



Jean Baptiste Lamarck (1744-1829), Teoria da Evolução

## BIOLOGIA

### Estruturas e funções celulares - Módulos

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1 – Biologia, a ciência da vida    | 9 – Mitocôndrias e lisossomos                                 |
| 2 – A célula                       | 10 – Peroxissomos, microtúbulos, microfilamentos e centríolos |
| 3 – A ultraestrutura celular       | 11 – O núcleo   |
| 4 – A composição química da célula | 12 – Os cromossomos   |
| 5 – A membrana plasmática          | 13 – O ciclo celular  |
| 6 – A permeabilidade celular       | 14 – A mitose   |
| 7 – O transporte ativo             | 15 – A meiose   |
| 8 – O citoplasma                   | 16 – As diferenças entre a mitose e a meiose                  |

### Módulo

### 1

## Biologia, a ciência da vida

### Palavras-chave:

- Anabolismo • Catabolismo • DNA
- Adaptação • Evolução

## 1. O que é Biologia?

A **Biologia** (do grego: *bios* = vida + *logos* = estudo) é a ciência que estuda a vida. Atualmente, o termo designa um conjunto de ciências que trata dos seres vivos, catalogando-os, descrevendo-os e estudando suas funções. Em relação aos seres vivos, existe uma extensa bibliografia, contudo, até hoje não se conseguiu uma ideia do que seja vida e como ela pode ser definida. Os biólogos são unânimes em afirmar que é muito mais interessante caracterizar os seres vivos do que tentar definir o que é a vida. No curso que agora iniciamos, dividiremos a Biologia em cinco ciências:

- 1 – **Citologia** – estudo da célula;
- 2 – **Botânica** – estudo das plantas;
- 3 – **Zoologia** – estudo dos animais;
- 4 – **Genética** – estudo dos genes;
- 5 – **Ecologia** – estudo do meio ambiente.

## 2. As características dos seres vivos

Caracterizar os seres vivos é descrever suas propriedades e qualidades essenciais. Assim, podemos afirmar

que a maioria dos seres vivos é caracterizada por:

- Estrutura celular
- Complexidade e organização
- Metabolismo
- Reatividade
- Reprodução
- Material genético
- Adaptação
- Evolução

## 3. Estrutura celular

Todos os seres vivos são constituídos por unidades estruturais e funcionais conhecidas como células. A **célula** é a menor porção capaz de apresentar as propriedades de um ser vivo, ou seja, nasce, cresce, reproduz-se e morre. Os seres vivos podem ter o corpo constituído por uma ou mais células, sendo chamados, respectivamente, de **unicelulares**, como, por exemplo, uma bactéria (Fig. 1) e **pluricelulares** (multicelulares), como é o caso de animais e plantas.

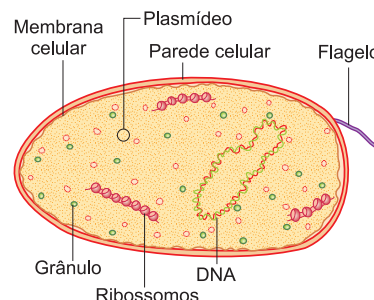


Fig. 1 – A célula bacteriana.

## 4. Complexidade e organização

Os seres vivos são complexos e bastante organizados. Mesmo quando unicelular, o organismo apresenta extrema complexidade, presente tanto na estrutura quanto no funcionamento da célula (Fig. 2). No corpo humano, um organismo pluricelular, encontramos 200 tipos de células que se organizam em quatro tipos básicos de conjuntos, chamados de tecidos: epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso. Grupos desses tecidos reúnem-se formando órgãos, como a pele, o estômago e o coração. Por sua vez, atuando em conjunto, uma série de órgãos passa a constituir um sistema, como é o caso do digestório ou do circulatório.

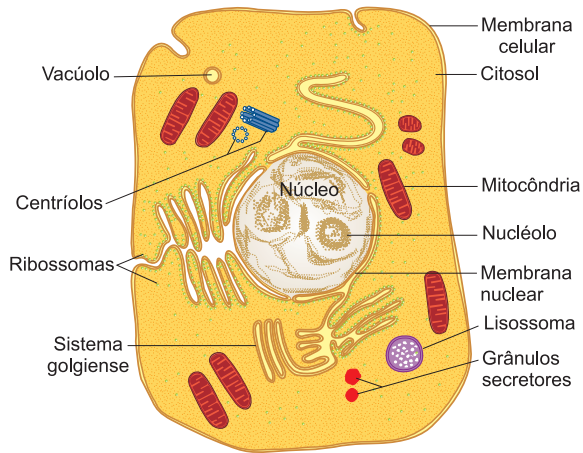


Fig. 2 – A complexa estrutura celular.

## 5. Metabolismo

A manutenção da vida é feita por meio das atividades celulares, processos realizados à custa de energia proveniente do alimento. Chamamos de **metabolismo** ao conjunto de processos químicos envolvidos na liberação e utilização de energia no interior das células. O metabolismo é responsável pelo crescimento, manutenção e reparo das células e, conseqüentemente, de todo o organismo. Dividimos os processos metabólicos em duas etapas: **anabolismo** e **catabolismo**. O termo anabolismo compreende os processos químicos sintéticos, nos quais substâncias mais simples são combinadas para formar outras mais complexas, resultando em armazenamento de energia, formação de novas estruturas celulares e crescimento. O catabolismo abrange processos analíticos nos quais as substâncias complexas são quebradas, originando em substâncias mais simples e liberação de energia (Fig. 3).

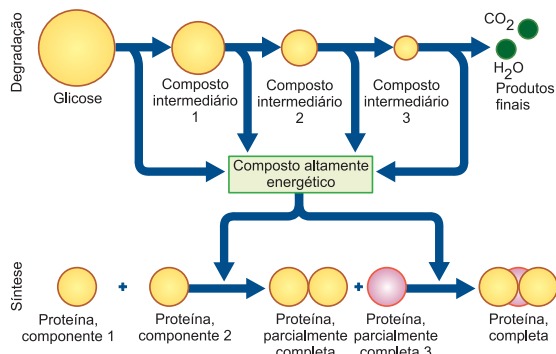


Fig. 3 – As atividades metabólicas.

## 6. Reatividade

Outra característica dos seres vivos é a capacidade de reagir aos estímulos do meio ambiente. Chamamos de estímulo a qualquer alteração física ou química do ambiente capaz de desencadear uma reação num organismo. São exemplos a capacidade olfativa de um cão e o movimento de uma planta de girassol, em relação à posição do sol (Fig. 4).

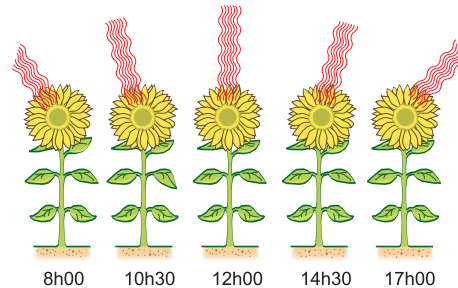


Fig. 4 – O movimento do girassol.

## 7. Reprodução

Qualquer ser vivo é capaz de reproduzir-se, ou seja, originar organismos semelhantes. A reprodução pode ser **assexuada** ou **sexuada**. O exemplo mais comum de reprodução assexuada é a divisão de uma bactéria em duas células-filhas, exatamente iguais à célula-mãe que as originou. A reprodução sexuada é feita pela fusão de duas células especializadas denominadas gametas, que formam o zigoto ou célula-ovo. Por meio de sucessivas divisões, o zigoto origina um novo organismo (Fig. 5).

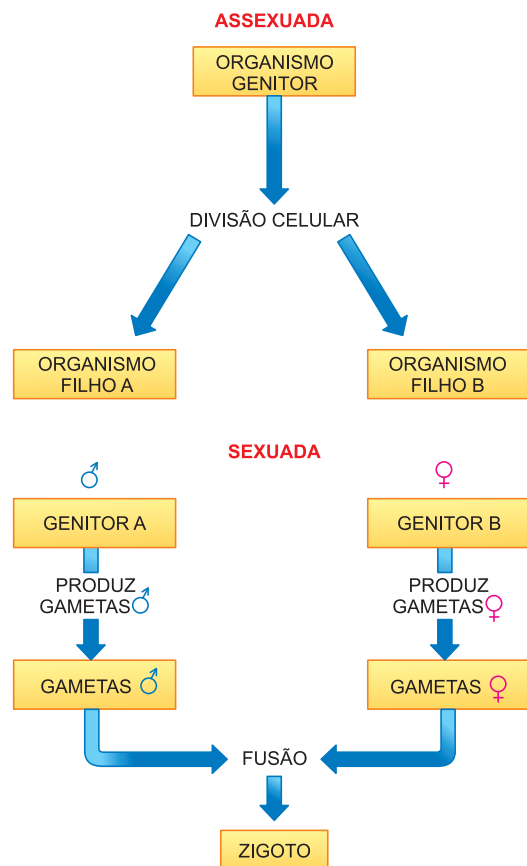


Fig. 5 – Os tipos de reprodução.

## 8. Material genético

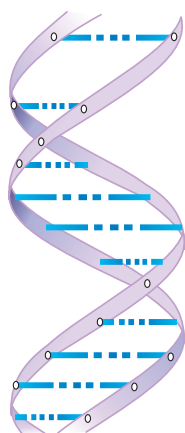


Fig. 6 – O DNA, macromolécula constituída por uma dupla-hélice.

Todas as atividades celulares são controladas por estruturas conhecidas como genes. Em cada célula aparece uma extensa molécula, o DNA (**ácido desoxirribonu-**

**cleico**), no qual estão contidos os genes. Passando de pais para filhos, os genes mantêm as características específicas de cada organismo (Fig. 6).

## 9. Adaptação

Chamamos de **adaptação** qualquer modificação de estrutura, função ou comportamento que permite a um organismo explorar de maneira mais eficiente o meio em que vive. Por meio da adaptação, o ser vivo aumenta as possibilidades de sobrevivência e reprodução.

## 10. Evolução

O material genético é responsável pelas características de um organismo. Mutação é qualquer alteração do material genético que provoca o aparecimento de uma nova característica conhecida como variação. Por meio das variações, ocorre o processo chamado de **evolução**, que é a transformação sofrida pelos organismos no transcorrer da história da Terra (Fig. 7).

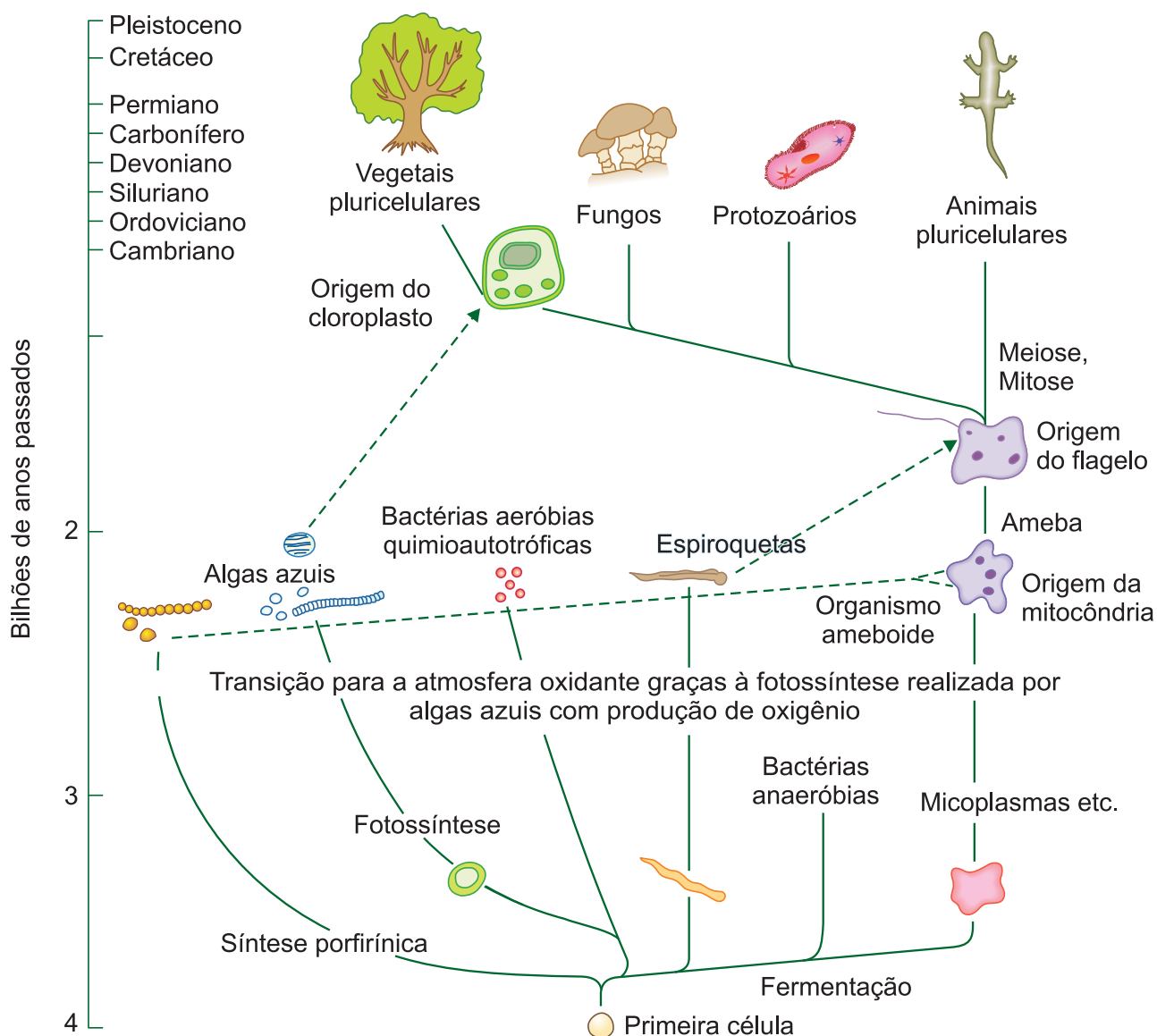


Fig. 7 – A evolução, segundo a hipótese proposta por Lynn Margulis.

## Exercícios Resolvidos

### 1 (MODELO ENEM) – O Metabolismo

Metabolismo é soma total das reações químicas que ocorrem num organismo. Até uma simples célula bacteriana é capaz de realizar centenas de diferentes reações químicas, que jamais acontecem com os seres inanimados. Todas as reações químicas do metabolismo necessitam de enzimas. As enzimas são proteínas que se combinam em substâncias, conhecidas como substratos, os quais são transformados em produtos, liberando a enzima para atuar novamente. Algumas enzimas atuam na decomposição de substâncias, enquanto outras

agem na síntese de substâncias. Em relação às enzimas, é **incorreto** afirmar que

- a) são necessárias para ativar o metabolismo.
- b) atuam apenas na decomposição de substâncias.
- c) agem somente na edificação de moléculas.
- d) são gastas nas reações em que atuam.
- e) só agem sobre as proteínas.

#### Resolução

As enzimas atuam sobre várias substâncias, em processos de síntese e análise, não sendo gastas durante as reações.

**Resposta: D**

2 (MODELO ENEM) – Na composição química dos seres vivos aparecem macromoléculas conhecidas por polímeros, por serem formadas pela ligação de unidades menores chamadas monômeros. No caso das proteínas os monômeros são os aminoácidos. Também são macromoléculas os ácidos nucleicos cujos monômeros são conhecidos como

- a) nucleínas.
- b) nucleoses.
- c) nucleotídeos.
- d) nucleonemas.
- e) nucleídeos.

#### Resolução

Os ácidos nucleicos são formados pelo encaideamento de nucleotídeos. **Resposta: C**

## Exercícios Propostos

1 Uma das principais características dos seres vivos é o metabolismo celular, que é um processo complexo, dividido em duas etapas.

- a) Quais são essas etapas?
- b) No que consistem?

#### RESOLUÇÃO:

**a) Anabolismo e catabolismo.**

**b) Anabolismo – reações de síntese, com absorção de energia.**

**Catabolismo – reações de análise, com desprendimento de energia.**

2 Os seres vivos reproduzem-se sexuada e assexuadamente. Basicamente, no que consiste a reprodução sexuada?

#### RESOLUÇÃO:

**Consiste na fusão de duas células, chamadas gametas, formando a célula-ovo ou zigoto, que entra em divisão múltipla, originando um novo organismo.**

3 Os diversos níveis estruturais dos seres vivos são:

- 1. célula
- 2. órgão
- 3. organismo
- 4. tecido

Aponte a alternativa que contém a sequência correta em ordem crescente de complexidade.

- a) 1, 2, 3 e 4.
- b) 1, 3, 2 e 4.
- c) 1, 4, 2 e 3.
- d) 2, 3, 1 e 4.
- e) 3, 2, 4 e 1.

**RESOLUÇÃO: Resposta: C**

4 Segundo Mendel, as características hereditárias são determinadas por fatores particulados, hoje conhecidos como genes e constituídos por

- a) proteínas.
- b) nucleoproteínas.
- c) ácido desoxirribonucleico.
- d) hemoglobina.
- e) citocinina.

**RESOLUÇÃO: Resposta: C**

5 (MODELO ENEM) – Os seres vivos exigem energia para as suas atividades. A mais óbvia é a energia mecânica para se mover, para movimentos intracelulares e para bombear sangue. Como os mamíferos e as aves mantêm uma temperatura constante acima da do meio ambiente, não podem aproveitar a energia térmica. Assim, o organismo utiliza como fonte de energia para a manutenção da vida os nutrientes que recebe do meio exterior. Pela sua combustão (reação com o oxigênio), os alimentos, moléculas complexas, são transformados em água, dióxido de carbono e ureia, transferindo a energia química, representada pelas ligações entre os átomos nos alimentos, para a forma de energia que o ser vivo necessita (mecânica, elétrica, luminosa ou química, esta nas moléculas que sintetiza), sem passar pela energia térmica, embora uma parte da energia sempre se transforme em calor, que também é necessário para manter a temperatura dos seres vivos. A leitura do texto permite concluir que

- a) a temperatura de aves e mamíferos varia com a do meio ambiente.
- b) a fonte de energia para os seres vivos resulta do oxigênio que respiramos.
- c) a degradação dos nutrientes fornece a energia para a manutenção das atividades vitais.
- d) a temperatura ambiente fornece a energia necessária para a manutenção das atividades orgânicas.
- e) os seres vivos transformam energia ambiental em energia química.

**RESOLUÇÃO: Resposta: C**



### No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M101**

## 1. Conceito de célula

A célula é a unidade estrutural e funcional dos seres vivos; constitui a menor porção da matéria viva que pode existir independentemente. Assim, a célula é capaz de produzir seus componentes e, conseqüentemente, crescer e multiplicar-se. Alguns organismos, como é o caso das bactérias, são unicelulares, ou seja, têm o corpo formado por uma única célula. Mas, na sua grande maioria, os seres são pluricelulares, apresentando o corpo composto por numerosas células. No corpo humano, por exemplo, existem 10 trilhões de células, e a nossa vida depende do bom funcionamento delas.

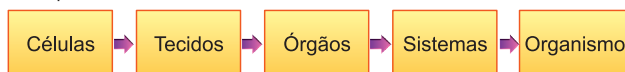
A célula é a menor unidade que manifesta as propriedades de um ser vivo; ela sintetiza seus componentes, cresce e multiplica-se. O ramo da Biologia que estuda a célula chama-se **Citologia**.

Quando as células se agrupam, formam os tecidos. O tecido pode ser definido como um conjunto de células semelhantes, adaptadas a uma determinada função. Há quatro tipos básicos de tecidos animais: epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso. O ramo da Biologia que estuda os tecidos chama-se **Histologia**.

Os tecidos, por sua vez, geralmente se reúnem para formar órgãos, tais como: estômago, coração, cérebro, pulmões etc. A forma e a estrutura dos órgãos são estudadas em **Anatomia**.

Os órgãos, trabalhando em conjunto, compõem os sistemas ou aparelhos do organismo. Como exemplos, podemos citar os sistemas digestório, circulatório, respiratório e nervoso. O funcionamento de órgãos e sistemas é objeto de estudo da **Fisiologia**.

Um conjunto organizado de sistemas, como um todo, forma um indivíduo ou organismo, conforme se observa no esquema abaixo:



## 2. A importância da Citologia

A importância reside no fato de que o conhecimento sobre a célula constitui a base para o estudo de outras disciplinas. Além disso, os fenômenos fisiológicos essenciais dos organismos vivos ocorrem em nível celular. Procuraremos tornar a aula mais interessante e útil ao aluno, dando maior realce à Fisiologia, relacionando-a à morfologia. É fundamental o estudo do núcleo (Cariologia), em virtude do papel deste constituinte na coordenação da atividade celular e na transmissão dos caracteres hereditários (cromossomos e genes).

## 3. O descobrimento da célula

A descoberta da célula deu-se após a invenção do microscópio, por Hans e Zacarias Jensen (1590). Robert Hooke, em 1665, apresentou à Real Sociedade de Londres resultados de suas pesquisas sobre a estrutura da cortiça, observada ao microscópio em finos cortes. O material apresentava-se formado por pequenos compartimentos hexagonais, delimitados por paredes espessas; o conjunto lembrava os favos de mel de abelhas. Cada compartimento foi chamado célula (pequena cavidade). Sabe-se, hoje, que o tecido observado por Hooke (**súber**) era composto por células mortas, em cujas paredes houve depósito de suberina, tornando-as impermeáveis e impedindo as trocas de substâncias (entrada de alimentos e oxigênio, saída de detritos etc.). Após a suberificação e morte do tecido, restam as paredes espessas, delimitando espaços cheios de ar (Fig. 1).

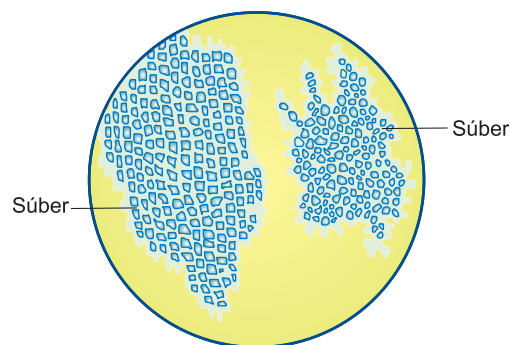


Fig. 1 – Células suberificadas.

## 4. A observação da célula

As células geralmente não podem ser vistas a olho nu, pois suas dimensões são muito pequenas. Para ampliar as células e torná-las visíveis, o aparelho habitualmente usado é o microscópio óptico comum (moc) ou microscópio composto, que costuma dar aumentos de até 2 000 vezes. No "moc", as células podem ser observadas vivas ("a fresco") ou mortas ("fixadas") pelo álcool, formol etc. É comum o uso de corantes para dar maior realce às estruturas celulares. Alguns deles podem ser usados em células vivas (corantes vitais), mas, em geral, são aplicados após a morte (fixação) da célula. Os órgãos são observados, na maioria das vezes, em finos cortes feitos com um aparelho chamado **micrótomo**.

O aparelho mais especializado para observação da célula é o microscópio eletrônico, que dá aumentos da ordem de até 250 000 vezes. A estrutura da célula observada ao microscópio eletrônico, logicamente com muito mais detalhes do que se observada ao microscópio comum, é chamada **ultraestrutura celular**.

## 5. Unidades de medida

Para exprimir dimensões celulares, usamos habitualmente três unidades: micrômetro, nanômetro e angström, esquematizados no quadro a seguir:

UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR	USO EM CITOLOGIA
Milímetro	mm	0,001 m	Domínio macroscópico (vista desarmada). Células grandes.
Micrômetro	$\mu\text{m}$	0,001 mm	Microscopia óptica. Maioria das células e organelas maiores.
Nanômetro	nm	0,001 $\mu\text{m}$	Microscopia eletrônica. Organelas menores, as maiores macromoléculas.
Angström	Å	0,1 nm	Microscopia eletrônica. Moléculas e átomos.

## 6. Teoria celular

Uma das mais importantes generalizações da Biologia é a teoria celular, que afirma:

### Todos os organismos vivos são formados por células.

Tal generalização estende-se desde os organismos mais simples, como bactérias, amebas, até os mais complexos, como um homem ou uma frondosa árvore.

### Todas as reações metabólicas de um organismo ocorrem em nível celular.

Em qualquer organismo, as reações vitais sempre acontecem no interior das células. Assim, quando um

atleta está correndo, toda a atividade muscular envolvida no processo tem lugar no interior da célula muscular.

### As células originam-se unicamente de células preexistentes.

Não existe geração espontânea de células. Por meio de processos de divisão celular, as células-mães produzem células-filhas, provocando a reprodução e o crescimento dos organismos.

### As células são portadoras de material genético.

As células possuem DNA (ácido desoxirribonucleico), por meio do qual características específicas são transmitidas da célula-mãe à célula-filha.

## Exercícios Resolvidos

### 1 (MODELO ENEM) – O Microscópio

A descoberta de seres vivos muito pequenos está ligada à invenção do microscópio simples (com uma única lente), em 1667, pelo holandês Leeuwenhoek, o primeiro homem a observá-los. Em 1876, Abbé aperfeiçoou a invenção de Leeuwenhoek, desenvolvendo o microscópio composto pela combinação de muitas lentes, e o aperfeiçoamento continua até hoje. O conjunto de lentes próximo ao objeto, chamado de objetiva, produz uma imagem que será ampliada ainda mais pelo conjunto de lentes próximo ao olho (ocular). O aumento total é o produto do aumento da objetiva pelo da ocular. Assim, o uso de uma objetiva que aumenta 40 vezes (40x) com uma ocular que aumenta 10 vezes (10x) produz uma imagem aumentada de

- a) 10x
- b) 20x
- c) 40x
- d) 50x
- e) 400x

### Resolução

O aumento da ampliação dada por um microscópio é igual ao aumento da objetiva multiplicado pelo aumento da ocular, no caso de  $40 \times 10 = 400$

**Resposta: E**

2 (MODELO ENEM) – Em 1928, Griffith isolou duas amostras de *Pneumococcus*, uma não virulenta (denominada **R**, pois forma colônias de aspecto rugoso) e outra virulenta (denominada **S**, por formar colônias lisas). A diferença é que a forma virulenta, capaz de causar pneumonia, apresenta na superfície externa uma cápsula formada de polissacarídeos. Griffith injetou animais com pneumococos não virulentos **R** vivos e pneumococos **S** mortos. Os animais morreram, mostrando que o polissacarídeo era importante para produzir as lesões, mas o fato surpreendente foi a descoberta de pneumococos **S** vivos no sangue de animais mortos.

Mesmo mortos, os pneumococos **S** transferiram para os **R** a informação para sintetizar o polissacarídeo, tornando assim os pneumococos **R** permanentemente transformados em bactérias virulentas.

(Isaias Raw, Mennucci e Krasilchik. EDUSP: *A Biologia e o Homem*)

Em 1944, Avery, MacLeod e McCarty fizeram um experimento revolucionário. Eles conseguiram isolar de pneumococos **S** mortos o material capaz de induzir essa transformação e identificaram esse material como

- a) proteína.
- b) nucleoproteína.
- c) DNA.
- d) RNA.
- e) enzima.

### Resolução

A informação genética, responsável pela formação da cápsula, está registrada no DNA.

**Resposta: C**

## Exercícios Propostos

1 Por que a Citologia é uma das mais importantes disciplinas da Biologia?

**RESOLUÇÃO:**

Porque todos os fenômenos fundamentais dos seres vivos ocorrem em nível celular.

2 A célula foi descoberta em 1665 por Robert Hooke. Que parte da célula realmente Hooke observou?

**RESOLUÇÃO:**

Hooke observou apenas as paredes espessadas de células vegetais mortas.

3 Definir as seguintes unidades usadas na medida das células:

- a) Micrômetro;
- b) Nanômetro;
- c) Angström.

**RESOLUÇÃO:**

- a) micrômetro = 1/1.000 do milímetro
- b) nanômetro = 1/1.000 do micrômetro
- c) angström = 1/10 do nanômetro

4 Assinale a afirmação que **não** faz parte da teoria celular:

- a) Os seres vivos são formados por células.
- b) Os fenômenos fundamentais da vida ocorrem em nível celular.
- c) Toda célula resulta da divisão ou fusão de células preexistentes.
- d) Em todos os seres vivos, as células realizam o mesmo tipo de ciclo celular.
- e) As células-mães transmitem suas características às células-filhas.

**RESOLUÇÃO: Resposta: D**

5 Assinale a alternativa que indica corretamente o número de micrômetros, nanômetros e angströns existentes em 5 milímetros.

	MICRÔMETROS	NANÔMETROS	ANGSTRÖNS
a)	5	500	5 000
b)	5 000	5 000 000	50 000 000
c)	500	5 000 000	500
d)	5 000	5 000 000	500
e)	500	50 000	5 000

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**

6 A célula foi descoberta, em 1665, por Robert Hooke examinando

- a) um tecido animal vivo com células queratinizadas.
- b) um tecido vegetal vivo com células de paredes celulósicas e espessadas.
- c) um tecido vegetal morto com células suberificadas.
- d) um tecido animal morto cujas células apresentavam paredes impregnadas por queratina.
- e) um tecido vegetal vivo cujas células apresentavam paredes impermeabilizadas graças à cutinização.

**RESOLUÇÃO: Resposta: C**



### No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M102**

**Palavras-chave:**

- Ribossomos • Mitocôndrias
- Lisossomos • Sistema golgiense
- Centríolos

## 1. A organização da célula

Analisaremos nesse item a descrição sumária de uma célula animal típica, observada ao microscópio eletrônico, a fim de que tenhamos uma primeira ideia sobre organização celular. Reconhecemos na célula três componentes fundamentais: **membrana**, **citoplasma** e **núcleo** (Fig. 1).

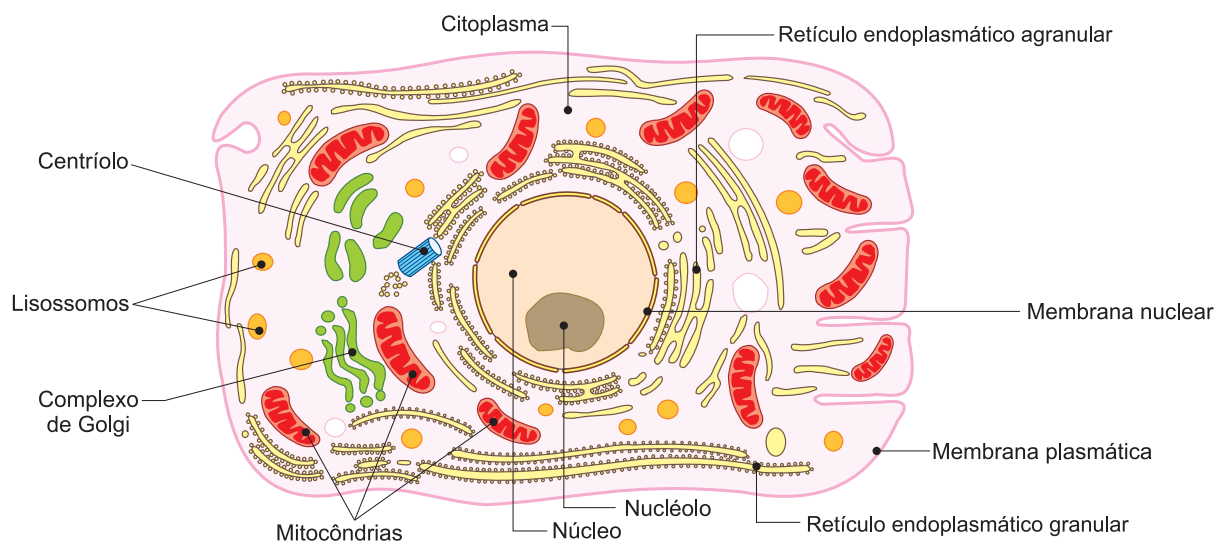


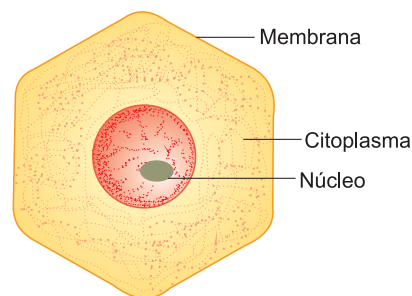
Fig. 1 – Ultraestrutura de uma célula animal típica. Observar o grande número de mitocôndrias, as membranas do retículo endoplasmático, as cisternas do sistema golgiense, os ribossomos, que produzem proteínas, o centríolo, que participa da divisão celular, o lisossomo, que efetua a digestão intracelular, e o núcleo, que coordena todas as atividades celulares.

