

MÓDULO 11

A Gametogênese

1. GAMETOGÊNESE

Gametogênese é o processo de formação dos gametas.

Os gametas são produzidos nas gônadas, estruturas pertencentes ao sistema genital.

As gônadas masculinas são chamadas de testículos, e as femininas, ovários. Os gametas são originados de células germinativas ou gônias, localizadas nas gônadas. O conjunto das células germinativas constitui o **germe** ou **linhagem germinativa**. A formação de espermatozoides é denominada espermatogênese, e a produção dos óvulos, ovogênese ou oogênese (Fig. 1).

2. A ESPERMATOGÊNESE

O processo de formação de espermatozoides é dividido em quatro períodos: germinativo, de crescimento, de maturação e de espermiogênese.

□ Período Germinativo

As células germinativas masculinas, denominadas espermatogônias, dividem-se ativamente por mitose. Nos machos de mamíferos, a multiplicação mitótica das espermatogônias acontece durante toda a vida do indivíduo. É importante lembrar que as gônias são células diploides.

□ Período de Crescimento

É o período em que a espermatogônia para de se dividir e passa por um período de crescimento, antes de iniciar a meiose. Com o crescimento, a espermatogônia transforma-se em espermatócito I.

□ Período de Maturação

Cada espermatócito I – dito espermatócito primário ou de primeira ordem – sofre divisão meiótica. Cada espermatócito I, pela divisão I da meiose, produz dois espermatócitos II, os quais, pela divisão II da meiose,

resultam em um total de quatro células denominadas espermátides. Os espermatócitos II e as espermátides são haploides.

□ Período de Espermiogênese

É o processo de transformação da espermátilde em espermatozoide. As espermátides são haploides, mas não funcionam como gametas. Elas sofrem um processo de diferenciação, transformando-se em espermatozoides. Tal processo de diferenciação é a espermiogênese.

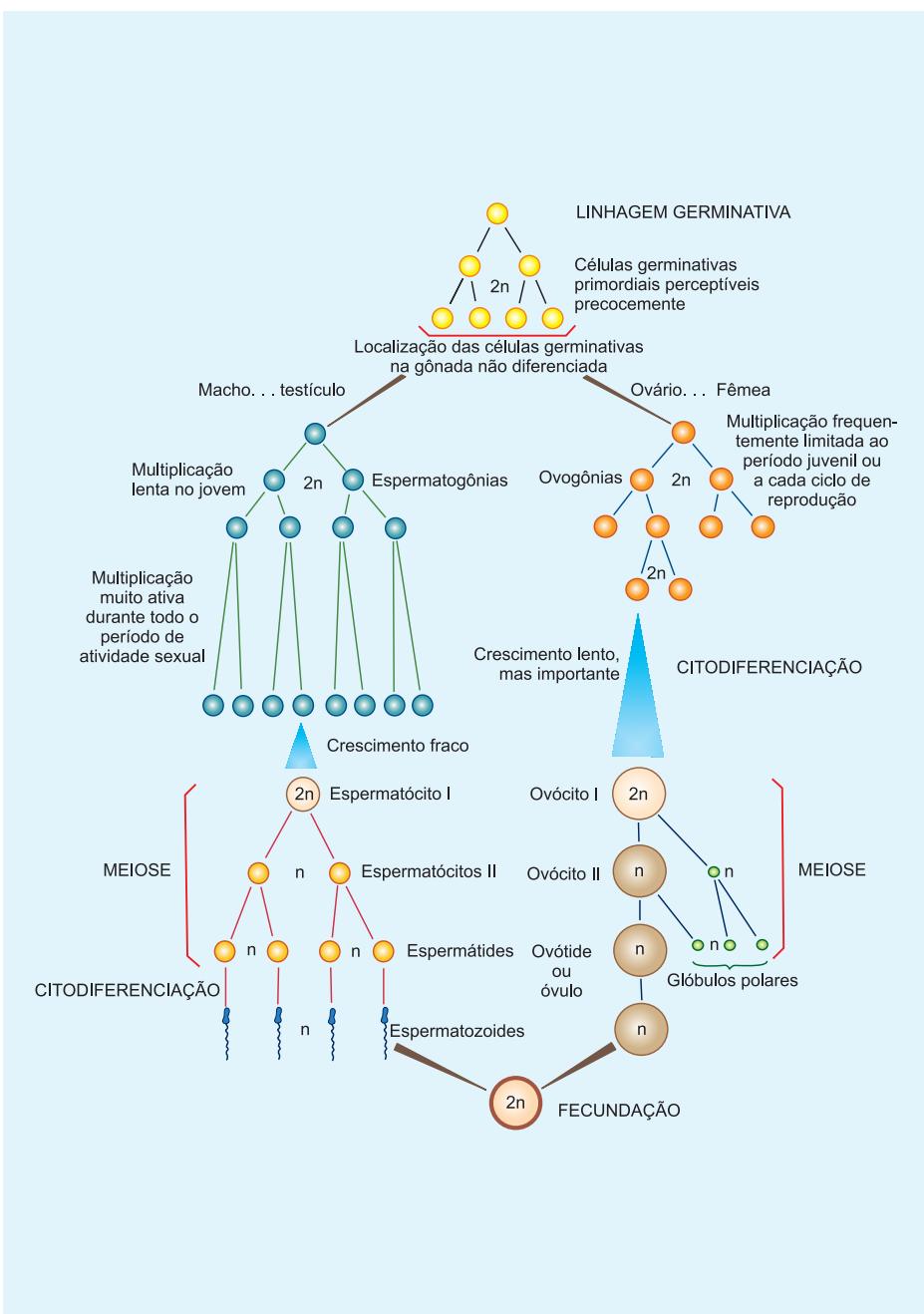


Fig. 1 – A espermatogênese e a ovogênese.

3. A OVOGÊNESE

No processo de formação do óvulo, distinguem-se três períodos: germinativo, de crescimento e de maturação.

□ Período Germinativo

As células germinativas, chamadas de ovogônias, dividem-se por mitose. Nas fêmeas de mamíferos, tal processo termina logo após o nascimento.

□ Período de Crescimento

As ovogônias não mais se dividem e crescem, transformando-se em ovócitos I, também chamados ovócitos primários ou de primeira ordem.

□ Período de Maturação

É o período em que ocorre a meiose. O ovócito I, pela divisão I da meiose, origina duas células-filhas de tamanhos diferentes: uma grande, que ficou praticamente com todo o citoplasma do ovócito I, e outra muito pequena, contendo núcleo envolvido por delgada película do citoplasma. A célula grande é o ovócito II (secundário ou de segunda ordem) e a célula pequena, o primeiro glóbulo ou corpúsculo polar. Na divisão II da meiose, o ovócito II origina uma célula grande, o óvulo, e outra pequena, o segundo glóbulo ou corpúsculo polar. O primeiro corpúsculo polar pode-se dividir, originando dois corpúsculos polares.

4. PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE ESPERMATOGÊNESE E OVOGÊNESE

– O período germinativo é bem mais curto na ovogênese do que na

espermatoogênese.

– O período de crescimento é mais lento e mais pronunciado na ovogênese.

– No período de maturação, cada ovócito I produz um óvulo, enquanto cada espermatócito I origina quatro espermatozoides.

– Na ovogênese, não existe um período correspondente ao da espermatogênese.

5. PARTICULARIDADES DA GAMETOGÊNESE HUMANA

A produção de espermatozoides começa na puberdade, ao redor dos 12 anos, continuando durante toda a vida e decrescendo com a idade.

Na mulher, a fase de multiplicação inicia-se no período fetal e termina na 15^a semana da vida fetal.

A fase de crescimento, que forma os ovócitos I, perdura até o sétimo mês da embriogênese.

No sétimo mês, os ovócitos I ini-

ciam a divisão I da meiose, formando os ovócitos II.

A segunda divisão da meiose só acontece quando o ovócito II é fecundado.

6. OS GAMETAS HUMANOS

□ Os Espermatozoides e o Óvulo

• Espermatозоide

Em cada ejaculação, um homem elimina de 200 a 300 milhões de espermatozoides, que permanecem vivos durante 4 a 5 dias no interior do aparelho reprodutor feminino (Fig. 2).

• Óvulos

O óvulo é uma célula esférica com 1 mm de diâmetro. Contém um núcleo com 23 cromossomos e abundante citoplasma, onde aparece o vitelo, substância nutritiva que será usada pelo futuro embrião (Fig. 2).

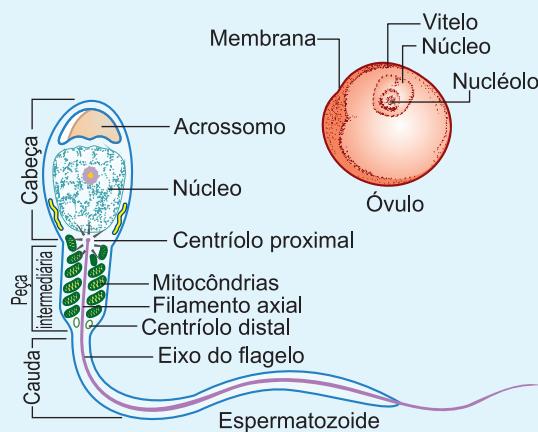


Fig. 2 – Os gametas.

1. ABERRAÇÕES CROMOSSÔMICAS

Aberrações cromossômicas são alterações no número ou na estrutura dos cromossomos.

Também chamadas de mutações cromossômicas, produzem modificações fenotípicas nos portadores.

2. MODIFICAÇÕES DE NÚMERO OU HETEROPOLOIDIAS

Cada espécie tem um número característico de cromossomos. Geralmente os organismos são diploides, com dois grupos de cromossomos homólogos: um dos grupos ou genoma é doado pelo pai, sendo o outro genoma proveniente da mãe. As mutações cromossômicas numéricas envolvem modificações no número cromossômico da espécie e podem ser divididas em **euploidias** e **aneuploidias**.

Euploidia

Consiste na variação numérica do conjunto (genoma básico de cromossomos designados por n), compreendendo a haploidia e a poliploidia.

Haploidia ou monoploidia

Ocorre quando os organismos possuem apenas um genoma, sendo designados por n . São haploides os machos de abelhas e vespas, originados de processos partenogenéticos. Naturalmente não há dominância e recessividade nos haploides, enquanto a gametogênese é desprovida de meiose.

Poliploidia

É a existência de três ou mais conjuntos cromossômicos básicos nas células. Tais organismos são designados por triploides ($3n$), tetraploides ($4n$), pentaploides ($5n$) etc.

Os poliploides podem ser autopoliploides e alopoliploides.

Os autopoliploides apresentam três ou mais genomas de uma mesma espécie. Podem surgir em conse-

quência de anomalia da meiose ou da mitose.

Veja como acontece a poliploidia em drosófilas (Fig. 1).

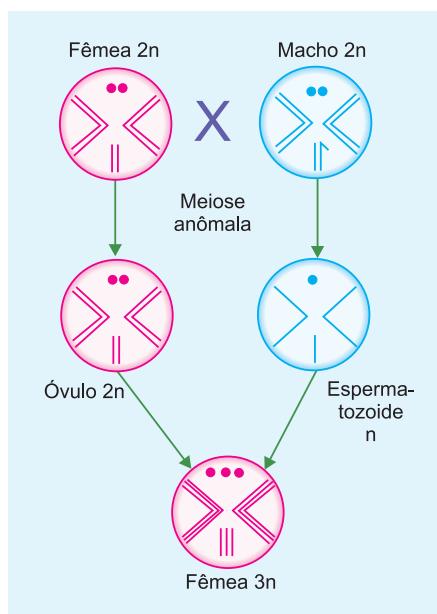


Fig. 1 – A poliploidia em drosófilas.

Os alopoliploides originam-se da duplicação dos genomas de um híbrido diploide resultante de cruzamento interespecífico (Fig. 2).

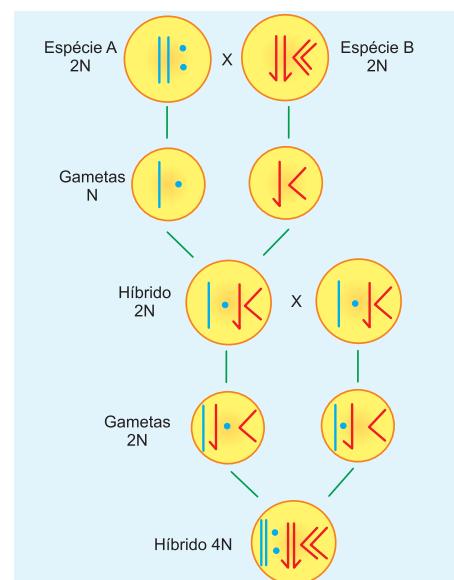
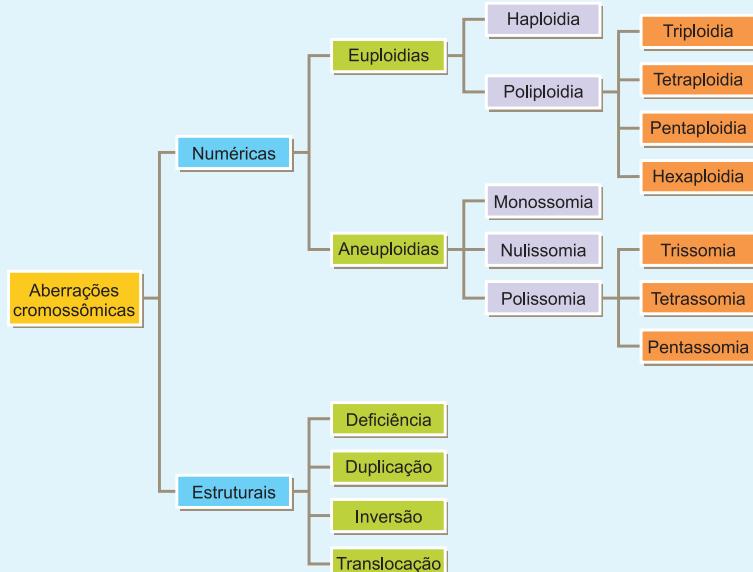


Fig. 2 – A formação de um alopoliploide.

3. ANEUPLOIDIA

Consiste na variação numérica não de grupos inteiros de cromossomos, mas somente de parte do grupo. A origem dos aneuploides é devida à desigual distribuição de cromossomos na meiose. Tal fenômeno é conhecido por não disjunção.

O quadro abaixo resume as principais aberrações cromossômicas.



Assim, se dois cromossomos homólogos não pareiam na divisão I da meiose, podem se deslocar para o mesmo polo celular. A divisão II formará, então, células, uma com um cromossomo a mais e outra com um a menos. A união dessas células com um gameta normal produz, respectivamente, um trissômico ou um monossômico (Fig. 3).

A aneuploidia pode ser dividida em monossomia, polissomia e nulissomia.

4. MONOSSOMIA

Consiste na perda de um único cromossomo, sendo representada por

$2n - 1$. Na espécie humana, ocorre a Síndrome de Turner, em que as mulheres afetadas perdem um cromossomo X. Tais mulheres são 45, X em vez de 46, XX.

A Síndrome de Turner apresenta os seguintes sintomas clássicos: mulheres quase sempre com ovários residuais, baixa estatura, amenorreia, infantilismo genital, subdesenvolvimento dos caracteres sexuais secundários, frequentemente pESCOço alado, coartação da aorta e anomalia dos dedos.

noma. Assim, temos a trissomia ($2n + 1$), tetrassomia ($2n + 2$), pentassomia ($2n + 3$) etc.

Na espécie humana, mencionamos o mongolismo ou Síndrome de Down, em que o indivíduo apresenta um autossomo a mais, o de número 21. As fórmulas cromossômicas são 47, XX, + 21 (mulher) e 47, XY, + 21 (homem).

Essa síndrome se manifesta por um grande número de sintomas que variam bastante de indivíduo para indivíduo. Entre os principais, citamos: QI de 15 a 29, prega palpebral presente, inflamação das pálpebras, prega transversal contínua na palma das mãos, uma única prega no dedo mínimo. O autossomo extra é o 21.

Outra trissomia, que só ocorre no homem, é a Síndrome de Klinefelter, em que o indivíduo é 47, XXY, apresentando um cromossomo X extra.

Na Síndrome de Klinefelter, o homem apresenta testículos pequenos e atrofiados, caracteres sexuais masculinos pouco desenvolvidos, corpo eunucoidé e retardamento mental.

6. NULISSOMIA

É a perda de um par de cromossomos homólogos, sendo representada por $2n - 2$.

O resultado, geralmente, é letal para os diploides ($2n - 2$). Porém, alguns poliploides podem perder dois homólogos de um grupo e ainda sobreviver.

No trigo, são conhecidos diversos nulissômicos de hexaploides ($6n - 2$).

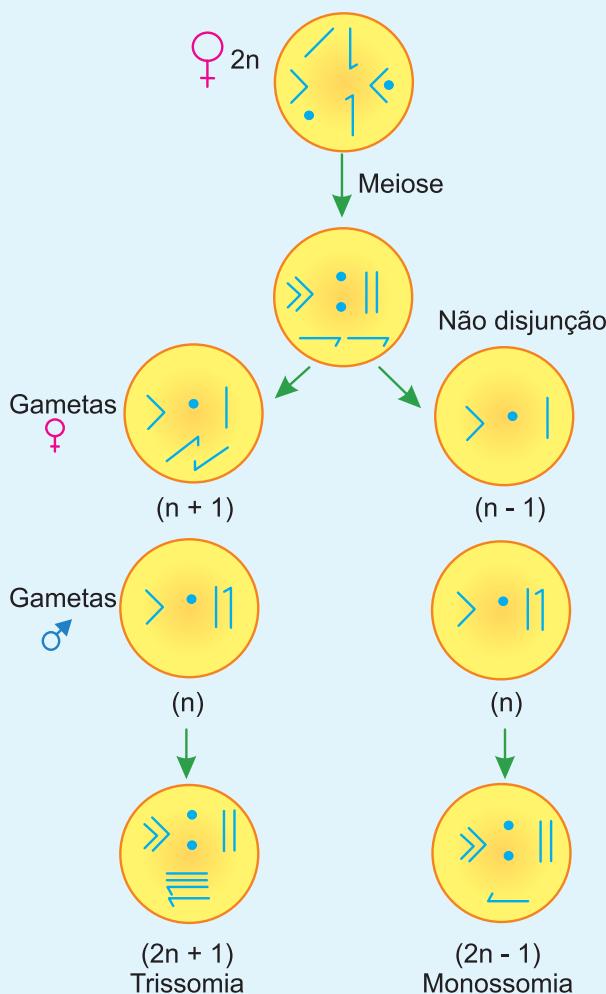


Fig. 3 – Aneuploidias.

MUTAÇÕES CROMOSSÔMICAS ESTRUTURAIS

As mutações ou aberrações estruturais envolvem alterações no número ou no arranjo dos genes no cromossomo e podem ser divididas em deficiência, inversão, duplicação e translocação.

Deficiência ou deleção

Trata-se da perda de uma parte do cromossomo, podendo ser terminal ou intercalar. O fragmento sem centrômero (acêntrico) não se prende ao fuso, perdendo-se na divisão celular subsequente. O cromossomo deficiente

fica sem a informação genética contida no fragmento perdido.

O exemplo clássico da deleção na espécie humana é a síndrome do miado de gato (*cri du chat*), na qual se perde uma parte do cromossomo número 5.

A síndrome é assim chamada pelo fato de o choro dos afetados lembrar um gato miando. O afetado apresenta retardamento mental e neuromotor grave, bem como hipotrofia muscular. Ainda na espécie humana, existe a leucemia mieloide crônica, provocada por uma deficiência no cromossomo 22, também chamado de cromossomo Philadelphia (Fig. 1).

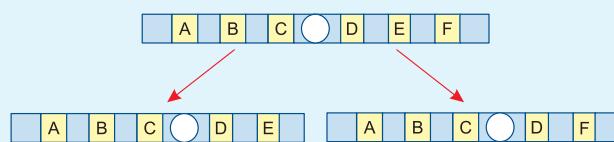


Fig. 1 – A deficiência.

Inversão

Consiste em duas fraturas cromossômicas seguidas da reconstituição com o pedaço entre elas invertido. Se ocorre em um único braço do cromossomo, é chamada de **paracêntrica**; se envolve o centrômero, ela é **pericêntrica**.

Geralmente, a inversão não leva a um fenótipo anormal. Interferindo com o pareamento de homólogos, a inversão pode suprimir o *crossing-over*, pois as inversões têm um significado evolutivo (Fig. 2).

Duplicação

É a presença de um segmento extra de cromossomo, de maneira que uma sequência gênica aparece em duplicata. Resulta de um *crossing-over* com uma troca de pedaços desiguais entre cromossomos homólogos (Fig. 3).

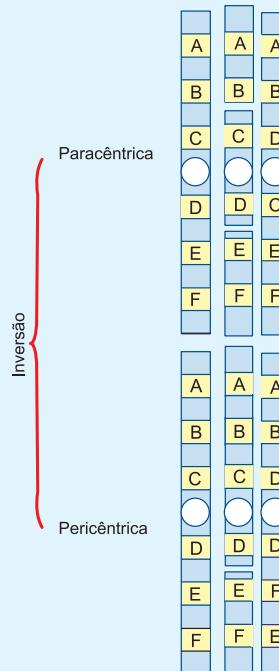


Fig. 2 – A inversão.

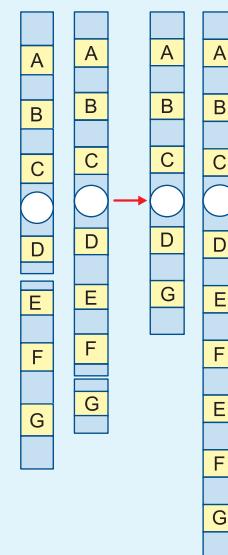


Fig. 3 – Duplicação e deficiência.

Um exemplo clássico de duplicação acontece no cromossomo X de drosófila, no qual um segmento é responsável pela forma normal do olho. Quando tal segmento é duplicado, forma-se um olho reduzido, conhecido por “bar”.

Translocação

É a transferência de parte de um cromossomo para um cromossomo não homólogo. Pode ser paracêntrica e pericêntrica (Fig. 4).

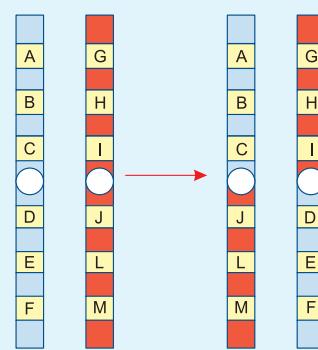


Fig. 4 – A translocação.

A quebra de um cromossomo produz um fragmento sem centrômero (acêntrico) e outro com centrômero (cêntrico). Na **translocação paracentrica**, o fragmento acêntrico solda-se a um fragmento cêntrico, recompondo dois cromossomos que têm centrômero. Na **translocação pericêntrica**, os fragmentos cêntricos soldam-se um ao outro e os acêntricos também se juntam: um dos cromossomos translocados fica dicêntrico (com dois centrômeros) e outro acêntrico (Fig. 5).

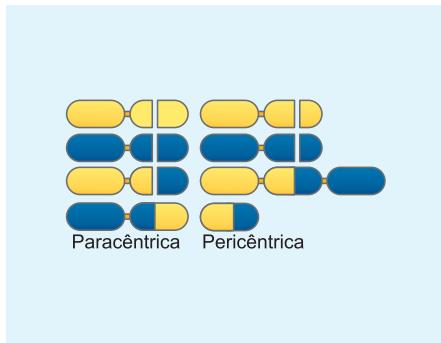


Fig. 5 – Tipos de translocação.

O cromossomo acêntrico tende a perder-se e o dicêntrico tende a romper-se, pois na anáfase os dois centrômeros podem migrar para os polos opostos. Por isso, é raro encontrar nas células os produtos das translocações pericêntricas, enquanto os resultados das translocações paracêntricas podem persistir em todas as células do organismo, como já se encontram na espécie humana.

No homem, uma translocação 21/22 em 14/21 provoca a Síndrome de Down.

■ Isocromossomo

Os isocromossomos são cromossomos aberrantes que mostram, simultaneamente, um braço com deficiência total e outro com duplicação completa. Tais cromossomos resultam da divisão transversal e não longitudinal do centrômero (Fig. 6).

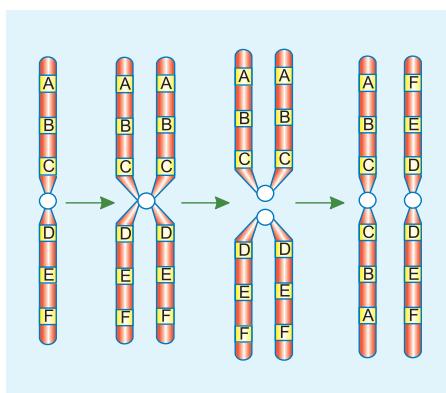


Fig. 6 – Formação de isocromossomos.

■ Pareamento na meiose

Na figura a seguir, observa-se o pareamento de cromossomos normais e aberrantes na meiose (Fig. 7).

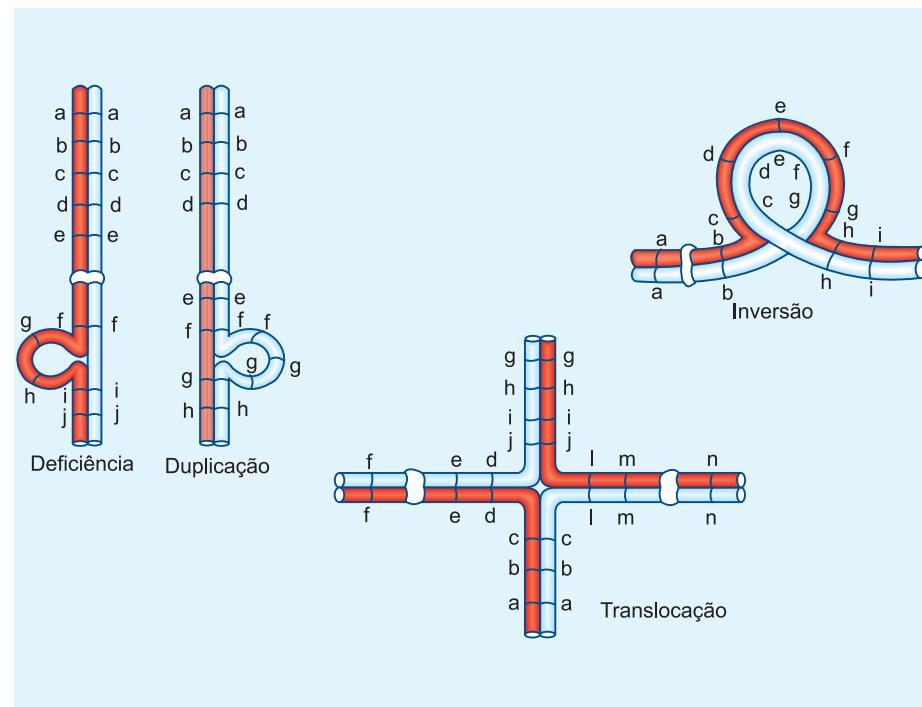


Fig. 7 – O pareamento na meiose.

MÓDULO 14

As Células Procariontas

1. CARACTERÍSTICAS

As células procariotas têm como principal característica a ausência de um núcleo diferenciado. Essas células aparecem nos organismos procariotes – as bactérias e as cianofíceas – pertencentes ao reino *Monera*. Estudaremos as bactérias, os procariotes mais conhecidos.

■ Formas

As bactérias assumem três formas básicas: **coco** (esférica), **bacilo** (bastonete) e **espirilo** (helicoidal). Quando os cocos se associam, formam os **diplococos** (um par de cocos), **estreptococos** (fileira de cocos) e **estafilococos** (cacho de cocos). Várias outras formas podem existir, como, por exemplo, o **vibrião**, bastante recurvado, em forma de vírgula (Fig. 1).

■ Flagelos

Existem bactérias que se locomovem pelos apêndices filiformes, os flagelos, nunca encontrados nos cocos.

Em relação ao número e à disposição dos flagelos, as bactérias podem ser classificadas em: **monotríquias** (um flagelo polar), **lofotríquias** (um tufo de flagelos), **anfítríquias** (um flagelo ou um tufo em cada polo) e **peritríquias** (flagelos em toda a superfície) (Fig. 2).

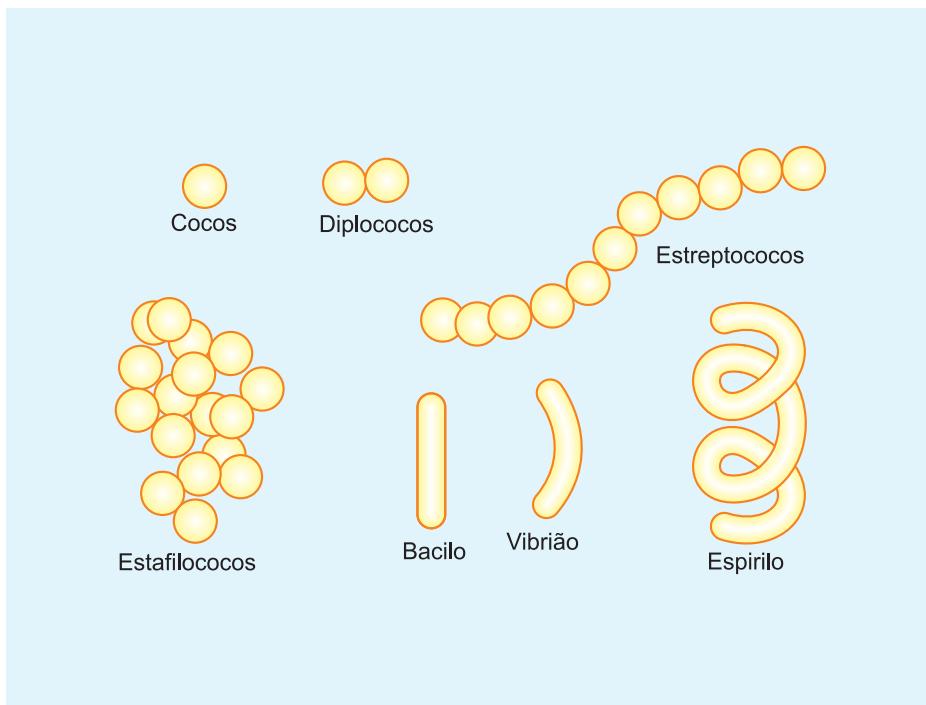


Fig. 1 – Formas de bactérias.

