferior (dorsal);
- c) mesófilo, no qual podemos reconhecer os parênquimas clorofilianos paliçádico e lacunoso;
- d) nervuras que representam os tecidos condutores de seiva (floema e xilema).

4. A FOLHA E O MEIO AMBIENTE

❑ Folhas xeromórficas

São folhas com adaptações morfológicas para proteção contra a perda de água. Caracterizam as plantas xerófilas (xero = seca).

Algumas adaptações notáveis nestas plantas são:

- **Redução da superfície foliar** e às vezes transformação total da folha em espinho.

- **Cutículas** espessas.

- **Hipoderma** (parênquima aquífero) situado logo abaixo da epiderme.

- **Parênquima paliçádico** muito desenvolvido reduzindo o volume dos espaços intercelulares.

- **Parênquima lacunoso** pouco desenvolvido ou ausente.

- **Estômatos** pequenos com movimentos rápidos de abertura e fechamento e geralmente localizados em covinhas (criptas estomatíferas), na epiderme inferior da folha. É muito comum a abertura estomática durante o período noturno, quando a planta absorve e fixa o gás carbônico do ar e perde pouca água por transpiração. Durante o dia, os estômatos fecham-se e a fotossíntese realiza-se com a utilização do CO₂ fixado à noite.

- **Esclerênquima** desenvolvido provavelmente para reduzir os efeitos da seca.

- **Trico**, que são pelos epidérmicos, abundantes em muitas xerófitas, possivelmente agindo contra o aquecimento excessivo da superfície foliar.

❑ Folhas higromórficas

São folhas com grande superfície, cutículas delgadas, estômatos grandes e lentos no mecanismo de abertura e fechamento, geralmente localizados na epiderme inferior. O parênquima lacunoso é muito desenvolvido, e o parênquima paliçádico geralmente está ausente.