## 2. A membrana plasmática

É uma película delgada de contorno irregular que envolve a célula e através da qual são absorvidos água, alimento e oxigênio (para respiração) e eliminadas várias substâncias. O processo de eliminação de uma substância pela célula será uma **secreção**, caso se trate de um produto que a célula fabricou com finalidade útil (hormônio, por exemplo), ou uma **excreção**, isto é, quando é expulso um resíduo (escória), resultante de reações químicas que ocorrem na célula. A membrana plasmática “seleciona” as substâncias que entram na célula e dela saem, de acordo com suas necessidades. Diz-se, portanto, que ela possui **permeabilidade seletiva**.

## 3. O citoplasma

O citoplasma é o constituinte celular mais volumoso; formado pelo citosol e os organelos celulares. O citosol, também chamado de hialoplasma, é um líquido transparente homogêneo e sem estrutura, no qual estão mergulhados os organelos celulares.



Célula vista ao microscópio óptico.

## 4. Os organelos celulares

Imersos no hialoplasma, encontramos os organelos celulares, entre os quais citaremos: **retículo endoplasmático**, **ribossomos**, **mitocôndrias**, **lisossomos**, **complexo de Golgi** e **centríolos**.

### Retículo endoplasmático

O hialoplasma é percorrido por uma rede de vesículas e canais que se intercomunicam, constituindo o retículo endoplasmático. Trata-se de uma estrutura que auxilia a distribuição e o armazenamento de substâncias celulares.



## Ribossomos

Os ribossomos são pequenos grânulos cuja maior parte se encontra aderida às membranas que delimitam o retículo endoplasmático. Nos ribossomos, ocorre uma das mais importantes funções celulares: a síntese de proteínas.

## Mitocôndrias

As mitocôndrias são corpúsculos esféricos ou alongados relacionados com a respiração celular, processo que fornece a energia necessária às atividades celulares. Em linguagem mais simples, a mitocôndria é o “motor” da célula.

## Lisossomos

Os lisossomos são pequenas “bolsas” contendo enzimas, utilizadas para digerir substâncias no interior da célula.

## Sistema golgiense ou complexo de Golgi

É constituído por uma pilha de vesículas circulares e achatadas, para armazenamento das secreções antes de sua eliminação. É extremamente desenvolvido nas células glandulares.

## Centríolos

O centríolo, situado próximo ao núcleo, é constituído por dois cilindros perpendiculares entre si. Trata-se de um organoide relacionado com a divisão celular.

## 5. O núcleo

Situado, geralmente, na parte central da célula, o núcleo apresenta uma membrana, a **carioteca**, que envolve o **carioplasma**, líquido no qual estão imersos o nucléolo e os **cromossomos**. Nestes, encontram-se os genes, elementos responsáveis pela coordenação das diversas atividades celulares, constituídos por DNA.

## 6. Eucariontes, procariontes e vírus

Em relação ao tipo de estrutura celular que apresentam, os seres vivos são divididos em **eucariontes** e **procariontes**. Na sua grande maioria, os organismos são eucariontes, isto é, possuem um núcleo verdadeiro limitado por um envoltório nuclear, formado por uma dupla membrana. Os procariontes mais conhecidos são as bactérias e as cianobactérias. As células procarióticas não têm um núcleo verdadeiro, possuem apenas material genético não envolvido por membranas.

Os **vírus** são agentes infecciosos que só podem multiplicar-se no interior de células vivas. No homem, provocam numerosas doenças, como, por exemplo, a gripe, a poliomielite e a AIDS. Quanto à estrutura, os vírus são organismos acelulares, isto é, não apresentam estrutura celular.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – A maioria dos medicamentos que utilizamos exerce seus efeitos sem entrar nas células graças à membrana plasmática. Essa função de barreira exercida pela membrana plasmática é conhecida como

- a) semipermeabilidade.
- b) osmose.
- c) transcrição.
- d) permeabilidade seletiva.
- e) impermeabilidade.

### Resolução

Permeabilidade seletiva é a capacidade que a membrana plasmática tem de selecionar a entrada e a saída de substâncias na célula.

**Resposta: D**

**2 (MODELO ENEM)** – As atividades celulares e os processos químicos que delas decorrem são separados nas diferentes organelas, compartimentos com composição química específica. Na célula, a síntese de proteínas, o armazenamento das secreções, o fornecimento de energia e a digestão de substâncias são desempenhados, respectivamente, pelas seguintes organelas:

- a) ribossomos, sistema golgiense, mitocôndrias e lisossomos.
- b) retículo endoplasmático liso, sistema golgiense, mitocôndrias e lisossomos.
- c) sistema golgiense, lisossomos, ribossomos e mitocôndrias.

- d) lisossomos, ribossomos, sistema golgiense e mitocôndrias.
- e) retículo endoplasmático, lisossomos, vacúolos e mitocôndrias.

### Resolução

ORGANELAS	FUNÇÕES
Ribossomos	Síntese de proteínas
Sistema golgiense	Armazenamento de secreções
Mitocôndrias	Produção de energia
Lisossomos	Digestão intracelular

**Resposta: A**

## Exercícios Propostos

**1** Complete a tabela abaixo, colocando a estrutura celular responsável pela função citada.

FUNÇÕES	ESTRUTURAS CELULARES
Síntese de proteínas	
Secreção celular	
Permeabilidade celular	
Digestão celular	
Respiração celular	

### RESOLUÇÃO:

- Ribossomos
- sistema golgiense
- membrana plasmática
- lisossomos
- mitocôndrias

**2** Quando uma célula elimina uma substância, fala-se em secreção ou excreção. Qual é a diferença entre esses dois processos?

**RESOLUÇÃO:**

Secreção é a eliminação de uma substância útil para um organismo, enquanto a excreção é a expulsão de um resíduo inútil.

**3** Analise as sentenças abaixo, a respeito dos componentes celulares.

- I. A membrana plasmática é uma estrutura lipoproteica que delimita o meio interno do meio externo da célula.
- II. Os ribossomos são estruturas responsáveis pela respiração celular.
- III. Os lisossomos realizam a digestão intracelular.
- IV. O sistema golgiense é responsável pela síntese de proteínas.

Das afirmações acima, estão corretas

- a) I, II e III.
- b) II e IV.
- c) I e III.
- d) I e IV.
- e) II, III e IV.

**RESOLUÇÃO: Resposta: C**

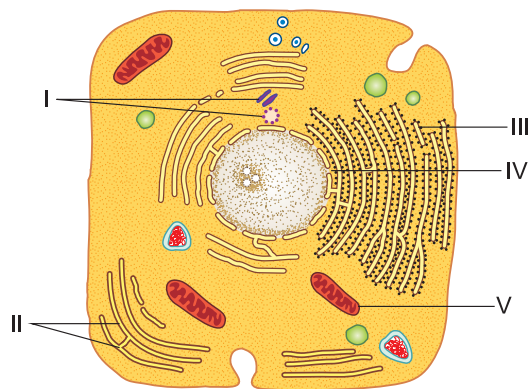
**4** Na célula, o material genético é constituído por \_\_\_\_\_ 1 \_\_\_\_\_ e está contido no \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_.

Assinale a alternativa que completa as lacunas 1 e 2.

	1	2
a)	DNA	Ribossomo
b)	DNA	Núcleo
c)	Proteína	Núcleo
d)	Proteína	Lisossomo
e)	DNA	Membrana celular

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**

**5 (UNIFOR)** – A figura abaixo esquematiza os componentes de uma célula animal.

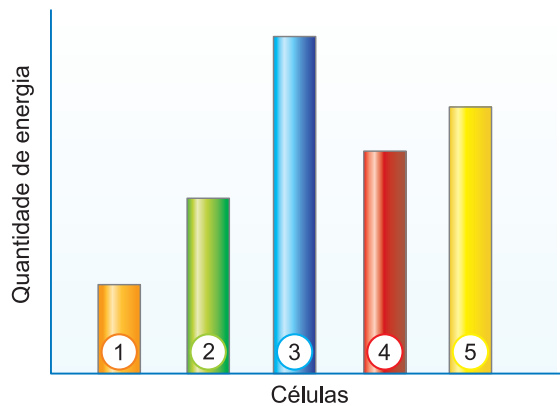


Relacionam-se, respectivamente, com síntese e transporte de lipídios e com síntese e transporte de proteínas:

- a) IV e V.
- b) V e IV.
- c) I e II.
- d) II e III.
- e) III e IV.

**RESOLUÇÃO: Resposta: D**

**6 (MODELO ENEM)** – Observe o gráfico a seguir relacionado com a quantidade de energia que as células, numeradas de 1 a 5, necessitam.



A maior quantidade de mitocôndrias deve ocorrer na célula:

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

**RESOLUÇÃO: Resposta: C**



**No Portal Objetivo**

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M103**

## 1. Os componentes químicos da célula

A análise química do conteúdo celular revela a existência de componentes minerais e orgânicos. Os primeiros compreendem a água e os sais minerais, os últimos estão agrupados em quatro categorias: açúcares, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos.

## 2. A água

Em nosso planeta, a vida começou na água, daí não ser estranho que a vida de uma célula dependa desse líquido. Embora a quantidade de água varie conforme a espécie e o tipo de célula, representa aproximadamente 65 a 70% do peso dos organismos. Para ressaltar a importância da água, lembramos que a vida celular é uma complicada série de reações químicas que só acontecem na sua presença.

## 3. Os sais minerais

Nos líquidos intra e extracelular, encontramos grande variedade de sais minerais dissociados em cátions (íons carregados positivamente) e ânions (íons carregados negativamente). Entre os principais constituintes celulares, citamos:

- **Cálcio**, que forma estruturas esqueléticas e participa dos processos de contração muscular e coagulação do sangue;
- **Magnésio e ferro**, existentes, respectivamente, nas moléculas da clorofila e hemoglobina. Essas moléculas são responsáveis pela fotossíntese e pelo transporte de oxigênio para os tecidos;
- **Sódio e potássio**, responsáveis pela condução do impulso nervoso nos neurônios;
- **Fosfato**, componente dos ácidos nucleicos além de atuar nos processos energéticos das células.

## 4. Os componentes orgânicos da célula

Entre os compostos orgânicos, aparecem os polímeros, moléculas gigantes (macromoléculas) formadas por uma cadeia de moléculas chamadas de monômeros (Fig. 1).

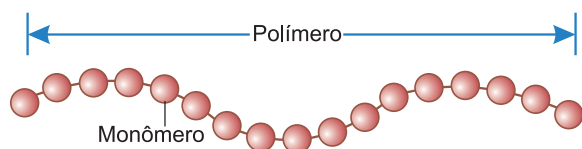


Fig. 1 – A estrutura de uma macromolécula do tipo polímero.

Podemos citar os seguintes polímeros: **proteínas**, **ácidos nucleicos** e **polissacarídeos**, cujos monômeros são, respectivamente, **aminoácidos**, **nucleotídeos** e **monossacarídeos**.

## 5. Os açúcares

Também chamados de carboidratos ou glúcides, os açúcares são formados, basicamente, por três elementos: carbono, hidrogênio e oxigênio. Os açúcares são ricos em energia necessária à manutenção das atividades vitais da célula. Para exemplificar, citaremos: glicose, amido e celulose. Produzida pelos vegetais na fotossíntese, a **glicose** é a molécula básica para a obtenção de energia. O amido e celulose são polímeros, cujos monômeros são moléculas de glicose. O **amido**, que representa a reserva da célula vegetal, aparece em grande quantidade em raízes (mandioca), caules (batatas) e sementes (trigo e milho). A **celulose** forma a parede celular, um elemento de sustentação da célula vegetal. Os carboidratos são os principais componentes celulares usados para o fornecimento de energia às atividades celulares.

## 6. As proteínas

As proteínas, polímeros nos quais os monômeros são moléculas de aminoácidos, formam o grupo mais numeroso e diversificado das moléculas orgânicas. Desempenham um papel fundamental na estrutura celular e atuam em todas as funções biológicas. Como veremos, todos os componentes da célula são constituídos por proteínas, e as reações químicas celulares são ativadas por proteínas chamadas de enzimas. Como proteínas estruturais, temos a **actina** e a **miosina** da célula muscular, a **hemoglobina** dos glóbulos vermelhos e o **colágeno** e a **queratina** presentes nas células da pele. A **insulina** e a **pepsina** exemplificam proteínas responsáveis por funções biológicas. A **insulina** é um hormônio que regula a taxa de glicose no sangue humano, já a **pepsina** é uma enzima estomacal que digere as proteínas.

## 7. Os lipídios

Os lipídios, também conhecidos por gorduras, compreendem um grupo muito heterogêneo, cuja característica comum é a insolubilidade em água e a solubilidade em solventes orgânicos, como o xilol, o éter, a benzina e o clorofórmio. Entre os mais frequentes, aparecem os **triglicérides**, constituídos por três moléculas de ácidos graxos e uma molécula de glicerol, um álcool. Estes, com as proteínas, entram na constituição das membranas celulares. Também são armazenados na forma de reserva alimentar, podendo ser usados como fontes de energia. Nos animais, estão presentes no tecido adiposo; nos vegetais, aparecem nas sementes oleaginosas.

## 8. Os ácidos nucleicos

Os ácidos nucleicos, assim chamados porque foram descobertos no núcleo das células, formam duas categorias de compostos: o **ácido desoxirribonucleico (DNA)** e o **ácido ribonucleico (RNA)**. Os ácidos nucleicos, bem como proteínas e amido, constituem exemplos de polímeros, cujos monômeros são moléculas complexas, os nucleotídeos. O DNA constitui o gene, o elemento responsável pela determinação e transmissão das características hereditárias. O RNA atua na síntese de proteínas, as substâncias responsáveis pela estrutura e funcionamento das células.

### Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – Na composição química da célula, aparecem os polímeros, macromoléculas constituídas pela ligação de muitas moléculas pequenas, denominadas monômeros, numa molécula complexa e grande com propriedades diferentes. Amido, DNA e hemoglobina são polímeros formados, respectivamente, pelos seguintes monômeros:

- a) glicose, nucleotídeos e aminoácidos.
- b) glicose, aminoácidos e nucleotídeos.
- c) aminoácidos, nucleotídeos e glicose.
- d) celulose, aminoácidos e nucleotídeos.
- e) glicogênio, ácidos graxos e nucleotídeos.

#### Resolução

Polímeros	Monômeros
Amido	Glicose
DNA	Nucleotídeos
Hemoglobina	Aminoácidos

**Resposta: A**

**2 (MODELO ENEM)** – A energia necessária para as atividades celulares provém do alimento. Se a célula possuir clorofila, pigmento capaz de captar energia luminosa, armazenará essa energia nas moléculas orgânicas que produz, graças à fotossíntese. Se for aclorofilada, precisará receber alimento para conseguir energia.

Bioenergética é a parte da Biologia que estuda a bioquímica das transformações energéticas da célula. Os principais componentes celulares usados para o fornecimento de energia, necessária à manutenção das funções vitais da célula, são

- a) os sais minerais.
- b) as vitaminas.
- c) as proteínas.
- d) os carboidratos.
- e) as gorduras.

#### Resolução

No processo conhecido como respiração celular, a energia contida nos alimentos é liberada e usada pelas células. Um dos principais compostos de carbono utilizado na respiração da célula é a glicose.

**Resposta: D**

### Exercícios Propostos

**1** Uma característica celular é a produção de macromoléculas, isto é, moléculas gigantes chamadas de polímeros.

- a) O que são polímeros?
- b) Dê dois exemplos.

#### RESOLUÇÃO:

- a) São moléculas formadas pelo encadeamento (polimerização) de moléculas menores chamadas de monômeros.
- b) Proteínas e ácidos nucleicos.

**2** O nome de ácidos nucleicos que lhes é atribuído deve-se a sua descoberta, no núcleo celular, pelo biologista alemão Miescher.

- a) Quais são os dois tipos de ácidos nucleicos?
- b) Que funções exercem nas células?

#### RESOLUÇÃO:

- a) DNA e RNA.
- b) O DNA é o gene, responsável pelas atividades celulares; o RNA atua na síntese de proteínas determinantes das características de um organismo.

**3** As substâncias de reserva encontradas, respectivamente, em animais e vegetais são:

- a) sais minerais e proteínas.
- b) proteínas e lípides.
- c) lípides e amido.
- d) triglicérides e glicose.
- e) glicose e proteínas.

**RESOLUÇÃO: Resposta: C**

**4** Considere as seguintes afirmativas:

- I. As proteínas são substâncias de grande importância para os seres vivos: muitas participam da construção da matéria viva.
- II. As proteínas chamadas enzimas facilitam reações químicas celulares.
- III. Os ácidos nucleicos são formados pela polimerização de aminoácidos.

Assinale

- a) se somente I estiver correta.
- b) se somente II estiver correta.
- c) se somente III estiver correta.
- d) se somente I e II estiverem corretas.
- e) se todas estiverem corretas.

**RESOLUÇÃO: Resposta: D**



### No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M104**

mente original comparada à do meio inerte, a matéria viva mantém, desenvolve e reproduz sua organização dentro de estreitos limites de condições físicas, porque todas as reações químicas das quais ela é sede são catalisadas e submetidas à regulação. Quer se trate do homem ou da bactéria, os mecanismos de catálise e de regulação são realizados, da mesma maneira, por moléculas da mesma natureza. Essas moléculas são conhecidas como

- a) enzimas e são produzidas apenas pelos vegetais.
- b) enzimas e são produzidas apenas pelos animais.
- c) enzimas e são produzidas apenas pelas bactérias.
- d) enzimas e são produzidas por todos os seres vivos.
- e) enzimas e são produzidas apenas pelos seres humanos.

**RESOLUÇÃO:**

**Enzimas são catalisadores biológicos de natureza proteica, que são produzidos por todas as células.**

**Resposta: D**

**6** Os sais minerais podem participar como constituintes de estruturas do corpo dos seres vivos e, na forma de íons, são fundamentais ao metabolismo celular. Analise a tabela a seguir e assinale a alternativa que associa corretamente o íon e sua respectiva importância.

	ÍON	IMPORTÂNCIA
a)	Magnésio	Importante para a condução do impulso nervoso.
b)	Fósforo	Faz parte da molécula de hemoglobina, sendo responsável pelo transporte de oxigênio.
c)	Ferro	Aparece na molécula da clorofila.
d)	Sódio	Faz parte dos nucleotídeos do DNA.
e)	Cálcio	Participa dos processos de contração muscular e da coagulação do sangue.

**RESOLUÇÃO: Resposta: E**

**Módulo**

**5**

**A membrana plasmática**

**Palavras-chave:**

- Microvilosidades • Desmossomos
- Interdigitações • Junções • Glicocálix

**1. A estrutura da membrana**

Na superfície de toda a célula, existe uma delgada película, a membrana plasmática, que fica em contato, pela face externa, com o meio extracelular e, pela face interna, com o citoplasma celular. Em razão da sua diminuta espessura, só pode ser observada ao microscópio eletrônico. O modelo teórico atualmente aceito para a estrutura da membrana é o do mosaico fluido proposto por Singer e Nicholson. De acordo com esse modelo, a membrana é formada por uma dupla camada (bicamada) lipídica na qual estão embebidas as proteínas (Fig. 1).

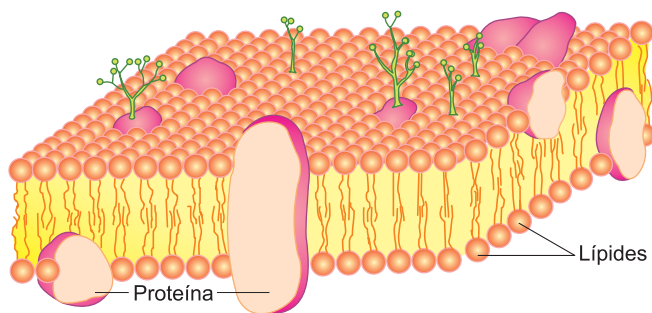


Fig. 1 – O modelo do mosaico fluido.

Os lípidos mais abundantes são os fosfolípidos, que apresentam uma cabeça hidrofílica (que tem afinidade com a água) e duas caudas hidrofóbicas (sem afinidade com a água). A bicamada lipídica é fluida e nela flutuam as moléculas de proteína.

**2. As funções da membrana plasmática**

**Manutenção da integridade celular**

Se a membrana for lesionada, o citoplasma extravasa, e a célula se desintegra no processo chamado de citólise. Contudo, pequenas lesões não afetam a estrutura celular porque a membrana apresenta a capacidade de regeneração, isto é, reconstrução rápida sem destruir a célula. A regeneração possibilita os processos de micromanipulação, por meio dos quais a célula pode ser submetida, por exemplo, a transplantes de núcleo.

**Reconhecimento intercelular**

Na superfície da célula, existe um mecanismo de reconhecimento molecular pelo qual uma célula é capaz de distinguir células similares ou estranhas. É por meio desse processo que as células se identificam e unem-se, originando os tecidos, ou ainda, rejeitam-se, como acontece nos transplantes.

**Permeabilidade seletiva**

Para sobreviver, a célula deve realizar uma série de trocas com o meio externo. Substâncias essenciais, como água, oxigênio e nutrientes, devem entrar na célula, enquanto gás carbônico e substâncias tóxicas, resultantes da atividade celular, devem ser eliminadas. Através da chamada permeabilidade seletiva, a membrana regula a entrada e saída de substâncias, permitindo à célula manter uma composição química equilibrada e diferente do meio externo.

### 3. As especializações da membrana

As especializações da membrana são regiões diferenciadas, constituindo adaptações que executam várias funções, como: absorção, transporte, aderência e reconhecimento. As principais são: **microvilosidades, invaginações de base, desmossomos, junções e glicocálix.**

#### Microvilosidades

As microvilosidades são expansões cilíndricas da membrana que aparecem na superfície livre da célula. É evidente que, com essas especializações, ocorre um considerável aumento da superfície celular e consequentemente da capacidade de absorção (Fig. 2). Situadas no epitélio intestinal, as microvilosidades aumentam a eficiência na absorção do alimento digerido na cavidade intestinal.

#### Invaginações de base

Uma das funções dos rins é a regulação da quantidade de água existente no organismo. Cada rim é formado por cerca de um milhão de estruturas idênticas denominadas néfrons ou canais renais. As células desses canais renais possuem, na base, profundas invaginações relacionadas com o transporte de água reabsorvida pelos rins. Entre as invaginações, as mitocôndrias são abundantes (Fig. 3).

### 4. Os contatos intercelulares

Os epitélios são tecidos constituídos por células justapostas, entre as quais se encontra uma substância

intercelular que funciona como um cimento, ligando as células. Além da substância citada, a adesão entre as células é mantida por especializações, como os **desmossomos**, as **interdigitações** e as **junções**.

#### Desmossomos

São espécies de “botões adesivos” que aparecem nas membranas adjacentes de células vizinhas (Fig. 4).

#### Interdigitações

São dobras da membrana que se encaixam, aumentando a adesão intercelular (Fig. 4).

#### Junções estreitas ou oclusivas

Encontradas em células do epitélio intestinal, são regiões diferenciadas que vedam o espaço intercelular, impedindo a passagem de líquidos entre as células, fator que regula o controle de absorção para cada célula (Fig. 5).

#### Junções comunicantes ou nexos

Contrariamente às anteriores, permitem a passagem de íons e pequenas moléculas, associando metabolicamente as células vizinhas (Fig. 5).

#### O glicocálix e o reconhecimento intercelular

Nas células animais, a membrana plasmática é frequentemente recoberta por uma delgada película, chamada cutícula ou glicocálix, de natureza glicoproteica. Além de proteger a membrana, o glicocálix atua no reconhecimento celular, através de um complexo código molecular. É por meio do glicocálix que se dá a distinção das células de um mesmo organismo e a rejeição de células estranhas, como, por exemplo, as de um enxerto (Fig. 6).

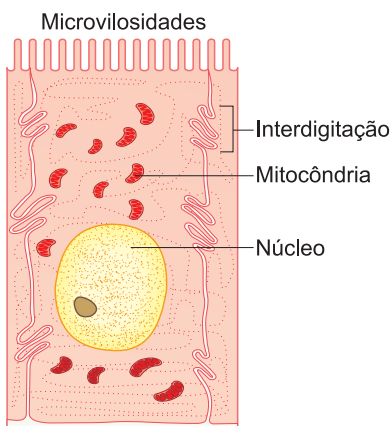


Fig. 2 – As microvilosidades.

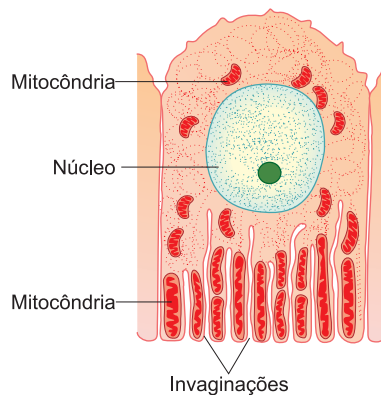


Fig. 3 – Invaginações de base.

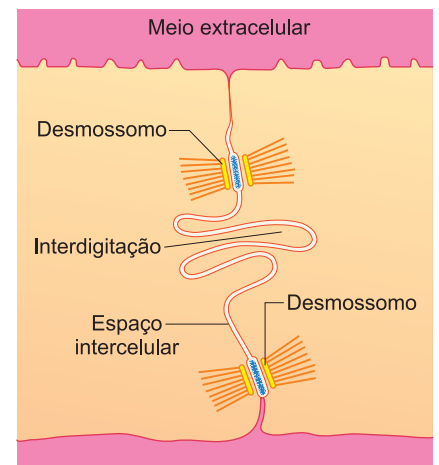


Fig. 4 – Interdigitações e desmossomos.

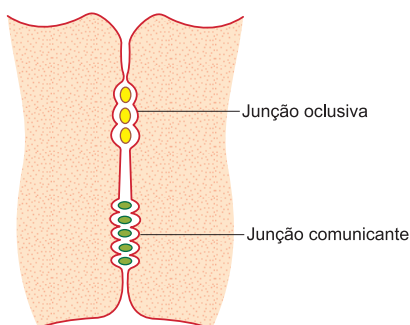


Fig. 5 – Os tipos de junções.

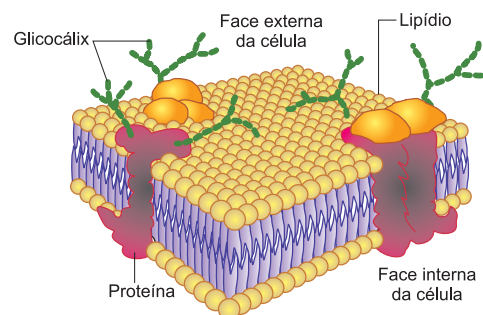


Fig. 6 – O glicocálix.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – A célula possui uma composição química distinta do meio externo em que vive. Esta diferença se mantém durante toda a vida, graças a uma delgada membrana superficial, a *membrana celular* ou *plasmática*, que regula a entrada e a saída de moléculas e íons. Além da membrana plasmática, algumas células apresentam um envoltório mais externo, a *parede celular*. Em relação aos envoltórios celulares, podemos afirmar que

- todas as células dos seres vivos têm parede celular.
- somente as células vegetais têm membrana plasmática.
- somente as células animais têm parede celular.

- todas as células dos seres vivos têm membrana plasmática.
- os fungos e as bactérias não têm parede celular.

### Resolução

Em todos os seres vivos, a célula é revestida pela membrana plasmática. A parede celular aparece em bactérias, fungos, alguns protocistas e plantas.

### Resposta: D

**2 (MODELO ENEM)** – As diferenciações da membrana celular correspondem a regiões adaptadas a diferentes funções, tais como absorção, secreção, transporte de líquidos,

aderência mecânica ou interação com células adjacentes. Para aumentar a superfície de absorção, as células intestinais apresentam especializações conhecidas como

- invaginações de base.
- desmossomos.
- microvilosidades.
- interdigitações.
- plasmodesmos.

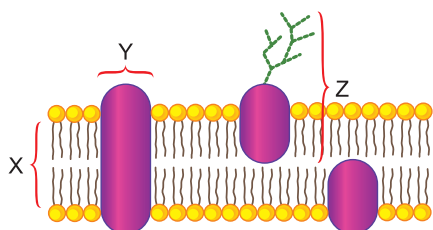
### Resolução

Microvilosidades são delgados prolongamentos que aparecem na superfície apical das células do epitélio intestinal, com a finalidade de aumentar a superfície de absorção.

### Resposta: C

## Exercícios Propostos

**1** O esquema representa parte da membrana plasmática de uma célula eucariótica.



- A que correspondem X e Y?
- Qual é a composição química do Z?

### RESOLUÇÃO:

- X corresponde à dupla camada lipídica. Y é uma molécula proteica.
- Glicoproteica.

**2** As membranas celulares das células animais, em especial das suas células epiteliais, apresentam diferentes estruturas especializadas. Sobre estas estruturas, considere as afirmativas a seguir.

- Desmossomos são estruturas especializadas de membrana que têm como finalidade aumentar a aderência intercelular.
- Microvilosidades são estruturas especializadas de membrana que têm como finalidade aumentar a superfície de absorção de uma célula.
- Nexos (ou conexos) são estruturas especializadas de membrana que possibilitam a passagem de pequenas moléculas e íons entre duas células.
- Interdigitações são estruturas de membrana que diminuem a área de contato entre duas células e dificultam a troca de substâncias.

Estão corretas apenas as afirmativas:

- I e II.
- I e IV.
- III e IV.
- I, II e III.
- II, III e IV.

### RESOLUÇÃO: Resposta: D

**3** Complete o quadro abaixo com o nome da especialização da membrana ou a função correspondente.

Nome da especialização	Função
Microvilosidades	
	Aumento da adesão entre as células
Invaginações de base	
	Reconhecimento intercelular
Nexos	
Interdigitações	

### RESOLUÇÃO:

**Microvilosidades – aumento da absorção**

**Desmossomos – aumento da adesão**

**Invaginações de base – absorção de água**

**Glicocálix – reconhecimento intercelular**

**Nexos – comunicação intercelular**

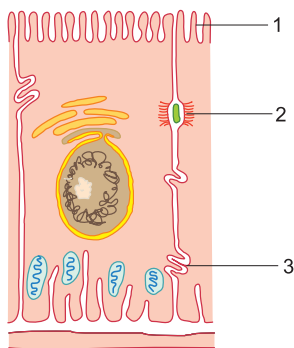
**Interdigitações – aumento da adesão intercelular**



## No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M105**

4 (UNESP) – Em algumas células, a membrana plasmática apresenta diferenciações, relacionadas a diferentes funções exercidas. Analise a figura a seguir e assinale a alternativa que indica as diferenciações mostradas em (I), (II) e (III), nesta ordem.