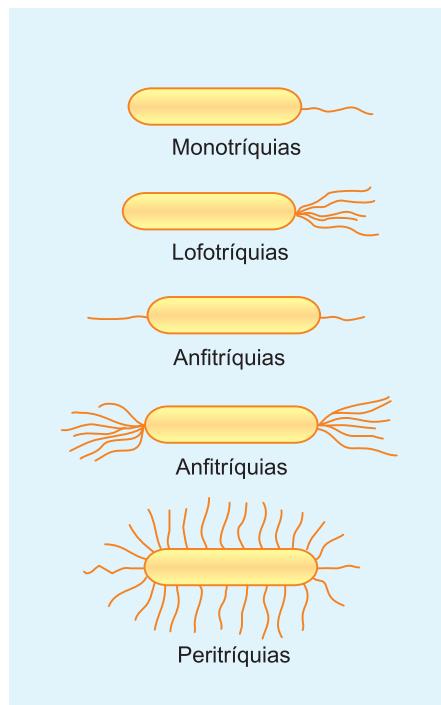


Fig. 2 – Classificação de acordo com os flagelos.

□ Tamanho

As células procariotas apresentam pequena dimensão. Assim, as formas esféricas possuem um diâmetro que varia de 0,2 a 5 micrômetros, ao passo que os bastonetes alcançam de 2 a 5 micrômetros de comprimento.

□ Fímbrias

As fímbrias ou pili são apêndices filamentosos, de natureza proteica, mais finos e curtos do que os flagelos. Nas bactérias que sofrem conjugação, as fímbrias funcionam como pontes citoplasmáticas, permitindo a passagem do material genético.

2. ESTRUTURA CELULAR

Na estrutura de uma bactéria, distinguimos: parede celular, cápsula, membrana plasmática, citoplasma e nucleoide (Fig. 3).

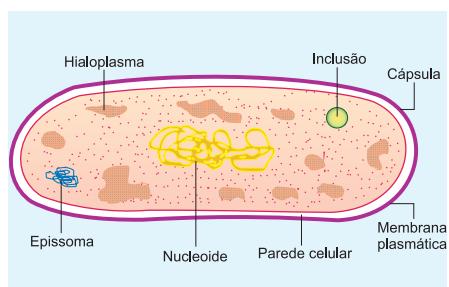


Fig. 3 – A estrutura celular da bactéria.

□ Parede celular

Externamente a célula bacteriana é envolvida por uma parede celular, constituída por um complexo muco-peptídico, formando um envoltório extracelular rígido responsável pela forma das bactérias (Fig. 4).

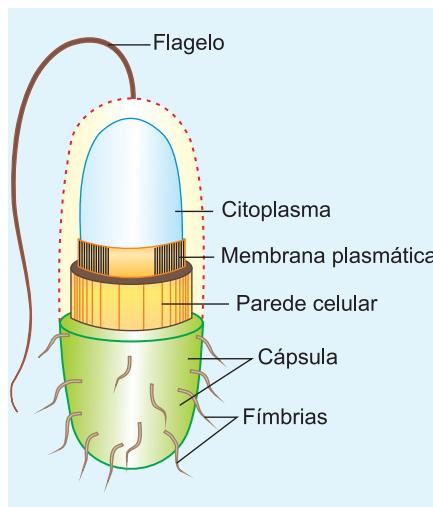


Fig. 4 – Os envoltórios celulares da bactéria.

□ Cápsula

Existem bactérias que secretam a cápsula, uma camada de consistência mucosa, formada por polissacarídeos. É encontrada principalmente nas

bactérias patogênicas, protegendo-as contra a fagocitose.

□ Membrana plasmática

Revestindo o citoplasma, aparece a membrana plasmática, com a mesma estrutura e função encontradas nas células eucarióticas.

□ Citoplasma

O citoplasma bacteriano é constituído por hialoplasma e ribossomos, estando ausente qualquer outro organelo celular. Os ribossomos aparecem isolados ou associados em cadeias chamadas polissomos. Apaem inclusões formadas pelo acúmulo de alimento.

□ Nucleoide

Chamamos de nucleoide ao equivalente nuclear das bactérias, constituído por uma única molécula de DNA. Muitas bactérias apresentam os **e-pissomos** ou **plasmídeos**, moléculas de DNA, geralmente circulares, capazes de replicação independente do nucleoide.

3. ESPOROS

Em condições ambientais desfavoráveis, as bactérias dos gêneros *Clostridium*, *Bacillus* e *Sporosarcina* originam os **esporos**, que são estruturas de resistência. Formados internamente (endosporos), contêm, no interior de uma espessa membrana, o DNA e enzimas. Altamente resistentes à dessecação, os esporos germinam em condições favoráveis (Fig. 5).

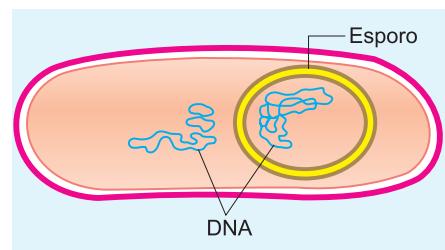


Fig. 5 – Bactéria com esporo.

4. DIVISÃO CELULAR

O principal método reprodutivo das bactérias é a divisão celular. Tal divisão envolve replicação do DNA, apoiado no mesossomo, crescimento e separação das células, através de um septo transversal. Em condições ideais, ocorre uma divisão a cada vinte minutos.

5. TRANSMISSÃO GENÉTICA

Nas bactérias, a transmissão genética ocorre no processo de conjugação. Esse processo consiste na passagem de plasmídeos de uma célula para outra através das fimbrias. O epissoma ou plasmídeo é chama-

do de fator sexual (F). A bactéria que envia F é chamada de macho ou F⁺. A fêmea F⁻ é a bactéria receptora, que, assim, se transforma em F⁺ e pode transferir o plasmídeo.

6. MICOPLASMAS

Os micoplasmas são os menores (0,2 a 0,4 µm) e os mais simples procariontes que podem ter vida livre e crescer em meios de cultura. Diferem das bactérias por não apresentarem parede celular. Produzem doenças respiratórias como a pneumonia; por essa razão, antigamente, eram conhecidos como organismos pleuropneumonídeos ou PPLO (*pleuropneumoniae like organisms*).

MÓDULO 15

Os Vírus

1. ESTRUTURA

Os vírus são micro-organismos constituídos por um ácido nucleico circundado por uma cápsula proteica.

O ácido nucleico pode ser o DNA ou o RNA, mas nunca os dois. A cápsula proteica é chamada de capsídeo. Em vírus mais complexos, a cápsula apresenta outros compostos, como lipídios e hidratos de carbono. (Fig. 1)

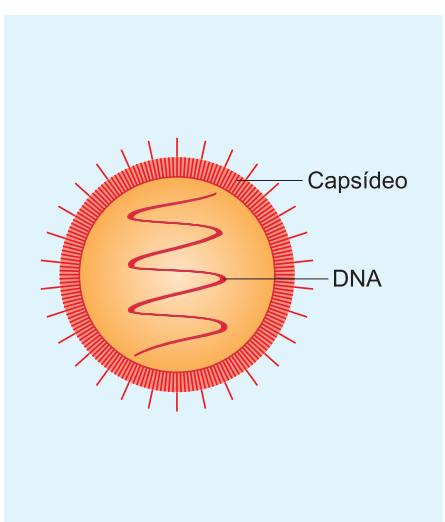


Fig. 1 – A estrutura de um vírus.

2. TAMANHO

Os vírus são micro-organismos menores do que as bactérias. Seu tamanho varia de 15 a 350 nm.

3. MORFOLOGIA

Os menores vírus são geralmente esféricos ou octaédricos, sendo os maiores habitualmente icosaédricos (20 faces triangulares). Existem vírus, como os bacteriófagos (vírus bacterianos), com morfologia mais complexa, dotados de cabeça e cauda. (Fig. 2)

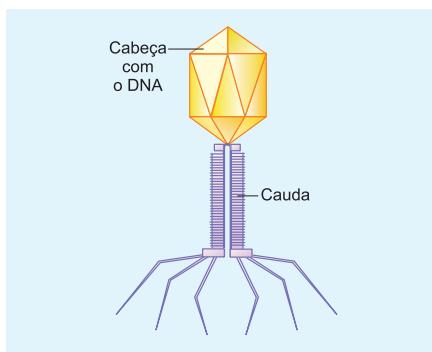


Fig. 2 – A estrutura do bacteriófago.

4. REPLICAÇÃO

Os vírus podem replicar-se somente no interior das células de um organismo hospedeiro, por meio de um processo dividido em quatro etapas: adsorção, penetração, eclipse e liberação. Acompanharemos o processo no bacteriófago, vírus que parasita e desintegra bactérias.

❑ Adsorção

Consiste na fixação do vírus na superfície da célula hospedeira.

❑ Penetração

É a fase em que o ácido nucleico do vírus (DNA) penetra no interior da célula hospedeira, ficando a cápsula no exterior.

❑ Eclipse

É a fase em que, no interior da célula hospedeira, acontece a replica-

ção do DNA e a montagem da cápsula. Na replicação sucessiva, são formadas novas moléculas de DNA. Nesse processo são utilizados os nucleotídeos resultantes da hidrólise do DNA da célula hospedeira. Usando ribossomos, enzimas e aminoácidos da célula parasitada, os vírus produzem as proteínas da cápsula. Após a síntese dos diversos componentes, começa a montagem dos novos vírus, processo automático que independe da ação enzimática e do gasto de energia.

□ Liberação

Com a destruição enzimática da célula hospedeira ocorre a liberação dos vírus, potencialmente capazes de nova infecção. (Fig. 3)

□ Particularidades da replicação

A penetração do vírus completo ocorre principalmente em células animais, no interior das quais desintegrase a cápsula viral. Nos vírus em que o material genético é o RNA, imediatamente após a penetração dos vírus, aparece nas células a **transcrip-tase reversa**, enzima que produz o DNA a partir do RNA. Após a replicação, o DNA volta a produzir o RNA viral.

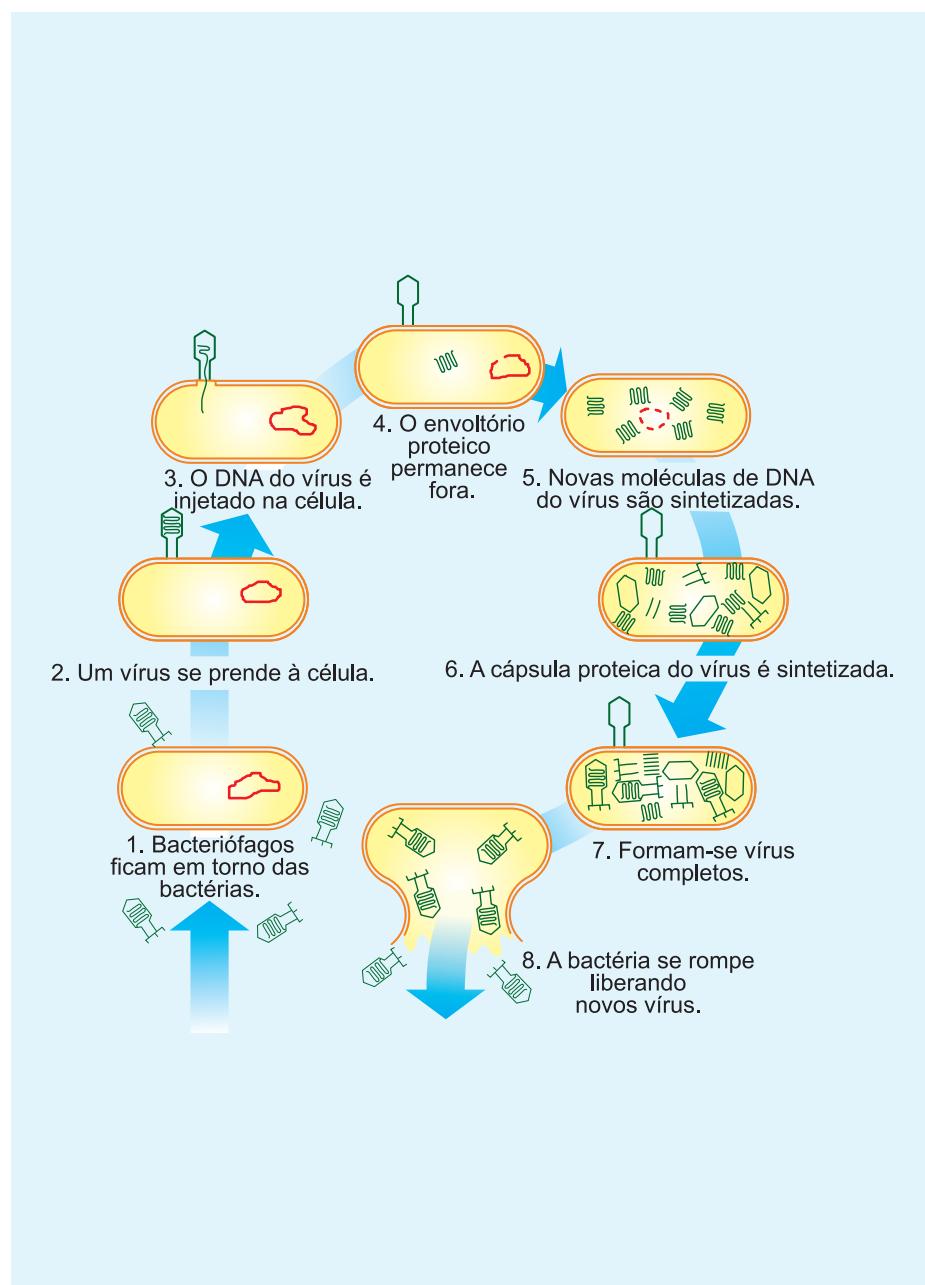


Fig. 3 – Um bacteriófago T_2 prende-se pela “cauda” a uma bactéria; o DNA do vírus passa para a bactéria, duplica-se e forma novas capas proteicas. Finalmente, a bactéria explode, liberando novos vírus; cada um deles pode infectar nova bactéria.

MÓDULO 16

Reino Protista: Diatomáceas, Pirrofíceas e Euglenofíceas

1. OS SERES VIVOS

Os seres vivos estão divididos em cinco reinos:

1. **Reino Monera**: bactérias e cianofíceas (algas azuis).

2. **Reino Protista**: protozoários, pirrofíceas e crisofíceas.

3. **Reino Fungi**: mixomicetos e eumicetos.

4. **Reino Plantae ou Reino Vegetalia**:

– **Vegetais inferiores**: clorofíceas (algas verdes), rodofíceas (algas vermelhas) e feofíceas (algas pardas);

– **Vegetais intermediários**:

briófitas (musgos e hepáticas) e pteridófitas (samambaias e avencas);

– **Vegetais superiores**: gimnospermas (pinheiros) e angiospermas (milho, feijão).

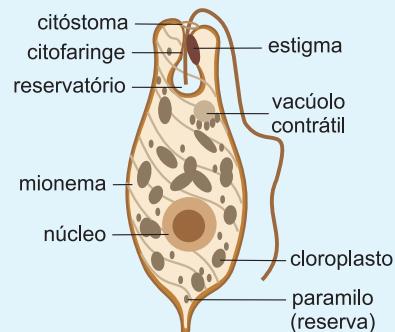
5. **Reino Animalia ou Reino Metazoa**: animais.

2. REINO PROTISTA

São seres unicelulares, primitivos, mas caracterizam-se por ser eucariontes.

São protistas os protozoários, as crisofíceas e as pirrofíceas. Alguns autores têm incluído neste reino as clorofíceas, feofíceas e rodofíceas, retirando esses grupos do reino vegetal.

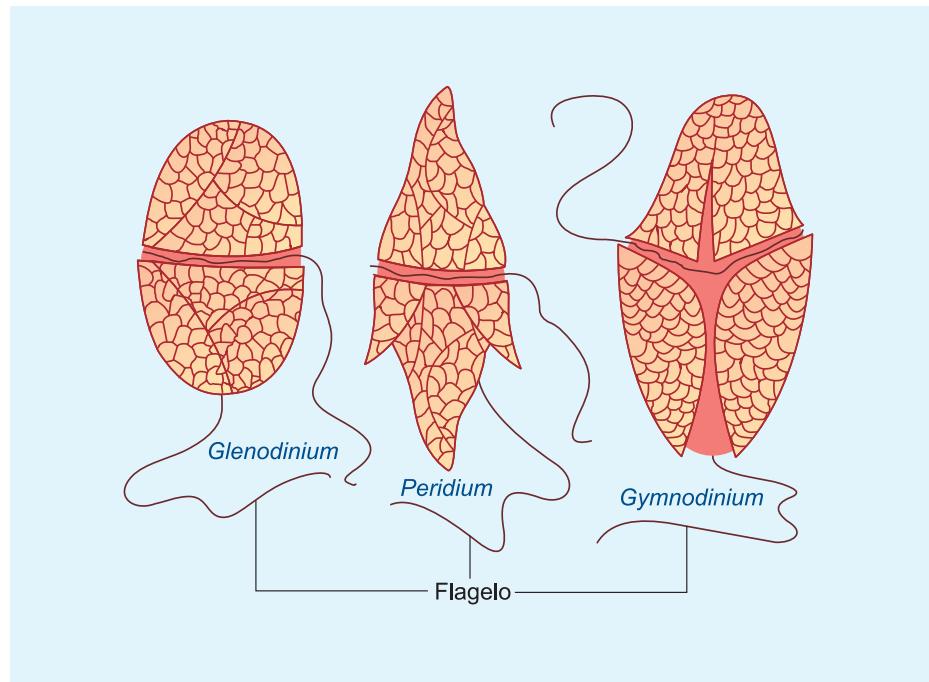
vatório na base do qual sai o flagelo. O estigma (mancha ocelar) também localiza-se na parte anterior da célula, onde também se localiza um grande vacúolo contrátil que se esvazia no reservatório. Apresenta cloroplastos e a reserva é representada por um carboidrato chamado paramilo. A reprodução é por cissiparidade e vivem em água doce.



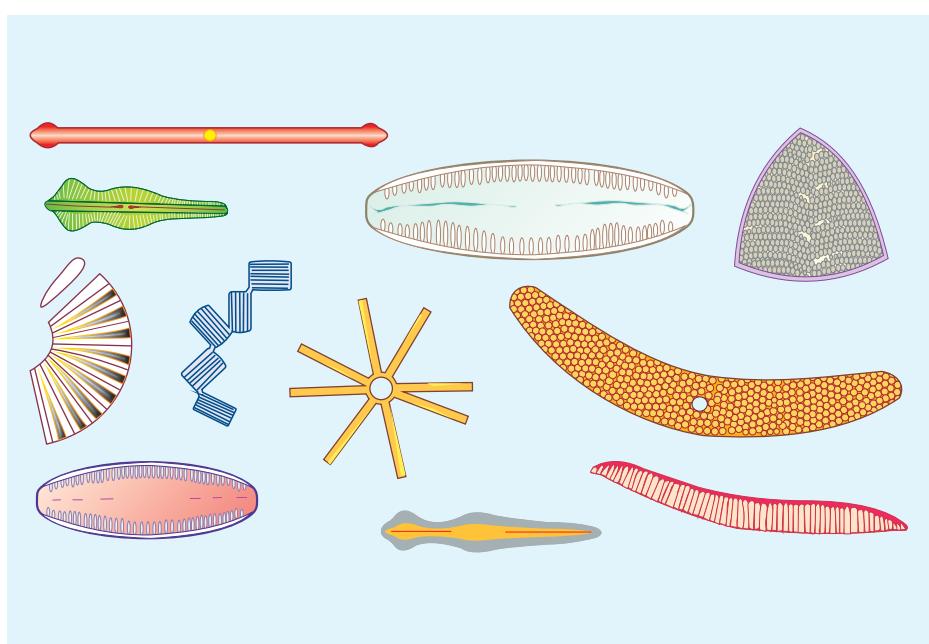
Euglena virides.

□ Crisofíceas ou algas douradas

A maioria é representada pelas diatomáceas. As suas células são protegidas por uma carapaça constituída pela sílica (SiO_2). Possuem cloroplastos com clorofilas e um pigmento amarelo chamado fucoxantina. Vivem no plâncton marinho. Formam os diatomitos (rochas de onde se extraí a sílica).



Algumas formas de pirrofíceas (dinoflagelados).



Algumas formas de diatomáceas.

□ Euglenofíceas

Os euglenoides são unicelulares, flagelados, apresentam fibras contrácteis chamadas Mionemas. O polo anterior das euglenas contém uma invaginação que termina no reser-

1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os protistas são animais unicelulares, microscópicos, isolados ou coloniais e os representantes mais primitivos do reino animal.

Apresentam uma forma muito variada e alguns podem ser observados a olho nu (ex.: *Ciliado Spirostomum*, com 5 mm de comprimento).

De acordo com o tipo de organoide locomotor, podem ser divididos em rizópodos, flagelados, ciliados e esporozoários.

2. RIZÓPODOS OU SARCODÍNEOS

São protozoários que se deslocam por meio de pseudópodes.

Há várias espécies de ameba, cujo tamanho varia de alguns centésimos de milímetro até meio milímetro.

Vivem no lodo, sobre folhas mortas e outros objetos que cobrem o fundo submerso de lagos e rios.

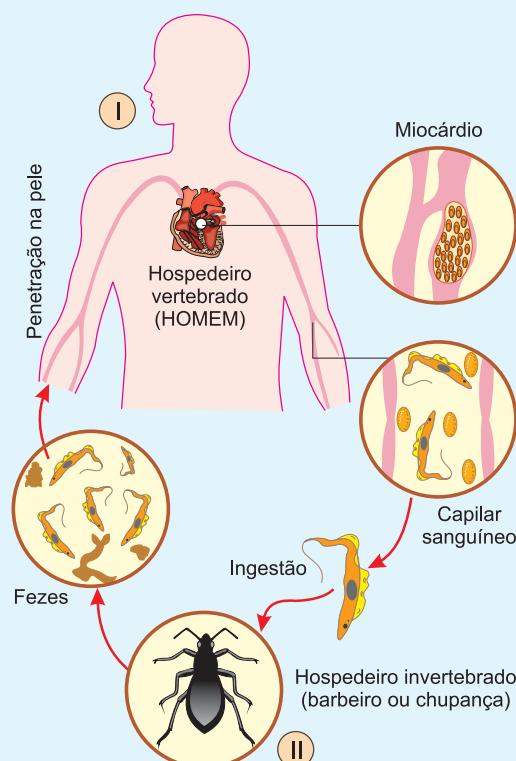
O citoplasma da ameba apresenta uma porção externa, transparente (hialina), sem granulações, denominada ectoplasma; e uma porção interna, com muitas granulações, denominada endoplasma.

O núcleo das amebas, geralmente, é central. Ela apresenta o vacúolo pulsátil ou contrátil que, periodicamente, elimina água para o exterior.

• Encistamento

Quando as condições ambientais se tornam desfavoráveis para a espécie, o protozoário realiza egestão e excreção; o citoplasma se desidrata, diminui de volume e secreta uma membrana resistente (membrana cística) que o isola do meio externo.

Nessas condições, o protozoário transforma-se num cisto. O encistamento é determinado pela dessecção, variação de temperatura, substância química e produção de anticorpos pelo hospedeiro, no caso de o protozoário ser um parasita. Sendo transportados pelo vento, os cistos servem para disseminação da espécie. Em muitas espécies (amebas, por exemplo), a reprodução ocorre no



Ciclo biológico do *Trypanosoma cruzi*.

interior dos cistos cuja abertura é provocada por condições externas: retorno da água, volta de temperatura favorável etc. Nos cistos de parasitas, a membrana cística é digerida pelos sucos digestórios do hospedeiro, que ingere os cistos.

A *Entamoeba histolytica* produz uma infecção denominada amebíase. Pode ocasionar disenteria, processos inflamatórios e necróticos.

3. FLAGELADOS OU MASTIGÓFOROS

São protozoários que se locomovem por apêndices em forma de chicote, denominados flagelos.

• Família Trypanosomatidae

É constituída por parasitas que podem apresentar várias formas de evolução.

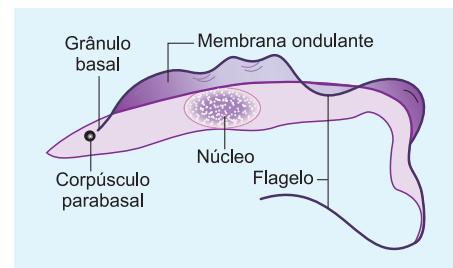
No gênero *Leishmania*, há várias espécies que parasitam o homem: *Leishmania brasiliensis*, *Leishmania tropica*, *Leishmania donovani*, *Leishmania chagasi* (agente etiológico do calazar).

| Parasita | Patogenia |
|--------------------------------|-----------------------------------------------|
| <i>Leishmania brasiliensis</i> | Leishmaniose cutâneo-mucosa “Úlcera de Bauru” |
| <i>Leishmania tropica</i> | Leishmaniose cutânea (Botão do oriente) |
| <i>Leishmania donovani</i> | Leishmaniose visceral |

Esses parasitas são transmitidos pelo *Phlebotomus* ou pela *Lutzomyia*.

• Gênero *Trypanosoma*

São protozoários fusiformes, apresentam um flagelo e duas espécies principais: *Trypanosoma cruzi* e *Trypanosoma gambiense*.



Trypanosoma cruzi.

O *Trypanosoma cruzi* é o agente etiológico da moléstia de Chagas. A transmissão é realizada pelas fezes infectadas do "barbeiro", existindo várias espécies (*Panstrongylus megistus* e *Triatoma infestans*).

O barbeiro é um inseto hematófago de hábito noturno, picando o rosto (daí o nome barbeiro) de pessoas adormecidas. A picada do inseto não transmite a moléstia, pois as formas infectantes não aparecem nas glândulas salivares. O barbeiro elimina fezes, no momento ou pouco depois que pica e suga o hospedeiro, depositando as secreções infectadas sobre o rosto deste. As próprias mãos do hospedeiro podem introduzir os excrementos nas mucosas. Além disso, o hospedeiro, coçando-se, pode produzir uma escoriação, facilitando a penetração dos tripanossomias.

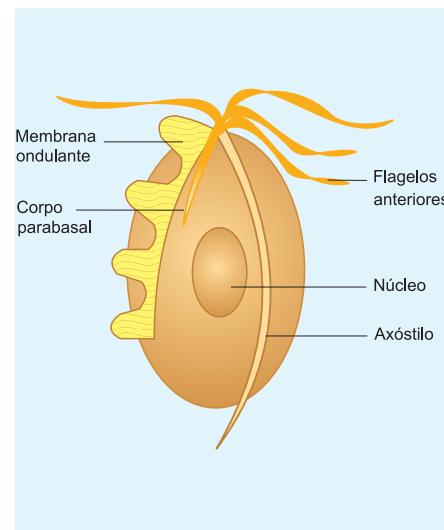
A fase crônica é caracterizada pelas perturbações cardíacas. Os tripanossomas invadem o miocárdio, produzindo a cardiopatia chagásica, com taquicardia, hipotensão e cardiomegalia (aumento do tamanho do coração). Os indivíduos afetados geralmente não vivem além dos 50 anos, morrendo lenta ou subitamente.

O tripanossomo vive em numerosos animais silvestres: tatu, morcego, macaco, cotia, gambá, porco, cão e cobraia, que constituem os reservatórios naturais, nos quais se infecta o barbeiro.

O *Trypanosoma gambiensis* produz a doença do sono ou tripanosomose africana. A transmissão é efetuada pela mosca hematófaga tsé-tsé (*Glossina palpalis*).

A *Trichomonas vaginalis* causa uma leucorreia, ou seja, um corrimento vaginal, além de prurido (coceira).

A *Giardia lamblia* é parasita do intestino delgado. O indivíduo contamina-se com a ingestão de água ou verduras mal lavadas que contêm cistos.



Trichomonas vaginalis.

MÓDULO 18

Reino Protista: Ciliados e Esporozoários

1. CILIADOS

São protozoários que se locomovem por meio de apêndices (cílios).

O gênero *Paramecium* apresenta várias espécies que ocorrem em locais de água estagnada ou de correnteza lenta.

Os maiores possuem 250 µm. Lembram um chinelo.

2. ESPOROZOÁRIOS

São protozoários que, geralmente, não apresentam organoides locomotores e reproduzem-se por meio de estruturas denominadas "esporos".

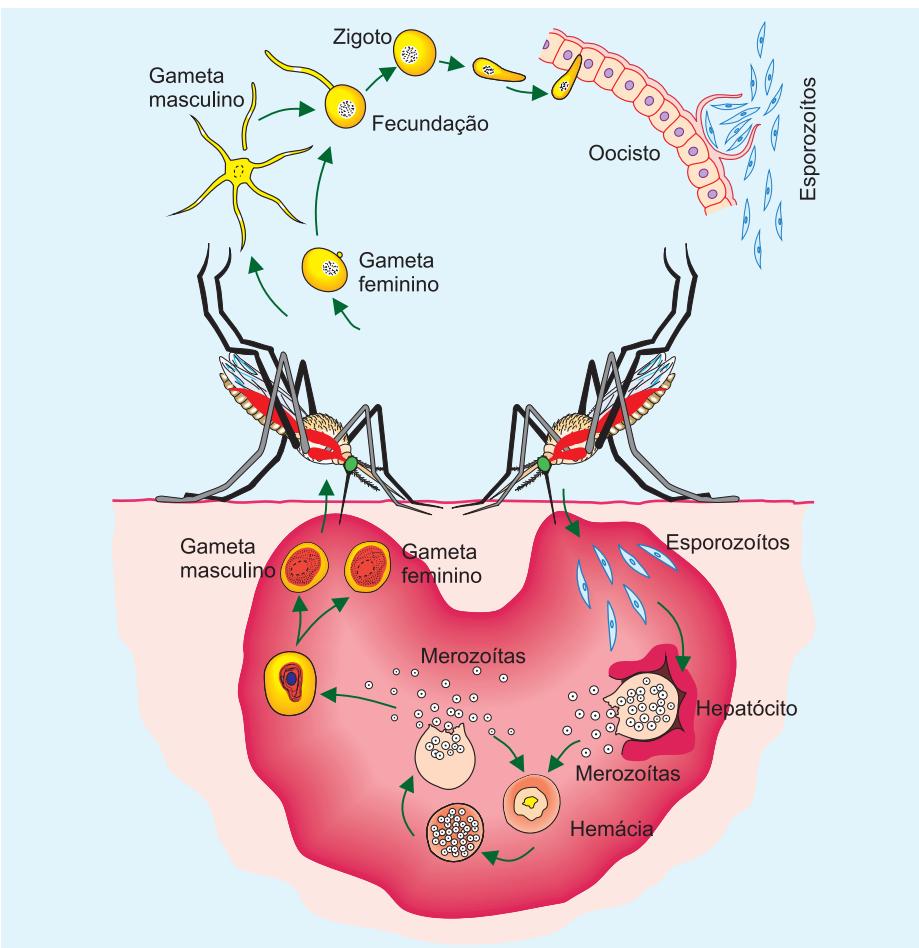
☐ Estudo do gênero *Plasmodium*

São parasitas que provocam a malária, maleita, impaludismo, febre palustre ou febre intermitente.

A malária caracteriza-se por acessos de febre, com intervalos de 24, 48 ou 72 horas.

A transmissão é realizada por mosquitos do gênero *Anopheles* (mosquito-prego).

O ciclo realiza-se no homem (hospedeiro intermediário) e no mosquito (hospedeiro definitivo).



Ciclo biológico do *Plasmodium* sp, agente etiológico da malária.

Ao picar um indivíduo, antes de sugar-lhe o sangue, o mosquito injeta um pouco de saliva, que contém uma substância anticoagulante, o que evita a coagulação do sangue dentro de sua tromba.

O parasita penetra na circulação sanguínea juntamente com a saliva. Segue-se um período de incubação de 12 dias, durante o qual o *Plasmodium* permanece nas células hepáticas (do fígado). Posteriormente, o parasita retorna à circulação e penetra nas hemácias (glóbulos vermelhos).

Divide-se assexuadamente, originando esporos.

A hemácia rompe-se, liberando os esporos, que penetram em outras hemácias, repetindo o processo anterior.

O indivíduo doente torna-se anêmico.

Toda vez que uma geração de esporos ataca novas hemácias, o organismo é acometido de febre muito alta (às vezes, superior a 40°C), que aparece de dois em dois dias, ou de três em três dias, dependendo da espécie de *Plasmodium* que o indivíduo apresenta. Essa febre, provavelmente, é causada por toxinas que são eliminadas no sangue durante o rompimento das hemácias. Após algumas gerações de esporos, parte destes se destaca como elementos reprodutivos que irão se transformar em gametas no estômago do *Anopheles*.

Quando o mosquito suga um indivíduo doente, recebe as formas reprodutivas que completam seu desenvolvimento e se transformam em células sexuais.

Os gametas masculinos (microgametas) unem-se aos femininos (macrogametas), originando o ovo que se implanta na parede do intestino ou do estômago do mosquito.

Cada ovo origina muitos plasmódios que se alojam nas glândulas salivares e podem ser transmitidos a outros indivíduos, através do *Anopheles*.

O ciclo consta de uma fase assexuada (no homem) e outra sexuada, que ocorre no mosquito.

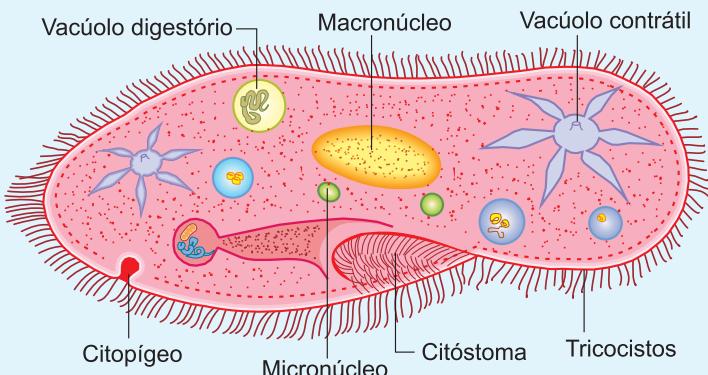


Diagrama ilustrando as principais organelas do *Paramecium caudatum*, protista ciliado de água doce. Notar a presença do micronúcleo, estrutura relacionada à reprodução sexuada por conjugação.

A erradicação da malária pode ser realizada de três maneiras:

- combatendo o parasita, no organismo humano;
- destruindo o mosquito;
- evitando-se a picada do mosquito.

□ Principais espécies de plasmódios

Plasmodium vivax – o ciclo eritrocítico dura 48 horas. Causa a febre terçã benigna, cujos acessos febris ocorrem a cada três dias.

Plasmodium falciparum – com ciclo irregular de 36 a 48 horas, produzindo a febre terçã maligna.

Plasmodium malariae – com um ciclo de 72 horas, responsável pela febre quartã, com acesso a cada quatro dias.

Plasmodium ovale – com ciclo de 48 horas, ainda não identificado no Brasil.

Profilaxia: eliminação dos focos do mosquito anofelino com inseticidas ou com controle biológico. O mosquito deposita os seus ovos em águas paradas e limpas. A introdução de certos peixes do gênero *Gambusia* (guaru-guaru), que se alimentam das larvas do mosquito, pode levar à redução da população desses insetos.

Nas áreas onde a malária é endêmica, as habitações devem ser

protegidas por telas nas janelas e portas e as camas por mosquiteiros. Uso de repelentes de insetos.

Toxoplasma gondii: esporozoário (coccídeo) parasita intracelular, responsável pela **toxoplasmose**. O homem e outros animais entre eles aves, cães, bovinos, suínos, ratos, etc. são hospedeiros intermediários do parasita. Os felídeos, especialmente os gatos são os hospedeiros definitivos porque só neles ocorre a reprodução sexuada do toxoplasma. A contaminação do homem é feita pelos cistos encontrados nas fezes dos gatos. A forma ativa do protozoário chama-se **taquizoito** que invade as células de defesa (macrófagos), musculares e do cérebro onde se multiplicam.

Nos indivíduos com sistema imunitário saudável a doença é assintomática, mas nos imunodepressivos como aqueles com AIDS e câncer a doença pode ser grave.

A contaminação de gestantes é preocupante porque pode afetar o feto provocando má formação do sistema nervoso central.

Os gatos adquirem a doença quando comem carne de aves e ratos contaminados.

A doença pode ser detectada no homem pelo exame de sangue que permite identificar a presença de anticorpos.

MÓDULO 11

Poli-hibridismo

1. O POLI-HIBRIDISMO

Falamos em poli-hibridismo quando analisamos, simultaneamente, a herança de três ou mais caracteres. Como veremos, não há necessidade de se realizar o cruzamento completo para a obtenção dos resultados.

2. DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE TIPOS DE GAMETAS

Quando se deseja saber o número de gametas que um indivíduo produz, conhecendo-se o seu genótipo, usa-se a seguinte expressão:

$$\text{Número de gametas} = 2^n$$

sendo n o número de hibridismos existentes no genótipo.

Exemplos:

| Genótipos | Nº de Tipos de gametas |
|----------------|------------------------|
| AA bb cc dd EE | $2^0 = 1$ |
| AA Bb cc DD ee | $2^1 = 2$ |
| AA BB Cc DD Ee | $2^2 = 4$ |
| Aa BB Cc Dd ee | $2^3 = 8$ |
| Aa bb Cc Dd Ee | $2^4 = 16$ |
| Aa Bb Cc Dd Ee | $2^5 = 32$ |

3. DETERMINAÇÃO DOS TIPOS DE GAMETAS

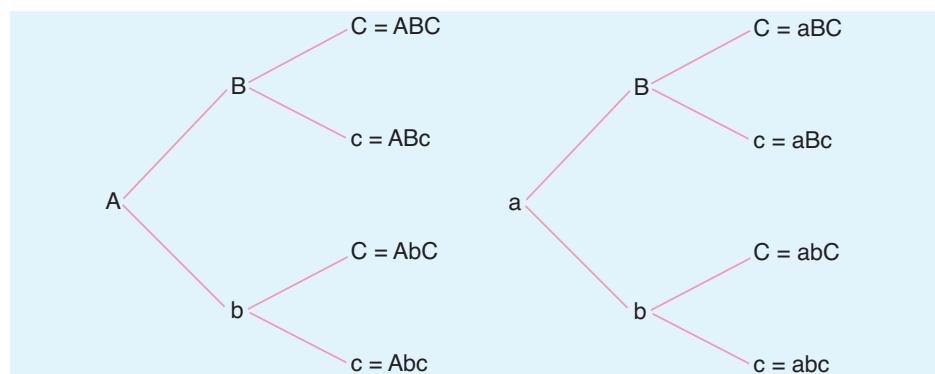
Para facilitarmos a determinação de todas as combinações gênicas existentes nos gametas, podemos aplicar o sistema de ramificação dicotômica. Assim, determinaremos os tipos de gametas produzidos por um indivíduo tetraeterozigoto: **AaBbCcDd**.

4. DETERMINAÇÃO DA FREQUÊNCIA DE QUALQUER CLASSE GENOTÍPICA

Poderá ser feita facilmente, se analisarmos os caracteres independentes e multiplicarmos as frequências para os aspectos desejados.

5. DETERMINAÇÃO DA FREQUÊNCIA DE QUALQUER CLASSE FENOTÍPICA

Procede-se de maneira idêntica, analisando-se os caracteres independentes e multiplicando-se as frequências para os aspectos desejados.



Vejamos um exemplo prático: dado o cruzamento $AaBbCcTt \times AabbccTt$, qual será a frequência (ou probabilidade) de nascer um indivíduo de genótipo $aaBbCctt$?

| Cruzamentos | Geração | Frequência desejada |
|-------------|-----------------|---------------------|
| AA x Aa | AA, Aa, Aa e aa | $P(aa) = 1/4$ |
| Bb x bb | Bb e bb | $P(Bb) = 1/2$ |
| CC x cc | Cc | $P(Cc) = 1$ |
| tt x Tt | Tt e tt | $P(tt) = 1/2$ |

$P(aa Bb Cc tt) = 1/4 \times 1/2 \times 1/2 \times 1/2 = 1/16$

Para exemplificar, considere, em ervilhas, os seguintes genes:

V – semente amarela

v – semente verde

R – semente lisa

r – semente rugosa

B – flor vermelha

b – flor branca

No cruzamento $VvRRBb \times Vvrrbb$, qual será a probabilidade de se obter uma planta de semente verde-lisa e flor branca?

| Cruzamento | Geração | Frequência desejada |
|------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Vv x Vv | Vv Vv Vv vv 3/4 amarela 1/4 verde | $P(\text{verde}) = 1/4$ |
| RR x rr | Rr 1 lisa | $P(\text{lisa}) = 1$ |
| Bb x bb | Bb bb 1/2 vermelha 1/2 vermelha | $P(\text{branca}) = 1/2$ |

$P(\text{verde, lisa e branca}) = 1/4 \times 1 \times 1/2 = 1/8$

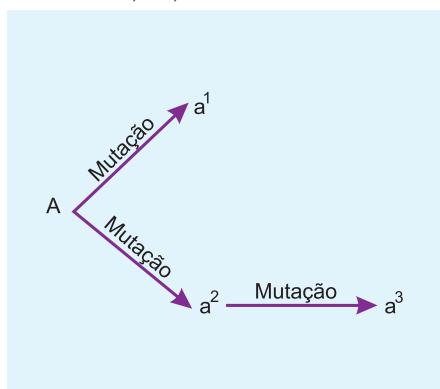
1. CONCEITO

Os casos de herança até agora estudados envolviam sempre caracteres determinados por dois alelos, um dominante e outro recessivo. Existem, entretanto, casos de herança em que um caráter é determinado por mais de dois alelos, constituindo uma série de alelos múltiplos. Tais alelos são produzidos por mutação de um gene inicial e ocupam o mesmo lócus em cromossomos homólogos. As relações entre os diversos alelos da série são variáveis, podendo existir dominância completa e incompleta.

Resumindo: alelos múltiplos são séries de três ou mais formas alternativas de um mesmo gene, localizados no mesmo lócus em cromossomos homólogos e interagindo dois a dois na determinação de um caráter.

2. EXEMPLOS

Suponha um gene A sofrendo mutações e produzindo uma série de 4 alelos: A, a¹, a² e a³.



Como tais genes são alelos, ocupam o mesmo lócus em cromossomos homólogos e cada indivíduo só poderá ter um par de genes, determinando dez genótipos (Fig. 1).

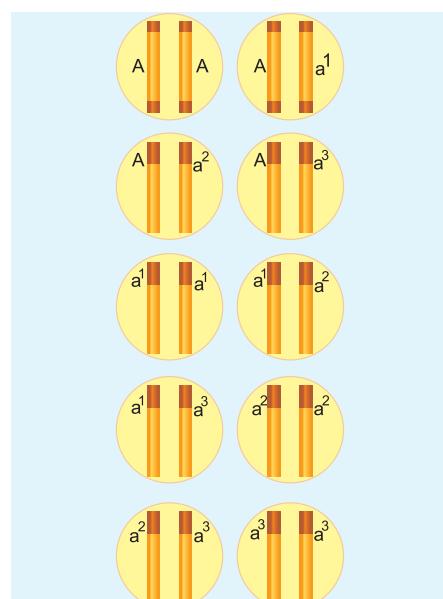


Fig. 1

3. A COR DA PELAGEM EM COELHOS

Em coelhos domésticos, a cor da pelagem é determinada por uma série de alelos múltiplos, possibilitando 4 fenótipos:

- 1) Selvagem ou aguti, com pelagem cinza-escura.
- 2) Chinchila, com pelagem cinza-clara.
- 3) Himalaia, com pelagem branca e extremidades (patas, rabos, orelhas e focinho) pretas.
- 4) Albino, sem pigmento.

Damos, a seguir, os resultados dos cruzamentos de parentais (P) homozigotos e o endocruzamento de F₁.

Os cruzamentos mostram a existência de 4 alelos com a seguinte relação de dominância:

$$C \text{ (selvagem)} > c^{ch} \text{ (chinchila)} > c^h \text{ (himalaia)} > c^a \text{ (albino)}$$

| P | F ₁ | F ₂ |
|----------------------|----------------|-------------------------|
| Selvagem x Chinchila | Selvagem | 3 Selvagem: 1 Chinchila |
| Selvagem x Himalaia | Selvagem | 3 Selvagem: 1 Himalaia |
| Selvagem x Albino | Selvagem | 3 Selvagem: 1 Albino |
| Chinchila x Himalaia | Chinchila | 3 Chinchila: 1 Himalaia |
| Chinchila x Albino | Chinchila | 3 Chinchila: 1 Albino |
| Himalaia x Albino | Himalaia | 3 Himalaia: 1 Albino |

As relações genotípicas e fenotípicas são:

| Fenótipo | Possíveis genótipos |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Selvagem | CC – Cc ^{ch} – Cc ^h – Cc ^a |
| Chinchila | c ^{ch} c ^{ch} – c ^{ch} c ^h – c ^{ch} c ^a |
| Himalaia | c ^h c ^h – c ^h c ^a |
| Albino | c ^a c ^a |

4. O SISTEMA ABO

Um exemplo clássico de alelos múltiplos aparece no sistema sanguíneo ABO no homem. Nele atuam 3 alelos I^A = I^B > i. Veja agora os genótipos e correspondentes fenótipos.

| Genótipos | Fenótipos |
|---------------------------------------------------|-----------|
| I ^A I ^A ou I ^A i | Grupo A |
| I ^B I ^B ou I ^B i | Grupo B |
| I ^A I ^B | Grupo AB |
| ii | Grupo O |

5. O NÚMERO DE GENÓTIPOS

Como verificamos, existem 3 alelos e 6 genótipos no sistema ABO e 4 alelos e 10 genótipos na pelagem de coelhos. Note que, à medida que o número de alelos aumenta, cresce rapidamente o número de genótipos.

| Número de Genótipos | | | |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Número de alelos | Total | Homozigotos | Heterozigotos |
| 3 (A, a ¹ e a ²) | 6 | 3 (AA, a ¹ a ¹ e a ² a ²) | 3 (Aa ¹ , Aa ² e a ¹ a ²) |
| 4 (A, a ¹ , a ² e a ³) | 10 | 4 (AA, a ¹ a ¹ , a ² a ² e a ³ a ³) | 6 (Aa ¹ , Aa ² , Aa ³ , a ¹ a ² , a ¹ a ³ e a ² a ³) |
| 5 (A, a ¹ , a ² , a ³ e a ⁴) | 15 | 5 (AA, a ¹ a ¹ , a ² a ² , a ³ a ³ e a ⁴ a ⁴) | 10 (Aa ¹ , Aa ² , Aa ³ , Aa ⁴ , a ¹ a ² , a ¹ a ³ , a ¹ a ⁴ , a ² a ³ , a ² a ⁴ e a ³ a ⁴) |
| n | $\frac{n(n+1)}{2}$ | n | $\frac{n(n-1)}{2}$ |

1. IMUNIZAÇÃO

Os seres vivos possuem uma propriedade chamada imunização, por meio da qual podem:

- 1 – destruir células de agentes infeciosos, como os micro-organismos;
- 2 – destruir ou eliminar moléculas, como as toxinas produzidas pelas bactérias;
- 3 – eliminar tecidos estranhos ao organismo, como a rejeição de transplantes.

Tais processos envolvem reações do tipo antígeno-anticorpo.

2. ANTÍGENOS E ANTICORPOS

Antígenos são substâncias que podem estimular a produção de um anticorpo e reagir especificamente com o próprio.

Um antígeno típico é uma proteína ou um polissacarídeo, ou um complexo contendo ambas as substâncias. O **anticorpo** é sempre uma proteína denominada **imunoglobulina**. Com a formação do complexo antígeno-anticorpo, inicia-se uma série de reações que visam à remoção do antígeno estranho ao organismo. Esses processos constituem a resposta imune.

3. A PRODUÇÃO DOS ANTICORPOS

A célula-mestra no reconhecimento de um antígeno e na formação

de anticorpos é um tipo de leucócito conhecido como linfócito.

Existem dois tipos de linfócitos: T e B. Os linfócitos T devem passar pelo timo a fim de sofrer um processo de maturação. O timo é um orgão linfóide esponjoso e bilobado situado acima do coração, logo atrás do esterno. Os linfócitos T não produzem anticorpos e atuam na imunidade celular, como é o caso da rejeição de órgãos transplantados, além de influenciarem a atividade dos linfócitos B. Estes não necessitam de passagem pelo timo e são responsáveis pela produção de anticorpos circulantes, realizando a chamada imunidade humoral e atuando principalmente na lise de micro-organismos e na neutralização de venenos de animais peçonheiros e toxinas bacterianas. Ao ser formado, o linfócito, ainda imaturo, apresenta na superfície uma série de anticorpos específicos. Quando esse linfócito encontra um antígeno específico para os seus anticorpos, acontece a união entre antígenos e anticorpos. O linfócito é, então, ativado e sofre divisão de diferenciação, produzindo dois tipos de células: os **plasmócitos** e as **células de memória**. As primeiras produzem os anticorpos circulantes e as de memória persistem na circulação, secretando anticorpos após reagirem com os antígenos específicos (Fig. 1).

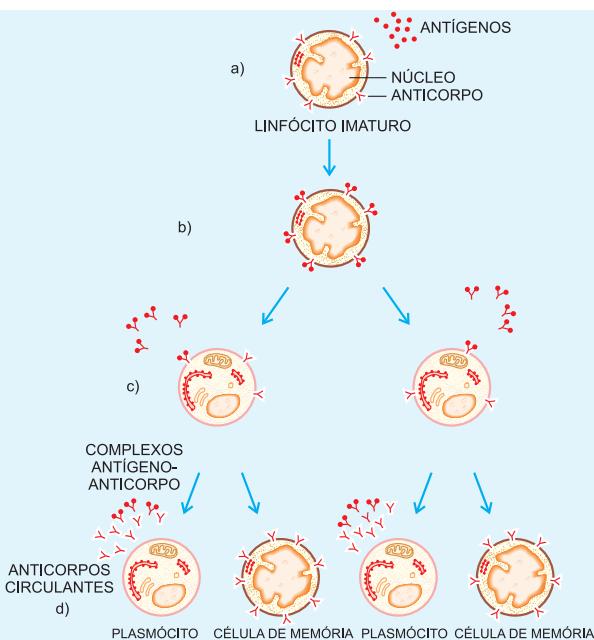


Fig. 1 – A produção de anticorpos.

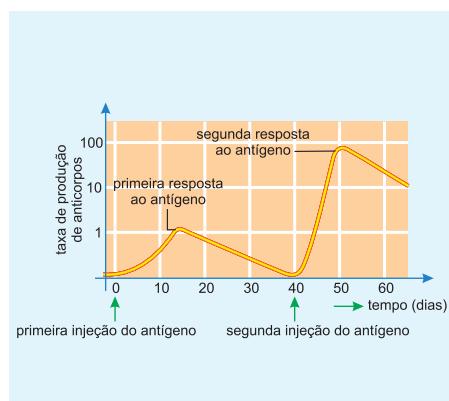


Fig. 2 – Respostas imunológicas.

A resposta secundária envolve a ação das células de memória; por isso, é chamada de anamnésica.

5. TIPOS DE IMUNIZAÇÃO

□ Imunização Ativa

Trata-se da produção de anticorpos pelo próprio indivíduo que recebeu antígenos. A imunização ativa pode ser natural ou artificial.

a) **Natural**: ocorre quando o antígeno penetra naturalmente no organismo nos processos infecciosos provocados por vírus, bactérias etc.

b) **Artificial**: é determinada pela inoculação proposital de antígenos. A vacina é constituída pelo agente infeccioso enfraquecido ou por toxinas por ele produzidas. A vacina contém antígenos específicos, sendo utilizada como um agente profilático.

Quando um micro-organismo penetra em pessoas vacinadas, já encontra os anticorpos que inativam os antígenos por ele produzidos.

□ Imunização Passiva

Consiste na inoculação, no organismo, de anticorpos produzidos por outro organismo contra o correspondente agente infeccioso. Constitui um processo de soros terapêuticos. A soroterapia é utilizada durante a fase aguda de uma infecção. Salienta-se que o anticorpo inoculado só protege por tempo relativamente curto, sendo logo destruído e eliminado.

1. OS GRUPOS SANGUÍNEOS

Quando se injeta sangue de um indivíduo em outro, realizando-se a chamada transfusão, podem sobrevir acidentes mais graves e até a morte. Isso se dá porque há certa incompatibilidade entre as hemácias de determinados indivíduos e o plasma de outros, que se caracteriza por uma aglutinação, ou seja, reunião de hemácias em massas mais ou menos compactas, de tamanho variável, que podem obstruir capilares provocando embolias. Há também hemólise, isto é, desintegração de hemácias com liberação de hemoglobina, da qual uma parte será excretada e outra produzirá bilirrubina.

2. O SISTEMA ABO

Foi o austríaco Landsteiner que, em 1900, descobriu os grupos sanguíneos do sistema ABO, ao misturar o sangue de algumas pessoas com o soro sanguíneo de outra. Verificava que, em alguns casos, ocorria **aglutinação** dos glóbulos vermelhos, isto é, reunião deles em grumos, seguida de destruição. Com essa descoberta, tornou-se possível explicar por que as transfusões de sangue às vezes matavam (quando ocorria aglutinação nos vasos capilares de pessoas transfundidas) e às vezes nada acontecia. Assim é que Landsteiner mostrou que a aglutinação era a manifestação de uma reação do tipo **antígeno-anticorpo**, encontrando-se o antígeno nas hemácias e o anticorpo no soro, mas com a particularidade de o anticorpo ser natural, ou seja, não necessitar da presença do antígeno para ser produzido. O antígeno foi chamado **aglutinogênio**, e o anticorpo, **aglutinina**.

Classificação do Sistema ABO

Landsteiner encontrou dois aglutinogênicos: A e B, e duas aglutininas correspondentes, designadas anti-A

e anti-B. É evidente que, se os glóbulos de um indivíduo possuírem um ou outro dos抗ígenos, o soro do mesmo indivíduo não poderá conter o correspondente anticorpo, pois, se houvesse a coexistência, ocorreria a aglutinação das hemácias. Assim, o tipo sanguíneo das pessoas pode ser classificado em quatro grupos, de acordo com o quadro a seguir.

| Grupo Sanguíneo (fenótipo) | Aglutinogênio (hemácias) | Aglutinina (soro) |
|----------------------------|--------------------------|-------------------|
| A | A | anti-B |
| B | B | anti-A |
| AB | A e B | — |
| O | — | anti-A anti-B |

A Determinação do Grupo

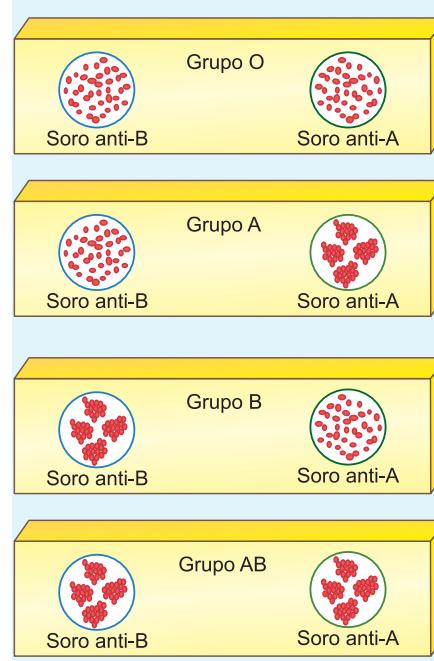


Fig. 1 – Determinação dos grupos sanguíneos ABO por aglutinação em lâmina.

O processo de determinação do grupo sanguíneo tem base na aglutinação ou não das hemácias, quando misturadas com os soros anti-A e anti-B.

1º) Coloca-se num lado de uma lâmina de microscopia uma gota de soro anti-A e, no outro, uma gota de soro anti-B.

2º) Sobre cada gota de soro, coloca-se uma gota de sangue a ser identificado e observa-se o resultado:

- se não houver aglutinação em nenhum dos lados, o sangue em exame é do grupo O;
- se aglutinar dos dois lados, o sangue é AB;
- se aglutinar somente com o soro anti-A, é do grupo A;
- se aglutinar somente com o soro anti-B, é do grupo B.

A Herança do Grupo ABO

Os grupos sanguíneos ABO são determinados por uma série de três alelos múltiplos: I^A , I^B e i .

O gene I^A determina a formação do aglutinogênio A.

O gene I^B determina a formação do aglutinogênio B.

O gene i não forma aglutinogênio.

Entre os alelos I^A e I^B , não há dominância. Quando juntos, ambos manifestam seu efeito e a pessoa é do tipo AB.

Por outro lado, tanto I^A como I^B são dominantes em relação a i e, somente quando os alelos I^A e I^B não estiverem presentes, o indivíduo será do tipo O.

O quadro abaixo resume a herança ABO.

| Grupo Sanguíneo | Genótipos |
|-----------------|----------------------|
| Tipo A | $I^A I^A$ ou $I^A i$ |
| Tipo B | $I^B I^B$ ou $I^B i$ |
| Tipo AB | $I^A I^B$ |
| Tipo O | $i i$ |

1. O USO DAS TRANSFUSÕES

Frequentemente, em casos de acidentes, cirurgias e doenças, um paciente necessita de uma transfusão de sangue. Sempre é possível realizar uma transfusão entre doadores e receptores pertencentes a um mesmo grupo sanguíneo, mas em certos casos é possível a ocorrência do processo entre indivíduos pertencentes a grupos diferentes.

2. O EFEITO A CONSIDERAR

Para saber se uma transfusão é possível, deve-se considerar dois fatores: aglutinogênios, existentes nas hemácias do receptor, e aglutininas presentes no plasma do receptor. Para verificarmos a possibilidade ou não de transfusão, devemos analisar se há ou não incompatibilidade entre as aglutininas do receptor e os aglutinogênios do doador, uma vez que, na prática, observamos que as aglutininas do receptor aglutanam as hemácias do doador. O efeito oposto, ou seja, aglutininas do doador sobre as hemácias do receptor, não é considerado, porque as aglutininas são diluídas no corpo do doador. Assim, por exemplo, a quantidade de aglutininas existentes em 500cc de sangue de um doador é diluída na quantidade de sangue (5 a 6 litros) existente no adulto. Enfim, a reação, teoricamente possível, não ocorre devido a um fator: diluição.



3. OS GRUPOS UNIVERSAIS

Uma pessoa do grupo O não apresenta aglutinogênios nas hemácias, que podem ser introduzidas em qualquer organismo sem nunca serem aglutinadas. Por essa razão o grupo O é chamado de doador uni-

versal. Já um receptor do AB não possui aglutininas no plasma, sendo incapaz de aglutinar qualquer tipo de hemácia que venha a receber, e é chamado de receptor universal.