- a) microvilosidade, desmossomo e interdigitação.
- b) interdigitação, desmossomo e microvilosidade.
- c) desmossomo, microvilosidade e interdigitação.

- d) fragmoplasto, microvilosidade e desmossomo.
- e) microvilosidade, fragmoplasto e placa glandular.

RESOLUÇÃO: Resposta: A

5 (MODELO ENEM) – No início da década de 1970, os cientistas Singer e Nicholson esclareceram definitivamente como é a estrutura das membranas celulares, propondo o modelo denominado mosaico fluido. Neste conceito, todas as membranas celulares presentes nas células procarióticas e eucarióticas são constituídas basicamente pelos seguintes componentes:

- a) ácidos nucleicos e proteínas.
- b) ácidos nucleicos e enzimas.
- c) lipídios e enzimas.
- d) enzimas e glicídeos.
- e) lipídios e proteínas.

RESOLUÇÃO:

A membrana celular apresenta-se formada por lipídios e proteínas.  
Resposta: E

## Módulo

# 6

## A permeabilidade celular

### Palavras-chave:

- Permeabilidade seletiva • Difusão
- Osmose • Permeases • Porinas

### 1. A permeabilidade seletiva

A permeabilidade seletiva é um processo fundamental para a manutenção de condições intracelulares adequadas para o funcionamento e, conseqüentemente, para a vida da célula. Atuando de maneira seletiva, determina quais são as substâncias que devem entrar e sair da célula. É evidente que a membrana deve permitir a entrada de substâncias responsáveis pelo crescimento, regeneração e pelas atividades vitais da célula, regulando também a saída de substâncias por meio da secreção e da excreção. Enfim, a membrana permite que a célula mantenha equilibrado o seu meio interno independentemente das condições do meio extracelular. O meio interno deve ser adequado ao metabolismo normal de cada tipo de célula. A passagem seletiva de substâncias, através da membrana, é feita por três processos: **transporte passivo**, **transporte ativo** e **transporte em quantidade**.

### 2. O transporte passivo

O transporte passivo é um processo que obedece às leis da física, sem gasto de energia.

Esse transporte é direcionado pelo gradiente de concentração, isto é, vai da região de maior concentração para a de menor concentração. Entre os processos de transporte passivo, estudaremos: **difusão simples**, **osmose**, **difusão facilitada** e **difusão por proteínas-canal**.

#### Difusão simples

Neste processo, pequenas moléculas simplesmente atravessam a membrana plasmática a favor do gradiente

de concentração (Fig. 1). A velocidade de penetração das moléculas depende de sua solubilidade nos lipídios e do seu tamanho. Assim, quanto mais lipossolúveis e menores forem, tanto mais rapidamente penetram, o que resulta do fato de a membrana ser constituída por uma bicamada lipídica. Desse modo, substâncias solúveis em lipídios, como álcoois, aldeídos, cetonas e anestésicos, têm rápida penetração.

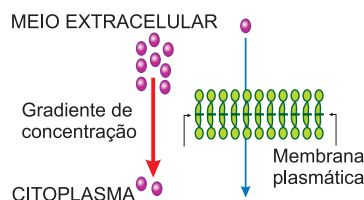


Fig. 1 – Difusão simples.

#### Osmose

Osmose é a difusão de água através da membrana celular. Pode-se definir osmose como a passagem de água de uma solução hipotônica para outra hipertônica através de uma membrana semipermeável. Em relação a uma solução, uma membrana é considerada permeável se permite a passagem do solvente e do soluto; no caso de ser semipermeável, permite a passagem do solvente, retendo o soluto. Assim, por exemplo, em uma solução de água com açúcar, a água atravessa a membrana e o açúcar não. Em relação a duas soluções, usamos três denominações, quando elas estão separadas por uma membrana semipermeável e comparamos as suas concentrações. Dessa forma, quando apresentam a mesma concentração, são chamadas de isotônicas. Se as concentrações forem diferentes, a solução de maior concen-



tração será chamada de hipertônica e a de menor, hipotônica.

Quando duas soluções de concentrações diferentes estão separadas por uma membrana semipermeável, a água passa da solução hipotônica para a solução hipertônica até que as duas soluções fiquem isotônicas, como se observa na Fig. 2.

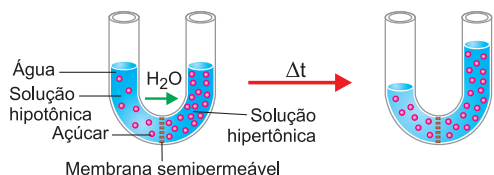


Fig. 2 – A osmose.

Em síntese, a célula absorve água quando mergulhada em solução hipotônica e perde, se colocada em solução hipertônica. Experimentalmente, a osmose na célula animal pode ser demonstrada por meio das hemácias. Ao serem mergulhadas em meio hipotônico, as hemácias absorvem água e, contrariamente, em meio hipertônico, a hemácia aumenta progressivamente de volume. Muitas vezes, o excesso de água é de tal ordem que a membrana se rompe e o conteúdo celular se espalha no meio (Fig. 3). Esse fenômeno que provoca a destruição das hemácias é chamado de hemólise. Contrariamente, em meio hipertônico a hemácia perde água, sofre retração e apresenta a forma chamada de crenada. No meio isotônico, a hemácia não se modifica, pois não perde, nem ganha água.

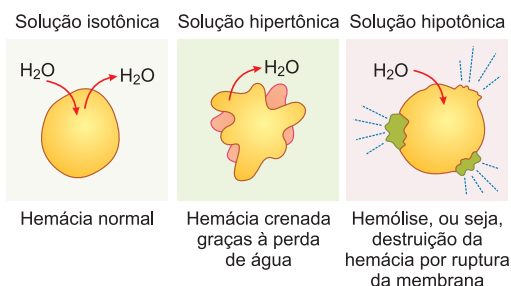


Fig. 3 – A osmose nas hemácias.

## Difusão facilitada

Açúcares e aminoácidos, substâncias hidrófilas, atravessam a bicamada lipídica que é hidrófoba, por meio de um processo denominado difusão facilitada, realizado por proteínas carreadoras ou **permeases**. O processo é iniciado quando uma molécula solúvel, como, por exemplo, a glicose, liga-se a uma proteína carreadora. Sofrendo modificações conformacionais (relativas à conformação da proteína carreadora), a permease transfere a molécula de glicose para o interior da célula (Fig. 4).

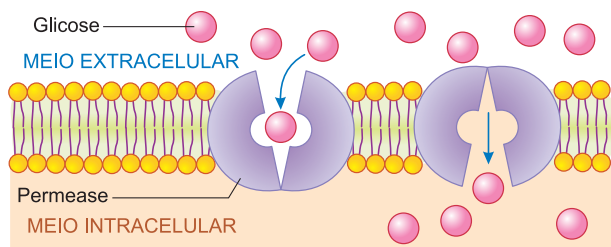


Fig. 4 – A difusão facilitada.

## Proteínas-canal ou porinas

Proteínas-canal são moléculas proteicas que formam poros hidrófilos, também chamados de canais iônicos, que atravessam a dupla camada lipídica. Para a formação dos poros, as proteínas apresentam-se pregueadas, de maneira que os aminoácidos hidrófobos aparecem internamente, enquanto os aminoácidos hidrófilos compõem as paredes do canal. A maioria das **porinas** (proteínas-canal) é seletiva, permitindo a passagem de íons de acordo com o tamanho e a carga elétrica. Assim, por exemplo, canais estreitos bloqueiam íons grandes, já os canais com revestimento interno negativo atraem e permitem a passagem de íons positivos (Fig. 5).

Na maioria dos canais, encontramos “portões” que se abrem ou se fecham, regulando a passagem de íons. A abertura desses portões é controlada por estímulos. Existem canais controlados por voltagem, estimulados por mudanças no potencial de membrana; outros são regulados por ligantes, ou seja, obedecem a um ligante que é uma molécula sinalizadora que se liga à proteína, abrindo-a ou fechando-a.

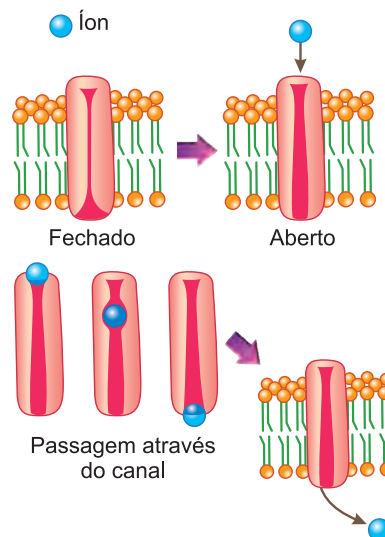


Fig. 5 – As proteínas-canal.



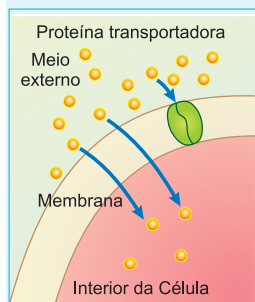
## Saiba mais

### MEMBRANA PLASMÁTICA E PATOLOGIA

Da integridade estrutural e do perfeito funcionamento da membrana plasmática, depende a manutenção da organização e da atividade celular e, conseqüentemente, a sobrevivência do organismo. Assim, toxinas bacterianas, por exemplo, podem alterar as funções celulares. Um caso típico é dado pelo vibrião colérico, a bactéria causadora do cólera. Essa bactéria elimina o colerágeno, uma toxina de natureza proteica. Modificando a permeabilidade celular, a toxina inibe a absorção de sódio pelas células da parede intestinal (enterócitos). O processo determina um aumento da pressão osmótica do conteúdo intestinal, que passa a retirar água das células. A enorme quantidade de água que atinge a cavidade digestória provoca diarreia e desidratação, sintomas típicos do cólera.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – Há vários processos envolvidos na entrada e saída de substâncias de uma célula, como aparece descrito e ilustrado a seguir.



**Condições para sua ocorrência:** deve existir uma proteína carreadora e um gradiente de concentração entre a célula e o meio. Não há gasto de energia pela célula.

O processo descrito e ilustrado é conhecido como

- a) difusão simples.
- b) difusão facilitada.
- c) osmose.
- d) transporte ativo.
- e) endocitose.

**Resolução**

O transporte é realizado por uma proteína carreadora.

**Resposta: B**

**2 (MODELO ENEM)** – Considere os seguintes “acontecimentos” caseiros:

- I. Uma salada de alface foi temperada com sal e óleo. Após algumas horas, as folhas ficam murchas.

II. Uso de um perfume para odorizar um ambiente.

Nos acontecimentos referidos, ocorrem, respectivamente, os fenômenos de

- a) transporte ativo e passivo.
- b) transporte passivo e ativo.
- c) difusão e transporte ativo.
- d) difusão e osmose.
- e) osmose e difusão.

**Resolução**

Por serem colocadas num tempero, que constitui um meio hipertônico, as células perderam água por osmose. O perfume sofreu difusão para o meio ambiente.

**Resposta: E**

## Exercícios Propostos

**1** No que consiste o processo de difusão facilitada, encontrado na membrana plasmática?

**RESOLUÇÃO:**

Consiste na penetração de substâncias por meio de permeases, proteínas que capturam essas substâncias, transferindo-as para o interior da célula.

**2** Quando se faz o salgamento de carnes, sabe-se que os micro-organismos que “tentarem” se instalar morrerão por desidratação. Conclui-se, assim, que essas carnes constituem um meio

- a) isotônico.
- b) hipotônico.
- c) hipertônico.
- d) lipídico.
- e) plasmolisado.

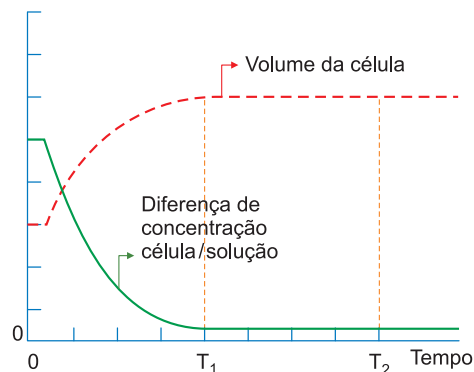
**RESOLUÇÃO: Resposta: C**

**3 (UNIMAR)** – Quando a célula não gasta energia para realizar as trocas e existem um gradiente de concentração (do mais concentrado para o menos concentrado) e uma proteína carreadora responsável pelo transporte, por exemplo, de açúcar e aminoácidos, esse processo é chamado de

- a) osmose.
- b) transporte ativo.
- c) pinocitose.
- d) difusão facilitada.
- e) difusão simples.

**RESOLUÇÃO: Resposta: D**

**4 (VUNESP)** – O gráfico a seguir registra duas alterações ocorridas numa célula animal mergulhada em uma solução aquosa de concentração desconhecida.



- a) Qual a tonicidade relativa da solução em que a célula foi mergulhada?
- b) Qual o nome do fenômeno que explica os resultados apresentados no gráfico?
- c) Em que consiste esse fenômeno?

**RESOLUÇÃO:**

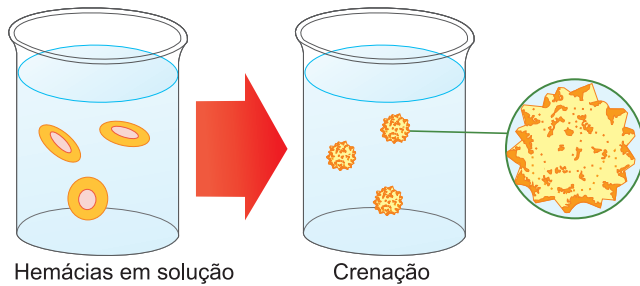
- a) Solução hipotônica.
- b) Osmose.
- c) Passagem de água da solução hipotônica para a hipertônica, através de membrana semipermeável.



### No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em “localizar”, digite **BIO1M106**

5 Hemácias foram colocadas em um meio líquido (solução) e com o passar do tempo perderam água, reduzindo seu volume. Isto foi possível porque a solução (figura a seguir) era



- a) hipotônica.                      b) hipertônica.  
 c) isotônica.                      d) isotônica ou hipotônica.  
 e) isotônica ou hipertônica.

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**

6 (MODELO ENEM) – O transporte da membrana plasmática pode ser passivo, sem gasto de energia, ou ativo, com gasto de energia. Nos pulmões, especificamente nos alvéolos, acontece um fenômeno chamado hematose, no qual o  $O_2$  inspirado passa, devido à diferença de concentração, dos alvéolos para o sangue, e o  $CO_2$  passa do sangue para o interior dos alvéolos. Em relação a este fenômeno, estão corretas todas as alternativas, **exceto**:

- a) Tanto o transporte de  $O_2$  quanto o de  $CO_2$  através da membrana ocorre por difusão.  
 b) Nos alvéolos, considerando como soluto o  $CO_2$ , o sangue deve ser uma solução hipertônica.  
 c) A concentração de  $O_2$  no interior dos alvéolos deve ser maior que no sangue.  
 d) O equilíbrio entre a quantidade de  $O_2$  e  $CO_2$ , nos alvéolos, ocorre por osmose.  
 e) Tanto a passagem de  $O_2$  quanto de  $CO_2$ , nos alvéolos, é um processo passivo.

**RESOLUÇÃO:**

A passagem de  $O_2$  do ar alveolar para o sangue, e do  $CO_2$  do sangue para o ar alveolar, dá-se pelo processo de difusão.

**Resposta: D**

## Módulo

# 7

## O transporte ativo

### Palavras-chave:

- Bomba de Na e K
- Fagocitose
- Pinocitose
- Pseudópodes
- Fagossomo

### 1. As características do transporte ativo

O transporte ativo apresenta duas características:

1 – Utiliza energia fornecida pelo ATP.

2 – Pode ser realizado contra o gradiente de concentração, ou seja, no sentido de uma solução menos para outra mais concentrada.

Esse tipo de transporte pode ser exemplificado pela **bomba de sódio e potássio**.

### 2. A bomba de sódio e potássio

É comum observarem-se diferenças de concentrações iônicas entre os meios intra e extracelular. Para exemplificar, utilizaremos a célula nervosa ou **neurônio** e o glóbulo vermelho do sangue ou **hemácia**.

Se compararmos a concentração de íons de potássio ( $K^+$ ) e sódio ( $Na^+$ ), verificamos que a concentração de  $K^+$  é maior dentro do neurônio, enquanto a concentração de  $Na^+$  é maior no líquido que o envolve. A hemácia possui no citoplasma concentração de  $K^+$  20 vezes maior do que no plasma; este, por sua vez, apresenta concentração de  $Na^+$  20 vezes maior do que na hemácia. Nos dois casos exemplificados, salientamos que essas concentrações não se igualam, apesar de a membrana apresentar permeabilidade passiva aos dois íons. Para manter a diferença iônica, a célula continuamente absorve  $K^+$  e elimina  $Na^+$ , através da bomba de  $Na^+$  e  $K^+$ . Uma proteína conhecida como bomba  $Na^+K^+$  ATPase funciona transportando  $K^+$  para o interior e  $Na^+$  para o exterior da célula. Os íons  $Na^+$  intracelulares ligam-se à ATPase que, transformando ATP em ADP, obtém energia necessária à sua mudança de conformação, expelindo-os para o meio extracelular. Na Fig. 1, os íons  $K^+$ , por mecanismo idêntico, são transferidos para o citoplasma.

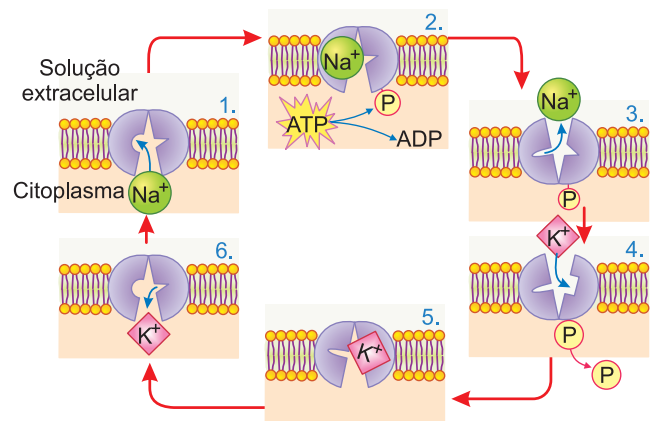


Fig. 1 – Transporte ativo: bomba de  $Na^+$  e  $K^+$ .

### 3. Transporte em quantidade ou endocitose

Por meio do transporte em quantidade, penetram, na célula, macromoléculas como proteínas e polissacarídeos e até mesmo pequenas células como as bactérias. Também chamado de endocitose, o transporte em quantidade compreende a **fagocitose** e a **pinocitose**.

#### Fagocitose

A fagocitose é a ingestão de partículas sólidas como um meio de nutrição ou defesa. O processo é realizado através da emissão de **pseudópodes**, expansões celulares que gradualmente vão englobando a partícula que acaba no interior de um vacúolo intracelular, conhecido como **fagossomo**. Nos protozoários, bem como nas amebas, é um processo de alimentação (Fig. 2).

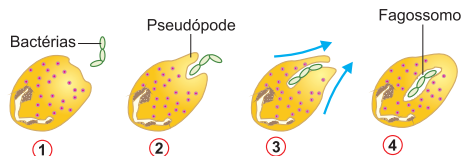


Fig. 2 – Fagocitose de bactérias por um leucócito.

Nos animais, em geral, representa um mecanismo de defesa, pelo qual as células conhecidas como fagócitos englobam e destroem partículas inertes e micro-organismos invasores. A fagocitose pode ser vista ao microscópio óptico.

#### Pinocitose

A pinocitose é o englobamento de líquidos. Ocorre pela invaginação da membrana que forma um túbulo, visível apenas ao microscópio eletrônico. Pelo túbulo, penetra a substância líquida que envolve a célula e, por estrangulamento basal, originam-se microvacúolos denominados **pinossomos** (Fig. 3).

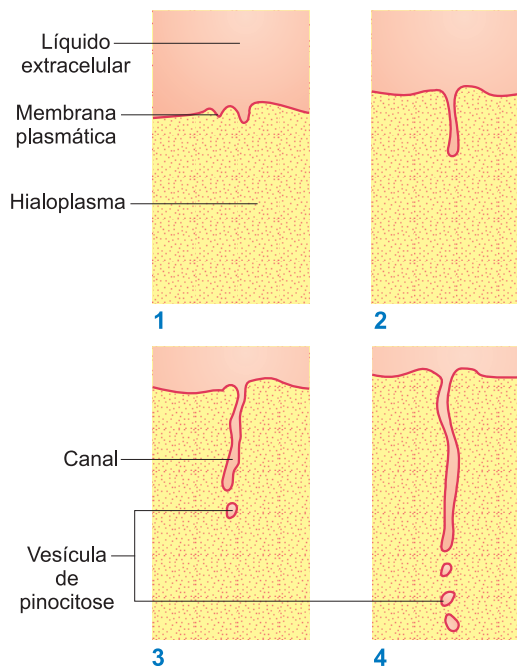
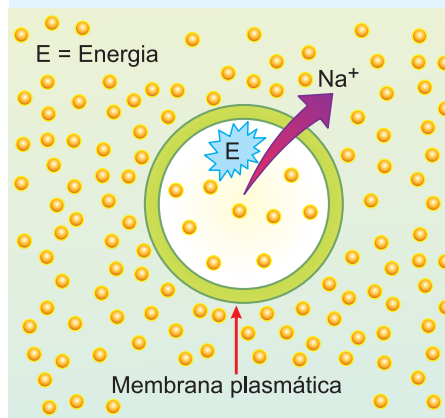


Fig. 3 – A pinocitose.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – No esquema abaixo, aparece um tipo de transporte, realizado pela membrana plasmática, no qual íons sódio estão sendo eliminados.



Em relação a esse tipo de transporte, considere as seguintes afirmativas:

- Uma das condições para a sua ocorrência é a existência de um gradiente de concentração.
- O transporte necessita da atividade das

mitocôndrias.

- Ocorre a migração de  $\text{Na}^+$  do local de maior concentração para o de menor concentração, com gasto de energia.

Quais são as afirmativas corretas?

- Apenas I.
- Apenas I e II.
- Apenas I e III.
- Apenas II e III.
- I, II e III.

#### Resolução

Ocorre migração de  $\text{Na}^+$  do local de menor concentração para o de maior concentração.

**Resposta: B**

**2 (UNESP)** – Devido à sua composição química – a membrana é formada por lipídios e proteínas – ela é permeável a muitas substâncias de natureza semelhante. Alguns íons também entram e saem da membrana com facilidade, devido ao seu tamanho. ... No entanto, certas moléculas grandes precisam de uma ajudinha extra para entrar na célula. Essa ajudinha envolve uma espécie de porteiro, que examina o que está fora e o ajuda a entrar.

(Solange Soares de Camargo, in *Biologia, Ensino Médio*, 2.ª série, volume 1, SEE/SP, 2009.)

No texto, e na ordem em que aparecem, a autora se refere

- ao modelo mosaico-fluído da membrana plasmática, à difusão e ao transporte ativo.
- ao modelo mosaico-fluído da membrana plasmática, à osmose e ao transporte passivo.
- à permeabilidade seletiva da membrana plasmática, ao transporte ativo e ao transporte passivo.
- aos poros da membrana plasmática, à osmose e à difusão facilitada.
- aos poros da membrana plasmática, à difusão e à permeabilidade seletiva da membrana.

#### Resolução

Na sequência do texto, a autora se refere ao modelo do mosaico-fluído, que se baseia na composição lipoproteica da membrana plasmática; à difusão simples, quando cita permeabilidade de alguns íons; e ao transporte ativo quando faz referência à ajuda que certas moléculas de grande porte necessitam ter para entrar na célula.

**Resposta: A**

## Exercícios Propostos

**1 (UNICAMP)** – No interior de uma hemácia, a concentração do íon potássio ( $K^+$ ) é cerca de 20 vezes maior que no plasma sanguíneo circundante. No plasma, por outro lado, há íons sódio ( $Na^+$ ) em concentração 20 vezes maior que no interior das hemácias.

- Como se explica que essa diferença de concentrações se mantenha inalterada, apesar de estar ocorrendo difusão?
- O que aconteceria com a situação descrita se fosse bloqueado o processo respiratório dessa célula?

**RESOLUÇÃO:**

- Transporte ativo por meio das bombas de  $Na^+$  e  $K^+$ , que eliminam  $Na^+$  e absorvem  $K^+$ .
- A diferença de concentração seria alterada graças à falta de energia.

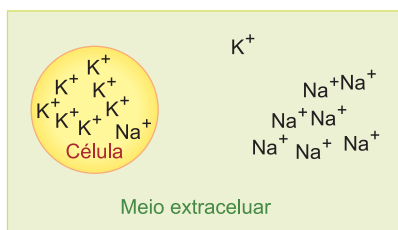
**2** Em muitas células, a membrana plasmática realiza o chamado transporte em quantidade, feito de duas formas: fagocitose e pinocitose.

No que consistem esses processos?

**RESOLUÇÃO:**

- Fagocitose é o englobamento de partículas sólidas pela emissão de pseudópodes.
- Pinocitose é o englobamento de líquido feito pela invaginação da membrana.

**3** A concentração de íons  $Na^+$  no meio extracelular é maior do que no meio intracelular. O oposto é observado na concentração de íons  $K^+$ , como ilustrado a seguir. Essa diferença de concentração é mantida por



- clasmocitose.
- fagocitose.
- osmose.
- difusão.
- pinocitose.

**RESOLUÇÃO: Resposta: D**

transporte ativo. Todavia, há também deslocamento desses íons do local onde estão em maior concentração para o de menor concentração, por um processo de

**4 (UNIFOR)** – Através da membrana viva que separa o meio intracelular do meio extracelular, ocorrem os seguintes transportes:

- moléculas de água passam do meio menos concentrado para o meio mais concentrado;
- moléculas de  $O_2$  e de  $CO_2$  entram ou saem da célula, obedecendo ao gradiente de concentração;
- íons  $K^+$  e íons  $Na^+$  movimentam-se contra o gradiente de concentração, fazendo com que a concentração de  $K^+$  seja maior no interior da célula e a de  $Na^+$  seja maior no meio extracelular.

Os movimentos I, II e III devem-se, respectivamente, à

- osmose, difusão, transporte ativo.
- osmose, difusão, difusão facilitada.
- difusão, transporte ativo, transporte ativo.
- difusão, difusão facilitada, transporte ativo.
- osmose, osmose, difusão facilitada.

**RESOLUÇÃO: Resposta: A**

**5 (MODELO ENEM)** – Mergulhadas em solução hipotônica e hipertônica, as células, respectivamente, absorvem e perdem água; em meio isotônico, as células permanecem em equilíbrio com o meio. Em um experimento, prepararam-se 5 lotes de folhas de espinafre que foram colocadas em placas de Petri, contendo cada uma delas água destilada e as demais, soluções de sacarose, cujas concentrações variavam entre 0,3 a 1,2 g/l. As folhas foram pesadas antes e depois do experimento. Os resultados encontram-se na tabela a seguir.

Lote	Concentração da Sacarose (g/l)	Massa inicial (g)	Massa final (g)
1	1,2	5,4	4,0
2	0,9	6,5	5,3
3	0,6	5,8	5,7
4	0,3	6,5	7,3
5	0,0	5,5	7,5

Qual é a concentração de sacarose utilizada no experimento que é isotônica em relação à célula do espinafre?

- 0,0
- 0,3
- 0,6
- 0,9
- 1,2

**RESOLUÇÃO: Resposta: C**



### No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M107**

## 1. O citoplasma, porção maior da célula

Situado entre a membrana plasmática e o núcleo, o citoplasma é o constituinte celular mais abundante e complexo, composto por duas partes: **citosol** e **organoides**. O citosol, também chamado de hialoplasma, citoplasma fundamental ou matriz citoplasmática, é uma solução aquosa que constitui o meio interno da célula. Imersos no citosol, aparecem os organoides, os elementos responsáveis pelas atividades celulares. São eles: ribossomos, retículo endoplasmático, sistema golgiense, centríolos, mitocôndrias etc.

## 2. Os ribossomos e a síntese de proteínas

### Estrutura

Os ribossomos são organoides que se apresentam sob a forma de partículas globulares com 15 a 20 nm de diâmetro. Eles são constituídos por duas subunidades e possuem tamanhos diferentes.

As duas subunidades constituintes dos ribossomos são formadas por RNA-ribossômico e proteínas.

Os ribossomos originam-se do **nucléolo**, componente nuclear implicado na síntese do RNA-ribossômico, principal constituinte dos ribossomos.

### Polirribossomos

Durante a sua atividade, um grupo de ribossomos liga-se a uma molécula de RNA-mensageiro, formando um **polissomo** ou **polirribossomo** (Fig. 1).

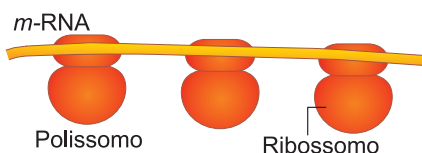


Fig. 1 – Ribossomos associados a uma molécula de RNA-mensageiro, formando um polissomo.

### Funções

O **ribossomo** é a sede da síntese proteica. É nos ribossomos que os aminoácidos são encadeados para constituir uma proteína. A síntese de proteínas, comandada pelos genes, será estudada na Genética.

## 3. O retículo endoplasmático e suas múltiplas funções

### Estrutura

O retículo endoplasmático (RE) é um sistema de sáculos (sacos achatados) e canalículos, limitados sempre por membranas, que compreendem dois sistemas: o retículo endoplasmático granular (REG) e o retículo endoplasmático liso (REL). O REG apresenta sáculos cujas membranas são recobertas por ribossomos. O REL é um conjunto de canalículos ou túbulos anastomosados, caracterizados pela ausência de ribossomos (Fig. 2).

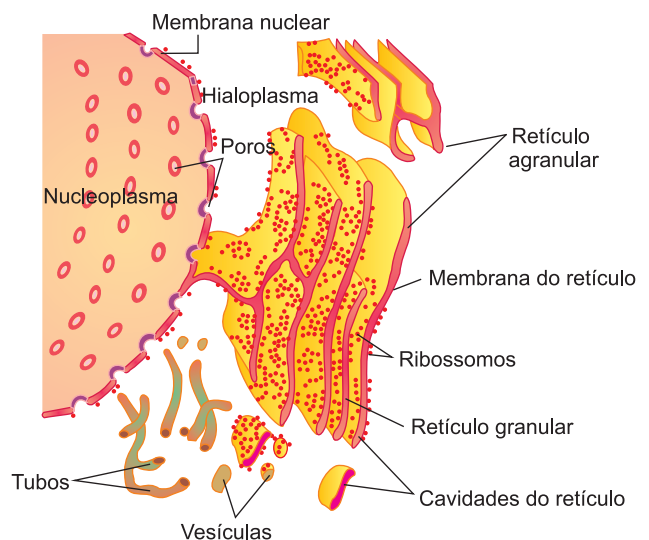


Fig. 2 – O retículo endoplasmático.