4. AS POSSIBILIDADES DE TRANSFUSÃO

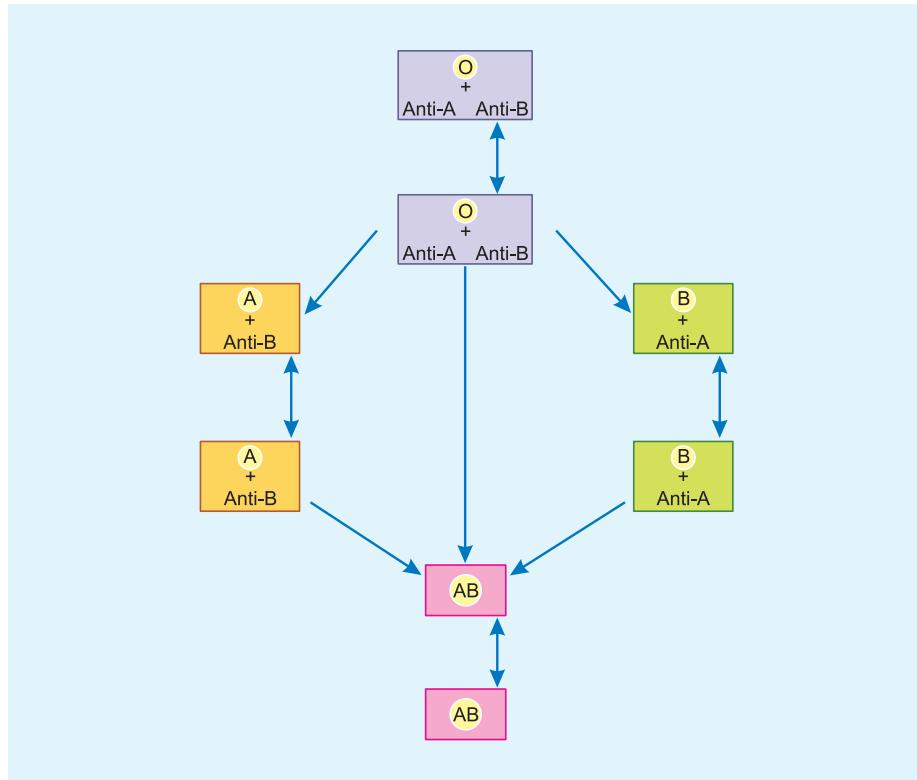
As possibilidades de transfusão são evidenciadas no quadro abaixo em que + e – indicam, respectivamente, aglutinação e não aglutinação.

O esquema a seguir resume as possibilidades de transfusão.

Observação importante

O sangue do tipo O possui aglutininas anti-A e anti-B. Com transfusões de pequeno volume, essas aglutininas ficam muito diluídas no sangue do receptor, o que não acarreta problemas. Contudo, se o volume de sangue O doado for grande, essas aglutininas atingem concentrações que provocam a aglutinação das hemácias do receptor, causando os problemas decorrentes das transfusões incompatíveis. Portanto, o tipo O só é doador universal para pequenas transfusões.

| PLASMA DO RECEPTOR | | HEMÁCIAS DO DOADOR | | | |
|--------------------|-----------------|--------------------|-------|---------|-----|
| GRUPO | AGLUTININAS | A (A) | B (B) | AB (AB) | O — |
| A | ANTI-B | — | + | + | — |
| B | ANTI-A | + | — | + | — |
| AB | — | — | — | — | — |
| O | ANTI-A e ANTI-B | + | + | + | — |

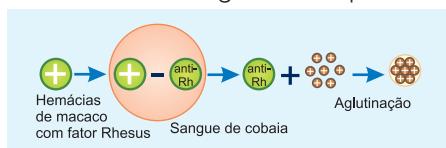


1. O FATOR RHESUS

Em 1940, Landsteiner e Wiener publicaram a descoberta de um antígeno chamado fator Rhesus (fator Rh). Tais autores verificaram que o sangue do macaco Rhesus, quando injetado em coelhos, induz a formação de anticorpos (anti-Rh), capazes de aglutinar não só o sangue desses macacos como também os de uma certa porcentagem de pessoas.

2. CLASSIFICAÇÃO

O anti-Rh é capaz de aglutinar as hemácias humanas portadoras do antígeno correspondente, o chamado fator Rh. Os indivíduos cujas hemácias são aglutinadas possuem o fator Rh positivo (Rh^+) e correspondem a 85% da raça branca. Os chamados Rh negativos (Rh^-) não possuem o fator Rh e, consequentemente, suas hemácias não são aglutinadas pelo Rh.



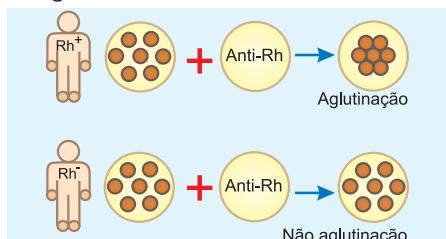
3. HERANÇA

O fator Rh é herdado como um caráter mendeliano dominante, condicionado por um gene designado Rh ou D. Assim, temos:

| Fenótipos | Genótipos |
|-----------|--------------------------|
| Rh^+ | RhRh ou DD Rhrh ou Dd |
| Rh^- | rhrh ou dd |

4. TRANSFUSÕES

Se uma pessoa possui o sangue do tipo Rh^- e receber várias transfusões de sangue Rh^+ , ela poderá, eventualmente, formar anticorpos que vão reagir com essas células em futuras transfusões em que seja usado sangue Rh^+ .



5. ERITROBLASTOSE FETAL

A eritroblastose fetal ou doença hemolítica do recém-nascido pode acontecer a uma criança Rh^+ , filha de uma mulher Rh^- .

Normalmente a circulação materna e a fetal estão completamente separadas pela barreira placentária, mas, quando ocorrem rupturas nesta fina membrana, pequenas quantidades de sangue fetal Rh^+ atingem a circulação materna Rh^- .

As hemácias do feto Rh^+ possuem o fator Rh (antígeno), o que determina a formação de anti-Rh no corpo da mãe. Esses anticorpos, uma vez formados, podem circular através da placenta e destruir hemácias do feto, causando a doença hemolítica. Como na primeira gestação a taxa de anticorpos é baixa, geralmente não ocorre a doença, a não ser que a mãe tenha, anteriormente, recebido uma transfusão de sangue Rh^+ .

A quantidade de sangue que, durante a gestação, passa do feto para

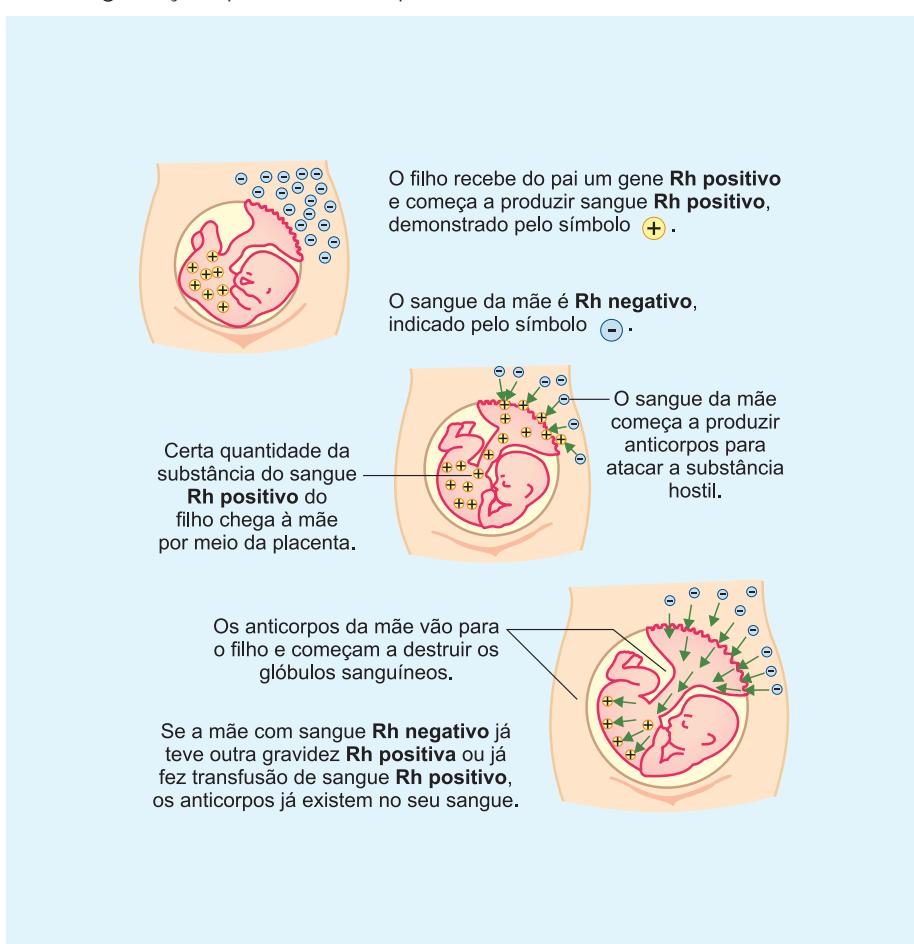
a mãe, devido a pequenas hemorragias espontâneas da placenta, é insuficiente para sensibilizar a mãe e provocar a eritroblastose fetal. A passagem do sangue do feto para a circulação materna, em dose suficiente para provocar a sensibilização, ocorre no parto, quando a placenta se descola.

Como se forma um bebê com a “doença Rh”

Com a destruição de hemácias, o feto torna-se anêmico e libera grande número de eritroblastos (hemácias imaturas nucleadas) na circulação.

A hidropsia (edema causado por falha cardíaca devida a severa anemia) pode causar a morte intra-uterina.

Após o nascimento, a hemólise (destruição de hemácias) produz uma grande quantidade de bilirrubina, o que causa icterícia durante as primeiras 24 horas de vida. A presença de bilirrubina pode provocar lesões cerebrais (Síndrome de Kernicterus), determinando surdez e retardamento mental.



6. PROFILAXIA

Atualmente, a eritroblastose fetal pode ser evitada com uma espécie de vacina chamada Rhogam ou Parthogam. Quando uma mulher Rh⁻

tem um filho Rh⁺, dentro das primeiras 72 horas após o parto, aplica-se uma única dose de aglutinina anti-D ou anti-Rh, substância que provoca a destruição das hemácias Rh⁺ do feto que passaram para o corpo da mãe,

durante o parto, por ocasião do descolamento da placenta. Desse modo, a mãe não produzirá os anticorpos que poderiam afetar o próximo filho Rh⁺.

MÓDULO 17

O Fator MN

Entre os vários抗ígenos existentes no sangue humano, estão o M e N. Algumas pessoas possuem só o抗ígeno M, outras só o N e um terceiro grupo, os dois tipos. O reconheci-

mento dos抗ígenos M e N é feito com a reação do sangue humano aos anticorpos anti-M e anti-N, produzidos no coelho que recebeu sangue humano contendo抗ígenos M e N.

No quadro abaixo aparecem os tipos de casamentos e seus respectivos descendentes:

| Pais | Filhos Possíveis | Filhos não Possíveis |
|---------|------------------|----------------------|
| M x M | M | N e MN |
| M x N | MN | M e N |
| M x MN | M e MN | N |
| N x N | N | M e MN |
| N x MN | N e MN | M |
| MN x MN | M, N e MN | — |

O sangue humano não apresenta anticorpos (anti-M e anti-N), de maneira que não existem problemas de transfusão. A herança é determinada por dois genes codominantes: LM ou M e LN ou N.

| | | | Reação com | |
|-------|-------------------------------------|------------------------|------------|--------|
| Grupo | Genótipos | Antígenos nas Hemácias | Anti-M | Anti-N |
| M | L ^M L ^M ou MM | M | + | - |
| N | L ^N L ^N ou NN | N | - | + |
| MN | L ^M L ^N ou MN | M e N | + | + |

MÓDULO 18

Interação Gênica

1. CONCEITO

Fala-se em interação gênica quando um caráter é condicionado pela ação conjunta de dois ou mais pares de genes com segregação independente.

2. HERANÇA DO TIPO DE CRISTA EM GALINHAS

Nas galinhas há quatro tipos de crista: simples, noz, rosa e ervilha. Na determinação desses tipos de crista atuam dois pares de genes: Rr e Pp. Assim, temos:

| Genótipos | Fenótipos |
|------------------------------|-----------|
| RRee Rree | rosa |
| rrEE rrEe | ervilha |
| RREE RREe RrEE RrEe | noz |



Ervilha



Rosa

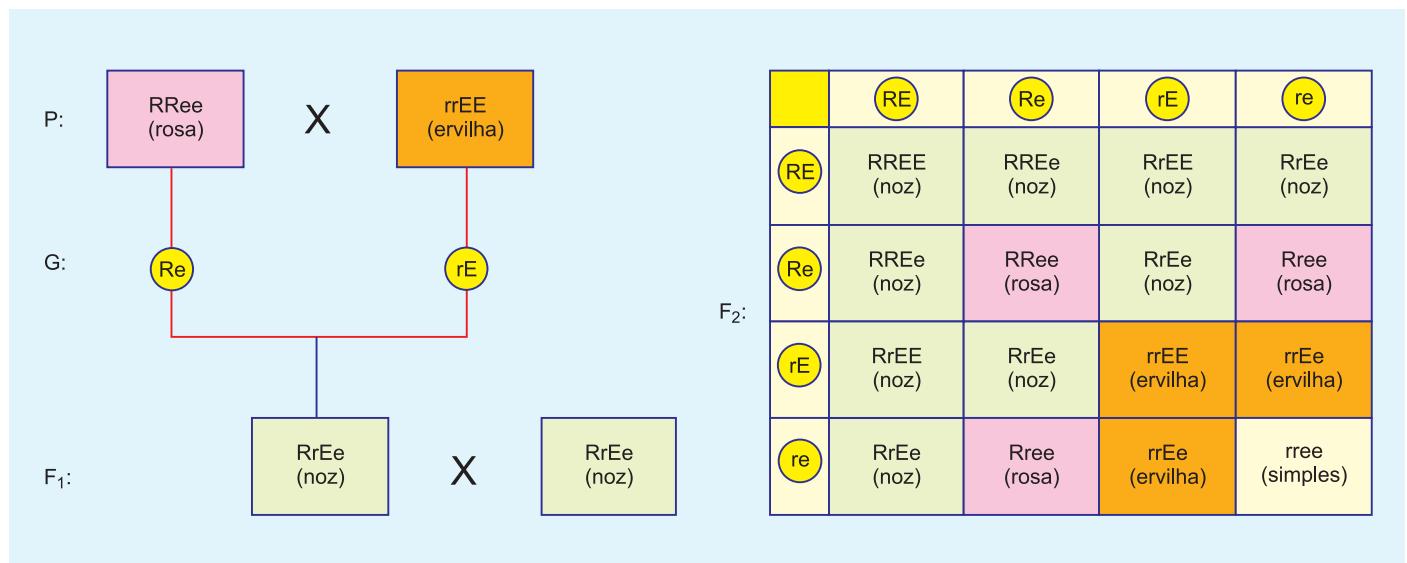


Simples



Noz

A seguir, analisaremos o cruzamento-padrão, no qual a F₂ apresenta a proporção seguinte: 9/16 noz, 3/16 rosa, 3/16 ervilha e 1/16 simples. A proporção 9:3:3:1 confirma a segregação de dois pares de genes.



3. GENES COMPLEMENTARES (RAZÃO 9 : 7)

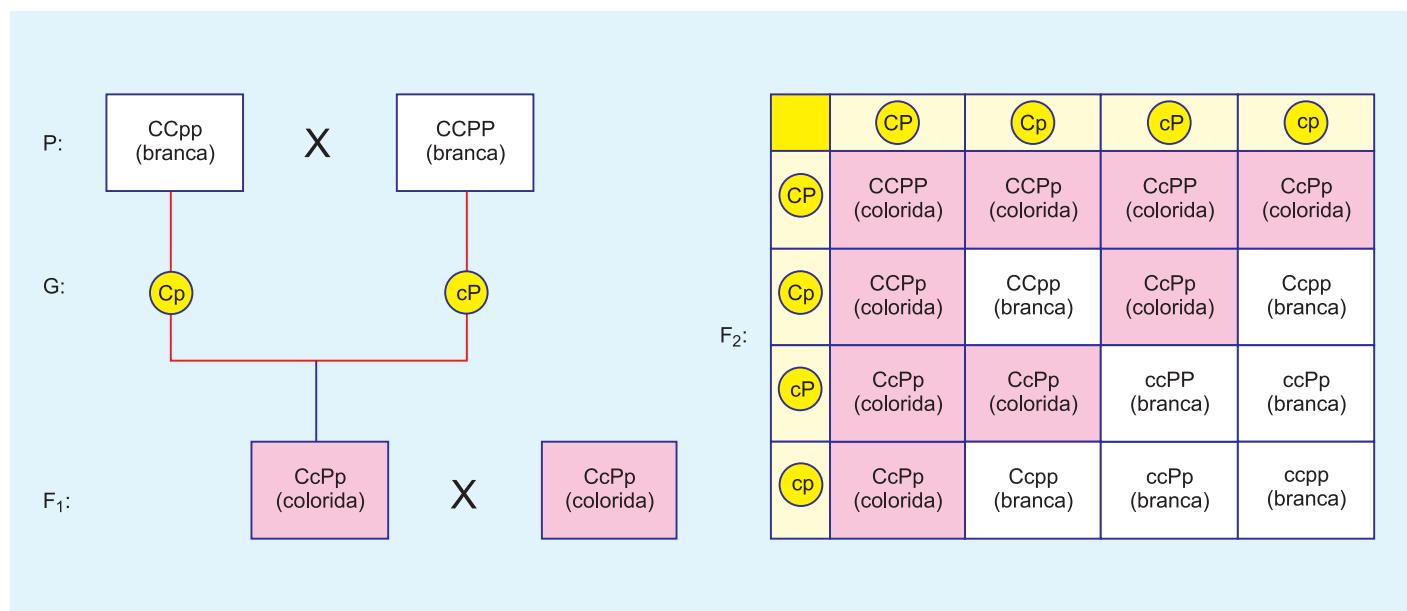
Fala-se em interação de genes complementares quando um determinado fenótipo depende da ação complementar de dois alelos dominantes que isoladamente produzem um outro fenótipo. É o caso da coloração da flor da ervilha-de-cheiro que pode ser púrpura ou branca. A coloração da flor depende da presença de dois genes P e C; na falta

de um ou outro desses genes, ou ambos, a flor será branca.

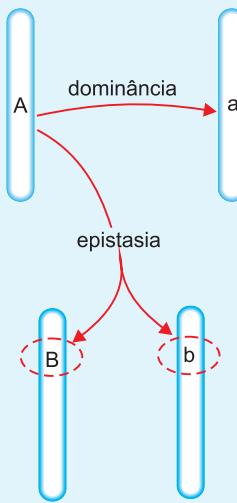
| Genótipos | Fenótipos |
|-----------|--------------|
| CCPP | Flor púrpura |
| CCPp | |
| CcPP | |
| CcPp | |
| CCpp | Flor branca |
| Ccpp | |
| ccPP | |
| ccPp | |
| ccpp | |

4. EPISTASIA

Num cruzamento envolvendo dois genes independentes que agem sobre o mesmo caráter, um dos genes pode impedir a manifestação do outro gene, e é por isso chamado de gene epistático. O gene cuja expressão é impedida denomina-se hipostático. O efeito da epistasia é semelhante àquele da dominância, somente que a última se verifica entre dois alelos, en quanto a epistasia ocorre entre não alelos.



A epistasia pode ser exercida por um gene dominante ou recessivo, daí a sua divisão em epistasia dominante e recessiva.



□ Epistasia dominante (Razão 13:3)

Nas galinhas de raça Leghorn existe um gene (epistático) que impede a manifestação de cor, que é condicionada por um gene C (hipo-

tático), e determina a plumagem branca. As galinhas Wyandotte brancas não têm o gene I, mas não apresentam cor, por não possuírem o gene C; tais galinhas são iicc.

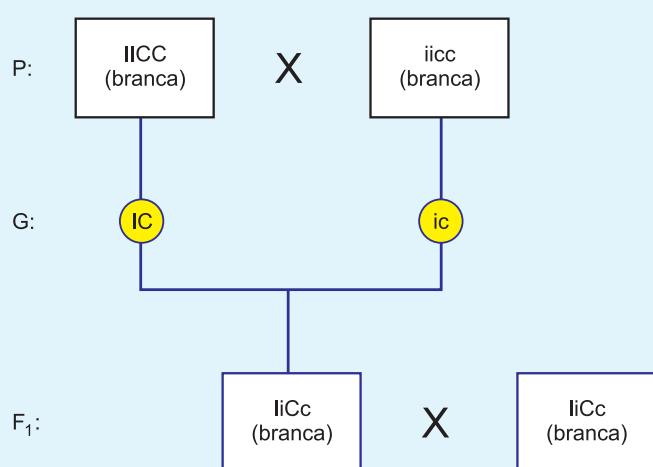
Uma galinha Leghorn branca de genótipo IICC, quando cruzada com um galo da raça Wyandotte branca, de genótipo iicc, produz F_1 toda branca de (IiCc), e uma F_2 composta $13/16$ branca ($9/16$ I - C - + $3/16$ I - cc + $1/16$ iicc) : $3/16$ colorida (iiC-).

| Genótipos | Fenótipos |
|------------------------------|-------------------|
| CCAA CCaA CcAA CcAa | aguti ou cinzento |
| CCaa Ccaa | preto |
| ccAA ccAa ccaa | albino |

□ Epistasia recessiva (Razão 9:3:4)

Vejamos agora um caso de epistasia em que um gene recessivo impede a manifestação de um dominante. Em ratos, a coloração pode ser aguti, preta e albina. A presença de pigmento preto é condicionada por gene C, enquanto o alelo recessivo c produz albino. Um gene A interage com C e produz o rato aguti, cujos pelos são pretos e possuem uma faixa amarela na extremidade. O gene c é epistático em relação ao gene A, enquanto o gene a não produz a faixa amarela.

Quando um rato preto puro CCaa é cruzado com um rato albino ccAA, a F_1 é totalmente aguti devido à interação dos genes C e A. Quando dois irmãos da F_1 são cruzados, a fim de se obter F_2 , verifica-se ser esta constituída por $9/16$ cinzento; $3/16$ preto; $4/16$ albino, como mostra o cruzamento abaixo.



| | IC | Ic | iC | ic |
|----|----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| IC | IICC (branca) | IICc (branca) | IiCC (branca) | iiCc (branca) |
| Ic | IIICc (branca) | IIcc (branca) | IiCc (branca) | Iicc (branca) |
| iC | IiCC (branca) | IIcc (branca) | iiCC (colorida) | iiCc (colorida) |
| ic | IiCc (branca) | Iicc (branca) | iiCc (colorida) | iicc (branca) |

MÓDULO 11

O Sistema Excretor

1. CONCEITO DE EXCREÇÃO

Excreção é o processo de eliminação de substâncias que são produzidas em excesso no organismo. Essas substâncias resultam da atividade (metabolismo) celular.

As células estão sempre em atividade; mesmo que não estejam em crescimento ou em movimento, estão constantemente sintetizando e decompõendo substâncias. Essas atividades dão origem a subprodutos que não podem ser utilizados e que, se acumulados em grandes quantidades, seriam prejudiciais ao organismo.

□ Principais excretas

As principais excretas são:

- CO_2 (dióxido de carbono);
- H_2O (água);
- sais;
- bile;
- NH_3 (amônia);
- $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (ureia);
- $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$ (ácido úrico);
- creatinina.

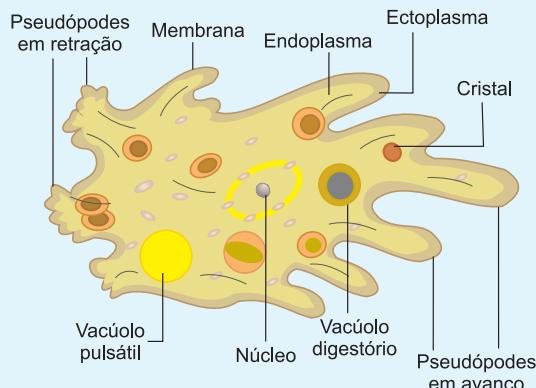
A amônia, a ureia e o ácido úrico são provenientes do metabolismo dos aminoácidos.

Denomina-se **homeostase** a capacidade que tem o organismo de manter seu meio interno em estado de equilíbrio dinâmico.

A homeostase é essencial para a vida, e a manutenção de um meio interno equilibrado depende tanto do sistema excretor quanto dos sistemas digestório e circulatório. Nos animais que têm sistema circulatório, as substâncias que devem ser removidas são transportadas pelo sangue. Podemos dizer, portanto, que o sistema excretor funciona de modo que mantém praticamente constante a composição do sangue.

2. EXCREÇÃO NOS INVERTEBRADOS

Nos protozoários em geral e nos pluricelulares mais simples (poríferos e celenterados), a excreção ocorre por simples difusão.



Ameba (*protozoário dulcaquícola*).

Alguns protozoários de água doce apresentam outro mecanismo excretor. Neles há estruturas chamadas **vacúolos contráteis** ou **pulsáteis**, cuja principal função é remover o excesso de água que entra na célula por osmose. Esse excesso é coletado nesses vacúolos que se contraem periodicamente e expulsam seu conteúdo para o meio. Neles foram encontradas pequenas quantidades de amônia, o que indica a função realmente excretora de tais vacúolos.

Os vermes achatados (platielminhos) enfrentam o mesmo problema dos protozoários de água doce, ou seja, é o excesso de água que se difunde para o interior das células e que deve ser eliminado. Na planária, o CO_2 e a maior parte da amônia (NH_3) são excretados por difusão.

Para remover o excesso de água, a planária tem um sistema constituído por um conjunto de tubos ramificados, terminando as ramificações menores em uma célula especializada, a **célula-flama**. Cada célula-flama abre-se em uma cavidade onde se projetam diversos flagelos, cujo movimento leva a água para os canais excretores. O nome "célula-flama" deve-se ao movimento dos flagelos internos que possui.

A célula-flama também é denominada **solenócito** e ocorre nos cefalocordados (ex.: anfioxo).

Os asquelmintos apresentam dois tipos de sistema excretor: o simples e o duplo. O simples aparece nos asquelmintos de vida livre e é constituído por uma grande célula ventral e anterior, com um ducto que se abre posteriormente na linha mediana. No sistema duplo, também conhecido por "tubos em H", existem dois canais que correm ao longo das linhas laterais. Na parte anterior, os dois tubos unem-se e formam um único, que se abre na linha mediana ventral. Cada tubo é constituído por uma única célula canaliculada. As paredes dos tubos absorvem por osmose os catabólitos, que são enviados para o poro excretor.

Os crustáceos apresentam um par de **glândulas verdes** situado ventralmente na cabeça, anterior em relação ao esôfago.

Em cada glândula verde, distinguem-se o saco terminal, o labirinto, o tubo branco, a bexiga e o poro excretor.

O saco terminal é uma cavidade de natureza celomática, em contato com o labirinto, uma estrutura de cor verde, também chamada córtex, constituída por numerosos canículos anastomosados, ficando o conjunto com uma consistência esponjosa. Do labirinto sai o tubo branco, de contorno sinuoso, dilatando-se na extremidade e formando a bexiga com um curto ducto terminado em poro excretor, situado na base da antena. As glândulas verdes absorvem catabólitos do sangue e dos líquidos intersticiais.

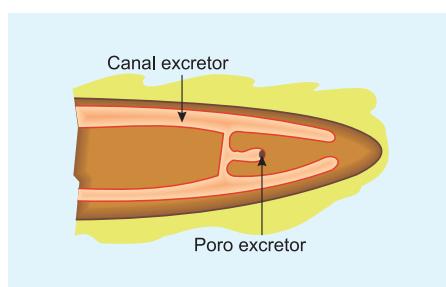
Os anelídeos (vermes metamerizados), como a minhoca, utilizam o sistema circulatório como principal meio de remoção do CO₂ e também apresentam tubos excretóres que se dispõem em pares em quase todos os segmentos do corpo (não ocorrem nos dois primeiros e no último); são denominados **nefrídios**.

Fluidos contendo as **excretas** (água e amônia) entram na abertura em漏il de cada tubo e são levados à porção terminal deste, que é circundada por numerosos vasos sanguíneos. A abertura configura-se na cavidade do corpo, de onde as excretas são coletadas. A parte final do tubo abre-se em um poro na parede do corpo, por onde as excretas são eliminadas.

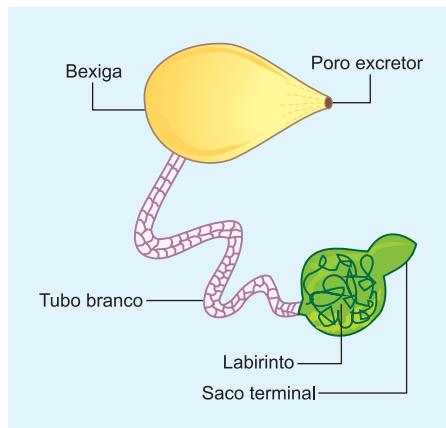
Os moluscos também apresentam nefrídios.

Os insetos utilizam-se de diferentes mecanismos de excreção: o dióxido de carbono é eliminado pelas **traqueias**; as excretas nitrogenadas são eliminadas através de estruturas especializadas, os **túbulos de Malpighi**. Uma das extremidades desemboca no intestino e a outra se aloja nas

lacunas do sistema sanguíneo. Retiram do sangue os produtos de excreção e os transferem para o tubo digestório, de onde os catabólitos são eliminados, pelo ânus, com as fezes.