### Funções

O retículo endoplasmático realiza as seguintes funções:

- **Transporte** — O RE assegura o transporte de substâncias, realizando uma verdadeira circulação intracelular; através dele, também são feitas trocas entre a célula e o meio circundante.
- **Síntese** — Provido de ribossomos, o REG atua na síntese proteica. Sabe-se que o REL é responsável pela síntese de lípidos e de esteroides, hormônios derivados do **colesterol**. As membranas do REL são sintetizadas pelo REG.
- **Armazenamento** — O RE armazena e concentra substâncias provenientes do meio extracelular, através da pinocitose, bem como substâncias produzidas pela própria célula, como é o caso dos anticorpos que se acumulam no RE dos plasmócitos.

## 4. O sistema golgiense e a secreção

### Estrutura

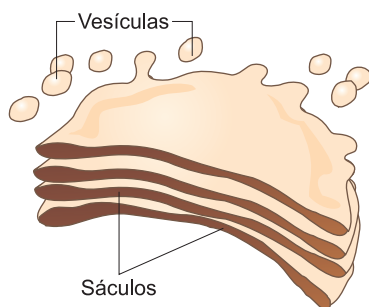


Fig. 3 – O sistema golgiense é originado do retículo endoplasmático.

Também conhecido por aparelho ou complexo de Golgi, é constituído por uma pilha de vesículas achatadas e circulares e outras menores e esféricas, que brotam a partir das primeiras. Suas membranas nunca apresentam ribossomos.

### Funções

O sistema golgiense é responsável pelas seguintes funções:

- **Secreção** — A síntese de proteínas ocorre no retículo endoplasmático granular graças à atividade dos ribossomos. Transportadas pelo retículo, essas proteínas atingem o sistema golgiense, onde são concentradas e eliminadas pela célula sob a forma de secreção.

O pâncreas é uma glândula que elimina enzimas digestórias no intestino. As células responsáveis pela elaboração dessas enzimas são cônicas e aparecem na figura.

No polo basal da célula, destaca-se o retículo endoplasmático granular, ficando o sistema golgiense logo acima do núcleo. Os grânulos de secreção, chamados de grãos de zimogênio, contendo enzimas pancreáticas, aparecem no polo apical da célula.

- **Síntese de glicoproteínas** — As proteínas são normalmente sintetizadas nos ribossomos. No sistema golgiense, os monossacarídeos são transformados em polissacarídeos e, a seguir, associados às proteínas, originando as glicoproteínas conhecidas como muco ou mucopolissacarídeos, que aparecem revestindo, por exemplo, internamente o tubo digestório.

- **Síntese de glicolipídios** — O sistema golgiense atua na síntese de lipídios, como é o caso dos glicolipídios do glicocálix.

- **Formação do acrossomo** — Na região anterior do espermatozoide (cabeça), aparece o acrossomo, estrutura que apresenta enzimas e é destinada a facilitar a penetração no óvulo, durante a fecundação. O acrossomo é produzido a partir do sistema golgiense.

- **Origem dos lisossomos** — Os lisossomos, organelos relacionados com a digestão celular, são produzidos no sistema golgiense.

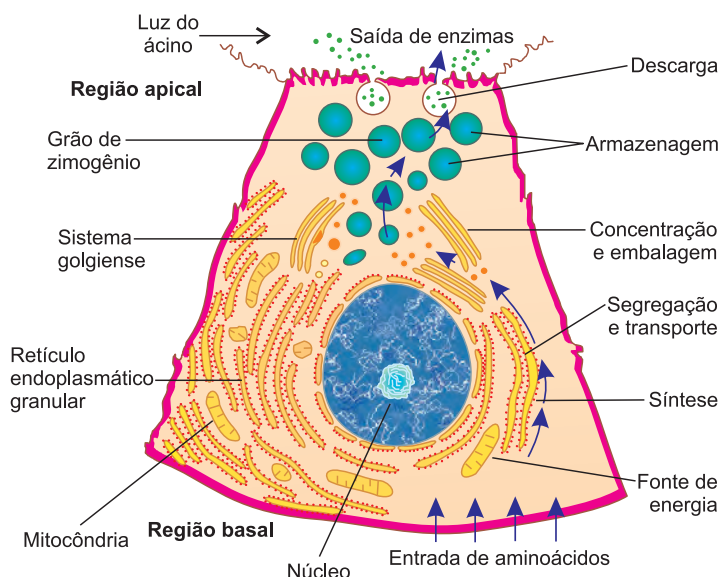


Fig. 4 – A célula pancreática.



### Saiba mais

#### OS RIBOSSOMOS E A PROTEOGÊNESE

*Proteogênese* é o processo pelo qual os ribossomos, usando como matéria-prima os aminoácidos, produzem proteínas. Sabemos que proteínas são macromoléculas formadas pelo encadeamento de aminoácidos, sendo específicas não só para cada organismo, mas também para cada célula. Estas macromoléculas diferem entre si pelo número, tipo e sequência de aminoácidos. A receita ou informação genética para o encadeamento dos aminoácidos está contida no DNA intranuclear, e os ribossomos, agentes do processo, estão presentes no citoplasma. A transmissão da receita, do DNA para os ribossomos, é feita através de outra macromolécula, o RNA-mensageiro. A função do ribossomo é ler a mensagem contida no RNA-mensageiro e, por meio de suas informações, encadear aminoácidos e sintetizar proteínas.

## Exercícios Resolvidos

- 1 (MODELO ENEM)** – A ciência tem demonstrado que, nas células dos seres vivos eucariontes, diversos aspectos do metabolismo celular estão associados a determinadas organelas citoplasmáticas. Assim, em células epiteliais secretoras, como, por exemplo, a dos ácinos das glândulas salivares, o retículo endoplasmático granular ou ergastoplasma tem por função:
- A síntese de lipídios.
  - A síntese de proteínas.

- A síntese de glicose.
- A degradação de corpúsculos fagocitados.
- A síntese de ATP.

### Resolução

O retículo granular apresenta os ribossomos, organelas responsáveis pela síntese de proteínas.

**Resposta: B**

- 2 (MODELO ENEM)** – Sabendo-se que os hormônios esteroides humanos são lipídeos,

conclui-se, corretamente, que no interior das células eles são sintetizados no

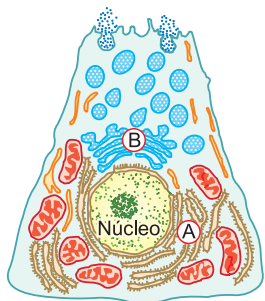
- retículo endoplasmático liso.
- retículo endoplasmático rugoso.
- complexo de Golgi.
- interior do núcleo.
- lisossomo.

### Resolução

Uma das funções do retículo endoplasmático liso é a síntese de lipídeos. **Resposta: A**

## Exercícios Propostos

- 1 (FUVEST)** – O esquema representa uma célula secretora de enzimas em que duas estruturas citoplasmáticas estão indicadas por letras (A e B). Aminoácidos radioativos incorporados por essa célula concentram-se inicialmente na região A. Após algum tempo, a radioatividade passa a se concentrar na região B e, pouco mais tarde, pode ser detectada fora da célula.



- Explique, em termos funcionais, a concentração inicial de aminoácidos radioativos na estrutura celular A.
- Como se explica a detecção da radioatividade na estrutura B e, em seguida, fora da célula?

### RESOLUÇÃO:

- A estrutura A é o retículo endoplasmático rugoso, no qual os aminoácidos são utilizados para a síntese proteica, feita pelos ribossomos.**
- Na região B, correspondente ao sistema golgiense, as proteínas são concentradas, embaladas e eliminadas na forma de secreção.**

- 2 (FMTM)** – Uma das funções do REL (retículo endoplasmático liso) nos hepatócitos e em células renais é a glicogenólise, isto é, obtenção de glicose a partir do glicogênio. Esse organoide celular é formado, estruturalmente, por
- acúmulos de lisossomos.
  - uma rede de membranas.
  - microtúbulos proteicos.
  - filamentos de proteínas.
  - fusão de sistema golgiense.

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**

- 3 (VUNESP)** – Na fecundação, ocorre a penetração do espermatozoide através da zona pelúcida, por ação de enzimas liberadas.

- pelas células foliculares.
- pelo acrossoma.
- pela coroa radiada.
- pela cauda ou flagelo do espermatozoide.
- pelo oócito.

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**

- 4 (UNESP)** – Abaixo são feitas três afirmações relativas a algumas organelas celulares. Analise-as e assinale a opção correta:

- Os ribossomos são organelas celulares nas quais ocorre agregação orientada de aminoácidos nas cadeias polipeptídicas das proteínas.
  - Os ribossomos estão sempre associados ao retículo endoplasmático (RE liso), formando um conjunto de membranas e tubos que percorrem toda a célula.
  - Os lisossomos são estruturas pequenas, geralmente esféricas, com uma membrana simples, no interior da qual encontramos enzimas hidrolíticas e hidrolases ácidas.
- Somente I e II estão corretas.
  - Somente I e III estão corretas.
  - Somente II e III estão corretas.
  - Todas estão corretas.
  - Somente I está correta.

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**

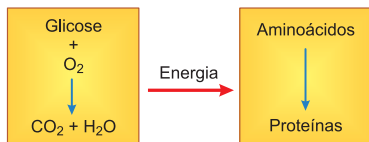


## No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M108**



**5 (MODELO ENEM)** –



Sobre o esquema anterior, são feitas as seguintes afirmativas:

- I. A formação de moléculas de proteínas é uma reação de degradação.
- II. É através de reações de síntese que o ser vivo consegue energia para a sua vida.
- III. O conjunto das reações de síntese e degradação constitui o metabolismo.

A(s) afirmativa(s) correta(s) é(são):

- a) apenas a I.
- b) apenas a II.
- c) apenas a III.
- d) apenas a I e a II.
- e) apenas a II e a III.

**RESOLUÇÃO:** Resposta: C

**6 (ACAFE)** – Analise as afirmações abaixo sobre organelas citoplasmáticas.

- I. Mitocôndrias estão relacionadas com os processos de obtenção de energia.
- II. No retículo endoplasmático rugoso, ocorre a síntese proteica.
- III. Os centros celulares participam da produção de açúcares.
- IV. O sistema golgiense não ocorre em células secretoras.

A alternativa que contém todas as afirmações verdadeiras é:

- a) I – II.
- b) I – II – IV.
- c) II – IV.
- d) III – IV.
- e) I – III.

**RESOLUÇÃO:** Resposta: A

**Módulo**

**9**

**Mitocôndrias e lisossomos**

**Palavras-chave:**

- ATP • Heterofagia • Autofagia
- Autólise • Clasmocitose

**1. As mitocôndrias e a respiração celular**

**Estrutura**

As mitocôndrias são corpúsculos esféricos ou em forma de bastonetes que aparecem imersos no hialoplasma em número variável, segundo o tipo celular. Vistas ao microscópio eletrônico, as mitocôndrias possuem uma ultraestrutura típica. Apresentam-se delimitadas por um espaço, a câmara externa. A membrana interna limita a matriz mitocondrial e forma em seu interior uma série de invaginações denominadas cristas mitocondriais. A matriz é uma substância amorfa, na qual aparecem moléculas de DNA, ribossomos e granulações densas com 500Å de diâmetro.

As mitocôndrias são formadas pela divisão de outras preexistentes. O processo de autoduplicação acontece graças à existência de DNA, RNA e ribossomos.

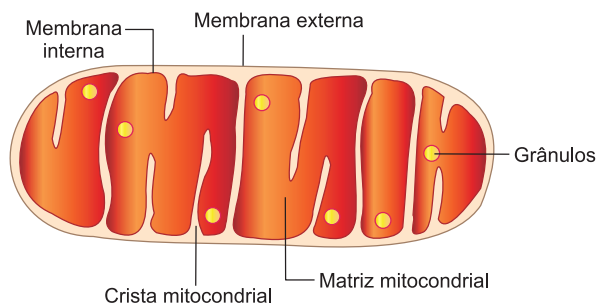


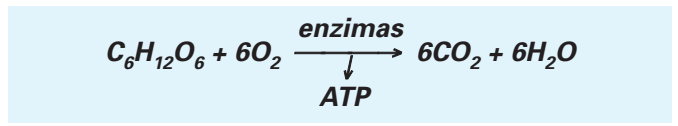
Fig. 1 – Mitocôndria.

**Função**

As mitocôndrias atuam no processo de respiração aeróbia, no qual o oxigênio é usado para obter energia de uma fonte alimentar, como, por exemplo, a glicose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>).

Na respiração, a glicose é degradada em água e gás carbônico, com liberação de energia na forma de ATP.

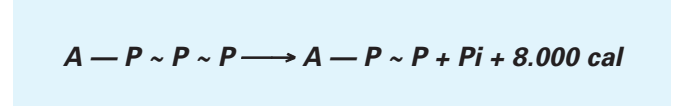
Podemos resumir o processo na seguinte equação química:



O ATP é o trifosfato de adenosina, que costuma ser representado por:



**A** representa a adenosina, constituída por **adenina** mais **ribose**. **P** representa três grupos fosfatos. Cada linha sinuosa indica uma ligação que, quando quebrada, libera uma elevada quantidade de energia, correspondente a 8.000 calorias. Com a quebra da última ligação (~), o ATP converte-se em ADP (difosfato de adenosina) e origina um fosfato inorgânico (Pi) mais 8.000 calorias, utilizadas em trabalho celular.



**Adenina:** base nitrogenada púrica que entra na constituição do DNA.

**Ribose:** pentose que aparece no RNA.

Por outro lado, o ADP pode ser convertido em ATP, na presença de Pi e de 8.000 calorías.

A figura abaixo esquematiza o processo respiratório.

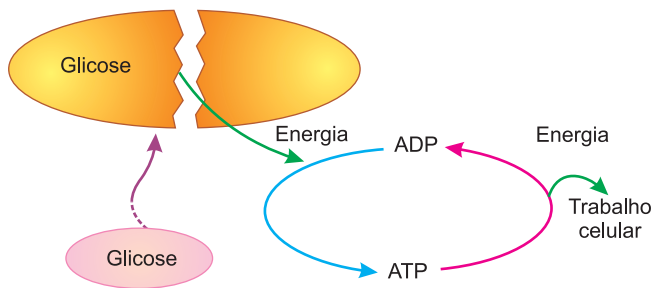


Fig. 2 – O processo respiratório.

## 2. Lisossomos e a digestão celular

### Estrutura

Os lisossomos são corpúsculos geralmente esféricos, constituídos por uma membrana que envolve enzimas hidrolíticas. A membrana lisossômica não é atacada pelas enzimas que envolve. Tal fato se deve à existência de um revestimento glicoproteico protetor em sua face interna.

### Funções

O lisossomo é responsável por três funções celulares: **heterofágica**, **autofágica** e **autolítica**.

#### Função heterofágica

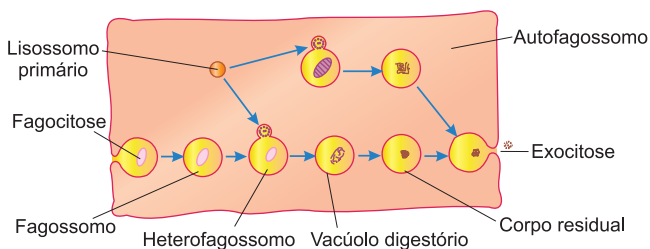


Fig. 3 – Lisossomo – função heterofágica.

Consiste na digestão de partículas englobadas pela célula por fagocitose ou pinocitose. Os **lisossomos** recém-formados, denominados lisossomos primários, fundem-se com as vesículas de fagocitose ou **fagossomos** e com as de pinocitose ou **pinossomos**, resultando um vacúolo digestório heterofágico, também chamado lisossomo secundário. No interior deste vacúolo, dá-se a digestão do material ingerido pela célula. Os produtos resultantes da digestão passam ao citoplasma e são aproveitados pela célula. Após a digestão, podem per-

manecer no vacúolo digestório resíduos que resistiram ao processo digestório. Ao vacúolo digestório que contém material não digerido dá-se o nome de **corpo residual**. Circulando pelo citoplasma, o corpo residual entra em contato com a membrana da célula, funde-se com ela e elimina os produtos para o meio externo. Tal processo é denominado **exocitose**, **clasmocitose** ou **defecação celular**.

### Função autofágica

Consiste na digestão de estruturas celulares. A autofagia caracteriza-se pelo aparecimento de vacúolos autofagossômicos, contendo estruturas celulares, mitocôndrias, cloroplastos etc. As membranas de tais vacúolos seriam originadas no retículo endoplasmático liso ou complexo de Golgi.

A autofagia é um processo de renovação das estruturas celulares, substituindo organelas velhas por novas.

### Autólise

A ruptura da membrana lisossômica liberta as enzimas hidrolíticas que provocam digestão e desintegração celular (autólise). Isso ocorre, por exemplo, na regressão da cauda dos girinos durante a sua metamorfose em sapos. A autólise também é um dos processos responsáveis pela desintegração dos cadáveres.



### Saiba mais

#### DOENÇAS LISOSSÔMICAS

As doenças lisossômicas estão associadas a anomalias pertinentes à membrana ou ao conteúdo enzimático dos lisossomos. Para exemplificar, citaremos as *pneumoconioses* e a *doença de Pompe*. As primeiras são comuns em indivíduos que trabalham em minas, sendo caracterizadas por lesões pulmonares causadoras de dispneias, ou seja, dificuldades respiratórias. Quando os mineiros inalam partículas de silício, berilo, estanho e zinco, elas são fagocitadas por células conhecidas como macrófagos. Os lisossomos primários se unem aos vacúolos digestórios, originando os lisossomos secundários, cujas paredes se rompem por ação das partículas fagocitadas. Os macrófagos morrem e liberam suas enzimas que causam as lesões pulmonares. Na doença de Pompe, há acúmulo de glicogênio nos lisossomos, que aumentam de volume. Clinicamente, a doença caracteriza-se, desde o nascimento do indivíduo, por uma dispneia associada a problemas cardíacos. A morte acontece ao final do primeiro ano de vida.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – Foram coletadas três amostras de espermatozoides de um rato adulto apto para reprodução e colocadas separadamente em três tubos de ensaio. Cada uma destas amostras foi submetida a uma situação experimental:

Tubo 1: Todos os espermatozoides tiveram um determinado tipo de organoide extraído do citoplasma através de uma microagulha.

Tubo 2: Todos os espermatozoides tiveram outro tipo de organoide citoplasmático extraído.

Tubo 3: Todos os espermatozoides foram mantidos intactos e utilizados como controle.

Em seguida, as três amostras foram introduzidas, cada uma separadamente, nos colos uterinos de três ratas em condições de serem fertilizadas. Durante o experimento, verificou-se que

- os espermatozoides do tubo 1 se aproximaram dos óvulos, mas nenhum deles conseguiu perfurar suas membranas plasmáticas;
- os espermatozoides do tubo 2 não foram além do colo uterino e sofreram um processo degenerativo após 48 horas;
- os espermatozoides do tubo 3 caminharam até os óvulos e todos foram fertilizados.

Quais foram os organelos extraídos dos espermatozoides dos tubos 1 e 2?

	1	2
a)	Mitocôndria	Centríolo
b)	Sistema golgiense	Mitocôndria
c)	Retículo endoplasmático	Lisossomo
d)	Mitocôndria	Sistema golgiense
e)	Lisossomo	Mitocôndria

### Resolução

Tubo 1: sistema golgiense

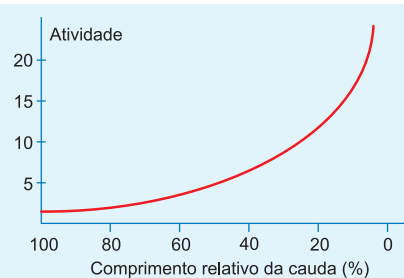
Tubo 2: mitocôndria

O sistema golgiense produz o acrossomo, estrutura do espermatozoide que facilita a penetração no óvulo.

A mitocôndria fornece energia para a movimentação do espermatozoide.

**Resposta: B**

**2 (MODELO ENEM)** – No gráfico a seguir, observa-se a relação entre a atividade enzimática de uma organela presente nas células da cauda dos girinos e a variação no comprimento relativo da cauda desses animais durante o seu desenvolvimento.



Sobre a redução da cauda desses girinos, analise as seguintes afirmativas:

- I. A atividade das enzimas é máxima no início da regressão da cauda desses anfíbios.
- II. A regressão no tamanho da cauda dos girinos ocorre por ação de enzimas digestórias, conhecidas como hidrolases.
- III. As enzimas que atuam na digestão da cauda dos girinos foram sintetizadas no interior do retículo endoplasmático rugoso.
- IV. A ausência de lisossomos nas células da cauda dos girinos, no início do seu desenvolvimento, impediria a diminuição do tamanho da cauda desses anfíbios.

Estão corretas

- a) apenas I e III.
- b) apenas II e IV.
- c) apenas I e IV.
- d) apenas I, II e III.
- e) apenas II, III e IV.

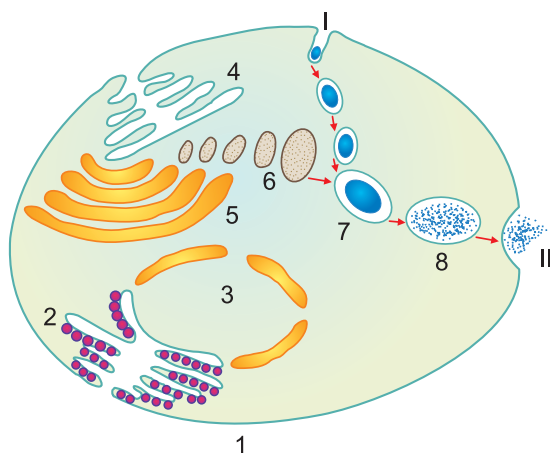
### Resolução

A atividade das enzimas é máxima no fim da regressão da cauda dos anfíbios.

**Resposta: E**

## Exercícios Propostos

**1** Observe o desenho e responda às questões seguintes:



a) A organela n.º 6 tem a função de digestão celular. Qual seu nome, sua origem e que substâncias existem em seu interior para realizar sua função?

- b) Que fenômenos estão ocorrendo em I e II, respectivamente?
- c) Explique a diferença entre autofagia e autólise.

### RESOLUÇÃO:

- a) A organela 6 é o lisossomo, originado do sistema golgiense e portador de enzimas digestórias.
- b) Em I e II ocorrem, respectivamente, pinocitose e exocitose.
- c) Autofagia é a digestão de estruturas celulares em desuso; autólise é a destruição da célula por ruptura do lisossomo.



### No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M109**

**2** Atualmente há consenso entre os biólogos de que certos organelos, como as mitocôndrias e os cloroplastos, foram organismos independentes de vida livre. Posteriormente, foram associados às células eucarióticas constituindo um caso típico de mutualismo. A principal evidência desse fato é baseada na ocorrência, nesses organelos de

- centríolos e ribossomos.
- DNA, RNA e ribossomos.
- lisossomos e ribossomos.
- retículo liso e DNA.
- DNA, mas não de RNA,

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**

**3** Correlacione a primeira coluna de acordo com a segunda, estabelecendo um paralelo entre as organelas e suas respectivas atividades metabólicas.

- Cloroplastos ( ) Síntese de polissacarídeos
- Mitocôndrias ( ) Síntese de lipídios
- Reticulo endoplasmático liso ( ) Digestão intracelular
- Lisossomos ( ) Respiração celular
- Sistema golgiense ( ) Fotossíntese
- Reticulo endoplasmático rugoso ( ) Secreção celular

A alternativa que apresenta a sequência correta é:

- 5, 3, 4, 2, 1, 6 e 5.
- 5, 3, 4, 2, 1, 5 e 6.
- 5, 4, 3, 2, 1, 6 e 5.
- 4, 2, 5, 1, 6, 5 e 3.
- 1, 6, 4, 3, 2, 6 e 5.

**RESOLUÇÃO: Resposta: A**

**4 (FATEC)** – O citoplasma das células eucarióticas contém diversas organelas, cada qual desempenhando funções específicas na manutenção da vida da célula. Os itens I, II, III e IV relacionam as funções de algumas dessas organelas citoplasmáticas.

- Bolsas membranosas contendo enzimas que digerem substâncias capturadas ou partes desgastadas da própria célula.
- Presentes em maior quantidade nas células de metabolismo intenso, participam dos processos de obtenção de energia e apresentam capacidade de autoduplicação.
- Rede interligada de tubos e bolsas achatadas que se estendem pelo citoplasma; tem como função a produção e a condução de substâncias importantes através do citoplasma.
- Constituído por estruturas achatadas dispostas umas sobre as outras, seleciona e distribui proteínas para diferentes partes da célula.

Assinale a alternativa que apresenta as organelas descritas, respectivamente, em I, II, III e IV.

- Mitocôndria – lisossomo – retículo endoplasmático – sistema golgiense.
- Lisossomo – retículo endoplasmático – sistema golgiense – mitocôndria.
- Mitocôndria – sistema golgiense – lisossomo – retículo endoplasmático.
- Lisossomo – mitocôndria – retículo endoplasmático – sistema golgiense.
- sistema golgiense – retículo endoplasmático – lisossomo – mitocôndria.

**RESOLUÇÃO: Resposta: D**

**5 (CESGRANRIO)** – Os lisossomos participam de processos intracelulares que podem ser resumidos da seguinte maneira:

- Partículas provenientes do meio externo, incluídas em fagossomas, são desdobradas em substâncias utilizáveis pelas células.
- Na ausência de nutrição adequada, algumas estruturas, como as mitocôndrias e componentes do retículo endoplasmático, são digeridas e o seu material aproveitado em outras funções essencialmente vitais.
- Pelo estímulo de substâncias ou ações lesivas os lisossomos podem ser rompidos, havendo destruição e morte celular.

Os três processos acima descritos são, respectivamente, denominados:

- Fagocitose, autofagia e autólise.
- Fagocitose, digestão intracelular e autofagia.
- Autofagia, necrose e autólise.
- Autólise, autofagia e hidrólise.
- Digestão intracelular, necrose e digestão extracelular.

**RESOLUÇÃO: Resposta: A**

**6 (MODELO ENEM)** – Em 1949, enquanto estudavam o metabolismo energético, Eugene Kennedy e Albert Lehninger, realizaram uma experiência na qual separaram, por centrifugação, os diferentes componentes celulares. Em seguida, os pesquisadores colocaram cada uma das frações contendo os diferentes componentes em soluções compostas dos nutrientes adequados e mediram o consumo de oxigênio ( $O_2$ ) em cada uma das frações, em outro conjunto de frascos, testou-se a produção de trifosfato de adenosina (ATP) pelas diferentes frações. A tabela a seguir mostra alguns dos resultados possíveis em uma experiência deste tipo.

FRAÇÃO	PRODUÇÃO DE ATP (UNIDADES ARBITRÁRIAS)	CONSUMO DE OXIGÊNIO (UNIDADES ARBITRÁRIAS)
A	0	1
B	4	0
C	6	1
D	8	0
E	38	7

Com base nos resultados da tabela, identifique qual das frações deve corresponder às mitocôndrias.

- A
- B
- C
- D
- E

**RESOLUÇÃO: Resposta: E**

## 1. Os peroxissomos e a catalase

### Estrutura

Os peroxissomos são organelas esféricas, com diâmetro variando de 0,1 a 0,5µm, delimitadas por uma membrana. No seu interior, aparecem enzimas, sendo mais típica e constante a **catalase**.

Os peroxissomos são formados no retículo endoplasmático granular.

### Função

O metabolismo celular forma peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) ou água oxigenada, substância tóxica que danifica estruturas celulares. A catalase existente nos peroxissomos protege a célula contra a ação do  $H_2O_2$ , decompondo-o em  $H_2O$  e  $O_2$ .

Quando a água oxigenada é colocada sobre um ferimento, ela é decomposta em água e oxigênio, provocando a formação de espuma. A decomposição da água oxigenada é causada pela catalase dos lisossomos, liberada pelas células lesadas no ferimento.

A água oxigenada combate as bactérias anaeróbias, com a produção de oxigênio.

## 2. Os microtúbulos e a estrutura celular

### Estrutura

Observáveis apenas ao microscópio eletrônico, os microtúbulos constituem cilindros longos e delgados, com 25 a 30nm de diâmetro.

Cada microtúbulo é formado por uma hélice de moléculas globosas de uma proteína, a **tubulina** (Fig. 1).

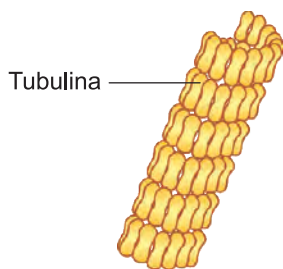


Fig. 1 – Estrutura do microtúbulo com subunidades de tubulina.

### Funções

Várias funções são atribuídas aos microtúbulos, dentre as quais:

- formação do áster e do fuso mitótico durante a divisão celular;
- formação de um citoesqueleto que age na morfogênese celular;
- estrutura de cílios e flagelos.

## 3. Os microfilamentos e os movimentos celulares

Entre as menores estruturas celulares, aparecem os microfilamentos, delgados, com espessura de 4 a 6 nm, constituídos por **actina**, uma proteína contráctil. Por serem elementos contrácteis, participam de movimentos celulares, como a ciclose e o movimento ameboide. A **ciclose** designa uma série de correntes citoplasmáticas facilmente observadas em células vegetais. O **movimento ameboide** é feito pela emissão e contração de pseudópodes.

## 4. Os centríolos, o fuso mitótico e o deslocamento celular

### Estrutura

O centro celular ou centríolo é um organoide que aparece perto do núcleo, no centro de uma região chamada **centrosfera**. O microscópio eletrônico mostra que cada centríolo é um cilindro, cuja parede é constituída de 27 microtúbulos dispostos em 9 feixes, cada um dos quais com 3 microtúbulos paralelos. Cada célula apresenta 2 centríolos perpendiculares um ao outro (Fig. 2).

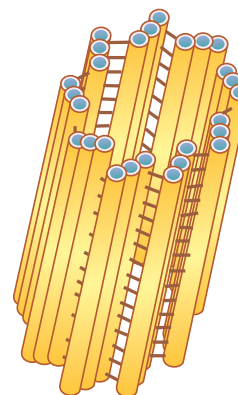


Fig. 2 – A estrutura do centríolo.

Na constituição química dos centríolos, aparecem: água, proteínas, carboidratos, lipídios, DNA e RNA.

Os novos centríolos são produzidos sempre a partir de centríolos preexistentes.

## Funções

Durante a mitose, os centríolos duplicam-se e orientam a formação do fuso mitótico, estrutura responsável pela distribuição dos cromossomos entre as células-filhas. Também atuam na composição dos corpúsculos basais de **cílios e flagelos**.

**Cílios e flagelos:** são projeções filiformes que agem na movimentação de células. Os cílios são curtos e numerosos, enquanto os flagelos são longos e em número reduzido. Ambos possuem a mesma estrutura, na qual aparecem nove pares de microtúbulos, dispostos em círculo ao redor de um par central e tais túbulos são envolvidos por um prolongamento da membrana plasmática. Cílios e flagelos inserem-se em estruturas denominadas **corpúsculos basais**, formações semelhantes aos centríolos (Fig. 3).

Determinam a mobilidade de espermatozoides, bactérias, algas e protozoários. Epitélios ciliados promovem a movimentação de partículas, como é o caso das vias respiratórias. O estudo da fisiologia animal evidencia um grande número de exemplos de estruturas ciliadas.