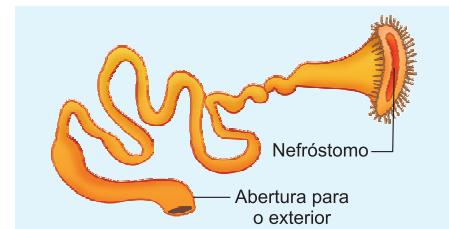


Nematoide – sistema excretor em H.

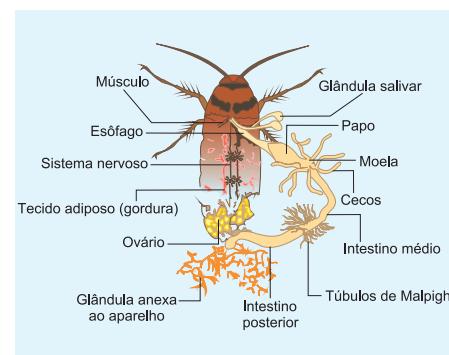


Glândula verde de crustáceo.

A principal excreta nitrogenada dos insetos é o ácido úrico. O fato de ser praticamente insolúvel em água é a propriedade mais importante dessa substância, pois não requer água para conservar os cristais de ácido úrico no interior dos seus tubos excretóres. Esses cristais passam para o tubo digestório e daí são eliminados, pelo ânus, com as fezes.



Nefrônio de um anelídeo.



Tubo de Malpighi na barata.

Os miríápodos e os aracnídeos também apresentam túbulos de Malpighi.

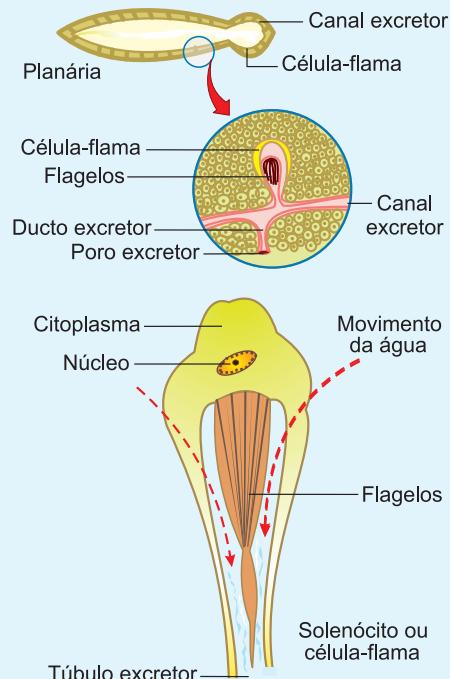
Os aracnídeos, além dos túbulos de Malpighi, apresentam um ou dois pares de glândulas coxais excretoras, situadas no assoalho do céfalon-tórax. Essas glândulas são consideradas homólogas às glândulas verdes dos crustáceos.

3. CLASSIFICAÇÃO DOS ANIMAIS QUANTO À PRINCIPAL EXCRETA NITROGENADA

A amônia é muito tóxica para as células, a ureia é menos tóxica do que a amônia e o ácido úrico praticamente não é tóxico.

O fato de os insetos excretarem o ácido úrico, e não amônia ou ureia, é uma adaptação para a vida no meio ambiente terrestre, onde a economia hídrica é vital para a sobrevivência.

A amônia é a excreta nitrogenada de animais de pequeno porte que dispõem de muita água. A ureia, como a amônia, também necessita de água pa-



Excreção na planária.

ra sua eliminação; portanto, sua excreção ocorre em animais que dispõem de água em quantidades suficientes.

O homem excreta ureia dissolvida em água em quantidade tal que a sua concentração é bastante baixa.

Os peixes ósseos eliminam amônia, e os peixes cartilaginosos excretam ureia.

Os répteis e as aves, da mesma maneira que os insetos, também eliminam o ácido úrico como principal excreta nitrogenada. Nesses animais, a excreção se dá com uma perda de água muito pequena. Sob esse aspecto, insetos, aves e répteis ajustam-se da mesma maneira à vida terrestre, na qual, frequentemente, o suprimento de água é limitado.

Classificam-se os animais, quanto à principal excreta nitrogenada, em três grupos: amonotélicos, ureotélicos e uricotélicos.

Animais que vivem em ambiente terrestre não têm um suprimento ilimitado de água em contato tão próximo com seus tecidos, como é o caso dos aquáticos. Por ser bastante tóxica, a amônia produzida no metabolismo não pode ser acumulada. Assim, muitos animais terrestres desenvolveram processos para converter a amônia em ureia ou ácido úrico.

De acordo com Needham, bioquímico inglês, a excreção de ureia ou ácido úrico é determinada pelas condições em que o embrião se forma. O

embrião do mamífero desenvolve-se em estreito contato com o sistema circulatório materno. Assim, a ureia, que é bastante solúvel, pode ser removida do embrião pela circulação materna e, a seguir, excretada.

Os embriões de ave e de réptil desenvolvem-se em um ovo de casca rígida e no meio externo (ovíparos). Os ovos são postos com água suficiente para mantê-los durante a incubação. A produção de amônia ou mesmo ureia, em tal sistema fechado, poderia ser fatal porque tais excretas são tóxicas. Esses embriões produzem ácido úrico que, por ser insolúvel, precipita e permanece acumulado no alantoide (anexo embrionário). Tais características, tão necessárias ao desenvolvimento embrionário, são levadas posteriormente ao indivíduo adulto.

O girino, que é aquático, excreta principalmente amônia. Entretanto, ao sofrer o processo de metamorfose, torna-se um verdadeiro anfíbio e passa muito tempo fora d'água. Durante a metamorfose, o animal começa a produzir ureia em lugar de amônia e, quando a metamorfose se completa, a ureia passa a ser produto de excreção predominante.

Os peixes dipnoicos constituem outro exemplo interessante. Enquanto na água, excretam principalmente amônia; quando o rio ou o lago secam, permanecem na lama e começam a estivar e acumular ureia como produto final nitrogenado. Quando as chuvas voltam, esses peixes excretam uma grande quantidade de ureia e iniciam novamente a excreção de amônia.

| Animais | Ocorrência | Observação |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Amonotélicos NH_3 | Maioria dos invertebrados aquáticos, teleósteos (peixes ósseos), protocordados. | Solúvel (muito tóxica). |
| Ureotélicos $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | Peixes condrichtes (cartilaginosos), anfíbios, mamíferos. | Solúvel (menos tóxica do que a amônia). |
| Uricotélicos $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$ | Insetos, répteis, aves. | Insolúvel (não tóxica). |

Classificação dos animais quanto à principal excreta nitrogenada.

MÓDULO 12

A Excreção Humana

1. EXCREÇÃO NOS MAMÍFEROS

Nos animais mais evoluídos, a excreção ocorre por meio de diversos órgãos. No homem, por exemplo, os rins formam a urina, que é uma solução de excretas nitrogenadas em água; a pele excreta o suor, que é também um produto de excreção; o fígado elimina a bile, fluido que contém excretas, os pigmentos biliares; os pulmões excretam água e dióxido de carbono.

□ O rim

A unidade morfológica e funcional do rim é chamada **néfron**. Cada rim apresenta cerca de 1 milhão de néfrons.

O néfron é constituído pela arteriola aferente, glomérulo de Malpighi, arteriola eferente, cápsula de Bowman, túbulo contornado proximal, alça de Henle e túbulo contornado distal. Os túbulos distais de vários néfrons desembocam em ductos coletores. Os vários coletores desembocam na pelve do rim. Da pelve partem para o ureter, que se dirige para a bexiga urinária. A urina é formada continuamente no rim e acumulada na bexiga urinária.

A formação da urina, que ocorre nos néfrons, deve-se aos processos: **filtração glomerular, reabsorção e secreção tubular**.

□ Filtração glomerular

Ocorre na cápsula de Bowman: o sangue que chega aos capilares sanguíneos do glomérulo pela arteriola aferente é forçado pela pressão sanguínea contra as paredes do capilar e da cápsula (paredes semipermeáveis); desse modo, uma parte do plasma sanguíneo extravasa, ou seja, é filtrada para o interior da cápsula.

O líquido filtrado tem composição química semelhante à do plasma sanguíneo, diferindo deste pela ausência de proteínas.

A pressão de filtração pode ser obtida da seguinte maneira:

$$\text{PF} = \text{PS} - (\text{PO} + \text{PC})$$

em que:

PF = pressão de filtração.

PS = pressão hidrostática do sangue nos capilares.

PO = pressão osmótica das proteínas do plasma (pressão oncótica).

PC = pressão hidrostática da cápsula de Bowman.

□ Reabsorção renal

O filtrado capsular formado na cápsula de Bowman flui ao longo do túbulo renal (túbulo contornado proximal, alça de Henle e túbulo contornado distal) e atinge o ducto coletor. Nesse trajeto, a maior parte da água e das substâncias nela dissolvidas é reabsorvida pelos capilares sanguíneos; o restante do filtrado irá constituir a urina.

Nos dois rins do homem, são produzidos por minuto cerca de 130 cm³ de filtrado capsular; porém, esse fluido modifica-se bastante à medida que flui ao longo dos túbulos renais até atingir o ureter. Já a produção de urina é de cerca de 1 cm³ por minuto; portanto,

mais de 99% do filtrado é **reabsorvido** à medida que percorre os túbulos renais e os ductos coletores.

Muitas substâncias componentes do filtrado capsular são necessárias ao organismo e não podem ser perdidas com a urina (como água, sais, substâncias alimentares etc.). Essas substâncias são transportadas do interior do túbulo para o interior dos capilares peritubulares e contra um gradiente de concentração, isto é, de uma região de menor concentração (interior do túbulo) para uma de maior concentração (interior do capilar sanguíneo). Esse transporte, através das células dos túbulos renais (reabsorção), é feito por meio do mecanismo de transporte ativo.

A reabsorção ativa dos solutos citados pelos túbulos proximais é acompanhada de uma **reabsorção passiva** do seu solvente – a água. Esse mecanismo, denominado **reabsorção obrigatória**, é decorrente da necessidade de manter-se o equilíbrio osmótico nessa região do néfron.

O mecanismo de reabsorção ao longo da alça de Henle acontece da seguinte maneira: o ramo ascendente é impermeável à água, porém reabsorve sódio; dessa maneira, o fluido tubular torna-se menos concentrado ao chegar ao túbulo contornado distal e ao ducto coletor.

A permeabilidade à água das paredes do túbulo distal e do ducto coletor é variável. Assim, nessas porções, a reabsorção da água é controlada pelo hormônio antidiurético (**ADH**).

O ADH faz aumentar a permeabilidade da membrana, levando a uma maior reabsorção de água. Na ausência do ADH, a membrana torna-se impermeável à água, que, então, é eliminada na urina. Essa absorção de água controlada pelo ADH é denominada **reabsorção facultativa**, porque depende somente das necessidades hídricas do organismo e não tem relação com a concentração dos solutos do fluido tubular.

□ Secreção tubular

Ao longo do néfron, subs-

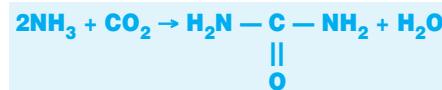
tâncias indesejáveis podem ser eliminadas pelo sangue, diretamente no fluido do túbulo renal. É o que ocorre, por exemplo, com o antibiótico que o indivíduo doente recebeu. Ele é secretado ativamente na urina em formação.

2. O FATOR NATRIURÉTICO ATRIAL (FNA)

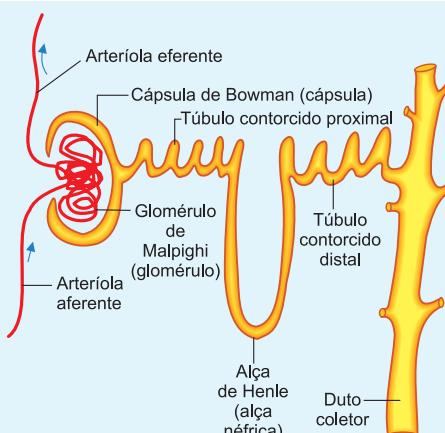
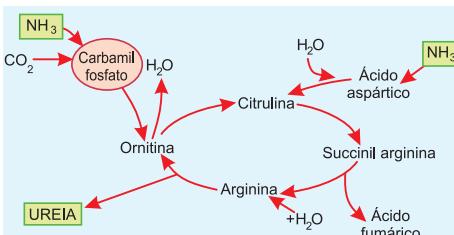
Adolpho de Bold descobriu um hormônio denominado FNA. Trata-se de um composto químico produzido pelo átrio cardíaco. O FNA promove uma vasodilatação da arteriola aferente e uma vasoconstrição simultânea da arteriola eferente, aumentando a pressão glomerular e o volume de urina produzida e contribuindo para a diminuição da pressão sanguínea.

3. CICLO DA ORNITINA

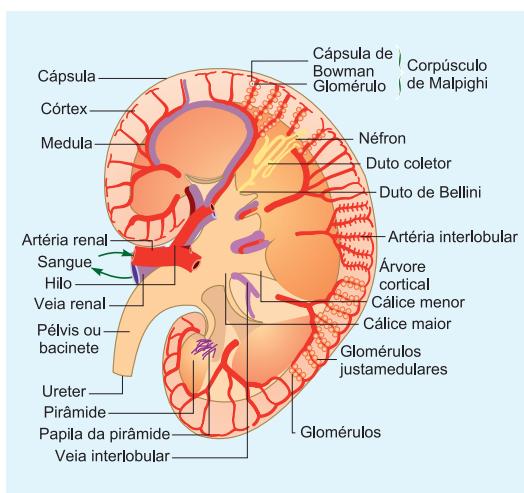
Os aminoácidos que não são utilizados na síntese proteica são transformados, para fornecer parte da energia utilizada pelo organismo. Esse processo envolve a perda do grupo NH₂. Os grupos NH₂ reagem formando amônia. No fígado, a maior parte da amônia dá origem a um composto menos tóxico, a ureia; desse modo, nos animais ureotélicos, a ureia é produzida principalmente no fígado, a partir dos resíduos metabólicos de amônia e de carbono, de acordo com a seguinte reação:



A ureogênese dá-se da seguinte maneira: uma molécula de amônia e uma de CO₂ combinam-se com a ornitina, originando outro aminoácido, a citrulina. Este aminoácido se combina com uma molécula de ácido aspártico (uma segunda molécula de amônia é consumida na produção do ácido aspártico), formando a arginina, que reage com água, dando ureia e ornitina. Note que temos aqui um mecanismo cíclico, que se denomina ciclo da ornitina.



O néfron (unidade funcional do rim).



Rim completo.

1. GENERALIDADES

Os músculos apresentam as seguintes funções:

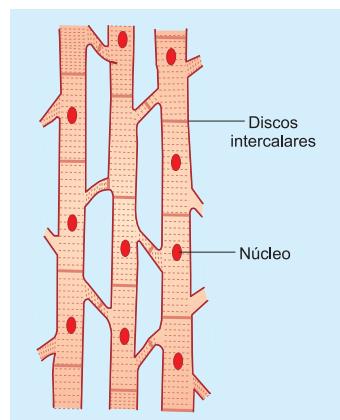
- sustentação;
- locomoção (movimentação);
- fornecimento de calor (homeotermos);
- manutenção da forma;
- pressão sanguínea (coração).

Na minhoca, a sustentação é exercida especialmente pelos músculos, pois ela não apresenta esqueleto.

A função de movimento deve compreender não somente os movimentos macroscópicos (visíveis facilmente), como também o movimento dos órgãos internos.

Podemos classificar os músculos em três tipos: liso ou visceral, cardíaco e estriado esquelético.

O músculo é constituído de um grande número de fibras ou células que possuem cerca de 100 µm de diâmetro. A célula (esquema 2) apresenta-se com estriação transversal. Observando-se uma célula isolada (em 3), nota-se que há inúmeras fibrilas dispostas longitudinalmente no seu interior – são denominadas **miofibrilas**, com cerca de 1 µm de espessura. Nos esquemas 4, 5 e 6, aparecem, em aumento crescente, porções de uma miofibrila. A miofibrila apresenta estriações transversais e tais estrias seguem um padrão definido: o trecho compreendido entre duas **estrias Z** denomina-se **sarcômero** (unidade estrutural e fisiológica da contração); estria Z é uma região de condensação de proteína; a faixa mais clara, situada entre duas bandas A, chama-se **banda I**.



Estrutura do músculo estriado cardíaco de mamífero.

As miofibrilas, vistas ao microscópio eletrônico, aparecem constituídas por **miofilamentos**, com espessura de 50 Å a 100 Å. Esses miofilamentos interdigitam-se de tal modo que seu arranjo determina as faixas A e I.

A banda A é composta de filamentos grossos de uma proteína – a **miosina**, que se imbrica com filamentos finos de outra proteína – a **actina**. A banda I contém somente filamentos finos de actina. Os filamentos grossos de miosina mostram pontes laterais que se dirigem para os filamentos finos de actina.

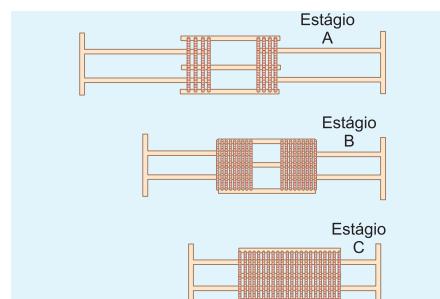
2. MECANISMO DA CONTRAÇÃO MUSCULAR

Segundo Huxley (Prêmio Nobel em 1963), a contração muscular obedece à teoria dos filamentos deslizantes.

De acordo com essa teoria, quando ocorre a contração, os miofilamentos de actina e miosina não se encurtam nem se esticam; eles deslizam uns sobre os outros, de maneira que os filamentos de actina se aproxi-

mam, diminuindo a faixa H. Observando a figura que se segue, notamos que a banda A não altera suas dimensões durante a contração e o relaxamento, enquanto a banda I diminui de comprimento na contração e aumenta no relaxamento.

Como os únicos contatos observáveis entre os miofilamentos são as pontes laterais, que partem dos miofilamentos de miosina, admite-se que tais pontes sejam as responsáveis pelo deslizamento, deslocando-se os filamentos de actina em relação aos de miosina.



A contração muscular.

□ Dependência do Sistema Nervoso

Os músculos estriados são estimulados para a contração por impulsos nervosos. Dependem de impulsos provenientes dos nervos medulares e cerebrais para iniciar sua atividade. Essa dependência é tão grande que, quando há uma separação entre nervo e músculo, não há mais contração e os músculos se atrofiam.

O músculo estriado nunca está em repouso completo, mas levemente contraído, porque recebe constantemente impulsos nervosos da medula e do cérebro. Esse estado de contração chama-se **tônus**.

| Tipos de músculos | Nº de núcleos por célula | Estrias transversais | Velocidade (da contração) | Comando nervoso |
|----------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Liso ou visceral | 1 | ausentes | lenta | S. N. Autônomo (involuntário) |
| Estriado cardíaco | 1 ou 2 | presentes | rápida | S. N. Autônomo (involuntário) |
| Estriado esquelético | vários | presentes | rápida | Cerebral (voluntário) |

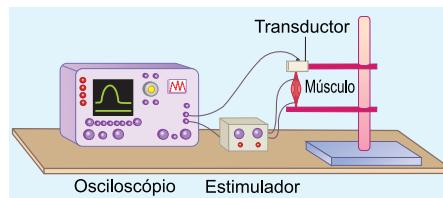
Quando o impulso nervoso atinge a junção neuromuscular, ocorre aí uma série de fenômenos bioquímicos. Nem todas essas reações são completamente conhecidas. O resultado final do impulso nervoso é a contração das fibras musculares. A contração total do músculo esquelético é o resultado da contração maciça das fibrilas das células musculares.

3. EXCITABILIDADE MUSCULAR

A contração pode ser provocada artificialmente nos músculos *in situ* ou recém-separados do organismo. O agente aplicado ao músculo para se

obter a resposta deste chama-se estímulo.

Em preparações neuromusculares, pode-se produzir a contração aplicando-se diversas classes dos estímulos (mecânicos, químicos, elétricos) ao músculo ou ao nervo (estimulação direta ou indireta, respectivamente).

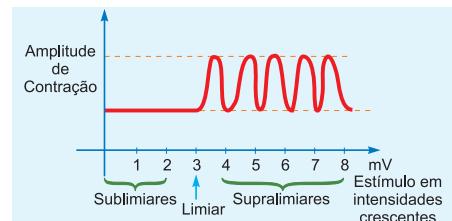


Observação da contração de um músculo na tela de um osciloscópio.

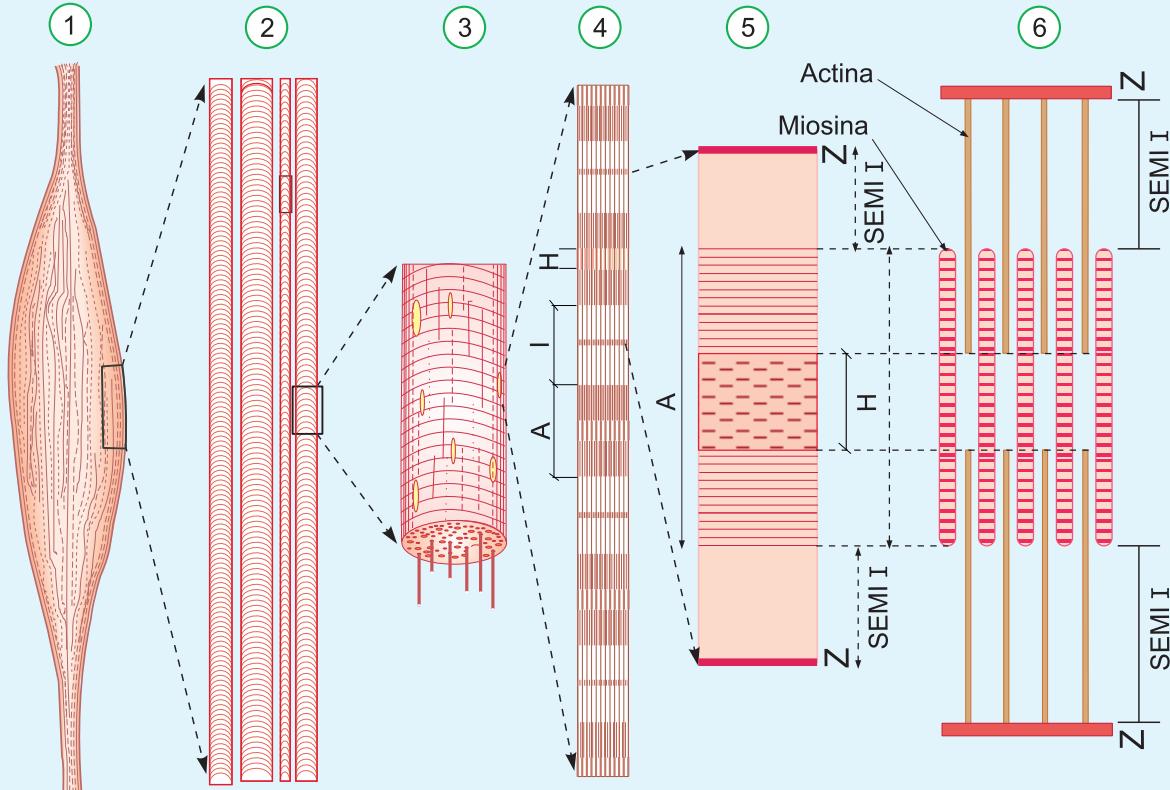
Uma fibra muscular isolada, quando estimulada, obedece à “Lei do Tudo ou Nada”.

Se o estímulo for subliminar, a fibra não responde, mas, se for limiar ou supraliminar, responde com intensidade máxima.

O músculo, bem como o nervo, obedece à “Lei do Tudo ou Nada”.



Lei do Tudo ou Nada.



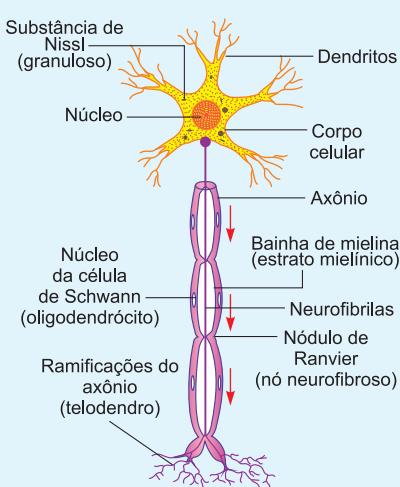
A figura acima mostra a estrutura da célula (fibra) muscular estriada esquelética, desde o músculo visível a olho nu em 1 até o nível ultramicroscópico em 6.

1. O NEURÔNIO

O sistema nervoso é constituído por uma rede de unidades celulares denominadas neurônios (células nervosas). Os neurônios mostram uma variedade de forma e tamanho, porém possuem elementos comuns. Uma célula nervosa típica tem três partes principais: dendritos, axônio (cilindro-eixo ou fibra nervosa) e corpo celular.

Os dendritos e o axônio (este sempre único em cada célula) são prolongamentos do neurônio. Os dendritos conduzem o influxo nervoso em direção ao corpo celular. No axônio, pode haver, além da membrana celular, duas outras bainhas: bainha de mielina (interna) e bainha de Schwann (externa, celular). Essas bainhas são interrompidas em intervalos regulares por estrangulamentos chamados nódulos de Ranvier, que têm papel importante na velocidade da condução nervosa.

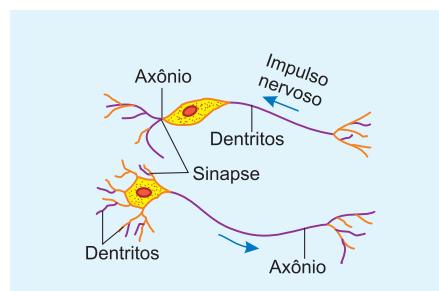
Nervo é um grande número de axônios, cada um originário de um neurônio diferente. O nervo não contém corpos celulares, pois estes estão localizados no encéfalo, na medula e nos gânglios nervosos.



Esquema de um neurônio.

2. SINAPSE

As células nervosas e seus prolongamentos fazem contatos umas com as outras através de pontos denominados sinapses. Na sinapse, o axônio terminal não está em contato direto (continuidade) com a membrana das ramificações do neurônio seguinte, mas existe aí uma fenda da ordem de 200 Å de largura. A transferência de um influxo nervoso através dessa sinapse é feita por meios químicos. Uma característica importante é que a transmissão do impulso na sinapse se processa somente no sentido axônio-dendrito e nunca no sentido inverso. Desse modo, a sinapse atua como uma válvula de sentido único.



A sinapse.

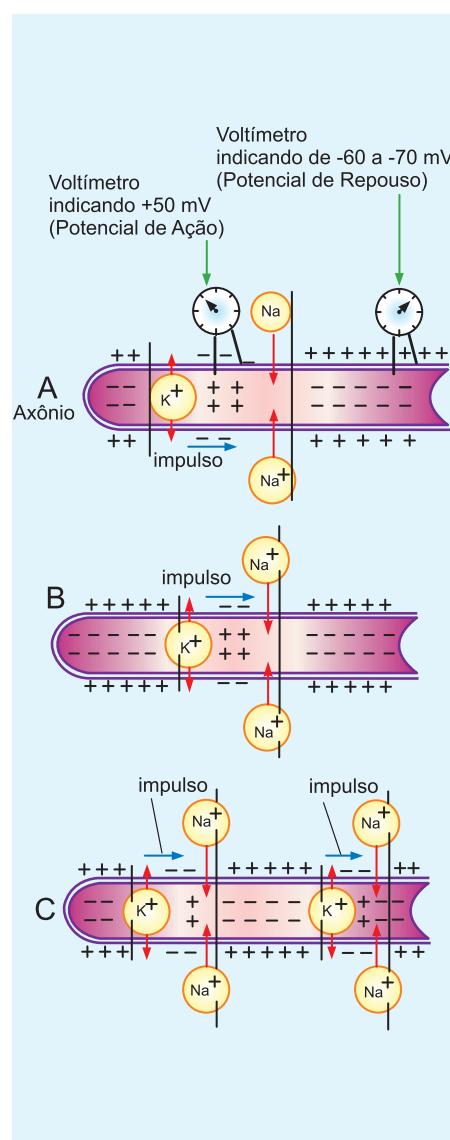
3. CONDUÇÃO DO IMPULSO

No neurônio, em razão da permeabilidade seletiva, há uma diferente distribuição de íons através da membrana, gerando um maior acúmulo de íons positivos fora da membrana (do axônio) em relação a seu interior. Essa distribuição diferencial de íons cria uma diferença de potencial que oscila ao redor de -70 mV, que é o potencial de repouso (PR).

Quando um impulso nervoso se propaga pelo axônio, o que se observa é uma onda de aumento de permeabilidade, provocando uma inten-

sa entrada de íons sódio com inversão do potencial: o interior do axônio passa a ser positivo e o exterior negativo [potencial de ação (PA)].

Logo após a passagem da onda de despolarização (inversão de estado elétrico), o equilíbrio iônico se estabelece e a fibra estará em condições de desenvolver um novo potencial de ação (influxo). Isto ocorre por mecanismo de transporte ativo de íons com consumo de energia (ATP).



Condução do impulso nervoso ao longo do axônio.

1. ATO REFLEXO

Os movimentos coordenados mais simples que você pode executar (pستانear, espirrar ou retirar bruscamente a mão de uma chapa aquecida) parecem reações involuntárias automáticas que surgem rapidamente quando ocorrem certas modificações no ambiente. Você retira a mão da chapa aquecida mesmo antes de perceber que se queimou.

Essas reações involuntárias que envolvem impulsos nervosos são denominadas de reflexos. Nos reflexos, a transferência de informações percorre um caminho conhecido pelo nome de arco reflexo.

Os fenômenos que se desenvolvem nas vias nervosas desde o receptor, ao receber o estímulo, até o efetor, que dá a resposta final, denominam-se atos reflexos.