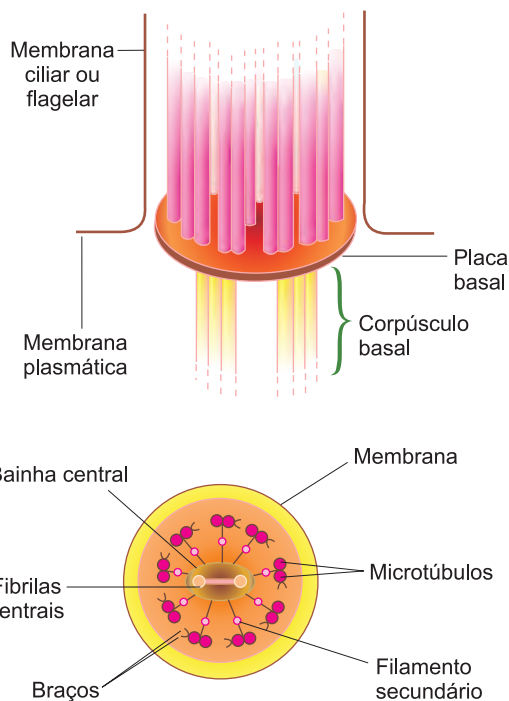
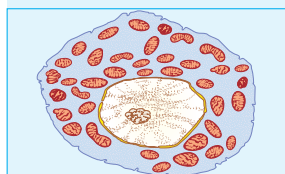


Fig. 3 – A estrutura de um cílio e flagelo.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – O tecido adiposo multilocular tem como função principal produzir calor. Nos animais que hibernam, o despertar da hibernação é devido à ação dos estímulos nervosos sobre o tecido multilocular, que funciona



como um “acendedor” dos outros tecidos, por distribuir para estes o sangue aquecido.

Observando-se uma célula multilocular, verifica-se a presença de grande quantidade da organela responsável pela produção de calor.

Esta organela é denominada

- vacúolo.
- retículo endoplasmático.
- sistema golgiense.
- ribossomo.
- mitocôndria.

### Resolução

Por meio da respiração celular, as mitocôndrias produzem calor.

**Resposta: E**

**2 (MODELO ENEM)** – A água oxigenada ( $H_2O_2$ ) espuma quando lançada sobre tecidos

lesados, pois libera oxigênio molecular. Isso comprova a presença de certa enzima desprendida no meio pelas células destruídas. A enzima e os seus orgânulos acumuladores são, respectivamente:

- desidrogenase e lisossomos.
- peroxidase e lisossomos.
- catalase e peroxissomos.
- descarboxilase e microsossomos.
- catalase e microtúbulos.

### Resolução

Nos lisossomos, a catalase realiza a decomposição de  $H_2O_2$  em  $H_2O$  e  $O_2$ .

**Resposta: C**

## Exercícios Propostos

**1** De que maneira a célula elimina a água oxigenada, substância produzida no metabolismo celular que pode atacar estruturas celulares, danificando-as?

### RESOLUÇÃO:

**Os peroxissomos produzem e eliminam a catalase, enzima que desdobra  $H_2O_2$  em  $H_2O$  e  $O_2$ .**

**2** Como se diferenciam cílios e flagelos?

### RESOLUÇÃO:

**Cílios são curtos e numerosos; flagelos são longos e, normalmente, em número reduzido.**



quantidade de poros (Fig. 2). No interior do envoltório, encontramos o nucleoplasma, um gel proteico cujas propriedades são comparáveis às do hialoplasma, nele estão imersos o nucléolo e a cromatina.

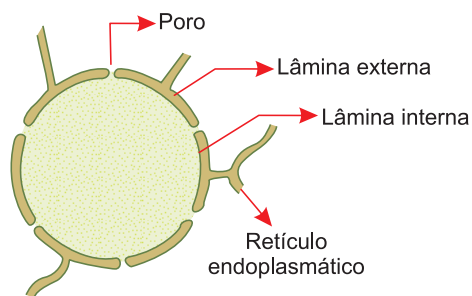


Fig. 2 – O envoltório nuclear.

### 3. O nucléolo

Nucléolos são corpúsculos intranucleares ricos em RNA. Ao microscópio eletrônico, verifica-se que não se apresentam envolvidos por membranas, sendo constituídos por duas porções: uma **granular** e periférica e outra central e **fibrilar**. Uma importante função do nucléolo é a produção dos ribossomos, daí ser bastante desenvolvido nas células com intensa síntese proteica. No início da divisão celular, os nucléolos fragmentam-se, sendo reconstituídos no fim da divisão, a partir dos chamados **cromossomos organizadores nucleolares**.

### 4. A cromatina

É no interior do núcleo que aparecem os **cromossomos**, as estruturas celulares portadoras dos genes. No núcleo interfásico, os cromossomos estão representados por um amontoado de grânulos e filamentos dificilmente observados ao microscópio óptico. A todo esse conjunto de material cromossômico interfásico, dá-se o nome de **cromatina**. A cromatina é composta de longos filamentos constituídos por DNA e proteínas que se apresentam distendidos ou enrolados helicoidalmente. As porções enroladas são chamadas de condensadas, e as distendidas, descondensadas. Em relação à estrutura e função, a cromatina é classificada em: **euromatina** e **heterocromatina** (Fig. 3). A euromatina aparece descondensada na interfase, condensando-se progressivamente durante a divisão celular, sendo geneticamente ativa, ou seja, capaz de produzir o RNA-mensageiro. No estágio interfásico, a heterocromatina apresenta-se condensada formando grânulos conhecidos como cromocentros, sendo chamada de inativa por não produzir o RNA-mensageiro.

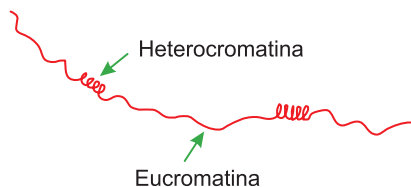


Fig. 3 – Os tipos de cromatina.

### 5. Número e tamanho

As células em geral não possuem mais do que um núcleo, mas existem células binucleadas, como as do fígado e as cartilaginosas, e plurinucleadas como é o caso das musculares estriadas. O tamanho do núcleo varia de um tipo celular a outro, mas é notavelmente fixo para o mesmo tipo. O volume do núcleo interfásico é proporcional ao volume celular, o que é expresso pela chamada relação núcleo-plasmática (RNP), que pode ser assim expressa:

$$RNP = \frac{\text{Volume nuclear}}{\text{Volume celular} - \text{Volume nuclear}}$$

Na célula jovem, o núcleo é volumoso e a RNP elevada. Durante o crescimento celular, a RNP diminui porque o volume citoplasmático aumenta e o nuclear permanece inalterado. Quando a RNP atinge certo valor mínimo, a célula se divide (Fig. 4).

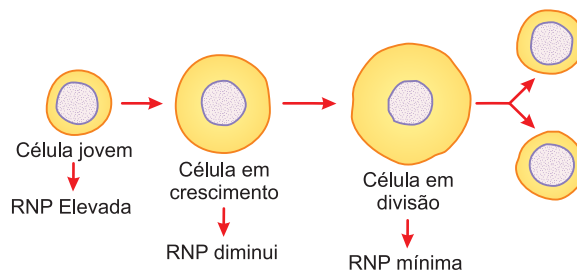


Fig. 4 – A RNP.

### 6. A função do núcleo

Através dos genes contidos no DNA, o núcleo controla todas as atividades celulares. A sua importância na vida da célula pode ser evidenciada com uma experiência clássica, conhecida por merotomia. Uma ameba é cortada em dois fragmentos: um nucleado e outro anucleado. O primeiro sobrevive e o segundo degenera, devido à falta do núcleo (Fig. 5).

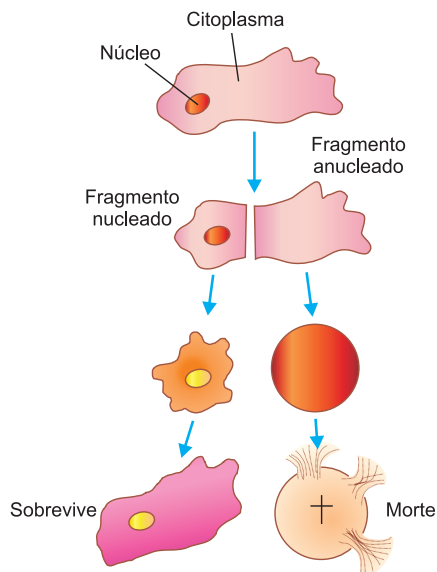


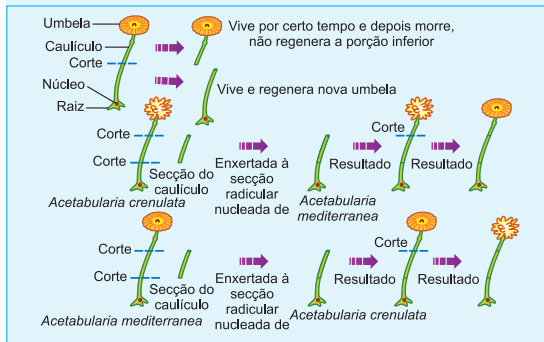
Fig. 5 – A experiência de merotomia.



## Exercícios Resolvidos

**(MODELO ENEM)** – O texto abaixo serve para as questões 1 e 2.

*Acetabularia* é uma alga verde (clorofícea), marinha, unicelular e macroscópica. Com cerca de 5 centímetros de comprimento, a célula aparece dividida em três partes: raiz ou radícula, haste ou caulículo e umbela. O núcleo da célula aparece na radícula. Esse fato, associado às dimensões da *Acetabularia*, torna-a um organismo ideal



para a investigação do papel desempenhado pelo núcleo na vida da célula. O desenho mostra uma série de experimentos realizados com a alga.

- 1 A experiência permite concluir que
- o núcleo é responsável pela vida contínua da célula e parece ser necessário para a sua regeneração.
  - o núcleo serve apenas para a reprodução da célula.
  - o núcleo contém DNA.
  - o núcleo é capaz de sintetizar proteínas.
  - é impossível uma célula ter cinco centímetros de comprimento.

### Resolução

O núcleo é imprescindível para a célula, já que controla todas as atividades vitais dela.

**Resposta: A**

2 Em relação ao experimento, analise as proposições seguintes.

- O núcleo, por certas interações com o citoplasma, determina qual será o novo tipo de citoplasma produzido.
- O núcleo parece produzir substâncias que fazem com que o citoplasma funcione de certo modo definido.
- O núcleo da *Acetabularia* serve apenas para a regeneração do caulículo.

Quais são as afirmativas corretas?

- apenas I.
- apenas II.
- apenas I e II.
- apenas I e III.
- apenas II e III.

### Resolução

III. Incorreta. O núcleo é responsável pela vida, reprodução e regeneração da célula.

**Resposta: C**

## Exercícios Propostos

1 Se os nucléolos de algumas células fossem removidos, a função primordialmente afetada nessas células seria a da síntese de proteínas. Por quê?

### Resolução:

O nucléolo é responsável pela biogênese dos ribossomos, nos quais ocorre a síntese de proteínas.

2 Complete a tabela abaixo:

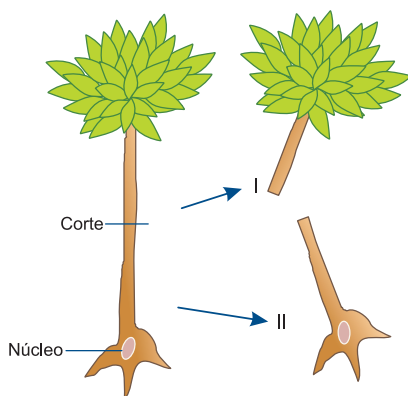
	ATIVIDADE	CONDENSAÇÃO
Eucromatina		
Heterocromatina		

### Resolução:

Ativa – Descondensada

Inativa – Condensada

3 (UEL) – O esquema abaixo apresenta um experimento com uma alga unicelular.



(LOPES, Sônia. *BIO 1*. São Paulo: Saraiva, 1997, p. 200.)

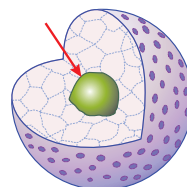
Esse e outros experimentos semelhantes levaram à conclusão de que o núcleo comanda e coordena todas as funções nas células, sendo indispensável à manutenção da vida.

Com base nessa conclusão, pode-se inferir que o resultado do experimento foi o seguinte:

- I regenerou uma porção igual a ela, o mesmo acontece com II, formando-se duas algas diferentes.
- I regenerou uma porção II, formando-se uma alga igual à que foi cortada, e II morreu.
- II regenerou a porção I, formando-se uma alga igual à que foi cortada, e I morreu.
- I e II regeneraram as porções perdidas, formando-se duas algas iguais à que foi cortada.
- I e II morreram.

**Resolução: Resposta: C**

4 Observando a figura do **núcleo interfásico** abaixo, assinale a alternativa correta sobre a estrutura apontada:



- É formada por emaranhados de filamentos de DNA e encontra-se mais condensada na metáfase.
- É constituída essencialmente por RNA-ribossômico e proteínas, material utilizado na produção de ribossomos.
- É uma estrutura que equivale química e funcionalmente aos ribossomos.
- É constituída de RNA-transportador e cora-se por corantes ácidos.
- É rica em RNA-mensageiro e está ausente em todos os vírus.

**Resolução: Resposta: B**

**5 (UFSC)** – O núcleo é uma estrutura que coordena e comanda todas as funções celulares.

Assinale a(s) proposição(ões) que apresenta(m) relações corretas entre as estruturas nucleares, sua ocorrência e características químicas ou funcionais.

- I. Ao observarmos o núcleo interfásico ao microscópio óptico, verificamos a total compactação da cromatina, que passa a chamar-se cromossomo.
- II. A membrana nuclear apresenta “poros” ou *annuli*, através dos quais ocorrem importantes trocas de macromoléculas entre núcleo e citoplasma.
- III. A carioteca corresponde ao fluido onde estão mergulhados os cromossomos e as estruturas que formam o nucléolo.
- IV. O nucléolo, mergulhado no nucleoplasma, está sempre presente nas células eucarióticas, podendo haver mais de um por núcleo.
- V. O nucléolo é uma região de intensa síntese de RNA-ribossômico (RNA-r).

São corretas

- a) apenas II, IV e V.
- b) apenas I, III e V.
- c) apenas I, II e IV.
- d) apenas IV e V.
- e) I, II, III, IV e V.

**RESOLUÇÃO:** Resposta: A

**6 (MODELO ENEM)** – O nucléolo é uma estrutura de forma irregular que existe no núcleo das células eucarióticas. O tamanho do nucléolo varia com o tipo celular e com a atividade funcional da célula. É muito desenvolvido nas células que produzem e secretam proteínas. Quimicamente é constituído por RNA- ribossômico, proteínas e fosfolípidos. Apesar de estar presente em todas as células eucarióticas, o nucléolo só é visível no núcleo interfásico. A leitura do texto permite concluir que existe uma relação entre o nucléolo e

- a) os cromossomos.
- b) a reprodução das bactérias.
- c) os ribossomos.
- d) os lisossomos.
- e) a divisão celular.

**RESOLUÇÃO:**

O nucléolo é responsável pela formação dos ribossomos.

**Resposta: C**



## No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em “localizar”, digite **BIO1M111**

## Módulo

# 12

## Os cromossomos

### Palavras-chave:

- Cromatina • Cromátides • Cariótipo
- Haploide • Diploide

## 1. As modificações celulares na divisão celular

Durante a divisão celular, o núcleo sofre profundas modificações. No início da divisão, desintegram-se o envoltório nuclear e o nucléolo, e o nucleoplasma mistura-se com o hialoplasma, enquanto a condensação da cromatina origina os cromossomos. Enfim, quando uma célula entra em divisão, desaparece o núcleo e surgem os cromossomos.

## 2. A estrutura cromossômica

Cada cromossomo é constituído por uma única molécula de DNA associada a proteínas, formando uma complexa estrutura chamada **cromatina**. Examinada ao microscópio eletrônico, a cromatina se apresenta sob a forma de um filamento helicoidal, com 30 nm de espessura.

Quando distendido, este filamento passa a ter 11 nm de espessura, com uma estrutura semelhante a um colar de contas. Assim, as contas são representadas pelos nucleossomos, e o fio, pela molécula de DNA, com 2 nm de espessura. Cada nucleossomo é formado por um octâmero, constituído por quatro pares de moléculas proteicas, chamadas de histonas (Fig. 1).

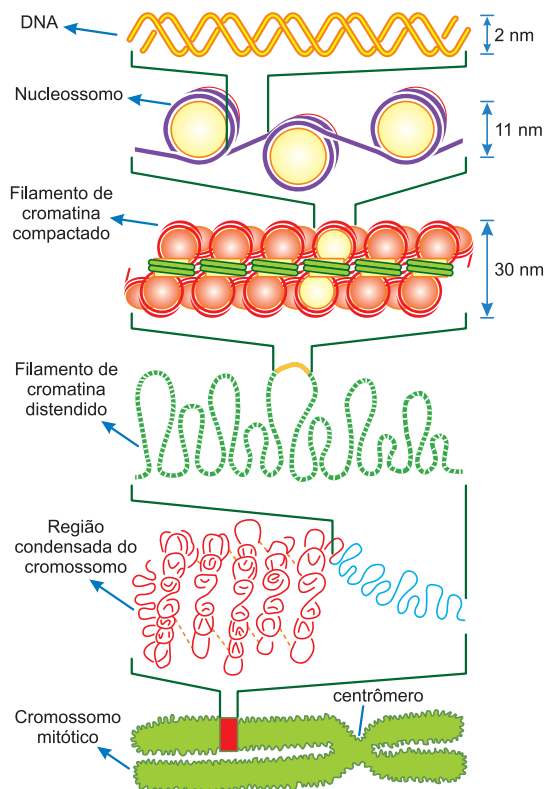


Fig. 1 – Organização molecular da cromatina.

### 3. A forma do cromossomo

Em um cromossomo condensado há uma região estrangulada que o divide em duas partes, os braços. Chamada de constrição primária ou centrômero, serve para a fixação do cromossomo nas fibras do fuso durante a mitose. Além da constrição primária, certos cromossomos possuem estreitamentos que aparecem sempre no mesmo lugar, são as constrições secundárias, utilizadas no reconhecimento e caracterização dos cromossomos no cariótipo. O estudo do processo de reorganização nucleolar mostrou que as constrições secundárias têm uma região chamada **zona sat** ou organizadora do nucléolo. Na extremidade de um dos braços, em certos cromossomos, pode-se ver uma pequena esfera presa por fina trabécula; trata-se do **satélite**. As extremidades dos cromossomos são denominadas **telômeros** (Fig. 2).

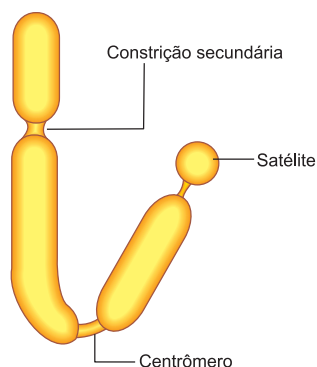


Fig. 2 – A organização do cromossomo.

### 4. Os tipos de cromossomos

Conforme a localização do centrômero, distinguem-se quatro tipos de cromossomos: acrocêntrico, submetacêntrico, metacêntrico e telocêntrico (Fig. 3).

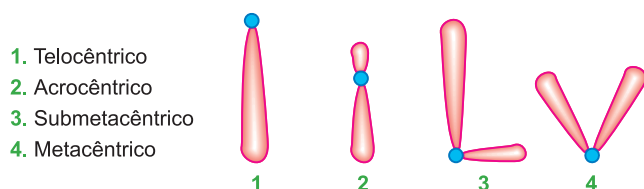


Fig. 3 – Tipos de cromossomos.

#### Acrocêntrico

Quando o centrômero é subterminal, ou seja, situa-se quase na extremidade do cromossomo, dividindo-o em dois braços, um grande e outro muito pequeno.

#### Submetacêntrico

Quando o centrômero é submediano, dividindo o cromossomo em dois braços desiguais.

#### Metacêntrico

Com centrômero mediano, dividindo o cromossomo em dois braços iguais.

#### Telocêntrico

Com centrômero terminal.

### 5. A duplicação dos cromossomos

A duplicação cromossômica, que é feita longitudinalmente, acontece no período S da interfase, determinada

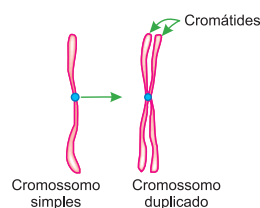


Fig. 4 – Cromátides.

pela replicação do DNA. Após a duplicação, cada cromossomo apresenta-se dividido em duas metades denominadas **cromátides**, unidas pelo centrômero que permanece indiviso (Fig. 4).

### 6. O número de cromossomos

O número de cromossomos é constante nas células de indivíduos de uma mesma espécie. Verifica-se que cada célula apresenta dois exemplares idênticos de cada cromossomo conhecidos como **cromossomos homólogos**. Cada núcleo possui um número cromossômico chamado **diploide** e é representado por  $2n$  pelo fato de ser constituído por dois conjuntos cromossômicos. Nos gametas, há apenas um conjunto cromossômico chamado **haploide** e designado por  $n$  (Fig. 5).

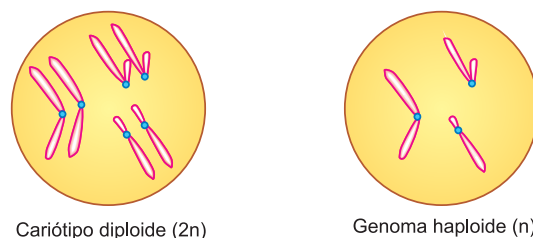


Fig. 5 – Células diploide e haploide.

### 7. O cariótipo

Geralmente, o número, o tamanho e a forma dos cromossomos de uma determinada espécie não variam. A esse conjunto de características ou constantes cromossômicas dá-se o nome de **cariótipo**. O exame do cariótipo, também chamado de **cariotipagem**, é feito durante a metáfase, quando os cromossomos são mais visíveis, por estarem condensados ao máximo.

Para análise do cariótipo, fotografa-se a célula em metáfase, recortando-se os cromossomos que são arrumados em ordem de tamanho decrescente. A cariopagem humana, por exemplo, é realizada com células cultivadas em laboratório e obtidas por biópsia de medula óssea, pele, testículos e sangue. O cariótipo humano aparece na Fig. 6.

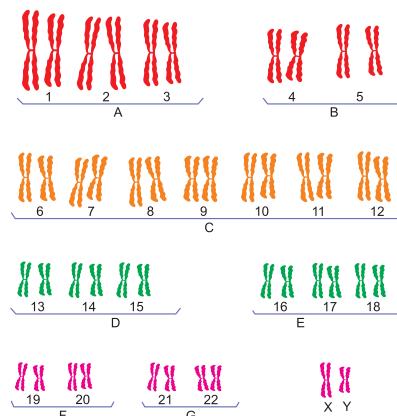


Fig. 6 – Cariótipo humano.



## Saiba mais

### Os CROMOSSOMOS HUMANOS

Em 1921, Theophilus Painter, observando ao microscópio finos cortes de testículos humanos, contou, pela primeira vez, 48 cromossomos. A experiência foi confirmada por observações de outros biólogos e durante 35 anos o número 48 sempre foi citado e adotado. Em 1955, Tijo e Levan, utilizando técnicas mais aprimoradas, constataram a existência de 46 cromossomos. O interessante é que em muitos livros apareciam fotos indicando 48 cromossomos, quando a contagem, se praticada, revela a existência de somente 46.

## Exercícios Resolvidos

- 1 (MODELO ENEM)** – Em 1853, de um casal de negros, nasceu uma menina que apresentava uma anomalia na pele, caracterizada pela presença de zonas pretas entremeadas por zonas brancas. Esta menina, posteriormente, casando-se com um negro, transmitiu a alguns de seus filhos a sua anômala característica. Como a anomalia não aparecera anteriormente em nenhum membro da população, explica-se o acontecimento por ter havido mutação em
- um dos gametas que deram origem à menina.
  - um dos gametas que deram origem à mãe da menina.
  - células reprodutoras da menina.
  - células somáticas da menina.
  - células somáticas da mãe da menina.

#### Resolução

A mutação ocorreu num dos gametas que deram origem à menina que, posteriormente, a transmitiu a alguns de seus filhos.

**Resposta: A**

- 2 (MODELO ENEM)** – Observe a tabela abaixo:

ESPÉCIE	NÚMERO DE CROMOSSOMOS
Homem	46
Chimpanzé	48
Cachorro	78
Cavalo	64
Mosca-das-frutas	8
Ervilha	14

Da análise da tabela, podemos afirmar que:

- O número de cromossomos é diretamente proporcional ao tamanho da espécie.
- O número de cromossomos difere entre as distintas espécies de animais e plantas.
- Os cromossomos estão em pares.
- Um membro de cada par vem da mãe e o outro, do pai.
- Não é o número de cromossomos que torna uma espécie única, mas os genes que eles transportam.

A única afirmativa **incorreta** é a:

- I
- II
- III
- IV
- V

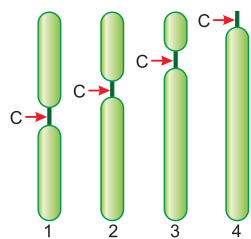
#### Resolução

O número de cromossomos não é diretamente proporcional ao tamanho da espécie.

**Resposta: A**

## Exercícios Propostos

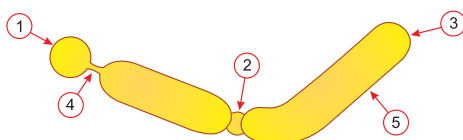
- 1** Os cromossomos são classificados de acordo com a posição do seu centrômero (C):  
Assinale a alternativa que, corretamente, classifica os cromossomos ao lado representados.



	1	2	3	4
a)	acrocêntrico	telocêntrico	metacêntrico	submetacêntrico
b)	telocêntrico	acrocêntrico	submetacêntrico	metacêntrico
c)	metacêntrico	submetacêntrico	acrocêntrico	telocêntrico
d)	metacêntrico	acrocêntrico	telocêntrico	submetacêntrico
e)	acrocêntrico	telocêntrico	submetacêntrico	metacêntrico

**RESOLUÇÃO: Resposta: C**

- 2** O desenho a seguir representa um cromossomo condensado:



- Identifique as estruturas assinaladas pelas setas 1 a 5.
- Qual é a função da estrutura 2?

#### RESOLUÇÃO:

- 1 – satélite, 2 – centrômero, 3 – telômero, 4 – constrição secundária e 5 – braço.
- 2 serve para fixação do cromossomo nas fibras do fuso durante a mitose.

- 3** Cromátide é

- um filamento simples de cromatina que representa a estrutura de qualquer cromossomo.
- uma estrutura situada na constrição primária do cromossomo, pela qual ele será traçado em certa etapa da divisão celular.
- cada um dos elementos duplicados de um mesmo cromossomo, durante o período em que se encontram unidos pelo centrômero.
- cada cromossomo-filho no período que se segue à complementação do processo de duplicação.
- a região do cromossomo especializada na formação do nucléolo.

**RESOLUÇÃO: Resposta: C**

4 Para a questão seguinte, há uma relação de frases precedidas por uma letra. Segue-se uma relação de nomes precedidos por um número. Associe essas relações e marque a alternativa correspondente à associação correta:

- a) Região cromossômica pela qual ele pode prender-se às fibras do fuso.  
 b) Pequena granulação heterocromática que é observada ao longo do cromossomo.  
 c) Parte de um cromossomo duplicado.  
 d) Extremidade do cromossomo.  
 e) Formação do nucléolo na telófase.

- 1) Constrição secundária                      2) Centrômero  
 3) Telômero                                      4) Cromátide  
 5) Cromômero

- a) 1e – 2a – 3d – 4c – 5b.                      b) 1e – 2d – 3a – 4c – 5b.

- c) 1a – 2b – 3c – 4d – 5e.                      d) 1b – 2a – 3c – 4d – 5e.  
 e) 1c – 2b – 3e – 4d – 5a.

**RESOLUÇÃO: Resposta: A**

5 O número de cromossomos é constante dentro de uma espécie, servindo para identificá-la. Certo ou errado? Por quê?

**RESOLUÇÃO:**

**Errado. Além do número de cromossomos, o seu tamanho e a sua forma caracterizam as espécies. Podemos ter espécies com igual número de cromossomos, mas com a forma e o tamanho diferentes.**



### No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M112**

## Módulo

# 13

## O ciclo celular

### Palavras-chave:

- Interfase • Mitose
- Apoptose • G<sub>1</sub> • G<sub>2</sub>

## 1. As etapas do ciclo celular

A maioria das células realiza um ciclo celular que, basicamente, consiste num programa para o crescimento e a divisão ou proliferação celular. O ciclo compreende duas etapas: **interfase** e **mitose** ou **divisão celular**. A interfase é um intervalo entre as divisões, durante o qual ocorre o crescimento da célula. O exame de um tecido com célula em divisão, como, por exemplo, a extremidade de uma raiz, mostra que a maioria das células está em interfase; somente uma pequena porcentagem aparece em divisão.

## 2. A interfase

Na interfase, distinguimos três fases designadas por: **G<sub>1</sub>**, **S** e **G<sub>2</sub>**. A fase **G<sub>1</sub>** (do inglês *gap*, intervalo) é caracterizada por dois processos: crescimento e diferenciação. Nesta fase, acontece a síntese de proteínas, processo que depende da atividade dos genes. Cada cromossomo aparece descondensado e formado por uma molécula de DNA, na qual estão contidos os genes. Ao entrar em atividade, cada gene realiza a transcrição, ou seja, sintetiza uma molécula de RNA-mensageiro, cuja função é transmitir aos ribossomos a informação genética necessária à síntese de proteínas estruturais e reguladoras. As primeiras entram na edificação das estruturas celulares; as reguladoras são as enzimas que ativam o metabolismo celular. Por meio desses processos, ocorrem o crescimento e a diferenciação da célula. Durante a diferenciação, a célula sofre importantes transformações estruturais e morfológicas, adaptando-se a exercer uma função específica (Fig. 1).

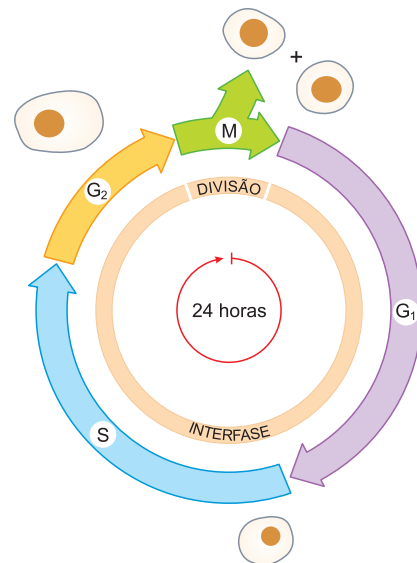


Fig. 1 – O ciclo celular.

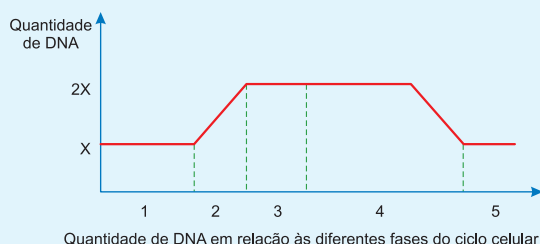
Em **S** (S de síntese), há a síntese de DNA, permitindo a replicação da molécula e a consequente duplicação cromossômica. Nesta fase, cada cromossomo aparece constituído por duas cromátides, unidas pelo centrômero. Durante **G<sub>2</sub>**, em menor escala, a célula novamente cresce e sintetiza proteínas necessárias para a divisão celular, como, por exemplo, os microtúbulos que formarão o fuso mitótico. A seguir, a célula entra em **M**, etapa que corresponde à divisão celular, ou mitose. Eventualmente, a célula pode sair de **G<sub>1</sub>** e entrar em **G<sub>0</sub>**, fase na qual o metabolismo celular é relativamente estável e não há crescimento. Células musculares e nervosas que não se dividem estão constantemente em **G<sub>0</sub>**.

### 3. O controle do ciclo celular

O ciclo celular é regulado pela ativação e desativação de um sistema de controle complexo e formado por duas proteínas: a quinase, dependente da ciclina (Cdk), e a ciclina. Para ser ativada e iniciar o ciclo, a Cdk deve se associar a um segundo tipo de proteína, a ciclina. A cada ciclo celular as ciclinas são sintetizadas e usadas para ativar as Cdk. São conhecidas, atualmente, duas ciclinas: a ciclina de fase S, que desencadeia a duplicação do DNA e a ciclina mitótica, que promove o início da mitose (M). Danos irreversíveis no material genético (DNA) podem descontrolar o ciclo celular e ativar mecanismos que determinam o suicídio celular programado, fenômeno conhecido por **apoptose**. Células em  $G_0$  não sintetizam ciclinas. Em células cancerosas, a síntese dessas proteínas é intensa.

#### Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – Com base nas informações contidas no gráfico, a alternativa que representa a sequência correta das diferentes fases do ciclo de vida celular é:



- a) 1 – fase S; 2 – fase  $G_1$ ; 3 – fase  $G_2$ ; 4 – mitose; 5 – fase  $G_1$ .
- b) 1 – fase  $G_1$ ; 2 – fase  $G_2$ ; 3 – fase S; 4 – mitose; 5 – fase  $G_1$ .
- c) 1 – fase  $G_2$ ; 2 – fase S; 3 – fase  $G_1$ ; 4 – mitose; 5 – fase  $G_1$ .
- d) 1 – fase  $G_1$ ; 2 – fase S; 3 – fase  $G_2$ ; 4 – mitose; 5 – fase  $G_1$ .
- e) 1 – mitose; 2 – fase S; 3 – fase  $G_1$ ; 4 – fase  $G_2$ ; 5 – fase  $G_1$ .

#### Resolução

Os períodos da interfase correspondem aos números 1, 2 e 3. A mitose está representada em 4; 5 e corresponde a a  $G_1$  da interfase.

**Resposta: D**

**2 (MODELO ENEM)** – Logo após a fecundação, o zigoto passa por uma etapa denominada clivagem, na qual o principal objetivo é aumentar o número de células do embrião. Porém, nesse processo, o ciclo celular não apresenta as fases  $G_1$  e  $G_2$ . Como consequência desse fato, pode-se afirmar que, na clivagem,

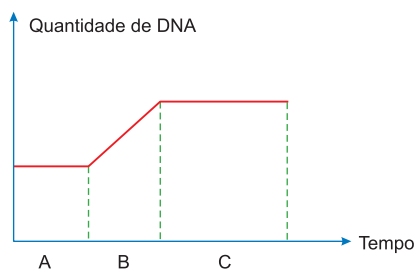
- a) a síntese de ATP é certamente menor que numa célula com ciclo celular padrão.
- b) o processo de transcrição é mais frequente.
- c) as células-filhas ficam menores a cada divisão.
- d) a duplicação dos cromossomos deverá ocorrer durante a mitose.
- e) a produção de proteínas é totalmente interrompida.

#### Resolução

**Resposta: C**

#### Exercícios Propostos

**1** Observe o gráfico a seguir, que representa a variação da quantidade de DNA no núcleo de uma célula em função do tempo durante a interfase.



- a) Que fases do ciclo celular estão indicadas em A, B e C?
- b) Que processos celulares acontecem em A e B?

#### RESOLUÇÃO:

a) **A, B e C indicam, respectivamente, as etapas  $G_1$ , S e  $G_2$  da interfase.**

b) **Em A, ocorre intensa síntese de proteínas, provocando o crescimento celular. B representa a fase S, na qual o DNA é replicado, determinando a duplicação dos cromossomos.**

**2 (UNICAMP)** – A interfase é um período em que as células estão em repouso. Você concorda? Justifique sua resposta.

#### RESOLUÇÃO:

**Não, a atividade metabólica é intensa, com síntese de DNA, RNA e proteínas.**

**3 (FUVEST)** – Um cromossomo é formado por uma longa molécula de DNA associada a proteínas. Isso permite afirmar que o núcleo de uma célula somática humana em A possui B moléculas de DNA. Qual das alternativas indica os termos que substituem corretamente as letras A e B?

- a) A = início de interfase ( $G_1$ ); B = 46.
- b) A = fim de interfase ( $G_2$ ); B = 23.
- c) A = início de mitose (prófase); B = 46.
- d) A = fim de mitose (telófase); B = 23.
- e) A = qualquer fase do ciclo celular; B = 92.

**RESOLUÇÃO: Resposta: A**



#### No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M113**

**4 (VUNESP)** – O ciclo celular corresponde ao processo básico de formação de novas células; assim, ele inclui a mitose e a interfase.

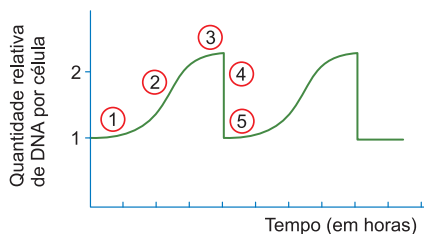
- I. Período G<sub>1</sub>.
- II. Divisão celular.
- III. Período S (duplicação do conteúdo de DNA).
- IV. Período G<sub>2</sub>.

Assinale a opção que indica corretamente a sequência natural dos períodos do ciclo celular.

- a) IV – III – I – II.
- b) I – III – IV – II.
- c) II – III – IV – I.
- d) II – III – I – IV.
- e) III – I – II – IV.

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**

**5 (UERJ)** – Analise o gráfico abaixo.

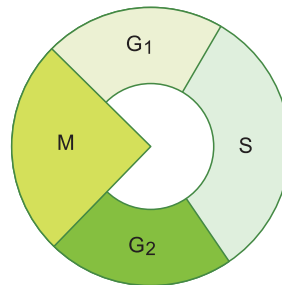


O momento em que a célula-mãe acabou de se dividir e cada célula-filha tem um conjunto de cromossomos idêntico ao da original é:

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

**RESOLUÇÃO: Resposta: E**

**6 (MODELO ENEM)** – O esquema a seguir representa o ciclo celular de uma célula típica.



Os seguintes fenômenos: duplicação dos cromossomos, crescimento celular e condensação cromossômica ocorrem, respectivamente, em

- a) M, G<sub>1</sub> e S.
- b) G<sub>1</sub>, S e G<sub>2</sub>.
- c) G<sub>2</sub>, M e S.
- d) S, G<sub>1</sub> e M.
- e) S, G<sub>2</sub> e M.

**RESOLUÇÃO: Resposta: D**

## Módulo

# 14

## A mitose

### Palavras-chave:

- Prófase • Metáfase • Anáfase
- Telófase • Citocinese

## 1. Características e funções da mitose

A mitose é o processo de divisão celular que permite a distribuição dos cromossomos e dos constituintes citoplasmáticos da célula-mãe, equitativamente, entre as duas células-filhas. É o processo responsável pela multiplicação dos organismos unicelulares e pelo crescimento e regeneração dos pluricelulares, graças ao aumento do

número de células. A mitose é dividida em duas etapas: a **cariocinese** ou divisão do núcleo e a **citocinese** ou divisão do citoplasma. A cariocinese é um processo contínuo, mas, para efeito didático, é dividido em quatro fases: **prófase**, **metáfase**, **anáfase** e **telófase**, esquematizadas na Fig. 1.

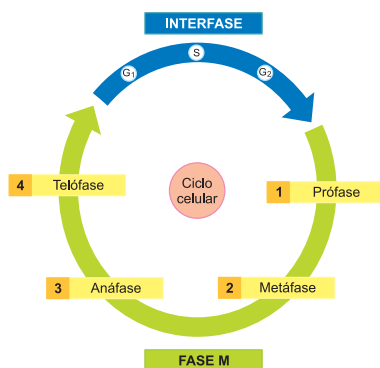


Fig. 1 – O ciclo celular.

## 2. A prófase

A mitose é iniciada com a prófase, a fase mais longa, caracterizada por modificações que acontecem no núcleo e no citoplasma. O volume do núcleo aumenta por rece-

ber água do citoplasma. Os cromossomos, já duplicados na interfase, começam a se condensar e a ser evidenciados. Cada cromossomo aparece constituído por duas cromátides-irmãs, o nucléolo e o envoltório nuclear desintegram-se. No citoplasma, começa a migração dos centríolos, já duplicados na interfase, para os polos da célula, envolvidos pelas fibras que formam o chamado **áster**. Entre os dois centríolos, forma-se o fuso mitótico. Lembramos que os ásteres e as fibras do fuso são formados pelos microtúbulos. Os cromossomos, através de seus centrômeros, ligam-se às fibras do fuso, que começam a transportá-los para a região central do fuso (Fig. 2).

## 3. A metáfase

Na metáfase, os cromossomos, condensados ao máximo, estão alinhados no equador do fuso. É a etapa ideal para o exame do cariótipo, já que, graças à condensação, os cromossomos apresentam a melhor visualização (Fig. 2).

## 4. A anáfase

A anáfase começa pela duplicação dos centrômeros, libertando as cromátides-irmãs que passam a ser chamadas de cromossomos-filhos. As fibras do fuso, ligadas aos centrômeros, encurtam, puxando os cromossomos para os polos da célula (Fig. 2). A anáfase é uma fase rápida, caracterizada pela migração dos cromossomos para os polos do fuso.

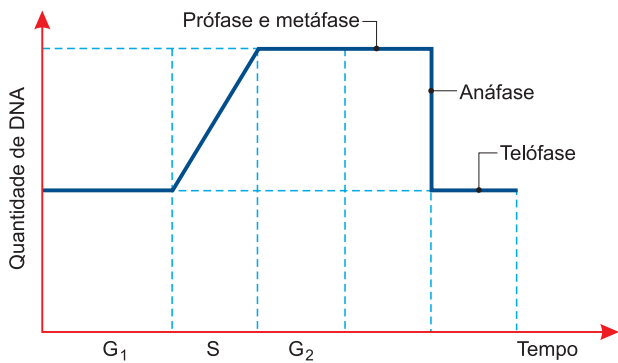


Fig. 2 – A variação da quantidade de DNA no ciclo celular.

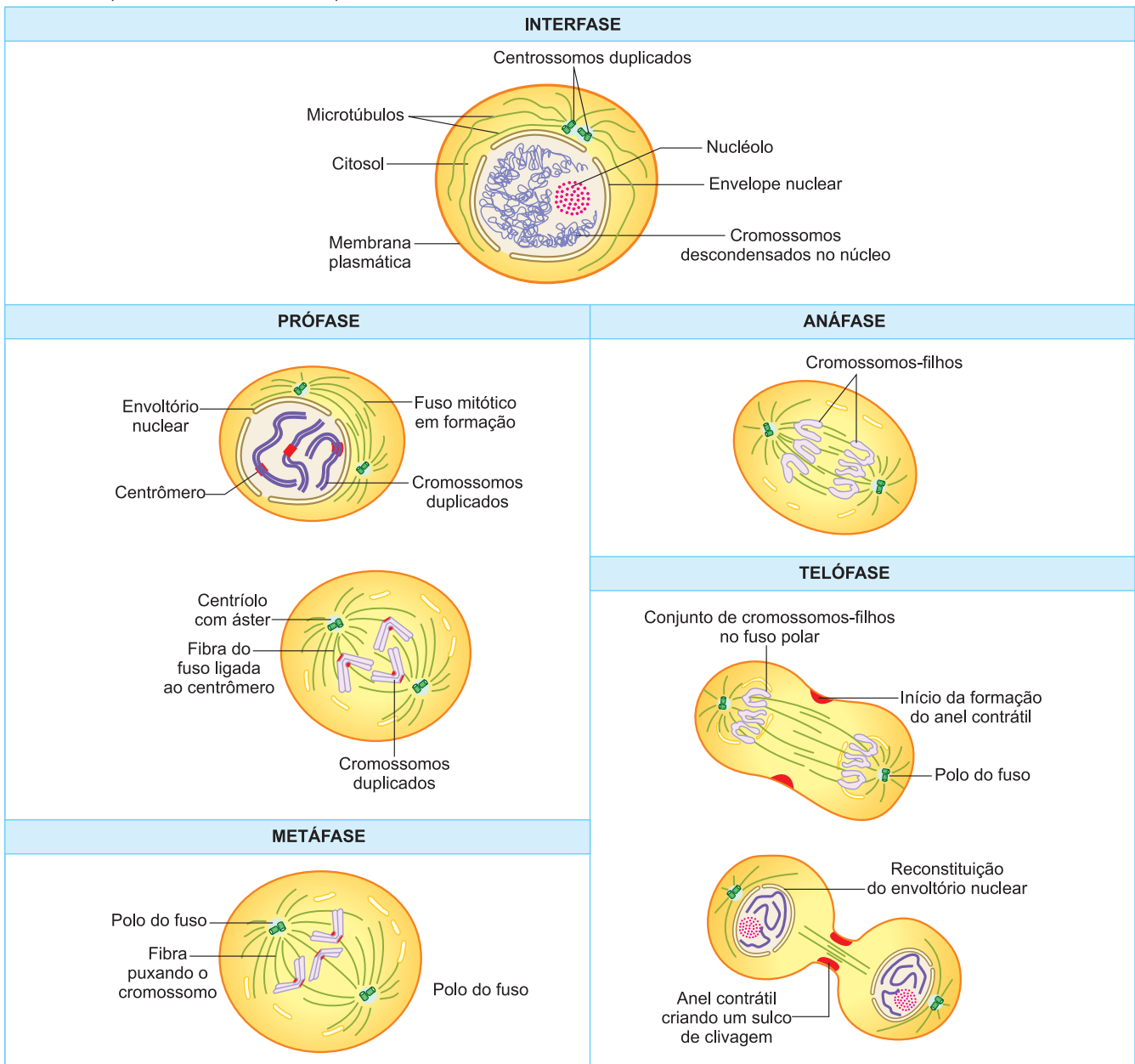
## 5. A telófase

Os cromossomos chegam aos polos da célula e sofrem a descondensação. A partir do retículo endoplasmático, são reconstituídos os envoltórios nucleares. Os nucléolos reaparecem, formados a partir dos cromosso-

mos organizadores nucleolares. Assim, termina a cariocinese, produzindo dois novos núcleos com o mesmo número cromossômico da célula-mãe. A seguir, acontece a divisão do citoplasma ou **citocinese**. O citoplasma é dividido em dois por ação de um anel contrátil de **actina** e **miosina** que aparece na região equatorial e obriga a célula a formar duas filhas, cada uma com um núcleo (Fig. 2).

## 6. Variação da quantidade de DNA no ciclo celular

Durante o período  $G_1$  da interfase, a quantidade de DNA corresponde ao estoque diploide de cromossomos. Durante a fase S, essa quantidade dobra e assim permanece em  $G_2$ , na prófase e metáfase. Por ocasião da anáfase, a partição dos cromossomos leva a quantidade de DNA nas células-filhas ao valor do estado diploide. O gráfico abaixo mostra a variação da quantidade de DNA no ciclo celular.







## Saiba mais

### A MITOSE E AS ORGANELAS CITOPLASMÁTICAS

Além dos cromossomos, as células-filhas devem herdar da célula-mãe as organelas citoplasmáticas. Organelas que se autoduplicam, como é o caso de cloroplastos e mitocôndrias, dobram a cada ciclo celular e são distribuídas pelas células-filhas. Os ribossomos são formados dos nucléolos e os lisossomos pelo sistema golgiense. Outras organelas membranosas, como, por exemplo, o sistema golgiense e o retículo endoplasmático, fragmentam-se durante a divisão celular e são distribuídas pelas células-filhas.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – A prófase é a primeira fase do processo de divisão celular denominada mitose. Nessa fase, o nucléolo começa a se tornar menos evidente e termina por desaparecer. A desintegração do nucléolo está relacionada à

- separação e à distribuição dos cromossomos para as células-filhas.
- necessidade de os cromossomos se ligarem às fibras do fuso.
- interrupção da síntese de RNA nos cromossomos condensados.
- disposição dos cromossomos na região mediana da célula.

e) duplicação dos cromossomos.

#### Resolução

A desintegração do nucléolo está relacionada à produção de ribossomos, visto que não há síntese de RNA durante a mitose.

**Resposta: C**

**2 (MODELO ENEM)** – Uma célula somática de origem animal diploide ( $2n=16$ ), proveniente de várias gerações de células cultivadas em meio onde existia Timina radioativa, acabou de sofrer uma divisão celular. Imediatamente ela foi retirada desse meio e deixada para reproduzir-se em um meio sem Timina radioativa.

Após três mitoses consecutivas, pode-se afirmar que serão produzidas \_\_\_\_\_

células com um total de \_\_\_\_\_ cromossomos radioativos.

Os números que completam corretamente os espaços em branco são, pela ordem,

- 64 ... 16
- 16 ... 16
- 8 ... 16
- 8 ... 32
- 4 ... 32

#### Resolução

Serão produzidas 8 células com um total de 128 cromossomos ( $8 \times 16$ ), sendo 32 radioativos e 96 ( $16 \times 6$ ) não radioativos.

**Resposta: D**

## Exercícios Propostos

**1** Complete o quadro abaixo, colocando, na coluna da direita, as fases do ciclo celular em que ocorrem os fenômenos indicados na coluna da esquerda. Para completar o quadro, utilize as letras A (anáfase), M (metáfase), P (prófase) e T (telófase).

FENÔMENOS CELULARES	FASES DA MITOSE
1. Duplicação dos centríolos	
2. Descondensação dos cromossomos	
3. Início da condensação cromossômica	
4. Divisão do citoplasma (citocinese)	
5. Desintegração da carioteca	
6. Divisão dos centrômeros	
7. Migração dos cromossomos para os polos	
8. Formação dos nucléolos	
9. Formação do fuso mitótico	
10. Cromossomos no equador do fuso	
11. Aparecimento das cariotecas	
12. Aparecimento dos ásteres	
13. Desaparecimento dos nucléolos	
14. Condensação máxima dos cromossomos	

#### RESOLUÇÃO:

- |      |      |       |       |       |       |       |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. P | 2. T | 3. P  | 4. T  | 5. P  | 6. A  | 7. A  |
| 8. T | 9. P | 10. M | 11. T | 12. P | 13. P | 14. M |

**2** Para a observação de cromossomos, usa-se colchicina, uma droga que bloqueia a mitose na metáfase.

Qual é a razão de tal procedimento?

#### RESOLUÇÃO:

**Na metáfase, os cromossomos aparecem muito condensados, o que facilita a visualização.**

**3 (FUVEST)** – Analise os eventos mitóticos relacionados a seguir:

- Desaparecimento da membrana nuclear.
- Divisão dos centrômeros.
- Migração dos cromossomos para os polos do fuso.
- Posicionamento dos cromossomos na região mediana do fuso.

Qual das alternativas indica corretamente sua ordem temporal?

- a) IV – I – II – III.      b) I – IV – III – II.  
 c) I – II – IV – III.      d) I – IV – II – III.  
 e) IV – I – III – II.

**RESOLUÇÃO: Resposta: D**

**4 (MODELO ENEM)** – Na espécie humana, uma célula cancerosa entrou em mitose homeotípica anormal, constituindo três polos: I, II e III. Dos 46 cromossomos existentes na célula, 16 se dissociaram entre os polos I e II; 22, entre os polos I e III e 8, entre os polos II e III. No final, na anáfase, os polos I, II e III receberão, respectivamente,

- a) 12, 19 e 15 cromossomos.    b) 38, 24 e 30 cromossomos.  
 c) 24, 38 e 30 cromossomos.    d) 16, 22 e 8 cromossomos.  
 e) 19, 12 e 15 cromossomos.

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**

**5 (UNIFESP)** – Leia as quatro afirmações seguintes sobre a divisão de uma célula somática em um animal adulto.

- I. Após a citocinese, o núcleo de uma das células resultantes apresenta sobrecarga de atividade, pois deve produzir novamente todas as organelas citoplasmáticas, uma vez que elas ficaram no citoplasma da outra célula formada.

- II. Caso não haja formação de actina e de miosina pela célula, tanto a mitose quanto a citocinese serão comprometidas.  
 III. Não apenas o DNA nuclear é replicado na interfase. O mesmo acontece com o DNA das mitocôndrias, que sofrerão um processo de divisão muito semelhante ao que ocorre nas bactérias.  
 IV. As membranas nucleares das duas células resultantes provêm de partes da membrana plasmática que se rompem durante a citocinese e envolvem os dois conjuntos de cromossomos.

Estão corretas somente

- a) I e II.                      b) I e IV.                      c) II e III.  
 d) II e IV.                    e) III e IV.

**RESOLUÇÃO: Resposta: C**



## No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M114**

## Módulo

# 15

## A meiose

### Palavras-chave:

- Permutação • Gamética
- Espórica • Intermediária

## 1. O que é meiose?

A meiose é um processo em que uma célula diploide ( $2n$ ), após duplicar os cromossomos, sofre duas divisões sucessivas, produzindo quatro células-filhas haploides ( $n$ ), como se observa na Fig. 1.

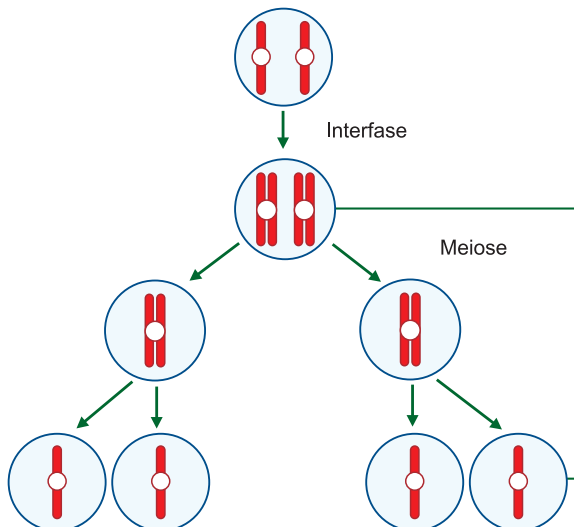


Fig. 1 – A meiose.

## 2. A importância da meiose

### Manter constante o número cromossômico da espécie

Sabemos que na maioria das espécies o número cromossômico é constante e diploide ( $2n$ ). Para que isso aconteça, os gametas são haploides ( $n$ ) e, pela fecundação, originam zigotos  $2n$  que, por meio de divisões mitóticas, formam organismos diploides (Fig. 2).

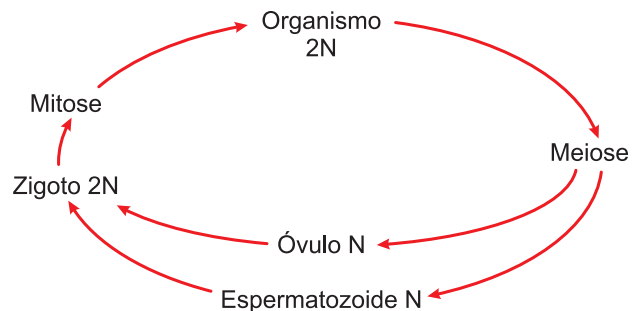


Fig. 2 – A constância cromossômica.

Se os gametas fossem diploides (2n), a fecundação produziria um organismo tetraploide (4n) e a cada geração sucessiva o número cromossômico duplicaria.

### Recombinação gênica

Durante a meiose, ocorre o **crossing-over** ou **permutação**, uma troca de partes entre cromossomos homólogos, contribuindo para que haja novas combinações gênicas e aumentando a variabilidade das espécies. Vejamos, a seguir, de que maneira o *crossing-over* origina novas combinações gênicas ou recombinações. Suponha a existência de um organismo que tenha dois genes **A** e **B** num cromossomo e dois genes **a** e **b** no homólogo. Se não houvesse *crossing-over*, os gametas, que recebem apenas um dos cromossomos, seriam portadores de duas combinações gênicas: **A e B** ou **a e b**. Com a ocorrência de *crossing-over*, fenômeno que acontece com os cromossomos já duplicados, formam-se quatro combinações gênicas: **AB, Ab, aB e ab**, como se verifica na Fig. 3.

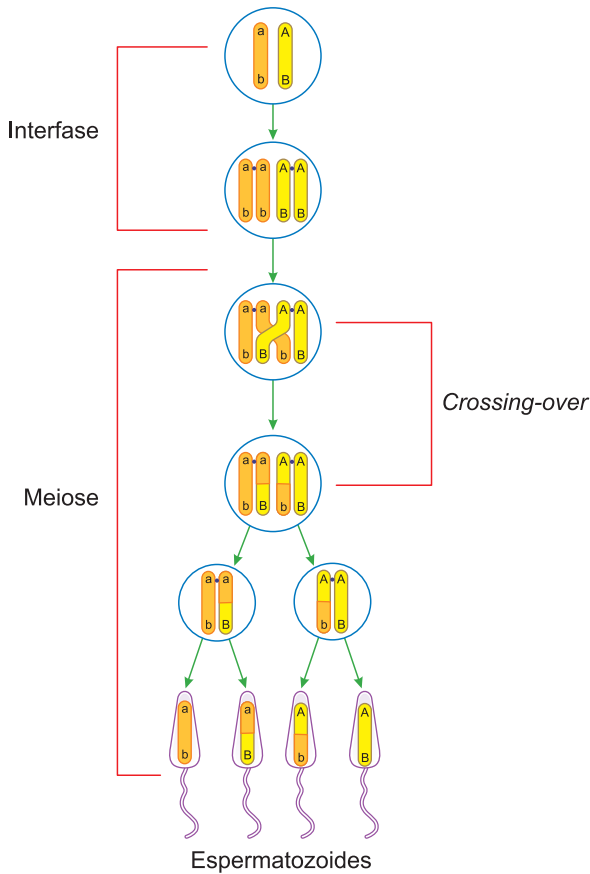


Fig. 3 – O crossing-over.

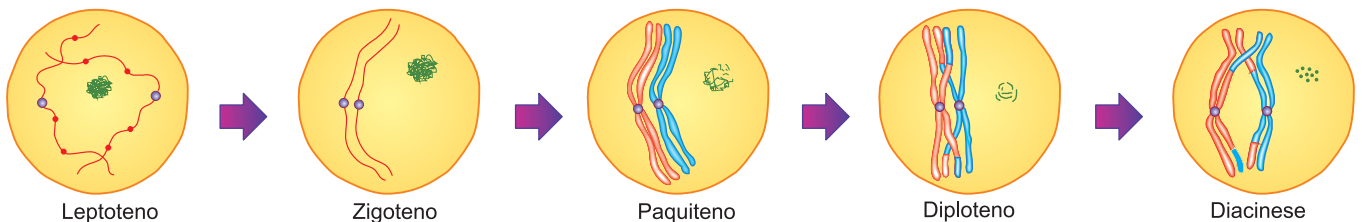


Fig. 5 – A prófase I.

## 3. A ocorrência da meiose

Nos animais, a meiose é **gamética**, ou seja, ocorre na formação dos gametas, enquanto na maioria dos vegetais é **espórica**, por ocorrer na formação dos esporos. Em certas algas, a meiose é **zigótica**, dado que acontece na primeira divisão do zigoto e origina organismos adultos haploides (Fig. 4).



Fig. 4 – A ocorrência da meiose.

## 4. O processo meiótico

A meiose envolve duas divisões celulares. A primeira divisão meiótica é chamada **reducional**, pois reduz o número de cromossomos de um estado diploide (2n) para o haploide (n). A segunda divisão é chamada **equacional** e mantém o número haploide.

### A divisão I ou reduzional

#### Prófase I

É uma fase complexa e de longa duração. Para efeito de estudo, é dividida em cinco estágios: leptoteno, zigoteno, paquíteno, diploteno e diacinese (Fig. 5).

#### Leptoteno

Os cromossomos aparecem pouco condensados e se distribuem ao acaso no núcleo. Ao longo dos cromossomos, estão os cromômeros, grânulos que representam regiões condensadas. Cada cromossomo já está dividido em duas cromátides, mas normalmente isso não é visível.

#### Zigoteno

Neste estágio ocorre o fenômeno da sinapse, que consiste no pareamento dos cromossomos homólogos. A associação de cada par de homólogos é chamada bivalente.

#### Paquíteno

Os cromossomos já atingiram alto grau de condensação e aparecem nitidamente duplicados, isto é, formados por duas cromátides. Sendo composto por quatro cromátides, cada par cromossômico é chamado de tétrade. Durante o paquíteno, pode ocorrer a troca de pedaços entre cromossomos homólogos. A esse fenômeno de trocas dá-se o nome de *crossing-over* ou permutação.

### Diplóteno

A duplicação cromossômica é mais nítida e começa a separação dos homólogos. Essa separação é completa, notando-se que em determinados pontos, denominados quiasmas, as cromátides homólogas aparecem cruzadas. O quiasma é consequência do *crossing-over*; assim, o número de quiasmas representa o número de permutações ocorridas no estágio anterior.

### Diacinese

A principal característica da diacinese é o processo de terminalização dos quiasmas. Aqui, o que se observa é que os quiasmas, à medida que os homólogos se afastam, vão migrando para as extremidades dos cromossomos. Tal processo diminui o número de quiasmas e o estágio termina com o desaparecimento do nucléolo e a desintegração do envoltório nuclear.

### Metáfase I

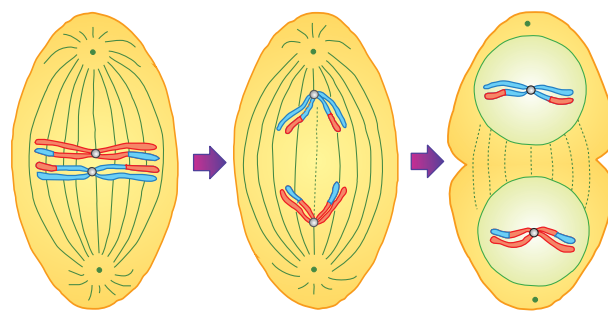
Os cromossomos situam-se na zona equatorial da célula e os centrômeros ligam-se às fibras do fuso, estando os homólogos unidos às fibras de polos opostos.

### Anáfase I

É a fase em que há migração dos cromossomos duplicados para os polos. Em contraste com a anáfase da mitose, os centrômeros não se dividem neste momento.

### Telófase I

Quando os cromossomos atingem os polos, forma-se a carioteca em torno de cada grupo e ocorre a divisão do citoplasma. O número total de cromossomos de cada célula-filha é metade do número da célula-mãe. Entretanto, como ainda não houve a divisão do centrômero, cada cromossomo consiste em duas cromátides.



Metáfase I Anáfase I Telófase I  
Fig. 6 – A divisão I.

## A divisão II ou equacional

### Prófase II

É muito rápida e corresponde ao período de desintegração das cariotecas e formação de novo fuso, geralmente perpendicular ao primeiro.

### Metáfase II

Os cromossomos, ainda constituídos cada um por duas cromátides, alinham-se no centro do fuso.

### Anáfase II

É na anáfase II que os centrômeros se dividem e se separam, cada um levando um cromossomo-filho para um polo.

### Telófase II

Nos polos, os cromossomos começam a descondensação, o envoltório nuclear organiza-se e o nucléolo reaparece. O processo termina com a formação de quatro células-filhas, cada uma com  $n$  cromossomos.