Quando é pequeno o número de neurônios envolvidos, tem-se um **ato reflexo simples** e, ao contrário, quando há um grande número de neurônios envolvidos, chama-se **ato reflexo complexo**. Todas as estruturas envolvidas no ato reflexo recebem, em conjunto, a denominação **arco reflexo**.

Um arco reflexo simples, como o reflexo **patelar**, ocorre da seguinte maneira:

– O órgão receptor do estímulo é o tendão do joelho. Um golpe desferido excita as extremidades nervosas (dendritos) dos **neurônios**, cujos corpos celulares estão localizados no gânglio raquidiano. Os axônios desses neurônios penetram na parte dorsal da medula e fazem sinapse com os dendritos dos **neurônios associativos**, cujos axônios transmitem o impulso nervoso para o terceiro grupo de neurônios – os **neurônios motores**.

– Os corpos celulares desses neurônios motores estão localizados

na medula em sua parte ventral (anterior) e seus axônios partem pela raiz anterior e vão excitar os músculos da coxa, provocando o movimento da perna; desenvolve-se assim o reflexo patelar. Os axônios dos neurônios associativos do arco reflexo também entram em sinapse com neurônios que transmitem o impulso nervoso ao encéfalo e, assim, tem-se consciência do golpe sofrido no joelho.

Um arco reflexo simples, como o descrito, envolve as seguintes estruturas:

– **Receptor do estímulo** – representado por corpúsculos sensoriais do tendão e inervados por dendritos dos neurônios sensitivos.

– **Via sensitiva** – representada pelos neurônios sensitivos que se dirigem para a medula pela raiz dorsal.

– **Neurônio associativo** – situado na medula, transforma a informação sensorial em ordem de ação

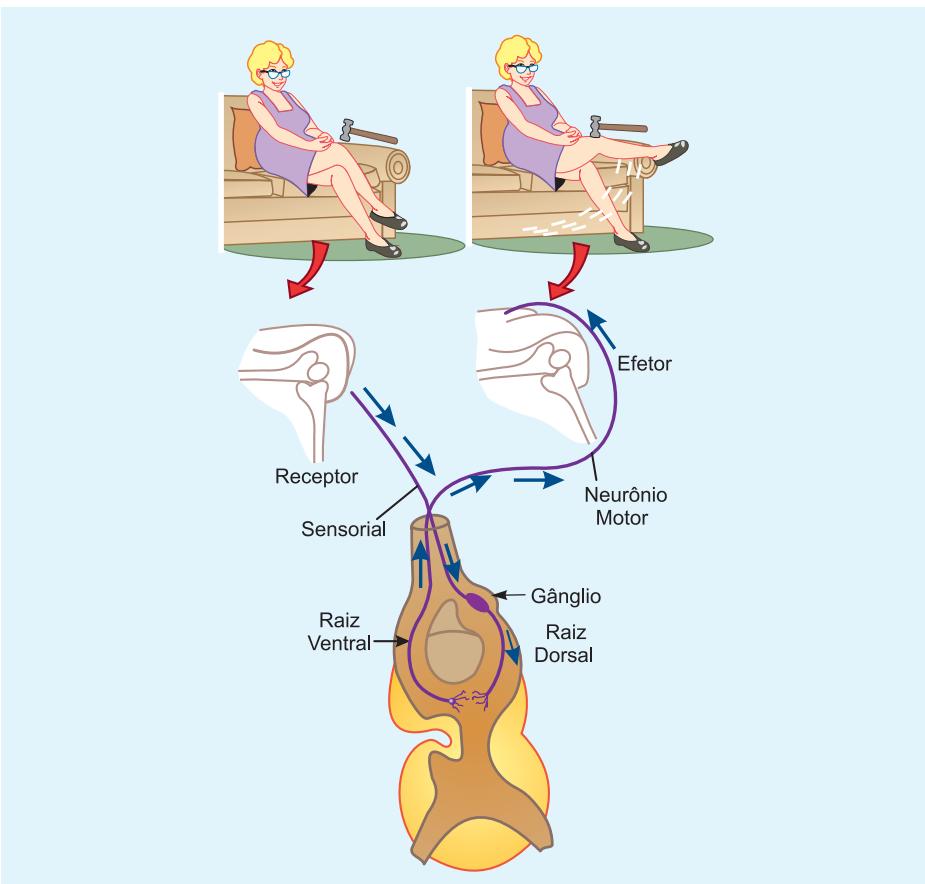
que se propagará pelos neurônios motores. Nos reflexos complexos podem ocorrer vários neurônios de associação.

– **Via motora** – neurônios motores, que conduzem a ordem de ação para a contração dos músculos e saem da medula pela raiz ventral; chegam até o efetor.

– **Efetor** – realiza a resposta final ao estímulo; esse reflexo patelar está representado pelos músculos da coxa.

Os reflexos podem ser medulares e encefálicos. Nos reflexos medulares, como o patelar, a integração da informação ocorre na medula e é sempre automática e involuntária. Reflexos encefálicos são complexos, e a integração ocorre em neurônios associativos do encéfalo.

Os efetores podem ser representados pelos músculos e por glândulas.



Ato reflexo patelar.

2. DIVISÃO ANATÔMICA E FISIOLÓGICA DO SISTEMA NERVOSO

O sistema nervoso central compreende o encéfalo e a medula espinhal ou nervosa.

O sistema nervoso periférico compreende nervos cranianos (do encéfalo), nervos raquidianos ou espinhais (da medula), gânglios sensoriais e simpáticos.

Os neurônios (ou fibras) que conduzem impulso ao sistema nervoso central (encéfalo e/ou medula) são denominados **neurônios aferentes** ou **sensitivos**; aqueles que conduzem do sistema nervoso central aos efetores (músculos e glândulas) são chamados **neurônios eferentes** ou **motores**.

Geralmente existem neurônios associativos no sistema nervoso, conectando esses neurônios (afferentes e eferentes).

Os corpos celulares dos neurônios eferentes estão localizados dentro da medula na sua porção ventral (ou anterior) e suas fibras constituem a raiz ventral ou anterior. Os neurônios aferentes que penetram no encéfalo têm seus corpos celulares nos gânglios, localizados próximos ao encéfalo.

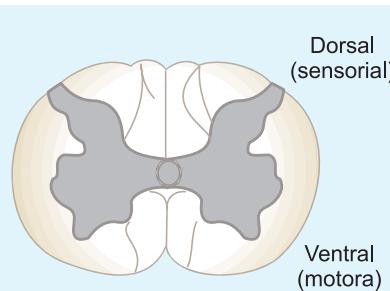
A atividade motora da musculatura esquelética é controlada por fibras do sistema nervoso periférico por meio de diferentes níveis do sistema nervoso central, cerebral ou medular. A musculatura lisa e a cardíaca, assim como as glândulas, recebem inervação do sistema nervoso autônomo.

□ Sistema Nervoso Central

É constituído pelo encéfalo e pela medula, que são protegidos por três camadas de tecido conjuntivo (meninges) e por ossos (crânio e coluna vertebral). A meninge mais interna, que está em contato direto com o encéfalo e a medula, é a pia-máter, a meninge média é a aracnoide e a mais externa é a dura-máter.

O espaço entre a pia-máter e a aracnoide está preenchido pelo líquido cefalorraquidiano, ou liquor, cuja função é oferecer proteção ao tecido nervoso, atuando como amortecedor hidráulico contra choques e os movimentos a que está sujeito. O líquido cefalorraquidiano preenche, também, os ventrículos cerebrais e o canal do epêndima.

A medula é um órgão com forma cilíndrica e estende-se do bulbo até as vértebras lombares. O tecido nervoso da medula diferencia-se numa porção interna, denominada substância cinzenta, constituída por neurônios e fibras amielínicas e por células de sustentação (a neuróglia).



Microfotografia de um corte transversal de medula nervosa.

A porção externa é constituída por fibras mielinizadas que correspondem aos axônios dos neurônios da substância cinzenta, fibras amielínicas e células de sustentação. A grande quantidade de fibras com mielina confere uma cor clara a esta parte da medula, que, por isso, é chamada substância branca.

A substância cinzenta, vista em corte transversal da medula, toma a forma de letra H dentro da substância branca.

□ Sistema Nervoso Autônomo

É a parte do sistema nervoso responsável pelas funções viscerais do organismo. Trata-se de um sistema essencialmente efetor, que regula e coordena, total ou parcialmente, a pressão arterial, a temperatura do corpo, a contração da musculatura lisa das vísceras, os batimentos cardíacos e outras atividades involuntárias. De modo geral, o sistema autônomo garante o equilíbrio do meio interno, ou seja, a homeostase.

A atividade autônoma (sistema autônomo) é em maior parte controlada pelo sistema nervoso central, principalmente pelo hipotálamo.

O sistema nervoso autônomo é dividido em sistema simpático e sistema parassimpático, que, de um modo geral, têm ação antagônica sobre os órgãos que inervam, controlando-os, respectivamente, por meio de adrenalina e acetilcolina.

Sistema Nervoso Autônomo

| Simpático | | Parassimpático | | |
|------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Tamanho | Fibra Pré-ganglionar | Fibra Pós-ganglionar | Fibra Pré-ganglionar | Fibra Pós-ganglionar |
| | curta | longa | longa | curta |
| Origem | medula torácica e lombar | gânglios laterais e colaterais | mesencéfalo, bulbo e medula sacral | gânglios junto aos órgãos que inervam |
| Mediator químico | acetilcolina (colinérgicas) | *adrenalina (adrenérgicas) | acetilcolina (colinérgicas) | acetilcolina (colinérgicas) |

* As fibras que inervam os vasos sanguíneos dos músculos e as glândulas sudoríparas são colinérgicas.

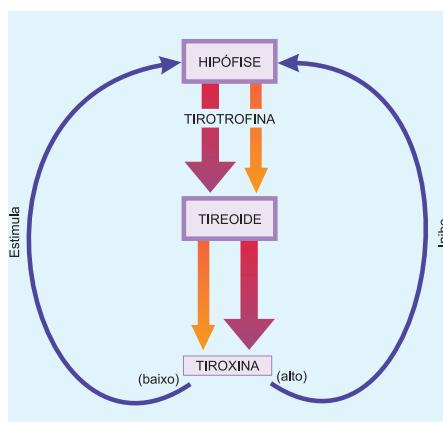
Características gerais das fibras do sistema nervoso autônomo.

1. FEEDBACK OU RETROALIMENTAÇÃO

Os hormônios são secreções produzidas pelas glândulas de secreção interna ou endócrina, que são lançadas na corrente sanguínea e influenciam especificamente na atividade de determinadas células, órgãos ou sistemas.

A regulação endócrina se faz por meio de um mecanismo denominado **retroalimentação** ou **feedback**, pelo qual o nível de um hormônio no sangue determina a estimulação ou a inibição da atividade de determinada glândula. A adenoipófise, por exemplo, estimula o desenvolvimento e funcionamento da tireoide, das glândulas sexuais, do córtex da suprarrenal e, por sua vez, é regulada por essas glândulas. Quando o nível do hormônio da tireoide (tiroxina) está baixo, a adenoipófise secreta a tirotropina, que estimula o funcionamento

da tireoide. O aumento do nível da tiroxina inibe a adenoipófise na produção da tirotropina que, por sua vez, inibe a tireoide.



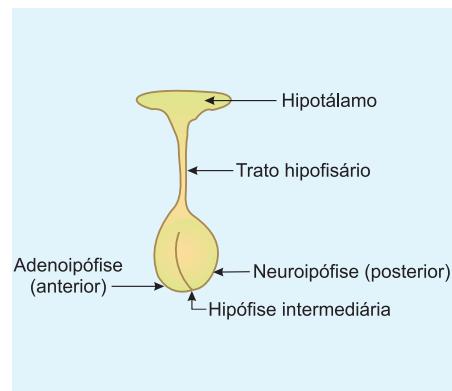
Feedback ou retroalimentação.

2. HIPÓFISE OU PITUITÁRIA

É uma glândula que no homem tem forma ovoide. Apresenta diâmetro aproximado de 1 cm.

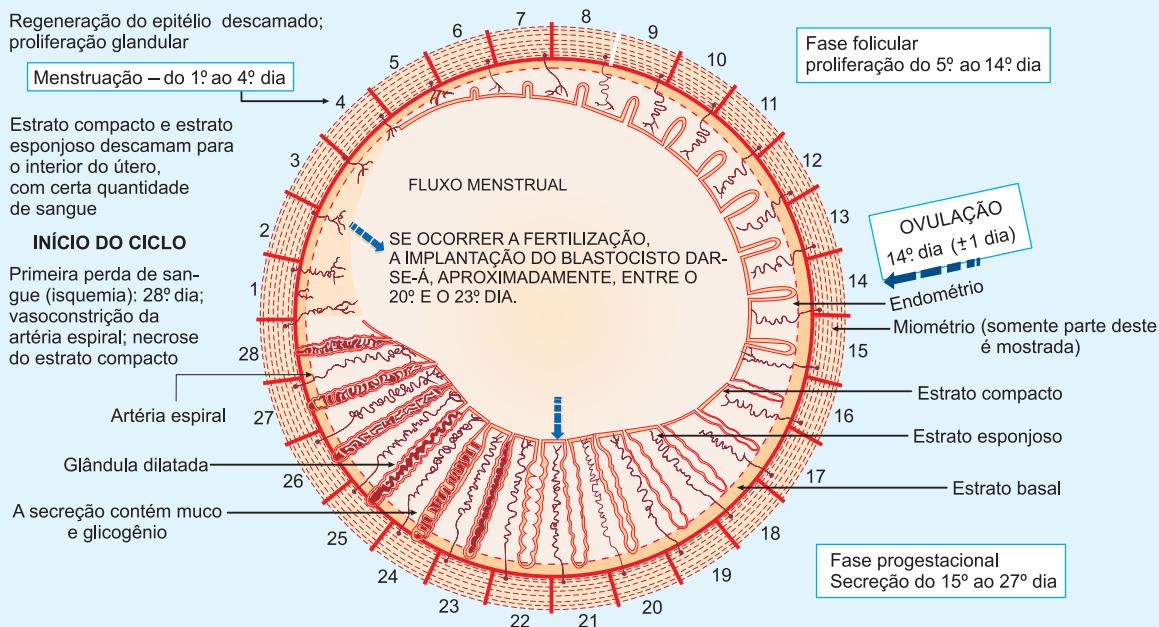
□ Localização

A hipófise ou pituitária localiza-se numa pequena cavidade do osso esfenóide (sela turca), na parte central da base do crânio. Está ligada ao hipotálamo através de um pedúnculo fino denominado trato hipofisário, imediatamente atrás do quiasma óptico.



Representação esquemática das regiões da hipófise e de sua relação com o hipotálamo (tecido nervoso).

CICLO MENSTRUAL



O ciclo menstrual inicia-se aproximadamente 14 dias após a ovulação. O ciclo menstrual não ocorre durante a gravidez.

Ciclo menstrual – O esquema mostra as alterações sofridas na parede uterina durante um ciclo menstrual de 28 dias. Tais alterações são devidas à influência hormonal: a partir do 4º dia do ciclo, estendendo-se até o 14º dia, tem-se o crescimento do endométrio (fase proliferativa), devido à ação, principalmente, dos estrógenos. No 14º dia ocorre a ovulação, sob a influência do hormônio luteinizante. Do 14º ao 28º dia, sob a ação de estrógeno e principalmente de progesterona, tem-se maior proliferação do endométrio, com expulsão de restos celulares e sangue (menstruação), devido à queda da taxa de progesterona.

■ Hormônios da Neuroipófise

São produzidos por neurônios de núcleos hipotalâmicos, descem com fibras nervosas, através do trato hipofisário, para a neuroipófise, que é apenas um reservatório de hormônios.

Esses hormônios são:

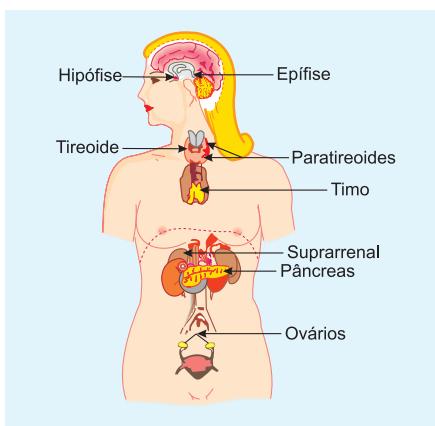
- **Vasopressina ou Hormônio Antidiurético (ADH)**

Aumenta a permeabilidade dos túbulos renais, fazendo com que ocorra maior reabsorção de água e, consequentemente, eliminação de menor volume de urina. Um aumento da concentração dos fluidos corpóreos provoca a excitação de núcleos hipotalâmicos, que enviarão impulsos para a neuroipófise que, então, libera o hormônio antidiurético. Lesões no hipotálamo ou destruição das fibras nervosas que vão à neuroipófise levam ao aparecimento da **diabetes insípida**, doença que surge em consequência da falta do ADH e se caracteriza por sede excessiva e intensa poliúria.

• Ocitocina

Tem dois efeitos fisiológicos: a contração da parede do útero, especialmente por ocasião do parto, e a ejeção do leite pelas glândulas mamárias. Ela age na contração dos músculos lisos da parede do útero e

células mioepiteliais responsáveis pela ejeção do leite.



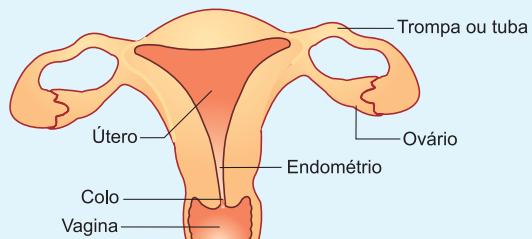
Localização das glândulas endócrinas na mulher.

■ Hormônio da Hipófise Intermédia

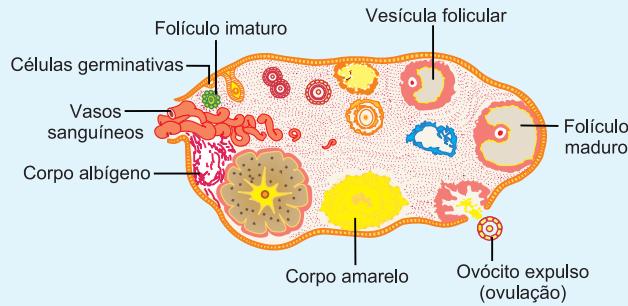
Alguns peixes, anfíbios e répteis apresentam o hormônio intermedina, que provoca a dispersão dos grânulos de pigmento dos cromatóforos, contribuindo para a proteção do animal contra predadores (mimetismo).

■ Hormônios da Hipófise Anterior

A adenoipófise produz hormônio de crescimento, tireotrófico (TSH), adrenocorticotrófico (ACTH) e gonadotróficos.



O aparelho reprodutor feminino.



Estágios diferentes de desenvolvimento do folículo de Graaf no ovário.

• Hormônio Somatotrófico

O hormônio de crescimento ou somatotrófico é importante na indução e na regulação do crescimento dos vertebrados.

A deficiência desse hormônio (hipossomatotrofismo) desde a infância leva ao aparecimento do nanismo.

O excesso do hormônio de crescimento induz ao **gigantismo** no animal em desenvolvimento ou à **acromegalia** no adulto, com crescimento exagerado dos ossos dos membros e da face e aumento dos órgãos e músculos.

- **Hormônio Tireotrófico (TSH)**

A tireotrofina atua estimulando a tireoide na captação do iodo do plasma e na produção de seus hormônios (tiroxina e tri-iodotironina), bem como na sua liberação ao sangue.

- **Hormônio Adrenocorticotrófico (ACTH)**

O ACTH atua como estimulante da secreção e liberação de glicocorticoides pelo córtex da glândula suprarrenal ou adrenal.

Esse hormônio apresenta também efeitos diretos sobre a pigmentação da pele e sobre tecidos periféricos com lipólise (digestão de gorduras).

- **Hormônios Gonadotróficos**

A hipófise produz três hormônios que controlam a atividade das gônadas e órgãos sexuais. No caso da fêmea, intervém no ciclo, na menstruação, na ovulação, na gravidez e na lactação. A hipofisectionia resulta na atrofia desses órgãos, interrupção do ciclo menstrual e impotência.

São os seguintes hormônios:

Folículo estimulante (FSH), atua estimulando o desenvolvimento do folículo, na mulher, e na espermatogênese, no homem.

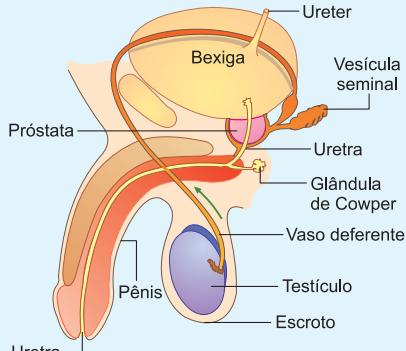
Hormônio luteinizante (LH), ou hormônio estimulante das células intersticiais (ICSH), é responsável pela formação do corpo lúteo na mulher. O ICSH estimula a atividade das células de Leydig que produzem a testosterona no homem.

Luteotrofina ou prolactina (LTH), mantém o corpo amarelo e estimula a contínua produção de seus

hormônios; tem ação no desenvolvimento das mamas e interfere na produção do leite.

3. GLÂNDULAS SEXUAIS

O testículo e o ovário são, respectivamente, glândulas sexuais masculina e feminina. As glândulas sexuais produzem gametas (espermatozoides e óvulos) e hormônios sexuais.



Representação esquemática do aparelho reprodutor masculino.

O testículo apresenta células intersticiais de Leydig (tecido localizado entre os tubos seminíferos) que já iniciam a secreção de testosterona (hormônio) durante a vida embrionária, sob a estimulação de gonadotrofinas coriônicas (produzidas pela placenta).

As gonadotrofinas coriônicas têm função semelhante ao ICSH (hormônio estimulante das células intersticiais, produzido pela adenoipófise).

A partir da puberdade, a hipófise anterior (adenoipófise) passa a produzir maiores quantidades de hormônios gonadotróficos, como o FSH (hormônio folículo estimulante), que estimula a espermatogênese e o desenvolvimento dos tubos seminíferos, e também o ICSH (hormônio estimulante das células intersticiais), que promove a maturação dos caracteres sexuais masculinos.

Esses andrógenos (especialmente a testosterona) influenciam a maturação dos espermatozoides.

4. HORMÔNIOS SEXUAIS FEMININOS

Destacaremos estrógenos, progesterona, andrógenos e gonadotrofinas coriônicas.

Estrógenos

Os estrógenos são hormônios esteroides. São secretados constantemente, e seu nível apresenta variação nas diferentes fases da vida.

Durante a fase embrionária, têm ação principalmente no desenvolvimento do útero e da vagina; do nascimento até a puberdade, a sua secreção é pequena; porém, a partir da puberdade, nota-se um acentuado aumento na sua secreção devido à estimulação por hormônios da hipófise.

Agem, principalmente, no desenvolvimento dos órgãos性uais e também dos caracteres sexuais secundários.

Estimulam o desenvolvimento das tubas uterinas, útero, vagina, genitalia externa e mamas. Na fase pré-ovulatória do ciclo menstrual, os estrógenos produzidos pelas células folliculares estimulam a proliferação do endométrio e das glândulas que aí se localizam, cuja função é colaborar na nutrição do futuro embrião.

Progesterona

A progesterona é um esteroide que prepara o organismo feminino para a gestação. Forma o endométrio (mucosa uterina) para a fixação do embrião, participando da origem da placenta (que é importante na nutri-

ção do embrião). Esse hormônio diminui as contrações uterinas, impedindo a expulsão do embrião, e aumenta a secreção das tubas uterinas na produção de material nutritivo para o embrião.

Além disso, a progesterona estimula o desenvolvimento das glândulas mamárias e inibe a produção do FSH pela adenoipófise, que impede o desenvolvimento do novo folículo durante a gestação.

Andrógenos

Os andrógenos são esteroides. Têm ação masculinizante e são produzidos, normalmente, em pequenas quantidades pelo ovário e pela suprarrenal.

Gonadotrofinas Coriônicas

A gonadotrofina coriônica, produzida pela placenta, é uma glicoproteína (proteína associada a açúcar).

A gonadotrofina coriônica impede a involução normal do corpo amarelo (lúteo) que, portanto, permanece secretando seus hormônios durante a gravidez.

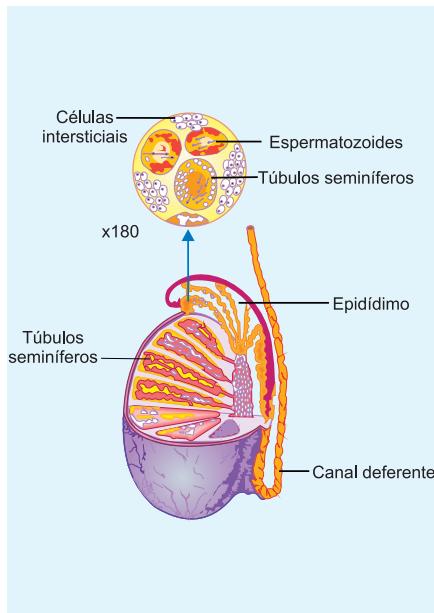
5. DESENVOLVIMENTO DO FOLÍCULO DE GRAAF

Após a puberdade, os ovários de uma mulher apresentam diversos folículos de Graaf em diferentes estágios de desenvolvimento.

Sob a estimulação do hormônio folículo estimulante (FSH), inicia-se o crescimento dos ovários e principalmente dos folículos. Em cada ciclo menstrual apenas um folículo amadurece, processo que se inicia pelo desenvolvimento do óvulo imaturo (ovocito).

O folículo produz estrógenos, que inibem a produção de FSH (hormônio folículo estimulante) e estimulam a secreção do LH (hormônio luteinizante), o qual, por sua vez, acelera a maturação final do folículo e o seu rompimento com a expulsão do óvulo para a cavidade abdominal (ovulação). As células que restaram dos folículos passam a apresentar uma granulação de **luteína** (lípide de cor amarela), constituindo a partir de então o **corpo lúteo** ou **corpo amarelo**.

A transformação de folículo em corpo amarelo deve-se à ação do hormônio



Representação esquemática do testículo e do epidídimo do aparelho reprodutor masculino.

nio luteinizante (LH). O corpo amarelo tem função endócrina, secretando principalmente progesterona e estrógeno, hormônios que tornam o organismo feminino apto para a gestação e colaboram na manutenção e nutrição do embrião. A manutenção do corpo amarelo e a estimulação para produção dos seus hormônios são controladas pelo hormônio luteotrófico (LTH), produzido pela adenoipófise.

Se não ocorrer fecundação do óvulo, o corpo amarelo regredire e desaparece antes da ovulação seguinte, deixando apenas uma cicatriz esbranquiçada no ovário, denominada corpo amarelo atrésico ou corpo albícente. No caso de o óvulo ser fecundado, o corpo amarelo persiste durante cerca de cinco meses e depois regredire.

■ A Menstruação

O ciclo menstrual apresenta uma duração média de 28 dias. A ovulação ocorre no meio do ciclo (14º dia), dividindo-o em duas partes.

A primeira fase do ciclo menstrual é a proliferativa (maturação do folículo) e antecede à ovulação.

A segunda fase é secretora (formação do corpo lúteo) e é posterior à ovulação.

Ao mesmo tempo em que as modificações cíclicas ocorrem no ovário, o endométrio uterino também sofre alterações cíclicas, cujo fato culminante é a menstruação (descamação do endométrio). A fase proliferativa vai do fim da menstruação até a ovulação. As células da parede uterina proliferaram intensamente, ocorrendo um crescimento progressivo das glândulas e vasos sanguíneos, determinando um crescimento final, em espessura, do endométrio. Esse processo se dá pela estimulação do estrógeno produzido pelo folículo em desenvolvimento.

A fase secretória estende-se desde a ovulação até a menstruação seguinte. Continua ocorrendo a proliferação do endométrio e sua espessura duplica. As alterações ocorridas na pa-

rede uterina são determinadas pelo estrógeno e, principalmente, pela progesterona, secretados em grande quantidade pelo corpo amarelo.

Se não houver fecundação, ocorrerá involução do corpo amarelo e, consequentemente, haverá uma queda no nível de estrógeno e progesterona. A queda na taxa desses hormônios provoca a descamação da mucosa uterina, sendo os restos de tecido e o sangue resultante dos vasos rompidos eliminados para a luz do útero, vagina e daí para o meio exterior; é a **menstruação**. A mucosa uterina torna-se então fina e pouco vascularizada e repetirá o seu desenvolvimento na fase proliferativa do ciclo seguinte.

O período de vida (viabilidade) do óvulo, após a ovulação, é de 24 a 48 horas, enquanto o espermatozoide pode permanecer vivo no organismo feminino até 72 horas.

O período fértil da mulher ocorre, portanto, no meio do ciclo menstrual.

MÓDULO 17

Os Métodos Anticoncepcionais

1. ANTICONCEPCIONAIS

São métodos, permanentes ou temporários, utilizados para impedir ou intervir no processo da concepção.

Para que a gravidez se concrete, é necessário que se completem as seguintes fases:

- Ovulação, processo que ocorre em torno do 14º dia após o início da menstruação. Durante essa fase, há uma pequena alteração na temperatura do corpo da mulher.

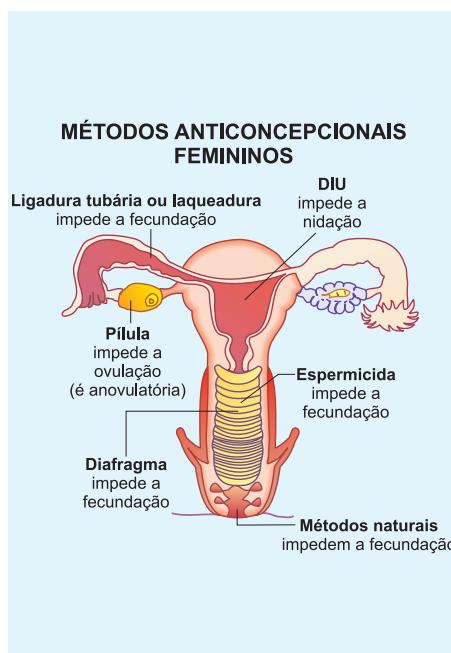
- Fecundação, processo da união do óvulo com o espermatozoide.