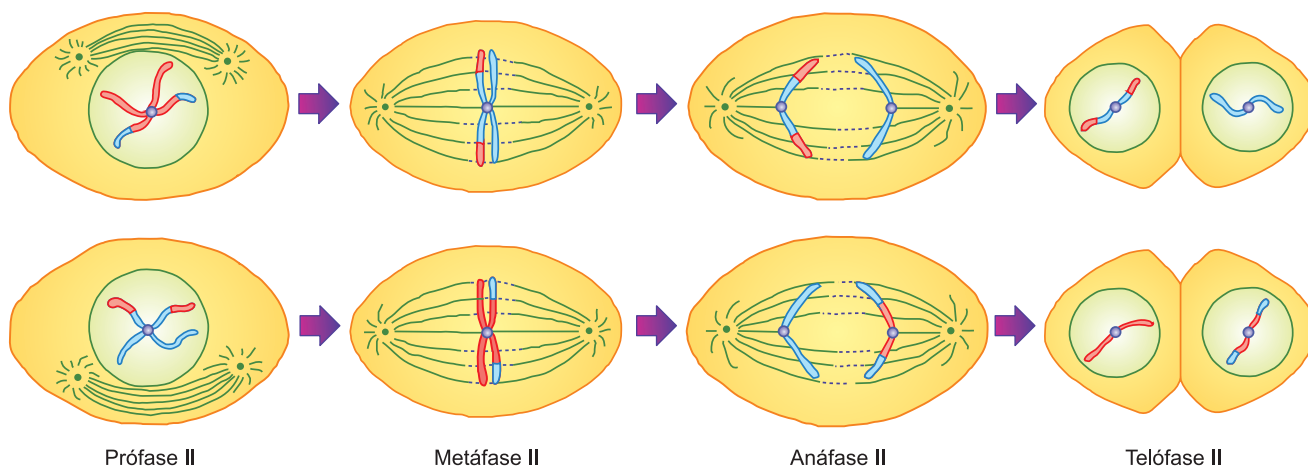


Fig. 7 – A divisão II.



### Saiba mais

#### A MEIOSE PRODUZ A DIVERSIDADE GENÉTICA

Na meiose, as células produzidas na divisão I são geneticamente diferentes por duas razões. A primeira é a ocorrência de *crossing-over*, que produz cromossomos com novas combinações gênicas. A segunda é a disjunção, totalmente ao acaso, dos homólogos para as células-filhas. Exemplificando: no núcleo diploide, existem dois pares de cromossomo designados por 1 e 2. Para a célula-filha, existem várias possibilidades. Assim, ela pode receber o cromossomo 1 materno e o 2 paterno, ou o 1 paterno e o 2 materno, ou, então, ambos maternos ou ambos paternos.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – Um pequeno fragmento de tecido retirado da ponta de uma raiz de cebola, quando observado ao microscópio, após fixação e aplicação de corante adequado, revela dezenas de células em divisão. Em algumas dessas células, os cromossomos estão com suas cromátides bem condensadas e muito nítidos, sendo possível contá-los. São dezesseis, cada um deles com duas cromátides.

Com base nas informações acima, podemos afirmar que as células observadas estão

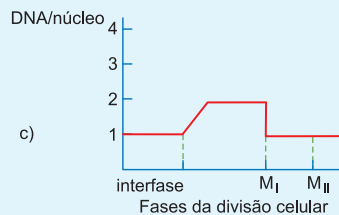
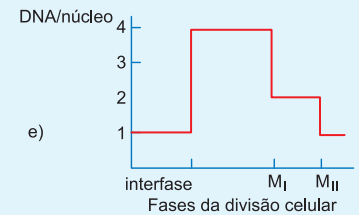
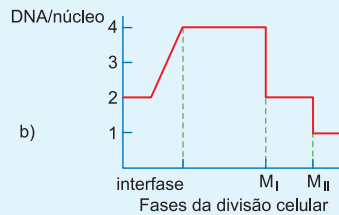
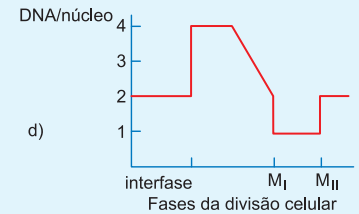
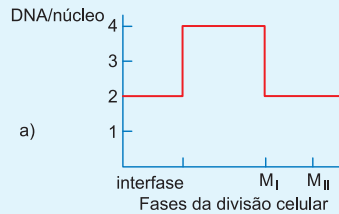
- em anáfase, e o processo de divisão é a mitose.
- em anáfase I, e o processo de divisão é a meiose.
- em metáfase, e o processo de divisão é a mitose.
- em metáfase I, e o processo de divisão é a meiose.
- em metáfase II, e o processo de divisão é a meiose.

### Resolução

Graças à nitidez, os cromossomos estão condensados, o que ocorre na metáfase. O processo de divisão acontece em células da raiz (células somáticas), portanto, a divisão é a mitose.

**Resposta: C**

**2 (MODELO ENEM)** – Assinale o gráfico a seguir que representa corretamente a quantidade de DNA no núcleo de uma célula de mamífero durante as fases da meiose. Considere  $M_I = 1^a$  divisão e  $M_{II} = 2^a$  divisão.



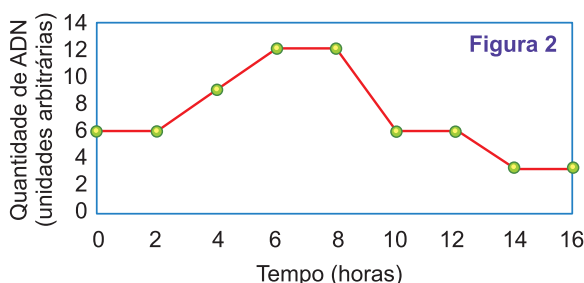
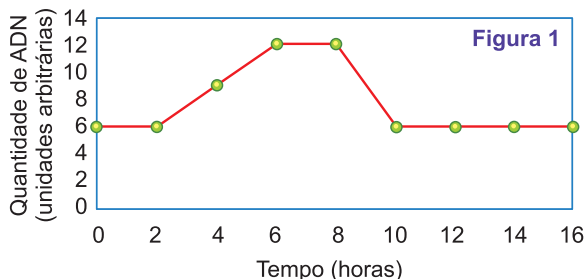
### Resolução

Uma célula contendo  $2x$  DNA sofre duas divisões, produzindo 4 células com  $x$  DNA.

**Resposta: B**

## Exercícios Propostos

**1 (UFRJ)** – Um pesquisador determinou as variações nas concentrações de DNA ao longo do tempo, em células do ovário e do epitélio intestinal de um animal. As variações na quantidade de DNA em cada célula nos dois casos estão registradas nas figuras 1 e 2.



Qual das duas figuras (1 ou 2) corresponde às células do ovário e qual corresponde ao epitélio intestinal? Justifique.

### RESOLUÇÃO:

A figura 1 corresponde ao epitélio intestinal, pois a quantidade de DNA é duplicada e volta ao valor inicial, caracterizando uma divisão celular por mitose. A figura 2 refere-se às células do ovário, pois a quantidade de DNA é igual à metade da inicial, indicando a ocorrência da divisão celular por meiose.

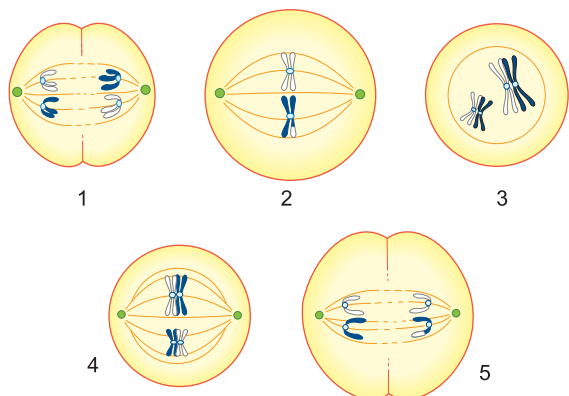
2 No sapo (*Bufus vulgaris*), o número cromossômico haploide é igual a 11 ( $n = 11$ ). Complete o quadro abaixo colocando o número de cromátides existentes nas fases da divisão celular indicadas.

FASES DA DIVISÃO	NÚMERO DE CROMÁTIDES
a – Metáfase mitótica	
b – Metáfase I da meiose	
c – Metáfase II da meiose	
d – Telófase I da meiose	
e – Telófase II da meiose	

RESOLUÇÃO:

a – 44    b – 44    c – 22    d – 22    e – 0

3 Um grupo de células de mesmo tecido está em processo de divisão. Algumas fases desse processo estão representadas a seguir.



- Que tipo de divisão celular está ocorrendo? Justifique sua resposta.
- Qual sequência de números indica a ordem em que acontecem as etapas sucessivas no processo de divisão?
- Em que etapa(s) está(ão) ocorrendo evento(s) que promove(m) variabilidade genética? Justifique sua resposta.

RESOLUÇÃO:

- Meiose – Pareamento e migração de cromossomos duplicados, além de evidências de *crossing-over*.
- 3 – 4 – 1 – 2 – 5.
- O *crossing-over*, que permite a variabilidade genética, acontece em 3.

4 (FUVEST) – Dentre as duas divisões celulares que ocorrem na meiose, a primeira divisão caracteriza-se por:

- Separação de cromátides-irmãs, que podem ou não ter sofrido trocas de partes no processo conhecido como permutação.
- Separação dos cromossomos homólogos, que podem ou não ter sofrido trocas de partes no processo conhecido como permutação.
- Separação dos cromossomos homólogos, geneticamente idênticos, pois resultam da duplicação do DNA que ocorreu na interfase anterior.
- Separação das cromátides-irmãs, geneticamente idênticas, pois resultam da duplicação do DNA que ocorreu na interfase anterior.
- Ausência de separação de cromossomos ou cromátides, pois esse fenômeno somente ocorre na segunda divisão meiótica.

RESOLUÇÃO: Resposta: B

5 Num organismo que apresenta o número haploide de cromossomos igual a 7 ( $n = 7$ ), quantas cromátides aparecem nas células que se encontram na metáfase I e na metáfase II da meiose? Por quê?

RESOLUÇÃO:

Na metáfase I, 28 cromátides, porque a célula apresenta 7 pares de cromossomos.

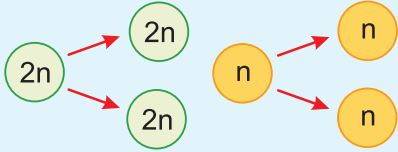
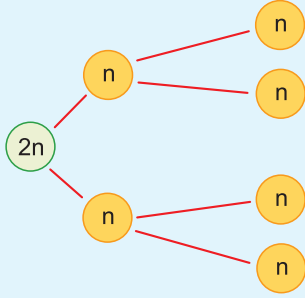
Na metáfase II, existem 14 cromátides em razão da existência de 7 cromossomos na célula haploide.

6 Assinale a alternativa que, corretamente, associa as colunas abaixo.

ETAPA DA PRÓFASE I	PROCESSO
1. Leptóteno	A. Troca de partes entre cromossomos homólogos
2. Zigóteno	B. Diminuição do número de quiasmas
3. Paquíteno	C. Aparecimento de cromossomos delgados
4. Diplóteno	D. Sinapse dos cromossomos homólogos
5. Diacinese	E. Aparecimento dos quiasmas



## 1. Principais características diferenciais entre a mitose e a meiose

Mitose	Meiose
<p>Apresenta uma divisão equacional, em que uma célula <math>2n</math> produz duas células <math>2n</math>, ou então uma célula <math>n</math> origina duas células <math>n</math>.</p> 	<p>Apresenta duas divisões: uma reducional, em que uma célula <math>2n</math> produz duas células <math>n</math> e outra equacional, em que cada célula <math>n</math> forma duas células <math>n</math>.</p> 
Os cromossomos homólogos não entram em sinapse.	Há sinapse dos homólogos.
Não há <i>crossing-over</i> entre os homólogos.	Ocorre <i>crossing-over</i> entre os homólogos.
Ausência de quiasmas.	Existência de quiasmas como consequência do <i>crossing-over</i> .
Células-filhas geneticamente idênticas à célula-mãe.	Células-filhas geneticamente diferentes da célula-mãe.
Divisão do centrômero na anáfase.	Divisão do centrômero só na anáfase II.
Na anáfase, acontece a migração dos cromossomos-filhos.	Migração de cromossomos duplicados na anáfase I e simplificados na anáfase II.
Produtos mitóticos geralmente são capazes de sofrer outras divisões mitóticas subsequentes.	Produtos meióticos não podem sofrer divisão meiótica, mas podem empreender divisões mitóticas.
Uma divisão por ciclo, isto é, uma divisão citoplasmática (citocinese) por divisão cromossômica equacional.	Dois divisões por ciclo, isto é, duas divisões citoplasmáticas; uma seguindo a divisão cromossômica reducional e a outra a divisão cromossômica equacional.
Dois células-filhas produzidas por ciclo.	Quatro células (gametas ou esporos) produzidas por ciclo.
O número de cromossomos das células-filhas é o mesmo que o da célula-mãe.	O número de cromossomos das células-filhas é metade do da célula-mãe.
Ocorre normalmente na maioria das células somáticas.	Presente somente nas células especializadas da linhagem germinativa.
Começa no estágio de zigoto e continua ao longo da vida do organismo.	Dá-se somente após o organismo superior atingir maturidade; também ocorre no zigoto de muitas algas e fungos.



## 2. Diferenças entre mitose animal e vegetal

Os fenômenos morfológicos da mitose, anteriormente descritos, são observados nas células animais e o mesmo processo, com três diferenças fundamentais, acontece nas células vegetais.

### Centríolo e áster

Na célula animal, durante a mitose o centríolo aparece envolvido pelo áster. Por apresentar centríolo e áster, a mitose animal é dita cêntrica e astral.

Os vegetais superiores não possuem centríolo e, conseqüentemente, não formam ásteres, designando-se tal mitose como acêntrica e anastral (Fig. 1).

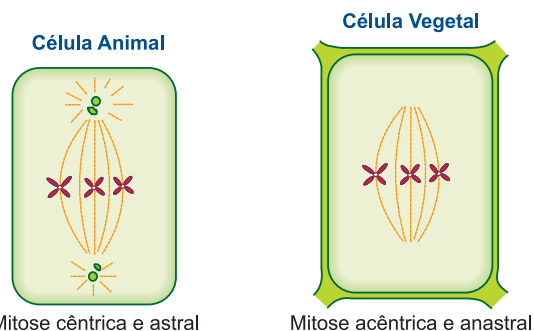


Fig. 1 – Tipos de mitose.

### Citocinese

Na célula animal, a citocinese ocorre por estrangulamento da membrana plasmática, sendo chamada de centrípeta. Nos vegetais, não é realizado o processo de estrangulamento citoplasmático. Na região equatorial aparecem, no meio do fuso, vesículas limitadas por uma membrana. Inicialmente, as vesículas ficam na região central e depois em direção à periferia; daí falarmos em divisão centrífuga.

O conjunto de tais vesículas constitui o **fragmoplasto**. As vesículas fundem-se, compondo uma lâmina que separa as duas células-filhas. No interior da cavidade formada pela confluência de tais vesículas, acumula-se celuloose, originando nova membrana esquelética (Fig. 2).

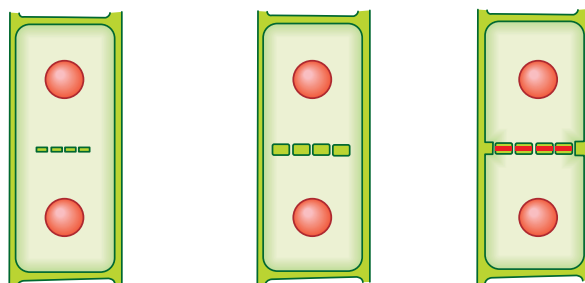


Fig. 2 – A citocinese na célula vegetal.

## 3. Os inibidores do ciclo celular

Os agentes antimitóticos são agentes físicos ou químicos que impedem a ocorrência da mitose. Existem os inibidores da síntese de DNA e os do fuso.

### Inibidores do DNA

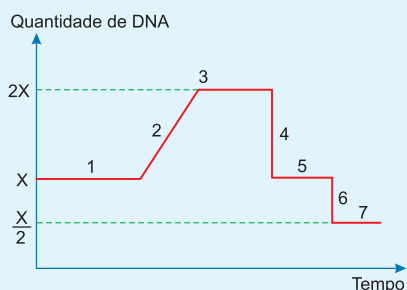
A síntese do DNA pode ser inibida pela ação de dois agentes químicos: a aminopterina e o gás mostarda. Não existindo a duplicação do DNA, a célula não sofre a mitose. Entre os agentes físicos que bloqueiam a síntese do DNA, citaremos os raios X.

### Inibidores do fuso

Substâncias extraídas de vegetais, como a colchicina e a vimblastina, impedem a formação do fuso mitótico. A mitose fica bloqueada na metáfase. Os inibidores da mitose são importantes na quimioterapia de tumores cancerígenos, por impedirem a proliferação das células.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – O gráfico abaixo representa a variação da quantidade de DNA em uma célula, durante as fases de sua vida.



Assinale a alternativa **incorreta**.

- Em 2, ocorre a duplicação do DNA.
- 1, 2 e 3 correspondem à interfase.
- 4 e 6 representam anáfases.
- O processo representado ocorre em células epidérmicas.
- Em 7, as células-filhas são em número de 4.

### Resolução

A meiose não ocorre em células somáticas, como é o caso das epidérmicas.

**Resposta: D**

**2 (MODELO ENEM)** – Suponhamos que uma espécie de planta tenha o número cromossômico  $2n = 12$ . Durante o início da germinação de um lote de sementes, elas foram separadas em dois grupos (I e II), sendo cada um deles tratado diferentemente. Após a germinação, notou-se que as plantas originadas das sementes do grupo I apresentavam as características normais da espécie, e o número cromossômico, analisado nas suas raízes, era 12. Por outro lado, as sementes do grupo II germinaram e originaram plantas “troncudas”, com 24 cromossomos na maioria de suas células. Com base nestes dados e sabendo-se que a colchicina é um alcaloide extraído de planta que

bloqueia as células na metáfase, podemos dizer que

- as sementes do grupo I foram tratadas com colchicina, que mantém o número cromossômico constante.
- as sementes do grupo II foram tratadas com água.
- as sementes de ambos os grupos foram tratadas com colchicina, mas as do grupo II com água a seguir.
- as sementes de ambos os grupos foram tratadas com água, mas as do grupo I tiveram maior disponibilidade de água.
- as sementes do grupo I foram tratadas com água, e as do grupo II com colchicina.

### Resolução

Com bloqueio mitótico, ocorrido na metáfase, não acontece a disjunção e as células permanecem diploides ( $2n$ ).

**Resposta: E**

## Exercícios Propostos

**1** Complete o esquema abaixo relacionado com as diferenças entre a mitose animal e a vegetal.

	CÉLULA ANIMAL	CÉLULA VEGETAL
Centríolo		
Áster		
Citocinese		

**RESOLUÇÃO:**  
**cêntrica, acêntrica**  
**astral, anastral**  
**centrípeta, centrífuga**

**2** Considere um organismo cujo número cromossômico é igual a 14 ( $2n = 14$ ). Quantas cromátides-irmãs aparecem em cada célula, nos seguintes estágios da divisão celular:

- a) metáfase da mitose;                      b) metáfase I da meiose;  
 c) metáfase II da meiose;                d) anáfase I da meiose;  
 e) anáfase II da meiose.

**RESOLUÇÃO:**  
**a) 28      b) 28      c) 14      d) 14      e) 0**

**3 (VUNESP)** – Analise as afirmativas a seguir sobre reprodução celular (mitose e meiose).

- I. É um processo que compensa a fecundação e, se não ocorresse a cada geração, teríamos duplicação do número cromossômico.  
 II. Esse processo é responsável pela formação de gametas nos animais e de esporos nos vegetais.  
 III. É responsável pelo crescimento dos indivíduos pluricelulares e pela reprodução dos unicelulares.

Estão associadas aos processos de mitose e meiose, respectivamente, as frases

- a) III e I.    b) II e III.    c) II e I.    d) I e III.    e) I e II.

**RESOLUÇÃO: Resposta: A**

**4 (U. CAT. DE PELOTAS)** – Os cromossomos são estruturas visíveis ao microscópio durante o processo de divisão celular. Existem diferenças entre a divisão mitótica e a meiótica. Identifique, nas alternativas seguintes, características mitóticas e meióticas, respectivamente.

- a) Célula-mãe diploide e cromossomos constituídos por uma cromátide no final da divisão; célula-mãe haploide com cromossomos com duas cromátides.  
 b) Célula diploide que origina células-filhas diploides, ocorrendo uma síntese de DNA e uma divisão citoplasmática; uma síntese de DNA para duas divisões citoplasmáticas e número cromossômico reduzido à metade.  
 c) Ocorre recombinação gênica em células diploides e apenas uma divisão citoplasmática; dupla síntese de DNA entre as duas divisões e cromossomos-filhos não sofrem divisão pelo centrômero no final da telófase I.

- d) Núcleo tetraploide originando células-filhas haploides; não ocorre síntese de DNA entre as divisões nem pareamento cromossômico.  
 e) Nenhuma das alternativas identifica os processos de divisão celular.

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**

**5 (FUVEST)** – Assinale a alternativa que indica os eventos cromossômicos que ocorrem na anáfase da mitose e na anáfase da segunda divisão meiótica.

	ANÁFASE DA MITOSE	ANÁFASE DA SEGUNDA DIVISÃO MEIÓTICA
a)	Separação das cromátides-irmãs	Separação dos cromossomos homólogos
b)	Separação das cromátides-irmãs	Separação das cromátides-irmãs
c)	Separação dos cromossomos homólogos	Permutação entre cromossomos homólogos
d)	Separação dos cromossomos homólogos	Separação das cromátides-irmãs
e)	Separação dos cromossomos homólogos	Permutação entre cromossomos homólogos

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**

**6 (MODELO ENEM)** – Uma determinada espécie animal apresenta número diploide de cromossomos igual a 10 ( $2n = 10$ ). Em uma célula dessa espécie, que se encontra na metáfase de uma divisão, são observados 5 cromossomos duplicados. A célula em questão

- a) está em divisão mitótica.  
 b) está na primeira divisão de meiose.  
 c) está na segunda divisão da meiose.  
 d) pode ser um blastômero ou um linfócito.  
 e) não tem relação com a gametogênese desse animal.

**RESOLUÇÃO:**  
**A célula com 5 ( $n = 5$ ) cromossomos duplicados apresenta-se na divisão II da meiose.**  
**Resposta: C**



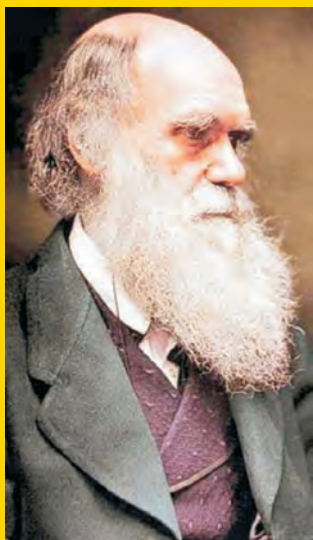
### No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M116**

# BIOLOGIA

## Os seres vivos e o meio ambiente - Módulos

- 1 - Protozoários e animais
- 2 - A vida animal
- 3 - Protozoários I
- 4 - Protozoários II
- 5 - A reprodução
- 6 - Embriologia: tipos de ovos e segmentação
- 7 - Embriologia do anfíoxo
- 8 - Evolução dos folhetos embrionários



Charles Robert Darwin (1809-1882)  
Teoria da Seleção Natural

### Módulo

### 1

## Protozoários e animais

### Palavras-chave:

- Protozoários • Cnidários • Vermes
- Artrópodes • Cordados

## 1. Sinopse de protozoários e animais

Para facilitar a identificação de espécies que serão citadas nas próximas aulas, apresentamos, a seguir, um resumo dos principais grupos de protozoários e animais. Características e taxonomia mais pormenorizadas serão temas de aulas futuras.

## 2. Os protozoários

Os protozoários são componentes do reino Protista que inclui **pirofíceas, crisofíceas, euglenofíceas, clorofíceas, rodofíceas e feofíceas**, seres já estudados no curso de Botânica. Protozoários são organismos unicelulares e heterótrofos que vivem isolados ou em colônias. Conforme o tipo de locomoção, são classificados em quatro grupos: **flagelados** (com flagelos), **sarcodíneos** (com pseudópodes), **ciliados** (com cílios) e **esporozoários** (sem elementos locomotores) (Fig. 1).

## 3. Os animais

Em razão da grande diversidade de espécies que apresenta, o reino *Animalia* compreende numerosos filis; estudaremos os principais que, a seguir, aparecem sumariamente caracterizados.

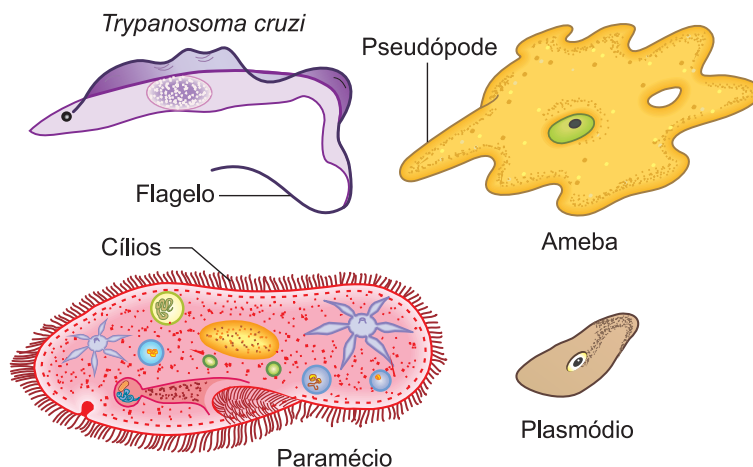


Fig. 1 - Protozoários.

## Espongiários ou poríferos (*Phylum Porifera*)

São animais primitivos exclusivamente aquáticos e predominantemente marinhos. Consistem em organismos sésseis, isto é, vivem fixados em rochas, conchas e outras superfícies submersas. Com corpo cilíndrico ou globoso, aparecem isolados ou em colônias. A água que contém o alimento penetra através de numerosos poros laterais e sai por uma abertura terminal (Fig. 2).

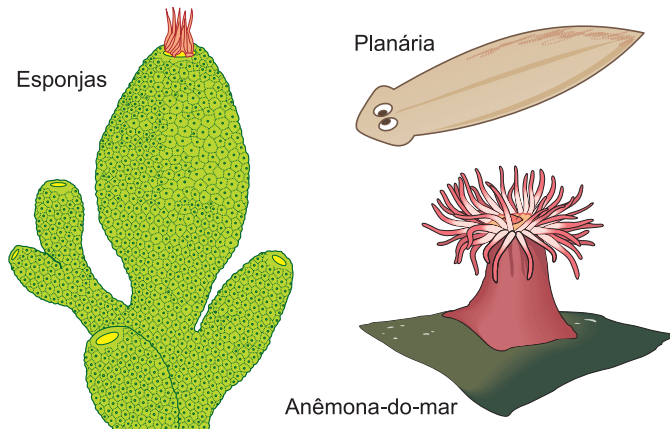


Fig. 2 – Exemplos de espongiários, celenterados e platielmintes.

## Celenterados ou cnidários (*Phylum Coelenterata*)

São animais aquáticos com simetria radial, caracterizados por tentáculos providos de células produtoras de uma substância urticante. Trata-se de espécies de vida livre e fixas, formadoras de colônias. Exemplos: anêmonas, águas-vivas e corais (Fig. 2).

## Platielmintes (*Phylum Platyhelminthes*)

São vermes de corpo dorsoventralmente achatado, com simetria bilateral. Existem espécies de vida livre, como a planária, e parasitas, como as tênias (Fig. 2).

## Nematelmintes (*Phylum Nematelminthes*)

São vermes de corpo cilíndrico, com simetria bilateral. Podem ter vida livre ou ser parasitas, como a lombriga e o necator, causador do amarelão (Fig. 3).

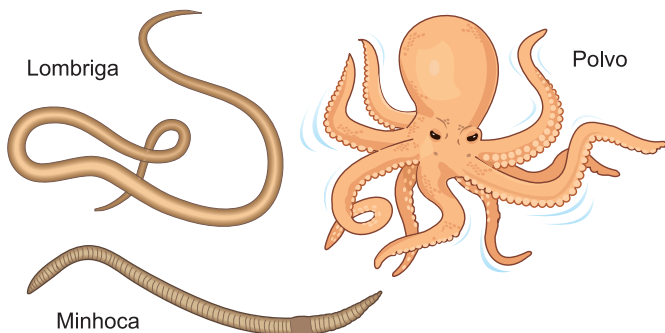


Fig. 3 – Exemplos de nematelmintes, anelídeos e moluscos.

## Anelídeos (*Phylum Annelida*)

São vermes de corpo segmentado, com simetria bilateral. Podem ser marinhos, de água doce ou terrestres. Representantes mais conhecidos são as minhocas e as sanguessugas (Fig. 3).

## Moluscos (*Phylum Mollusca*)

São animais de corpo mole, assimétricos ou com simetria bilateral, sendo a maioria provida de uma concha calcária. Podem ser marinhos, de água doce ou terrestres. É o grupo de mexilhões, ostras, mariscos, polvos e lulas (Fig. 3).

## Artrópodes (*Phylum Arthropoda*)

São bilateralmente simétricos, com o corpo segmentado e protegido por um exoesqueleto. Sua principal característica são as patas articuladas. Podem ser marinhos, de água doce ou terrestres. Consistem no maior dos filos, sendo seus representantes mais conhecidos os insetos, os crustáceos e os aracnídeos (Fig. 4).

## Equinodermas (*Phylum Echinodermata*)

São animais exclusivamente marinhos, com simetria radiada. Possuem esqueleto interno e calcário, geralmente provido de espinhos. Exemplos: estrela-do-mar, ouriço-do-mar e serpente-do-mar (Fig. 4).

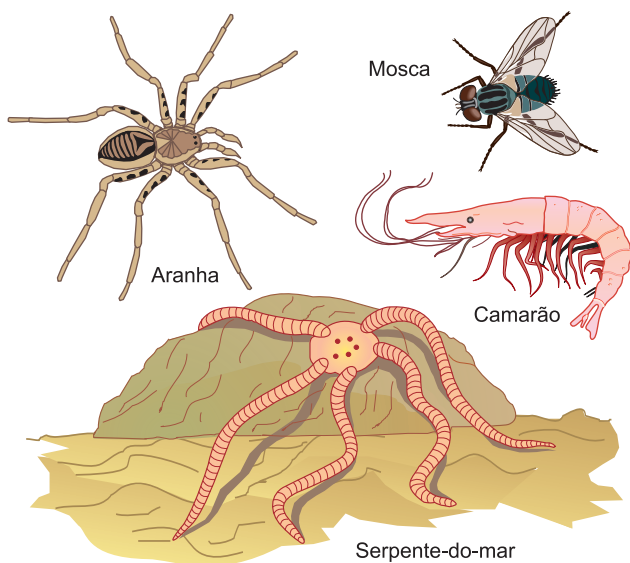


Fig. 4 – Exemplos de artrópodes e equinodermas.