- Nidificação, processo de implantação do blastocisto na parede do útero.

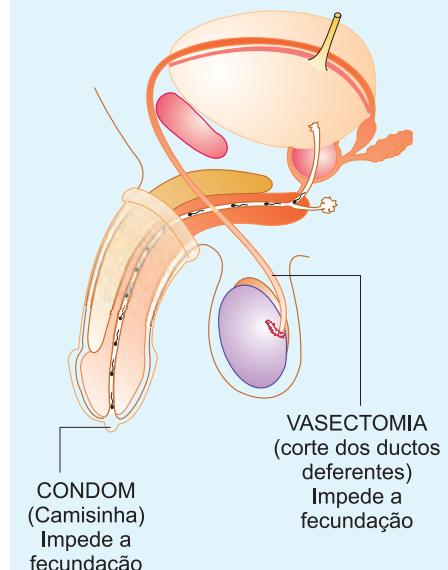
Os anticoncepcionais interrompem a ocorrência dessas fases, evitando a concepção.

Há métodos **temporários**, como: pílula, espermicida, diafragma e DIU.

A vasectomia no homem e a ligadura tubária ou laqueadura na mulher são métodos cirúrgicos e **permanentes**.



MÉTODOS ANTICONCEPCIONAIS MASCULINOS



Há também os métodos **naturais**, como: curva térmica, tabelinha, camisa-de-vênus ou camisinha, Método de Billings e coito interrompido.

■ A pílula combinada

É uma associação de hormônios sintéticos (ex.: etinilestradiol e norgestrel) semelhantes aos naturais (estrógenos e progesterona).



A pílula anticoncepcional inibe o hormônio GnRH secretado pelo hipotálamo. Esse hormônio hipotalâmico promove a liberação das gonadotrofinas hipofisárias (FSH e LH).

A pílula atua, portanto, por meio de *feedback* negativo (retroalimentação negativa), impedindo o amadurecimento e a eliminação do óvulo. Ela é anovulatória.

Há também a minipílula, em cartelas de 28 comprimidos e de uso contínuo. Ela é constituída, basicamente, de progesterona sintética e estimula o aumento de secreção do muco cervical, servindo de barreira à passagem dos espermatozoides.

□ **Espermicidas**

São produtos em forma de creme, espumas, esponjas ou geleias que a mulher introduz no fundo da vagina, antes do ato sexual. Eles destroem os espermatozoides antes que atinjam os óvulos, impedindo a fecundação.



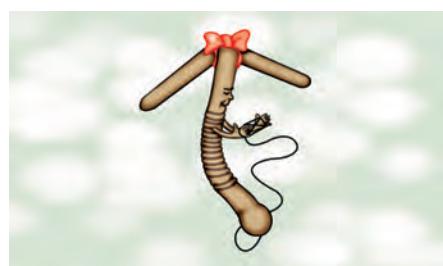
□ **O diafragma**

É um dispositivo em forma de capuz, fabricado em látex (borracha) flexível. Deve ser colocado no fundo da vagina. Ele veda a passagem dos espermatozoides para o útero, evitando a fecundação.



□ **Dispositivo intrauterino**

É um pequeno objeto, em forma de Y, T ou 7, e confeccionado em cobre, que o médico introduz no interior da cavidade uterina, durante o período menstrual (o colo uterino encontra-se entreaberto). O DIU provoca uma modificação química no endométrio, dificultando a nidação (implantação do embrião).



Para os cientistas, o DIU também estimula o aumento da secreção do muco cervical, dificultando a ascensão do espermatozoide. O cobre tem,

também, uma ação espermática e diminui a mobilidade dos gametas masculinos.

□ **A vasectomia**

É um método anticoncepcional cirúrgico, permanente, de fácil realização, em que o médico faz uma pequena incisão em ambos os lados do saco escrotal, seccionando os canais deferentes. Isso impede que os espermatozoides produzidos nos testículos junte-se ao material ejaculado. Não havendo espermatozoides, não ocorrerá fecundação. O indivíduo ejacula esperma (líquido nutritivo), sem espermatozoides.



| Riscos de Gravidez | Gestações em 100 mulheres em 1 ano |
|----------------------------------------------|------------------------------------|
| Pílula | 0,1% a 0,3% |
| Espermicidas | 6% a 15% |
| DIA | 2,4% a 13% |
| Vasectomia | 0,5% a 5% |
| Ligadura tubária | 0,15% |
| Tabelinha, curva térmica, método de Billings | 0,01% |
| Camisinha | 25% a 40% |
| Coito interrompido | 4% a 15% |
| Minipílula | 15% a 23% |
| Nenhum cuidado | 2,5% |
| | 80% |

□ Ligadura tubária ou laqueadura

É também um método anticoncepcional cirúrgico, realizado pela oclusão das trompas. A esterilização é concretizada porque o óvulo liberado é absorvido pelo próprio organismo, ficando impedido de migrar pelas trompas para ser fecundado pelos espermatozoides. Constitui uma barreira mecânica para a passagem do óvulo.



□ Curva térmica

É baseada no aumento da temperatura corpórea que ocorre durante o período de ovulação. O casal deve praticar abstinência sexual desde o momento em que é observada a elevação da temperatura corpórea da mulher até que esta volte ao normal, em alguns dias.



□ A tabelinha

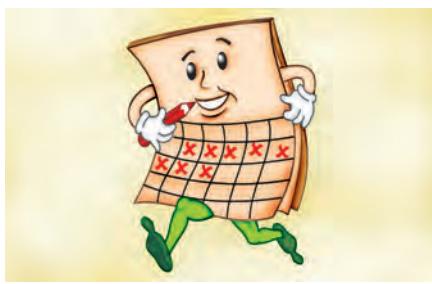
Consiste na abstinência sexual durante o provável período fértil. Também é denominado "método do ritmo".

| 1º dia de menstruação | | | | | | |
|-----------------------|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 28 | 29 | 30 | 31 | | | |

Dia provável da ovulação → 14 Data provável da próxima menstruação → 28 PERÍODO FÉRIL

O período fértil, em mulheres de ciclos regulares de 28 dias, pode ser detectado com o auxílio de uma tabela. Ela se baseia na ovulação, que ocorre 14 dias após o início da menstruação.

Esse período vai de cinco dias antes da ovulação até cinco dias após essa data.

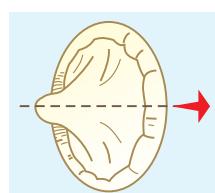


□ Camisa-de-vênus ou condom

É considerado um método de barreira. Ela é fabricada em látex e colocada à disposição no mercado, em texturas e até mesmo cores diferentes, contendo ou não substâncias lubrificantes para facilitar a penetração. É "vestida" no pênis após a ereção e impede que os espermatozoides atinjam a vagina, pois, com a ejaculação, eles ficam presos dentro da camisinha.



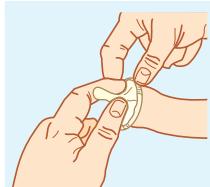
Também é muito usada para a prevenção de doenças sexualmente transmissíveis, já que não há contato direto entre o pênis e a vagina. Sua utilização deve ser seguida à risca, de acordo com as instruções:



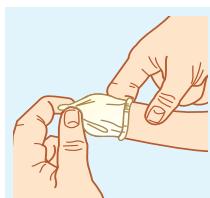
→ Coloque sempre a camisinha antes do início do ato sexual, com o pênis ereto.



→ Deixe um espaço vazio na ponta da camisinha para servir como depósito do esperma.



→ Aperte o bico da camisinha até sair todo o ar, tomando cuidado para não a romper.



→ Encaixe a camisinha na ponta do pênis e vá desenrolando-a.

- Se a camisinha se romper durante o ato sexual, retire o pênis imediatamente e coloque uma nova.
- Após a ejaculação, retire o pênis com cuidado, para evitar que o esperma escape, comprimindo a camisinha na sua base.
- Retirada a camisinha, embrulhe-a em papel higiênico e jogue no lixo.

□ Método de Billings

Baseia-se na observação do aumento do muco cervical que ocorre durante o período de ovulação. O casal pratica a abstinência sexual desde o momento em que a mulher apresenta aumento da umidade vaginal até alguns dias após essa fase.

Quando o muco fica transparente (lembrando a clara de um ovo cru), lubrificante e muito elástico, é indício de que a mulher está no período fértil. Um dia ou dois após esse ápice do muco, ocorrerá a ovulação (dia mais fértil).

□ Coito interrompido

É uma prática anticoncepcional muito usada pela população. Consiste na retirada do pênis da vagina antes de o homem ejacular, ou seja, antes que solte o líquido seminal. É um método pouco seguro, pois, mesmo antes da ejaculação, pode haver a saída de espermatozoides.



2. OBSERVAÇÕES GERAIS

- Injeções de hormônios em doses elevadas também podem ser utilizadas como anticoncepcionais.
- A pílula do dia seguinte (contracepção de emergência) é uma medicação à base de progestogênio levonorgestrel. Ela provoca um retardo ou pausa na ovulação e bloqueia a migração espermática, devido a alterações do muco cervical.
- A pílula RU-486 é um medicamento, à base de mifepristona, de efeito abortivo.
- O Cytotec, remédio utilizado contra úlceras gastroduodenais, tem também um efeito abortivo, podendo até colocar em risco a vida da gestante.

Todo método anticoncepcional pode ocasionar efeitos indesejáveis à saúde do indivíduo e, portanto, só deve ser utilizado com acompanhamento médico.

MÓDULO 18

Tireoide, Paratireoides, Pâncreas e Adrenais

1. TIREOIDE

É uma glândula endócrina que pesa aproximadamente 30 gramas. A tireoide localiza-se sobre os primeiros anéis da traqueia. Apresenta dois lobos (um de cada lado da laringe) constituídos por tecido glandular endócrino e ligados por um istmo.

A tireoide produz tiroxina (tetraiodotironina) e triiodotironina.

A tiroxina e a triiodotironina são liberadas na corrente sanguínea sob a estimulação de tirotrofina (TSH), hormônio produzido pela adenoi-pófise e estimulante da tireoide. Esse hormônio estimula a captação do iodo pelas células dos folículos (da tireoide) e aumenta o tamanho e a atividade das células secretoras.

Os hormônios da tireoide estimulam as reações químicas (metabolismo) da maioria dos tecidos do organismo, pois aumentam a quantidade de enzimas oxidativas.

A tireoide acelera o metabolismo dos carboidratos, dos lípides e das proteínas; tem função importante no crescimento e desenvolvimento, influindo, inclusive, no ciclo menstrual e na fertilidade.

■ Hipotireoidismo

As suas manifestações variam conforme a idade em que se inicia a insuficiência da tireoide.

○ hipotireoidismo congênito

traz o aparecimento de um quadro clínico denominado **cretinismo**. O

afetado apresenta pequena estatura (devido a um desenvolvimento deficiente do esqueleto), cabeça grande e pernas curtas, a dentição é irregular, o desenvolvimento sexual é atrasado e há debilidade mental.

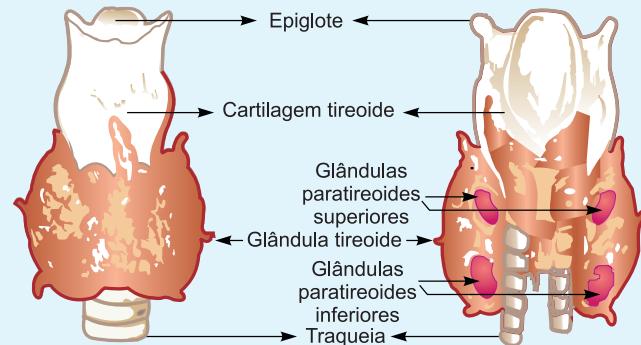
O **hipotireoidismo no adulto** traz como efeitos fisiológicos mais evidentes: queda da frequência cardíaca, apatia, aumento de peso, engrossamento e tumefação da pele (**mixedema**).

□ Hipertireoidismo

O indivíduo hipertireóidico apresenta: intolerância ao calor, metabolismo basal alto, aumento da frequência cardíaca, perda de peso, tremor

nas mãos, nervosismo e outras perturbações psíquicas. Na maioria dos hipertireóideos ocorre a protusão dos globos oculares (**exoftalmia**).

O bário (papo) é um aumento de volume da tireoide em decorrência de hipo ou hiperfuncionamento da glândula. O bário pode ser endêmico, como resultado da falta de iodo em determinadas áreas geográficas. A falta de iodo no organismo impede a transformação da tiroglobulina em tiroxina. O baixo teor de tiroxina no sangue vai provocar a liberação constante de tirotrofina pela hipófise (*feedback*). Essa estimulação prolongada da tireoide, por sua vez, leva à hiperplasia da glândula (bário).



Tireoide e glândulas paratireoides. (Note a relação entre elas e a traqueia.)

2. PARATIREOIDES

As paratireoides apresentam-se no homem como dois pares de glândulas ovoides que pesam cerca de 140 mg. Estão localizadas na face posterior da tireoide.

A função dessas glândulas está intimamente relacionada com o metabolismo do cálcio e do fósforo. Desempenham um papel importante na manutenção do nível normal desses íons no plasma e no líquido intercelular.

O hormônio das paratireoides, o **paratormônio**, mantém constante a relação entre cálcio e fósforo no plasma, aumenta a eliminação de cálcio e fósforo pela urina e mobiliza o cálcio dos ossos; favorece também a absorção de cálcio pelo intestino, porém, nesse caso, é indispensável a presença da vitamina D.

□ Hipoparatiroidismo

A falta ou insuficiência do paratormônio reduz o cálcio sanguíneo de seu nível normal e determina um aumento no nível do fósforo, enquanto a excreção renal do cálcio e do fósforo diminui. A queda acentuada no nível do cálcio sanguíneo leva ao aparecimento da **tetania muscular**, devido a uma **hiperexcitabilidade** dos

tecidos nervoso e muscular, causada pela insuficiência dos íons de cálcio no sangue.

□ Hiperparatiroidismo

Nos pacientes com uma hiperfunção da paratireoide ocorre uma alteração na relação cálcio/fósforo do sangue; o nível do cálcio eleva-se muito e o nível do fósforo diminui. O excesso do hormônio determina uma grande mobilização de cálcio dos ossos, levando ao aparecimento de deformações ósseas e fraturas frequentes. Há eliminação de cálcio e de fósforo pela urina, podendo haver formação de cálculos renais devido a um depósito de cálcio.

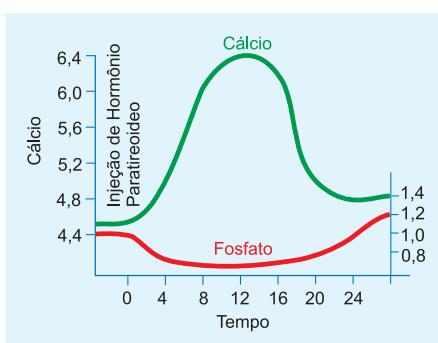
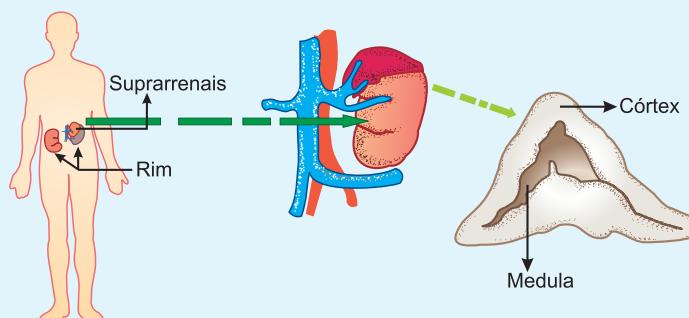
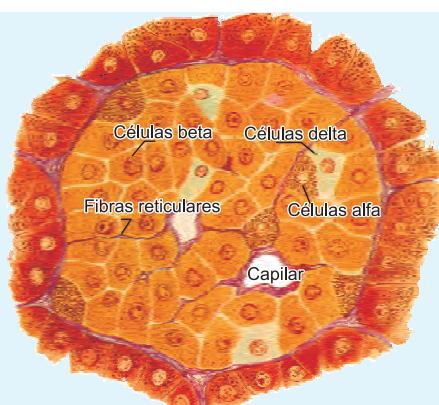


Gráfico mostrando o efeito da administração de paratormônio sobre as concentrações de cálcio e fosfato no plasma sanguíneo.



Adrenal ou glândula suprarrenal. (Observar a glândula em corte transversal à direita.)



Corte do pâncreas destacando as células produtoras de hormônios.

3. PÂNCREAS

O pâncreas é uma glândula anfícrina, ou seja, apresenta uma parte endócrina (Ilhotas de Langerhans) que produz insulina e glucagon e uma parte exócrina que produz o suco pancreático.

□ Insulina

É um hormônio que interfere no metabolismo dos açúcares (carbohidratos), controlando o nível de glicose no sangue. Controla a produção de glicogênio pelo fígado e estimula o consumo de glicose pelos tecidos, aumentando a permeabilidade, através das membranas celulares, a esta substância.

O hipoinsulinismo provoca uma doença denominada *Diabetes mellitus*.

Os sintomas mais característicos do quadro clínico são a hiperglicemia e a hiperglicosúria (eliminação de excesso de glicose pela urina). A quantidade de glicose sanguínea supera o nível normal, quantidade essa que ultrapassa os limites da reabsorção renal, portanto, o excesso é eliminado na urina.

A deficiência na produção de insulina pode depender de vários fatores, porém, geralmente, é causada por fatores genéticos.

O hiperinsulinismo é uma doença rara causada pela produção excessiva de insulina, geralmente resultante de tumor nas Ilhotas de Langerhans. Como consequência, advém a hipoglicemia. O excesso de insulina determina, pela hipoglicemia, o choque insulínico que se caracteriza por grande excitabilidade do sistema nervoso central, podendo resultar em tremores, intenso nervosismo e até alucinações. Em casos mais extremos, pode levar a convulsões, perda de consciência e mesmo ao estado de coma.

A insulina é secretada pelas células β das Ilhotas de Langerhans do pâncreas.

□ Glucagon

Tem uma ação antagônica à insulina, fazendo aumentar a glicemia. Estimula a glicogenólise no fígado e a liberação de glicose no sangue. A sua secreção é controlada pelo nível de glicose sanguínea. A queda do nível de glicose determina a liberação de glucagon que, por sua atividade, restabelece a glicemia normal.

O glucagon é secretado pelas células α das Ilhotas de Langerhans do pâncreas.

4. ADRENAIS OU SUPRARRENAIS

São glândulas que se localizam sobre o polo superior de cada rim.

A adrenal apresenta duas regiões que diferem na origem, estrutura e fisiologia: o córtex e a medula.

A medula da suprarrenal apresenta os seguintes hormônios:

- adrenalina;
- noradrenalina.

Córtex da adrenal

É a parte externa da glândula que envolve a medula. Tem origem embrionária mesodérmica. Os principais hormônios são: a **aldosterona** e o **cortisol**. Merecem ser citados, ainda, a corticosterone, os hormônios androgênicos e estrogênicos.

Aldosterona

É também denominada mineralocorticoide. É responsável pela regulação do metabolismo salino, causando aumento na reabsorção do sódio e excreção renal do potássio. Como consequência secundária da reabsorção do sódio, a aldosterona determina uma reabsorção maior de cloro.

A corticosterone, em menor grau que a aldosterona, aumenta a reabsorção de sódio pelos túbulos renais.

Cortisol

É também chamado **glicocorticoide**, por determinar aumento da concentração de glicose no sangue. Desempenha papel importante no metabolismo das proteínas e das gorduras, levando à síntese de glicose a partir dessas substâncias, o que se denomina **neoglicogênese**. A corticosterone também tem pequena função glicocorticoide.

O cortisol causa também menos consumo de glicose pelos tecidos e aumenta a resistência à insulina.

Hormônios corticossexuais

Normalmente, há uma contínua secreção de hormônios corticossexuais pelo córtex da suprarrenal nos indivíduos de ambos os sexos, os es-

trógenos e a progesterona. Os efeitos fisiológicos desses hormônios são mínimos, embora atuem juntamente com os hormônios das gônadas no desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários.

Anomalias do córtex da adrenal

Hipoadrenalinismo

Uma das manifestações do hipoadrenalinismo é a **Doença de Addison**, que se caracteriza por astenia, perda de peso, vômitos, diarreias e pigmentação excessiva da pele.

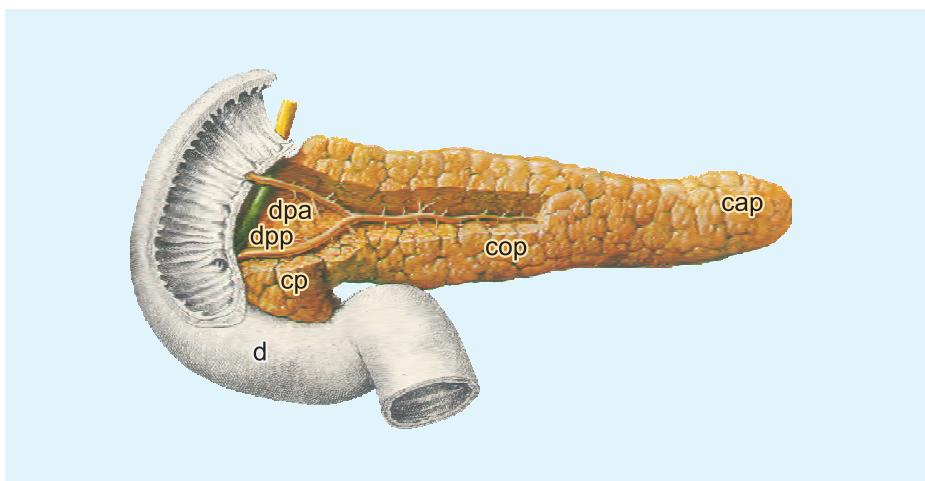
Hiperadrenalinismo

A consequência é o aparecimento da **Doença de Cushing**, que se caracteriza pela obesidade do rosto e do tronco sem comprometimento ge-

ral dos membros, hipertensão arterial, diminuição da tolerância à glicose, debilidade e alterações cutâneas.

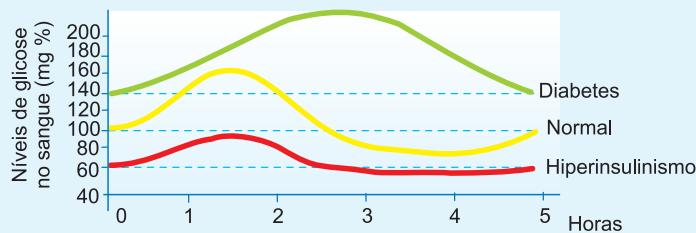
Síndrome androgenital

A hiperatividade cortical com a produção excessiva de hormônios androgênicos leva a essa síndrome. Se o hiper korticalismo surge na vida fetal, pode causar o pseudo-hermafroditismo feminino (meninas com clítoris superdesenvolvido e vários sintomas de virilização). No menino pré-púbere, ocorre desenvolvimento sexual precoce. Na mulher adulta, leva ao aparecimento de pelos no rosto e no tronco, atrofia das mamas e menstruação escassa ou ausente; a voz torna-se grossa e o aspecto corporal, masculino. Esse quadro denomina-se virilismo.



Pâncreas e duodeno seccionados.

(d = duodeno; dpa = duto pancreatico acessório; dpp = duto pancreatico principal; cp = cabeça do pâncreas; cop = corpo do pâncreas; cap = cauda do pâncreas).



Curva de glicemia após a ingestão de 50 gramas de glicose. No indivíduo normal, o nível de glicose no sangue sofre um aumento e, após 3 horas, volta ao normal; no diabético, no qual não ocorre aumento da secreção de insulina após ingestão de glicose, a glicemia abaixa muito vagarosamente após 3 ou 4 horas da ingestão de glicose.

MÓDULO 11

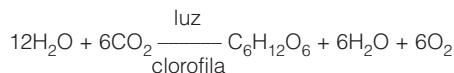
A Química da Fotossíntese

1. DEFINIÇÃO

É o processo de conversão de energia luminosa em energia química, no qual o vegetal sintetiza substâncias orgânicas a partir de água, dióxido de carbono e luz.

2. EQUAÇÃO

O fenômeno da fotossíntese pode ser expresso pela seguinte equação:



3. FASES DA FOTOSSÍNTSE

O órgão da planta adaptado para a fotossíntese é a folha. As células dos parênquimas clorofilianos são ricas em cloroplastos e, no interior destas estruturas, ocorre a transformação de energia luminosa em energia química.

Atualmente, a fotossíntese é dividida em duas etapas:

- **luminosa** ou **fotoquímica** (ocorre nos grana do cloroplasto).

- **química, escura** ou **enzimática** (ocorre na matriz ou estroma do cloroplasto).

A **etapa luminosa** ou **fotoquímica** caracteriza-se por

a) Absorção de luz pelos pigmentos do cloroplasto, especialmente as clorofilas.

b) Transformação de energia luminosa em energia química, que leva à formação de dois compostos energéticos:

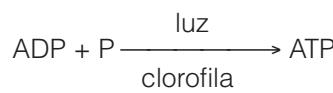
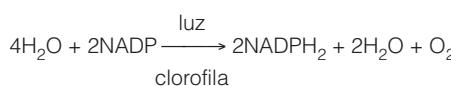
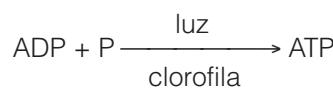
ATP (Adenosina Trifosfato) e **NADPH₂** (Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Fosfato reduzido)

O ATP é uma substância de alto conteúdo em energia. A energia fica acumulada nas ligações fosfatos (P). Este composto é formado por uma base nitrogenada chamada adenina, um açúcar chamado ribose (pentose) e três grupos fosfatos (PO_4^{3-}).

Quando o **ATP**, por hidrólise, transforma-se em **ADP** e **fosfato**, libera muita energia, utilizada pelo cloroplasto na síntese dos compostos orgânicos.

Assim, na fotossíntese, ocorre a síntese de ATP a partir de ADP e fosfato. Este processo absorve a energia luminosa captada pelas moléculas de clorofila.

O processo chama-se **fotofosforilação** e a reação pode ser assim representada:

**Reações da fase luminosa****Produtos da fase luminosa**

ATP = Substância energética.

NADPH₂ = Substância energética e agente redutor.

O₂ = liberado para a atmosfera.

Utilizando-se de água na qual o oxigênio é O¹⁸ em lugar de O¹⁶, foi possível demonstrar que o oxigênio liberado na fotossíntese provém da água e não do CO₂.

A etapa **escura, química** ou **enzimática** caracteriza-se por

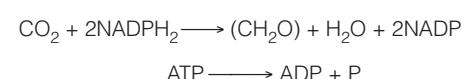
a) Utilização dos produtos da fase luminosa (ATP e NADPH₂).

b) Absorção do dióxido de carbono.

no (CO₂).

- c) Fixação do CO₂.
- d) Redução do CO₂ e a consequente formação do carboidrato ou açúcar que pode ser representado pela fórmula mínima (CH₂O).

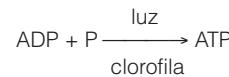
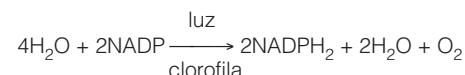
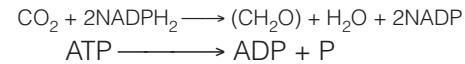
A redução do CO₂ pode-se expressar pela seguinte reação:



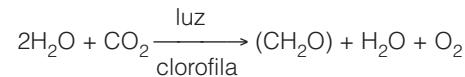
Nesta fase o desdobramento do ATP em ADP + P fornece a energia utilizada para a síntese do açúcar.

Melvin Calvin e seus colaboradores forneceram CO₂ com carbono 14 (carbono radioativo) a uma suspensão de algas verdes do gênero *chlorella* e conseguiram determinar o caminho do carbono do CO₂ na fotossíntese.

4. EQUAÇÕES DA FOTOSSÍNTSE

□ Fase luminosa**□ Fase escura**

Somando-se as reações apresentadas e fazendo-se as devidas simplificações, chega-se a uma **equaçāo simplificada da fotossíntese**:



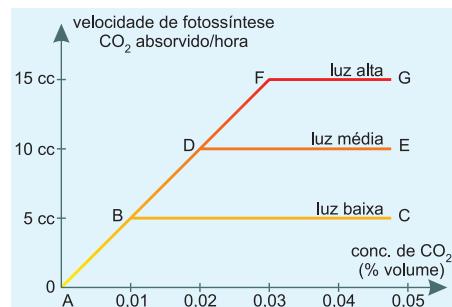
1. FATOR LIMITANTE

A fotossíntese é influenciada por fatores internos (grau de abertura dos estômatos, quantidade de clorofila etc.) e por fatores externos, como luz, concentração de CO₂, temperatura. É claro que a eficiência desse processo vai depender de todos esses fatores, que agem separadamente um do outro.

Se vamos analisar um dos fatores que agem no processo, por exemplo a intensidade luminosa, variamos esse fator e mantemos os demais constantes. Mas não podemos esquecer que também estes estão atuando no processo. Com base neste pressuposto, Blackmann, em 1905, emitiu o princípio do fator limitante, segundo o qual:

"Quando um processo é influenciado por diversos fatores que agem isoladamente, a velocidade do processo fica limitada pelo fator que está em menor intensidade."

Tal princípio está ilustrado no gráfico a seguir, que mostra o efeito da concentração de CO₂ na fotossíntese de uma planta, em três diferentes luminosidades.



Neste gráfico pode-se observar que em A (concentração zero de CO₂) não há fotossíntese. À medida que se aumenta a concentração de CO₂, a velocidade de fotossíntese também aumenta até 5cc de CO₂ por hora. Nesta porção AB da curva, a concentração de CO₂ é fator limitante. Entretanto, na porção BC, a luz passa a ser o fator limitante. Agora, para um aumento de concentração de CO₂ (BD), deve-se aumentar a intensidade luminosa, a qual passa a ser limitante na porção DE e assim sucessivamente.

2. DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

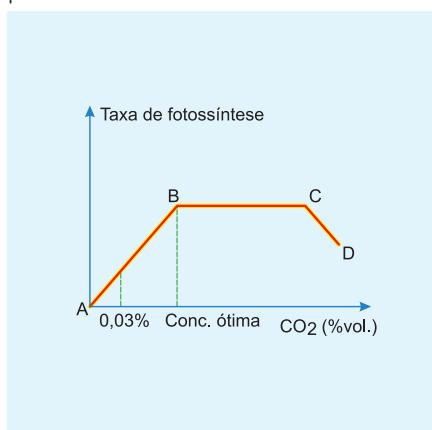
A atmosfera normalmente possui 0,03% de CO₂ (300 partes por milhão). Parte deste CO₂ penetra na folha através dos estômatos e entra em contato com a parede que está hidratada. A entrada do CO₂ pelos estômatos ocorre por **simples difusão**, obedecendo ao gradiente de concentração. (De alta para baixa concentração.) Os cloroplastos utilizando o CO₂ na fotossíntese, criam uma baixa concentração de CO₂ no interior da folha, facilitando a entrada deste gás.

Ao entrar em contato com a parede celular hidratada o CO₂ dissolve-se na água e forma íons HCO₃⁻ (CO₂ + H₂O ⇌ H₂CO₃ ⇌ H⁺ + HCO₃⁻). Os íons HCO₃⁻ chegam ao cloroplasto por gradiente de concentração.

Isto significa que a velocidade com que o CO₂ se difunde para o interior da folha depende fundamentalmente da concentração de CO₂ no ar. Um aumento na taxa de CO₂ no ar provoca um aumento na velocidade de difusão do gás. Assim, uma das técnicas para aumentar a produtividade das plantas é o enriquecimento do ar de estufas com CO₂ durante o dia. O processo é chamado adubação por CO₂.

O cultivo de tomates, pepinos, verduras e tabaco, em ar contendo 0,1% de CO₂ provocou uma duplicação na velocidade de crescimento daqueles vegetais.

O gráfico seguinte mostra a influência da concentração de CO₂ na velocidade de fotossíntese de uma planta terrestre.

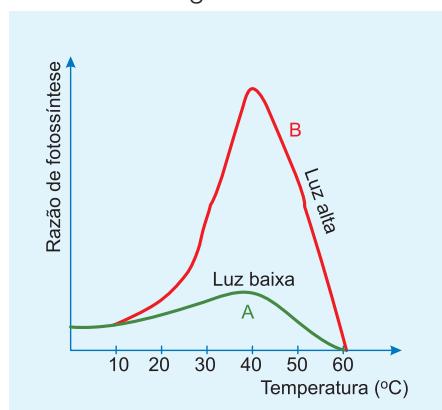


A utilização de combustíveis fósseis (petróleo e carvão) e as queimadas de matas tendem a provocar um aumento na taxa de CO₂ na atmosfera, acarretando o chamado "efeito estufa".

3. A TEMPERATURA E A FOTOSÍNTSE

Nas reações fotoquímicas, praticamente a temperatura não tem nenhum efeito. Mas, como já vimos, a fotossíntese tem uma etapa química que é catalisada por enzimas. Aí, a temperatura tem grande influência. De um modo geral, de 0°C até cerca de 40°C, as reações enzimáticas dobram de velocidade a cada aumento de 10°C na temperatura.

Observe o gráfico abaixo:



Influência da temperatura na fotossíntese.

O gráfico mostra que, com baixa intensidade luminosa, a temperatura praticamente não influi no processo, pois a luz é fator limitante. Já com alta intensidade luminosa, o aumento da temperatura intensifica o processo de fotossíntese, como em qualquer reação enzimática.

Em plantas aquáticas e subtropicais, a fotossíntese cessa à temperatura de alguns graus acima de zero. Já nas zonas temperadas, só paralisa quando a temperatura cai a, 0°C, ou a temperaturas abaixo de zero.

De um modo geral, a temperatura ótima está entre 30 e 38°C.

Em temperaturas elevadas (57°C), a fotossíntese cessa (destruição das enzimas).

A luz é uma pequena parte da energia radiante que chega à Terra. É a parte visível do espectro eletromagnético, que vai desde as ondas de rádio até os raios X e raios gama. A faixa de luz visível (espectro luminoso) é de interesse especial para a fotossíntese. Compreende luz de diferentes cores: violeta, azul, verde, amarelo, alaranjado e vermelho.

Verificando-se o espectro de absorção da clorofila em álcool metílico, observou-se que o máximo de absorção ocorre nas radiações azul e vermelha e que a mínima absorção ocorre nas radiações verde e amarela (Fig. 1).

□ Ponto de compensação luminoso (fótico)

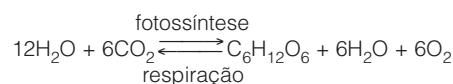
Na determinação do ponto de compensação luminoso de uma plan-

ta, devemos estabelecer uma comparação entre a fotossíntese e sua respiração em função da variação de intensidade luminosa.

□ Definição

Ponto de compensação é uma intensidade luminosa, na qual a razão de fotossíntese é igual à razão de respiração.

Observe as reações de fotossíntese e de respiração, e note que são fenômenos opostos.



Quando uma planta recebe luz no seu ponto de compensação fótico, toda a glicose produzida na fotossíntese será consumida na respiração; assim como todo o O₂ produzido na fotossíntese será gasto na respiração

e todo o CO₂ produzido na respiração será utilizado na fotossíntese.

Conclui-se que os dois fenômenos se neutralizam no chamado ponto de compensação luminoso.

No entanto, quando a planta recebe luz acima do ponto de compensação fótico, a taxa de fotossíntese é maior que a taxa de respiração, sendo a produção de glicose e oxigênio maior do que o seu consumo e, em consequência, ocorre o crescimento da planta.

O ponto de compensação varia de espécie para espécie, mas, de um modo geral, as plantas são classificadas em plantas de sombra (umbrófitas), quando possuem ponto de compensação baixo, e de sol (heliófitas), quando possuem ponto de compensação alto.

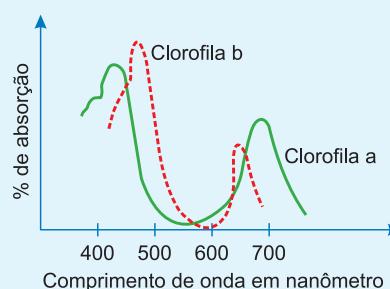
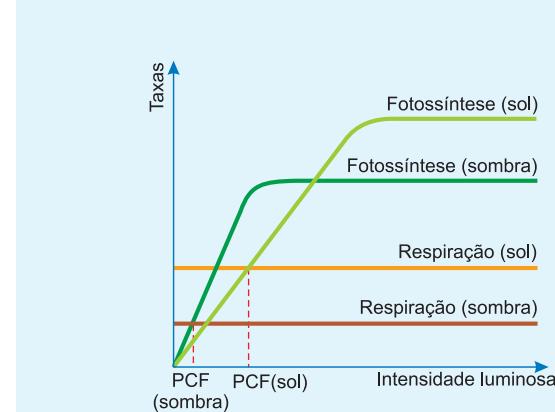
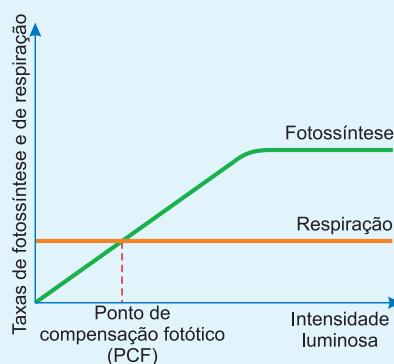


Fig. 1 – Espectro de absorção das clorofilas a e b.

1. INTRODUÇÃO

Por meio da fotossíntese, que ocorre no cloroplasto, as plantas sintetizam **compostos orgânicos**, os quais armazenam energia. Esta energia pode ser liberada para a célula utilizá-la em suas atividades biológicas. O processo pelo qual as células retiram a energia acumulada nos compostos orgânicos é a **respiração celular**.

Os compostos energéticos utilizados pela célula podem ser proteínas, lipídios e carboidratos. De todos os compostos, a substância mais utilizada pela célula é a **glicose**. Quando existe uma quantidade suficiente de glicose, muito raramente a célula utiliza outra substância para a respiração.

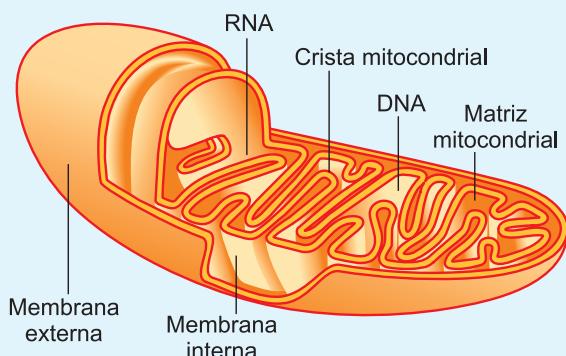
A respiração celular é dividida em dois tipos:

- aeróbia;
- anaeróbia (fermentação).

2. RESPIRAÇÃO AERÓBIA

A respiração aeróbia depende fundamentalmente de um organoide citoplasmático denominado **mitocôndria**.

O número de mitocôndrias numa célula é muito variável, entre algumas dezenas e várias centenas. De um modo geral, as células mais ativas, como a nervosa e a muscular, apresentam maior número de mitocôndrias.



Estrutura de uma mitocôndria.

Esta organela é constituída por uma **membrana externa e outra interna**, ambas de constituição lipo-proteica. A membrana interna cresce para o interior da mitocôndria, formando as **cristas mitocondriais**.

O interior da mitocôndria é ocupado por um coloide chamado **matriz (estroma) mitocondrial**.

A matriz é formada principalmente de proteínas e lipídios, e nela estão os **mitorribossomos**. Na matriz, encontram-se os finos cordões de **DNA, o DNA mitocondrial**.

A presença de **DNA e ribossomos** permite às mitocôndrias a síntese de **RNA e de proteínas**.

As mitocôndrias originam-se por divisão de outras preexistentes.

3. FASES DA RESPIRAÇÃO AERÓBIA

A degradação dos compostos orgânicos para a liberação de energia ocorre em três fases:

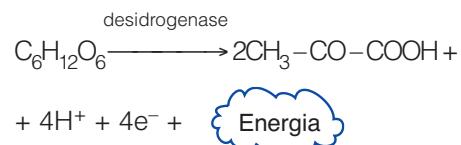
- **Glicólise:** acontece na matriz citoplasmática (hialoplasma).
- **Ciclo de Krebs:** ocorre na matriz da mitocôndria.
- **Cadeia respiratória:** realiza-se na crista mitocondrial.

□ Glicólise ou formação de piruvato

Nesta fase, a **glicose** sofre uma

série de degradações que leva à formação de duas moléculas de **ácido pirúvico**. Durante a glicólise, ocorre descarboxilação (saída de CO₂) e desidrogenação (saída de hidrogênio). Ainda nessa fase, há liberação de energia. Grande parte dessa energia é utilizada na síntese de ATP a partir de ADP e fosfato (P ou Pi), fenômeno denominado **fosforilação oxidativa**.

Reações da Glicólise



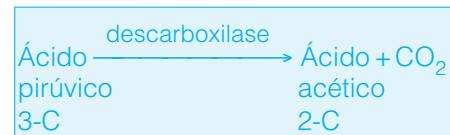
Fosforilação oxidativa



O ATP é uma substância que armazena grandes quantidades de energia.

A **glicólise** é um fenômeno que ocorre tanto na **respiração aeróbia** quanto na **anaeróbia**.

O ácido pirúvico formado sofre descarboxilação e transforma-se no ácido acético (H₃C – COOH), composto orgânico de dois carbonos.



O **ácido acético** é transportado, por ação da **coenzima A**, para o interior da mitocôndria, dando origem à **acetilcoenzima A**.

No interior da mitocôndria, o **radical acetil** (2-C) combina-se com o **ácido oxalacético** (4-C), formando o **ácido cítrico** (6-C). Inicia-se o Ciclo de Krebs. A coenzima A retorna ao hialoplasma para reagir com outro ácido acético.

□ Ciclo de Krebs

O ácido cítrico, formado na reação do radical acetil com o ácido oxalacético, sofre desidrogenação e descarboxilação, originando vários compostos intermediários, e termina por produzir um novo ácido oxalacético. Conclui-se que o acetil que penetrou na mitocôndria é totalmente quebrado em **CO₂**, **íons H⁺** e **elétrons**, havendo liberação de energia e síntese de ATP.

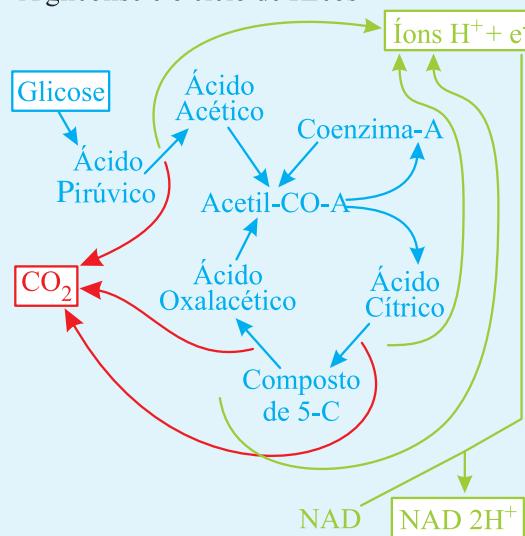
Os **íons H⁺** reagem com um composto chamado **nicotinamida-adenina-dinucleotídeo** (NAD), formando **NAD . 2H⁺**.

Os **elétrons** que resultam dos íons H⁺, ricos em energia, serão transportados ao longo de uma cadeia de substâncias localizadas nas cristas da mitocôndria. É a **cadeia respiratória**, onde serão sintetizados 32 ATPs.

□ Cadeia respiratória

Nas cristas mitocondriais, existem substâncias acceptoras de elétrons, entre elas o **FAD** (flavina – adenina – dinucleotídeo) e os **citocromos b, c, a, a₃**, proteínas que contêm ferro. Todas essas substâncias transportam elétrons, levando-os ao acceptor final, que é o **oxigênio**. Cada oxigênio recebe dois elétrons e, ao mesmo

A glicólise e o ciclo de Krebs

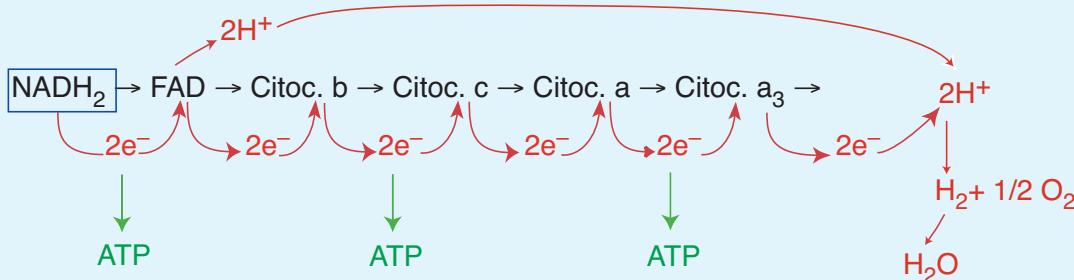
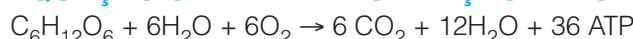


tempo, os dois prótons do NAD . 2H⁺, formando-se assim uma molécula de **água** (H₂O). O NAD . 2H⁺ volta a ser NAD e novamente se torna capaz de captar novos íons H⁺. Na passagem de elétrons, há liberação de energia que será utilizada na síntese de ATP (fosforilação oxidativa).

4. RENDIMENTO ENERGÉTICO DA RESPIRAÇÃO

| | | |
|---------------------|---|--------|
| Glicólise | → | 2 ATP |
| Ciclo de Krebs | → | 2 ATP |
| Cadeia Respiratória | → | 32 ATP |
| Total | | 36 ATP |

5. EQUAÇÃO GERAL DA RESPIRAÇÃO AERÓBIA



Cadeia respiratória.

1. INTRODUÇÃO

A respiração anaeróbia, também denominada fermentação, é o fenômeno de obtenção de energia a partir dos compostos orgânicos, na ausência de oxigênio. A fermentação é realizada principalmente por fungos e bactérias, mas pode ocorrer até no homem.

2. FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

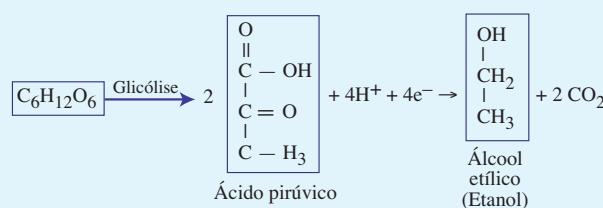
A fermentação é muito semelhante à glicólise, ocorrendo também a desidrogenação e a descarboxilação, mas nela os hidrogênios produzidos não são fornecidos ao oxigênio, já que nesse processo não há participação do O_2 . Os hidrogênios são captados pelos compostos orgânicos provenientes da própria degradacão da glicose.

A fermentação etílica é realizada por fungos microscópicos do gênero *Saccharomyces*, as chamadas leveduras, lêvedos ou fermentos biológicos.

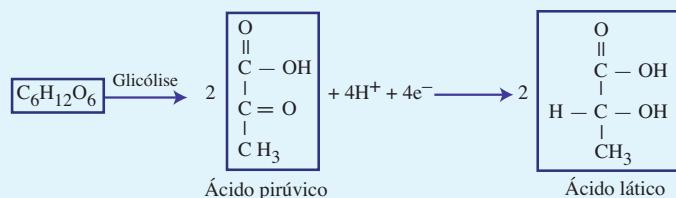
O *Saccharomyces cerevisiae* é uma espécie de levedura utilizada na fabricação da cerveja.

Os fermentos biológicos, também *Saccharomyces*, são utilizados na

A reacção abaixo mostra o que ocorre na fermentação alcoólica (etílica)



A reacão abaixo mostra como se dá a fermentação lática.



fabricação de pães e bolos. O crescimento da massa é consequência da formação de bolhas de CO₂ que se desprendem durante a fermentação.

Durante a fermentação são produzidos 4 ATPs e consumidos 2 ATPs, resultando em um saldo positivo de 2 ATPs.

3. FERMENTAÇÃO LÁTICA

Muitas bactérias, como aquelas que fazem a coagulação do leite, de-

compõem a glicose em ácido pirúvico e este é transformado em ácido lático.

Essa forma de fermentação é também realizada pelo *Lactobacillus acidophilus* encontrado no nosso intestino.

Nos nossos músculos, em caso de atividade intensa, pode faltar O_2 para a respiração aeróbia. As células musculares realizam, então, a fermentação lática, obtendo energia para as suas contracções.

MÓDULO 16

Osmose na Célula Vegetal

1. INTRODUÇÃO

 Difusão

Difusão A difusão é um fenômeno em que moléculas ou íons se movimentam de uma região para outra, seguindo o gradiente de concentração. Nos vegetais, todas as trocas gasosas ocorrem por difusão.

 Osmose

A difusão da água (solvente) através de uma membrana semipermeável chama-se osmose.

A membrana semipermeável é aquela que é permeável ao solvente (água) e impermeável aos solutos (substâncias que se dissolvem na água). A água passa com maior velo-

cidade da solução de menor concentração (hipotônica) para outra de maior concentração (hipertônica), até atingir o equilíbrio, quando as duas soluções passam a apresentar a mesma concentração (isotônicas).

2. OSMOSE NA CÉLULA VEGETAL

A célula vegetal apresenta, externamente, a **parede celular** ou **membrana celulósica** — membrana permeável, resistente e dotada de certa elasticidade. Internamente a ela, encontra-se a **membrana plasmática** (plasmalema) — membrana permeável seletiva, às vezes considerada semipermeável. No interior da

célula, existem grandes vacúolos que contêm o suco vacuolar. Este representa uma solução de várias substâncias em água. Toda solução desenvolve uma pressão osmótica (P.O.). Esta pressão depende diretamente da concentração da solução e representa a pressão favorável à entrada de água na célula.

Quando a célula vegetal é mergulhada em água destilada, a tendência da água é movimentar-se para o interior da célula, atraída pela **pressão osmótica do vacúolo** (P.O. ou Si). A água que penetra na célula passa a exercer uma pressão hidrostática sobre a parede celular, denominada **pressão de turgescência** ou

pressão de turgor (P.T.). Sujeita a essa pressão, a parede distende-se, mas reage contra a distensão, exercendo uma pressão contrária, chamada **pressão de membrana** ou **resistência da membrana celulósica** (M).

A entrada de água depende da diferença entre a P.O. (Si) e a P.T. (M), isto é, depende de um déficit de pressão de difusão (DPD) ou da sucção celular (SC).

Assim, o movimento de água na célula pode ser expresso pela fórmula:

$$DPD = PO - PT \text{ ou } SC = Si - M$$

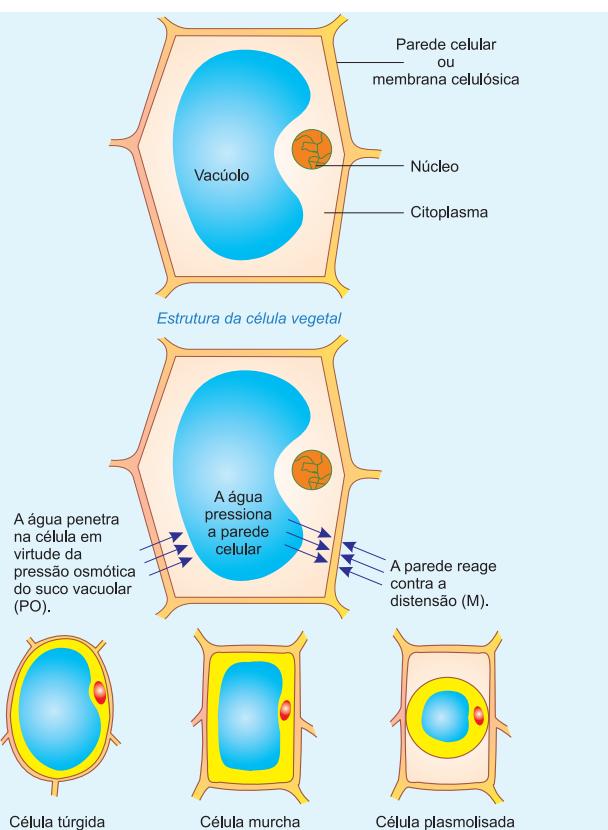
Existe uma tendência de a água entrar na célula enquanto:

$$PO > PT \text{ ou } DPD > 0$$

A **célula** absorve água até ficar **túrgida** (**turgescente**). Nesse caso, PO = PT ou DPD = 0. A **célula** ficará murcha quando: PT = 0 ou DPD = PO.

□ Plasmólise

Ocorre quando a célula vegetal é mergulhada em meio hipertônico. A célula perde água e o citoplasma descola-se da parede celular. Quando a célula plasmolisada é mergulhada em água destilada ou meio hipotônico, absorve água e restabelece o seu turgor. O fenômeno é conhecido por **deplasmólise**.



MÓDULO 17

Raiz: Absorção de Água

INTRODUÇÃO

Nas traqueófitas, o órgão encarregado da fixação e absorção é a raiz. Neste órgão a região de absorção é a pilífera, por onde a água penetra principalmente através dos pelos absorventes. Mas as células epidérmicas que não formam pelos também absorvem água, embora com menor velocidade, uma vez que a absorção depende diretamente do tamanho de superfície. A condição ideal

para ocorrer a absorção de água é:

soluções hipotônicas
raiz – solução hipertônica

A água pode seguir dois caminhos através das células da raiz:

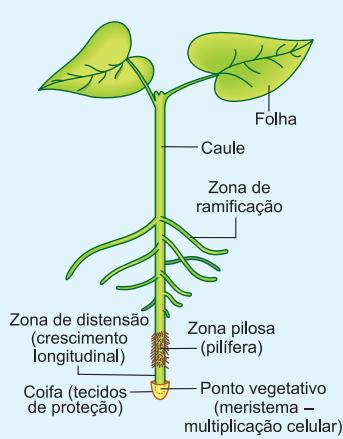
- 1 – Através dos poros das paredes celulares.
- 2 – Através dos protoplasmas celulares.

O primeiro caminho é o mais eficiente, mas, quando a água chega à região do **endoderma** da raiz, obri-

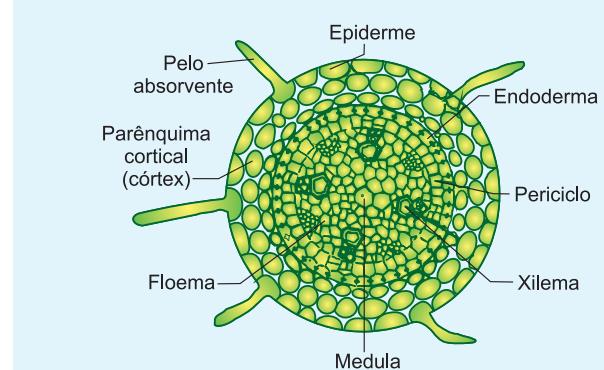
gatoriamente deve penetrar no protoplasma, uma vez que as paredes celulares do endoderma possuem reforços impermeáveis que impedem a passagem da água.

Caminho da água na raiz

pelo absorvente ⇒ parênquima cortical ⇒ endoderma ⇒ periciclo ⇒ xilema



Morfologia de uma raiz de angiosperma dicotiledônea.



Corte transversal de uma raiz de angiosperma monocotiledônea com o endoderma provisto de reforços em U impermeáveis, e as células de passagem desprovidas de reforços.

1. ABSORÇÃO DE SAIS (ÍONS OU NUTRIENTES MINERAIS)

Os íons minerais, indispensáveis ao crescimento das plantas, costumam ser divididos em dois grandes grupos:

- Macronutrientes ou macroelementos** – são aqueles que as plantas requerem em grandes quantidades, tais como N, P, K, Ca, Mg e S.

- Micronutrientes ou microelementos** – são aqueles que as plantas necessitam em pequenas quantidades, como Fe, Mn, Cu, B, Co, Cl, Zn etc.

Os íons minerais podem ser absorvidos por mecanismos de simples difusão, fenômeno desprezível, e por transporte ativo. Atualmente, admite-se que este processo seja o mais importante.

2. DIFUSÃO

Os sais podem ser absorvidos por difusão, seguindo o gradiente de concentração, isto é, deslocando-se de onde existe maior concentração para onde existe menor concentração do mesmo íon. Um fato importante a assinalar é que os diferentes solutos se difundem independentemente um do outro e também da água.

O esquema abaixo ilustra o processo:



3. ABSORÇÃO ATIVA (TRANSPORTE ATIVO)

É o movimento de **íons** contra o gradiente de concentração, isto é, de uma região de menor concentração do íon para outra de maior concentração do mesmo íon. Nesse processo, as células gastam energia metabólica e acumulam íons no seu interior.



4. GUTAÇÃO OU SUDAÇÃO

É a eliminação de água no estado líquido, através dos hidatódios. Nas plantas ocorrem dois tipos de hidatódios:

■ Hidatódio epidermal

Consta de uma única célula epidérmica, que excreta água.

■ Hidatódio epitelial ou estômato aquífero

São os mais frequentes. Constam de duas células estomáticas rígidas que delimitam um poro sempre aberto. A câmara subestomática é preenchida por um tecido parenquimático aquífero, chamado epítema, no qual se encontram as terminações de vasos lenhosos.

O fenômeno da gutação pode ser observado em plantas de tomate bem regadas (solo saturado com água) colocadas debaixo de uma campânula. Quando a atmosfera da campânula fica saturada com vapor de água, cessa a transpiração e observa-se a formação lenta de gotículas de água nos bordos das folhas. Estas gotículas de sudação não representam água pura, mas uma solução diluída de sais.

Experiências feitas com plantas de cevada mostram que

- a sudação cessa ou é muito lenta quando as raízes da planta são mergulhadas em água destilada com ou sem aeração;
- a sudação é lenta quando as raízes são mergulhadas em solução aquosa de sais sem aeração;
- a sudação é ativa quando as raízes são mergulhadas em solução aquosa de sais com aeração e, nesta situação, a gutação pode-se prolongar por muito tempo se a atmosfera for carregada de vapor de água.

Tudo isso mostra que a sudação está relacionada com absorção de

sais e também com o aumento de sais no interior do xilema.

A absorção contínua e ativa de sais cria no interior do xilema concentrações elevadas e, consequentemente, a água tende sempre a ser absorvida por processos osmóticos. Isso cria no interior da raiz uma pressão, conhecida por pressão de raiz. Ora, sabendo-se que a transpiração está prejudicada pelo alto teor de umidade do ar, o excesso de água absorvida é agora eliminado através dos hidatódios sob forma líquida.

Aparece deste modo a gutação.

Nestas condições, o caule cortado próximo ao solo elimina água ativamente, processo conhecido por exsudação.

A exsudação pode ser mostrada facilmente, cortando-se um caule de tomateiro, nas condições mencionadas para obtenção da gutação, e adaptando-se a ele um tubo de vidro ligado a um manômetro. Essa experiência permite a determinação da pressão da raiz.