## Cordados (*Phylum Chordata*)

São animais que apresentam, na fase embrionária, a notocorda, um eixo de sustentação em posição dorsal. Nos cordados primitivos, a notocorda persiste na fase adulta; já nos mais evoluídos, ela é substituída pela coluna vertebral, um componente do esqueleto. É o filo que inclui os animais vertebrados, encontrados em todos os ambientes e representados por: peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – Os protozoários são unicelulares, sendo seu corpo constituído por uma membrana limitante circundando o citoplasma e o núcleo; eles possuem assim os aspectos estruturais comuns a todas as células. Nenhum outro grupo é tão espalhado, em grande parte porque raramente há um grupo de animais que não seja parasitado por um ou mais tipos de protozoários. As formas de vida livre são também cosmopolitas. Antigamente eram classificados como animais primitivos e estudados em Zoologia. Atualmente, são classificados no reino

- a) Monera    b) Protocista    c) Fungi  
d) *Plantae*    e) *Animalia*.

### Resolução

Atualmente, os protozoários são classificados como protocistas (protistas).

**Resposta: B**

**2 (MODELO ENEM)** – Na tabela a seguir, encontramos os tamanhos relativos de animais selecionados.

ANIMAL	TAMANHO MÉDIO
Baleia-azul	30,0m
Elefante africano	3,30 m
Homem	1,70 m
Gorila	1,60 m
Cão ( <i>cocker spaniel</i> )	60 cm
Pombo	35 cm
Lagosta	30 cm
Medusa	20 cm
Estrela-do-mar	18 cm
Minhoca	15 cm
Gafanhoto	4 cm

Assinale a alternativa que apresenta, corretamente, as quantidades e os tipos de animais citados.

- a) 5 mamíferos, 1 ave, 2 artrópodes, 1 cnidário, 1 equinoderma e 1 anelídeo.  
b) 5 mamíferos, 1 ave, 1 artrópode, 1 cnidário, 2 equinodermas e 1 anelídeo.  
c) 5 mamíferos, 1 ave, 2 artrópodes, 1 cnidário, 1 equinoderma e 1 anelídeo.  
d) 1 peixe, 5 mamíferos, 1 ave, 2 cnidários, 2 equinodermas e 1 anelídeo.  
e) 4 mamíferos, 1 ave, 1 artrópode, 1 cnidário, 2 equinodermas e 2 anelídeos.

### Resolução

5 mamíferos (baleia, elefante, homem, gorila e cão), 1 ave (pombo), 2 artrópodes (lagosta e gafanhoto), 1 cnidário (medusa), 1 equinoderma (estrela-do-mar) e 1 anelídeo (minhoca).

**Resposta: A**

## Exercícios Propostos

**1** Realizou-se uma coleta de animais que em seguida foram distribuídos em três grupos, cada um com quatro representantes, conforme é mostrado no quadro abaixo.

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III
anêmonas-do-mar	planárias	aranhas
estrelas-do-mar	lombrigas	baratas
pepinos-do-mar	minhocas	camarões
ostras	sanguessugas	gafanhotos

- a) Indique o(s) grupo(s) em que **todos** os animais ou representantes pertencem ao mesmo filo.  
b) No(s) grupo(s) por você indicado(s), cite duas características que sejam comuns aos seus quatro representantes.

### RESOLUÇÃO:

- a) Grupo III, no qual todos são artrópodes.  
b) 1 – Corpo segmentado.  
2 – Exoesqueleto.  
3 – Apêndices articulados.

**2** Complete a tabela abaixo, indicando os filos a que pertencem os animais listados.

ANIMAIS	FILOS
1. Lombriga	
2. Polvo	
3. Minhoca	
4. Gafanhoto	
5. Estrela-do-mar	

### RESOLUÇÃO:

1. *Nematelminthes*  
2. *Mollusca*  
3. *Annelida*  
4. *Arthropoda*  
5. *Echinodermata*

**3 (FGV)** – Na gincana da escola, uma das provas exigia conhecimento sobre os diferentes grupos taxionômicos. Sairia vencedor o aluno que, ao citar três animais, incluísse a maior variedade de táxons (diferentes espécies, gêneros, famílias etc). Vítor citou: ostra, estrela-do-mar e tubarão.

Pedro citou: minhoca, lagartixa e citou a si mesmo.

Ana Paula citou: elefante, pulga e bactéria.

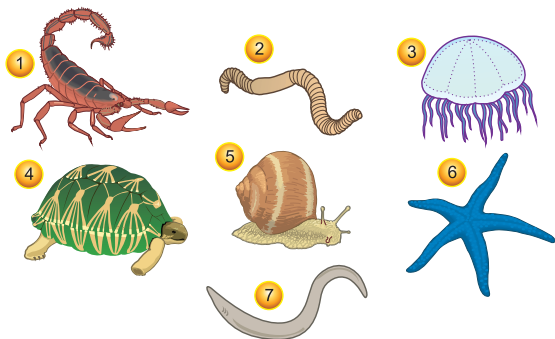
Um dos alunos foi desclassificado, pois citou um organismo que não se incluía na regra do jogo.

O aluno vencedor e o aluno desclassificado foram, respectivamente,

- a) Ana Paula e Pedro.
- b) Pedro e Ana Paula.
- c) Vítor e Ana Paula.
- d) Vítor e Pedro.
- e) Pedro e Vítor.

**RESOLUÇÃO: Resposta: C**

**4 (UERJ)** – Os animais pertencentes a diferentes espécies podem ser classificados em gêneros, em famílias, em ordens, em classes e em filios. Considerando esse critério, correlacione as afirmativas 1, 2, 3 e 4 com quatro animais entre os ilustrados na figura a seguir.



- 1) Animal pertencente ao filo *Arthropoda*, do qual fazem parte também as abelhas, as baratas, as borboletas, as pulgas e os gafanhotos.

- 2) Animal cordado, pertencente ao mesmo filo que os lagartos, as cobras e os jacarés, e que constituem os primeiros vertebrados adaptados ao meio terrestre.
- 3) Animal invertebrado que, assim como as ostras, os mariscos, os polvos e as lulas, pertence a um mesmo filo.
- 4) Animal invertebrado, alongado, pertencente ao filo *Nematelminthes*, ao qual também pertencem os vermes causadores do amarelão e da elefantíase.

Os animais que correspondem, respectivamente, ao descrito em 1, 2, 3 e 4 são:

- a) 1, 2, 3 e 4.
- b) 1, 4, 5 e 7.
- c) 3, 4, 5 e 7.
- d) 1, 3, 5 e 6.
- e) 4, 5, 6 e 7.

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**

**5** Considere os seguintes animais:

- I. lagosta
- II. pulga
- III. escorpião
- IV. sanguessuga
- V. ouriço-do-mar
- VI. centopeia

Dessa lista, **não** são artrópodes

- a) I e II.
- b) II e III.
- c) III e IV.
- d) IV e V.
- e) V e VI.

**RESOLUÇÃO:**

**São artrópodes: lagosta, pulga, escorpião e centopeia. A sanguessuga é um anelídeo, e o ouriço-do-mar é um equinoderma.**

**Resposta: D**



## No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M117**

## Módulo

# 2

## A vida animal

### Palavras-chave:

- Nutrição • Circulação • Respiração
- Excreção • Integração

## 1. As funções vitais

Qualquer organismo animal, por mais simples que seja, deve realizar uma série de funções essenciais à manutenção da vida. Conhecidas como funções vitais, elas são responsáveis pelos seguintes processos: proteção, locomoção, nutrição, circulação, respiração, excreção, integração e reprodução. Nos vários representantes do reino animal, dos mais simples até os mais complexos, verificamos a existência de um processo evolutivo, ou seja, os sistemas responsáveis por tais funções vão gradualmente se complicando e se especializando.

## 2. Proteção

Também chamado de tegumento, o revestimento externo do corpo constitui um importante órgão que o protege contra o atrito e o desgaste, além das infecções, pois, quando não lesado, impede a penetração de organismos patogênicos, como, por exemplo, as bactérias. Quando se torna impermeável, evita a desidratação nos animais terrestres, bem como a intensa absorção de água nos aquáticos.

### 3. Sustentação

A estrutura que chamamos de esqueleto serve para sustentação, proteção e locomoção.

Para poder crescer sem desabar, um organismo pluricelular deve ter uma estrutura de sustentação. Assim, o esqueleto serve para sustentar as partes moles do corpo, além de proteger estruturas delicadas, como é o caso dos vertebrados, nos quais o crânio e a coluna vertebral formam invólucros resistentes que protegem, respectivamente, o cérebro e a medula espinhal. Em artrópodes e vertebrados, os apêndices movimentam-se através de uma integração entre músculos e esqueletos. Existem elementos esqueléticos que servem para a inserção dos músculos e atuam como alavancas na locomoção. Há dois tipos de esqueleto: o **exoesqueleto**, que se forma na parte externa do corpo, como a concha de uma ostra; e o **endoesqueleto**, posicionado no interior do mesmo corpo, presente nos vertebrados.

### 4. Nutrição

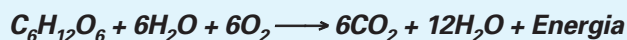
A maioria dos alimentos é constituída por macromoléculas incapazes de atravessar as membranas das células e, conseqüentemente, nelas penetrarem. Digestão é a função executada pelo sistema digestório que consiste na transformação de macromoléculas em moléculas menores capazes de serem absorvidas e utilizadas pelas células. Existem dois tipos de digestão: intracelular e extracelular. Na primeira, que acontece em protozoários e espongiários, o alimento é constituído por partículas capazes de serem fagocitadas e digeridas pelas células. Na maioria dos animais, a digestão é extracelular, realizando-se exclusivamente no interior de uma série de estruturas especializadas que compõem o sistema digestório.

### 5. Circulação

Executada pelos sistemas circulatórios ou de transporte, a circulação é a função responsável pelo transporte de uma série de substâncias no interior do organismo. Por meio dessa função, substâncias nutritivas e oxigênio são transportados para todas as células, assim como delas são retiradas substâncias tóxicas e o gás carbônico. O sistema circulatório também leva os hormônios das glândulas endócrinas que os produzem para os órgãos em que atuam.

### 6. Respiração

Em Biologia, o termo “respiração” tem dois significados: respiração interna ou celular e respiração externa ou trocas respiratórias. Respiração celular é o processo em que as mitocôndrias oxidam moléculas, como a glicose e extraem a energia necessária às atividades celulares. O processo pode ser resumido pela seguinte equação química:



A respiração externa consiste nas trocas entre o organismo e o meio ambiente. A função do sistema respiratório é realizar essas trocas, absorvendo o oxigênio e eliminando o gás carbônico.

### 7. Excreção

Chamamos de excreção ao processo de remoção de substâncias inúteis ou prejudiciais ao organismo. O termo “homeostase” significa a manutenção de um meio interno constante nos diversos organismos. As células estão sempre sintetizando ou decompondo substâncias, fator que altera a composição do meio interno. Em razão da homeostase, muitas dessas substâncias devem ser eliminadas, pois, se acumuladas, podem matar a célula. No reino animal, existe uma grande variedade de sistemas excretores.

### 8. Integração

Num organismo complexo, como o de um animal, os diferentes sistemas funcionam de maneira integrada. A coordenação e o controle das complexas atividades do corpo são feitas por dois sistemas reguladores: o endócrino e o nervoso. O primeiro, através das glândulas endócrinas, produz e secreta os hormônios compostos que são transportados e afetam atividades específicas em regiões do corpo distantes das glândulas que os produziram. Assim, células e tecidos podem ter suas atividades estimuladas ou inibidas pela ação hormonal. O sistema nervoso, como o endócrino, estabelece a comunicação entre diferentes sistemas do corpo, além de realizar a comunicação entre o organismo e o meio ambiente, recebendo e transmitindo estímulos.

## Exercícios Resolvidos

- 1 (MODELO ENEM) – No corpo humano, o oxigênio é imprescindível para a respiração celular, processo que produz a energia necessária às funções vitais da célula. O oxigênio do ar chega até as células através dos sistemas
- digestório e circulatório.
  - respiratório e circulatório.
  - tegumentar e circulatório.
  - tegumentar e respiratório.
  - respiratório e excretor.

#### Resolução

O oxigênio do ar é captado pelo sistema respi-

ratório e transportado até as células pelo sistema circulatório.

#### Resposta: B

- 2 (MODELO ENEM) – Resultado inevitável do metabolismo é a produção de material residual. O processo pelo qual tais produtos residuais são removidos de um organismo é chamado de excreção. Os pulmões, portanto, são órgãos excretores que eliminam dióxido de carbono e água no ar alveolar; o cólon é um órgão excretor que elimina o excesso de cálcio e ferro no

material fecal que o percorre, e o fígado excreta pigmentos biliares no duodeno, através do ducto biliar. Em animais complexos, os principais órgãos excretores são

- os pulmões.
- o intestino delgado.
- o intestino grosso.
- os rins.
- a pele.

#### Resolução

Nos animais superiores, os rins são os principais órgãos de excreção.

#### Resposta: D

## Exercícios Propostos

1 Complete a tabela anexa, indicando o sistemas responsáveis pelas funções, a seguir listadas.

FUNÇÕES	SISTEMAS
Transformação de alimentos	
Manutenção da homeostase	
Trocas gasosas com o meio ambiente	
Transporte de substâncias	
Produção de hormônios	

**RESOLUÇÃO:**

**Digestório – Excretor – Respiratório – Circulatório – Endócrino**

2 Em relação ao organismo de um animal evoluído, responda:

- O que se entende por integração?
- Quais são os sistemas responsáveis por esse processo?

**RESOLUÇÃO:**

**a) É a interligação entre os diversos sistemas, pois o organismo funciona como um todo.**

**b) São os sistemas endócrino e nervoso.**

3 Considere as seguintes funções:

- Suporte
- Proteção
- Homeostase
- Locomoção

São realizadas pelo esqueleto apenas as funções:

- I e II.
- II e III.
- I, II e III.
- I, II e IV.
- II, III e IV.

**RESOLUÇÃO: Resposta: D**

4 Dos animais abaixo, aquele que só realiza a digestão intracelular é

- a hidra.
- a esponja.
- a planária.
- a minhoca.
- o gafanhoto.

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**

5 Assinale a alternativa que, corretamente, associa as colunas I e II.

SISTEMAS	FUNÇÕES
1- Excretor	A. Transporte de hormônios
2- Esquelético	B. Proteção de estruturas delicadas
3- Respiratório	C. Absorção de O <sub>2</sub> e eliminação de CO <sub>2</sub>
4- Circulatório	D. Homeostase

- 1A-2B-3C-4D.
- 1B-2A-3C-4D.
- 1D-2B-3C-4A.
- 1C-2A-3B-4D.
- 1D-2C-3B-4A.

**RESOLUÇÃO: Resposta: C**

6 (MODELO ENEM) – Uma estrutura de um organismo animal, designada por A, produziu uma substância B que transportada pelo sistema C ativou um determinado órgão. A, B e C correspondem, respectivamente, a

- glândula endócrina, enzima e digestório.
- glândula endócrina, enzima e circulatório.
- glândula endócrina, hormônio e circulatório.
- glândula exócrina, hormônio e circulatório.
- glândula exócrina, hormônio e nervoso.

**RESOLUÇÃO: Resposta: C**



### No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M118**



## 1. As características dos protozoários

Os protozoários (do grego: *protos*, primeiro, e *zoon*, animal), antigamente descritos como animais unicelulares, constituem um filo do reino Protista. Neles todas as funções vitais são executadas por uma única célula, o que determina o aparecimento de uma série de diferenciações celulares relativas às funções de nutrição, proteção, locomoção etc. Tais diferenciações, análogas a órgãos de animais, são denominadas de organelas celulares. Vivem no mar e na água doce, existindo espécies parasitas. Reproduzem-se assexuadamente por divisão binária ou múltipla. Existe reprodução sexuada, feita por fusão de gametas e por conjugação, processo que consiste na troca de material genético. Em condições ambientais desfavoráveis, ocorre o encistamento. O citoplasma desidrata-se, diminui de volume, secretando uma membrana resistente que o isola do meio externo. Desse modo, o protozoário transforma-se num cisto. Sendo transportados pela água e pelo vento, os cistos servem para a disseminação das espécies, abrindo-se em condições ambientais favoráveis.

## 2. A classificação dos protozoários

Os representantes do filo *Protozoa* são divididos em quatro classes, de acordo com as organelas locomotoras que apresentam.

1. Classe dos **Flagelados**: locomoção por meio de flagelos.
2. Classe dos **Rizópodos** ou **Sarcodíneos**: locomoção por meio de pseudópodes.
3. Classe dos **Ciliados**: com locomoção ciliar.
4. Classe dos **Esporozoários**: desprovidos de organelas locomotoras.

## 3. Os flagelados

São protozoários que se locomovem por meio de flagelos, apêndices filiformes que, com movimentos helicoidais, impulsionam a célula em meio líquido. Trata-se dos protozoários mais primitivos, derivados de algas unicelulares que perderam os cloroplastos. A maioria é de vida livre, sendo abundantes na água doce e nos mares; outros vivem como parasitas. Como representantes importantes, estudaremos: *Trypanosoma cruzi*, *Trypanosoma gambiensi* e *Leishmania braziliensis*.

### **Trypanosoma cruzi**

É o agente etiológico da doença de Chagas ou tripa-

nossomíase americana, doença descoberta por Carlos Chagas, eminente cientista brasileiro. Durante o seu ciclo evolutivo, o protozoário apresenta várias formas; uma delas aparece na Figura 1.

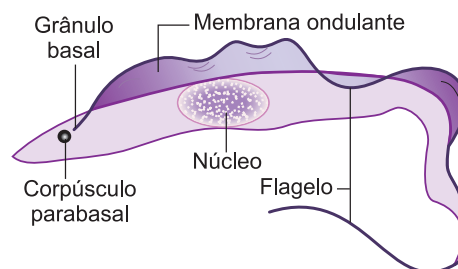


Fig. 1 – O tripanossoma.

O transmissor do parasita é um inseto hemíptero, vulgarmente conhecido como barbeiro (por picar o rosto) ou chupança (por ser hematófago). Existem várias espécies, sendo as principais o *Triatoma infestans*, o *Triatoma sordida* e o *Panstrongylus megistus* (Fig. 2).

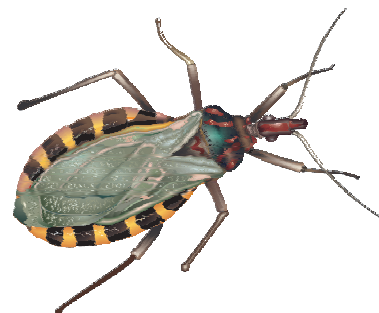


Fig. 2 – O barbeiro (*Triatoma sordida*).

O barbeiro é um inseto de hábito noturno que pica principalmente o rosto de pessoas adormecidas. A picada não transmite a moléstia, pois as formas infectantes não são encontradas nas glândulas salivares. Ao picar e sugar o sangue do hospedeiro, o barbeiro elimina as fezes, nas quais estão as formas infectantes. As próprias mãos do homem podem introduzir essas formas nas mucosas. Ao coçar-se, o hospedeiro pode produzir uma escoriação na pele, através da qual ocorre a penetração do parasita. Caindo na corrente circulatória, o protozoário penetra nas células de vários tecidos, perde o flagelo e multiplica-se intensamente. O órgão mais afetado é o coração, que vai dilatando-se e crescendo, acarretando um quadro de insuficiência cardíaca, com inchaço das pernas, fraqueza, cansaço, palpitações e falta de ar. A principal medida profilática é o combate e extermínio do barbeiro pelo uso de inseticidas, além da melhoria das habitações rurais, pois o inseto vive principalmente nas frestas das paredes das casas de pau a pique.

## Trypanosoma gambiensi

Produz a doença do sono transmitida pela picada da mosca hematófaga tsé-tsé (*Glossina palpalis*). Os tripanossomas invadem o sistema nervoso central, produzindo lesões no cérebro. O enfermo cai num estado de sonolência, torpor e fraqueza progressiva, que o conduz à morte. A profilaxia envolve o combate ao inseto transmissor.

## Leishmania brasiliensis

Produz a leishmaniose cutaneomucosa que provoca lesões cutâneas conhecidas por úlcera de Bauru. Em casos graves, ocorre a destruição total de toda a estrutura cartilaginosa do nariz. A transmissão é feita pela picada de insetos hematófagos pertencentes ao gênero *Lutzomyia*, conhecidos por birigui ou mosquito-palha. O extermínio do transmissor é um processo difícil nas vastas áreas florestais do Brasil.

## 4. Os rizópodos ou sarcodíneos

São os protozoários que emitem pseudópodes, expansões celulares, para a locomoção e a captura de alimento. Como representantes típicos, estudaremos a *Amoeba proteus* e a *Entamoeba histolytica*.

### Amoeba proteus

Conhecida como ameba, é encontrada na água doce. Na Figura 3, observamos uma ameba, na qual a forma da célula varia continuamente com a emissão e retração dos pseudópodes. No citoplasma, notamos os vacúolos contráteis e digestórios, organelas relacionadas com a nutrição.

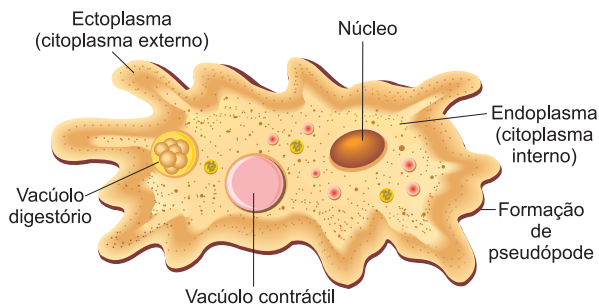


Fig. 3 – A *Amoeba proteus*.

Na Figura 4, aparece uma ameba que se desloca por meio dos pseudópodes.

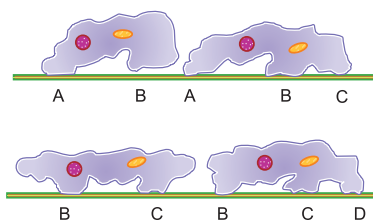


Fig. 4 – Locomoção da ameba por meio da sucessiva emissão dos pseudópodes A, B, C e D.

### Entamoeba histolytica

Provoca uma parasitose chamada amebíase, que pode ser intestinal ou extraintestinal. No caso da intestinal, ela causa a disenteria amebiana e forma lesões ulcerosas nas paredes do intestino grosso. Na amebíase extraintestinal, o parasita atinge o fígado, o baço, o cérebro e os pulmões, onde produz necroses. A transmissão é feita pela ingestão de alimento contaminado por cistos. A profilaxia consiste nas medidas de higiene e de saneamento básico.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – A doença de Chagas constitui-se numa grave epidemia no Brasil, é causada pelo *Trypanosoma cruzi*, tendo como hospedeiro intermediário um inseto conhecido popularmente como barbeiro. Das alternativas abaixo todas estão relacionadas à doença de Chagas, **exceto**:

- a) Pela corrente sanguínea, os tripanossomas espalham-se e atingem o coração, as paredes do esôfago e do intestino grosso.
- b) Dentre os mecanismos de transmissão conhecidos atualmente, estão a via placentária e o leite materno.

- c) Melhoramento das condições de habitação da população rural constitui uma medida profilática.
- d) Os tripanossomas multiplicam-se assexuadamente no intestino do inseto, ficando a porção final cheia de formas infectantes.
- e) Por ocasião da picada do inseto, formas infectantes do parasito, os esporozoítos, abandonam as glândulas salivares do inseto e invadem o organismo.

**Resolução**  
**Resposta: E**

**2 (MODELO ENEM)** – A amebíase é uma doença difundida por todo mundo, que afeta principalmente o intestino grosso. A transmissão se dá pela ingestão de água ou alimento contaminado com cistos de pessoas infectadas. A doença é causada

- a) pelo protozoário *Amoeba proteus*.
- b) pela bactéria *Leishmania brasiliensis*.
- c) pelo protozoário *Entamoeba histolytica*.
- d) pela bactéria *Ancylostoma duodenale*.
- e) pela bactéria *Escherichia coli*.

**Resolução**  
**Resposta: C**

## Exercícios Propostos

**1** O que são protozoários? De que maneira são classificados?

**RESOLUÇÃO:**

Protozoários são seres primitivos cujo corpo é formado por uma única célula. São classificados, de acordo com as estruturas locomotoras, em quatro classes principais: Sarcodíneos (com pseudópodos), Flagelados (com flagelos), Ciliados (com cílios), Esporozoários (sem estruturas locomotoras).

**2 (PUC-SP)** – O mal de Chagas é uma doença que afeta grande número de pessoas em áreas rurais do Brasil.

Com respeito a essa doença, responda às seguintes questões:

- Qual é o agente etiológico?
- Qual o agente transmissor?
- Qual órgão do corpo é afetado pelo agente patogênico?
- Qual a medida profilática para erradicar a doença?

**RESOLUÇÃO:**

- Trypanosoma cruzi*.
- Barbeiro ou chupança.
- Coração.
- Combate ao transmissor.

**3 (FATEC)** – Segundo a O.M.S. (Organização Mundial de Saúde), há mais de 20 milhões de casos de doença de Chagas na América Latina.

Essa doença parasitária

- é causada por vermes nematoides.
- pode ser prevenida com a aplicação de inseticidas residuais nas casas.
- pode ser prevenida com o uso permanente de calçados ao andar sobre a terra úmida.
- pode ser prevenida com o uso de vacinas.
- é transmitida pela picada da fêmea do mosquito *Anopheles*.

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**

**4** A leishmaniose tegumentar ou úlcera de Bauru apresenta graves sintomas de ulcerações na pele: no rosto, nos braços e nas pernas. Esta doença que afeta diversas regiões do Brasil tem como forma de contágio

- ingestão de alimentos ou água contaminada por cistos de protozoários.
- picada do mosquito-palha, também conhecido como birigui.
- picada de barbeiros ou chupanças, insetos hemípteros; os principais transmissores são do gênero *Triatoma*.
- picada da mosca tsé-tsé.
- picada do mosquito-prego, um pernilongo pertencente ao gênero *Anopheles*.

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**

**5** Marque a alternativa que, corretamente, associa os parasitas com os respectivos sintomas.

	PARASITAS		SINTOMAS
I	<i>Entamoeba histolytica</i>	A	Insuficiência cardíaca
II	<i>Trypanosoma cruzi</i>	B	Diarreia com sangue
III	<i>Leishmania brasiliensis</i>	C	Úlceras da mucosa nasal
IV	<i>Trypanosoma gambiensi</i>	D	Sonolência e apatia

- I-A, II-B, III-C e IV-D.
- I-A, II-B, III-D e IV-C.
- I-B, II-C, III-A e IV-D.
- I-A, II-D, III-C e IV-B.
- I-B, II-A, III-C e IV-D.

**RESOLUÇÃO: Resposta: E**

**6 (MODELO ENEM)** – LAGOAZ AZUL ESTÁ DOENTE

Os vereadores da pequena cidade de Lagoa Azul estavam discutindo a situação da Saúde no município. A situação era mais grave com relação a três doenças: Doença de Chagas, Esquistossomose e Ascariíase (lombriga). Na tentativa de prevenir novos casos, foram apresentadas várias propostas:

- Proposta 1: Promover uma campanha de vacinação.
- Proposta 2: Promover uma campanha de educação da população com relação a noções básicas de higiene, incluindo fervura de água.
- Proposta 3: Construir rede de saneamento básico.
- Proposta 4: Melhorar as condições de edificação das moradias e estimular o uso de telas nas portas e janelas e mosquiteiros de filó.
- Proposta 5: Realizar campanha de esclarecimento sobre os perigos de banhos nas lagoas.
- Proposta 6: Aconselhar o uso controlado de inseticidas.
- Proposta 7: Drenar e aterrar as lagoas do município.

Você sabe que a Doença de Chagas é causada por um protozoário (*Trypanosoma cruzi*) transmitido por meio da picada de insetos hematófagos (barbeiros).

Das medidas propostas no texto "A lagoa azul está doente", as mais efetivas na prevenção dessa doença são:

- 1 e 2.
- 3 e 5.
- 4 e 6.
- 1 e 3.
- 2 e 3.

**RESOLUÇÃO: Resposta: C**



## No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M119**



dos cílios é rítmico e coordenado, impulsionando rapidamente o ciliado na água. Um típico representante é o paramécio, esquematizado na Fig. 4.

No paramécio, verificamos a existência de uma depressão, a goteira ou sulco oral, que leva as partículas alimentares até uma abertura (o citóstoma) que continua pela citofaringe, um canal que forma, na extremidade, o vacúolo digestório. O citopígeo é uma abertura usada para eliminar restos alimentares existentes no vacúolo digestório. Além dos vacúolos contrácteis, evidenciamos dois núcleos: o macronúcleo, relacionado com a nutrição; e o micronúcleo, envolvido com a reprodução.

O paramécio reproduz-se assexuadamente por bipartição e, sexuadamente, pela conjugação. Neste caso, acontece a fusão temporária de dois indivíduos, entre

os quais se formam pontes citoplasmáticas para trocas de partes dos micronúcleos. Após a troca e a fusão de micronúcleos, os paramécios separam-se e dividem-se duas vezes, produzindo um total de 8 indivíduos.

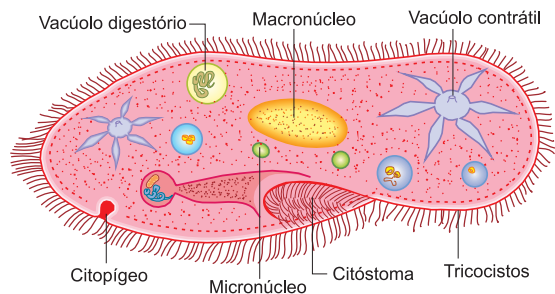


Fig. 4 – O paramécio.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – O homem pode ser infectado por várias parasitoses causadas por protozoários, organismos unicelulares e eucariontes pertencentes ao Reino Protista. Assinale a opção em que todas as doenças são causadas por protozoários.

- a) malária – doença de Chagas – leishmaniose – amebíase.
- b) malária – doença de Chagas – peste bubônica – amebíase.
- c) malária – febre amarela – doença de Chagas – amebíase.
- d) peste bubônica – doença de Chagas – febre amarela – amebíase.
- e) doença de Chagas – amebíase – tétano – leishmaniose.

### Resolução

A peste bubônica e o tétano são causados por bactérias e a febre amarela por vírus.

**Resposta: A**

**2 (MODELO ENEM)** – O combate à malária pode ser feito pelo uso do DDT, um inseticida organoclorado. A aplicação desse inseticida visa matar certas espécies de mosquitos do gênero *Anopheles*, que é o transmissor do parasita (*Plasmodium*). Esse inseticida não é específico, matando a maioria dos insetos da região. A morte dos insetos prejudica muitas populações de aves insetívoras que agora não têm com que se alimentar. Muitas plantas são prejudicadas por serem polinizadas por insetos. Na Região Amazônica, onde a malária é endêmica, uma medida eficaz para redução ou controle dessa

doença, sem causar modificação no equilíbrio ecológico da região, é

- a) o cultivo, nas águas paradas, de peixes que se alimentam das larvas de insetos.
- b) a drenagem dos igarapés, destruindo assim os criadouros das larvas.
- c) a utilização de telas que impedem a penetração dos mosquitos nas habitações humanas.
- d) o tratamento dos doentes e a profilaxia dos sãos, com medicamentos que destruam os parasitas.
- e) a impermeabilização da superfície das águas com óleo, matando assim as larvas por asfixia.

### Resolução

O cultivo de peixes larvófagos representa um processo de controle biológico que consiste em reduzir uma espécie por meio de seus parasitas e predadores. **Resposta: A**

## Exercícios Propostos

**1** Em relação à parasitose conhecida por malária, pergunta-se:

- a) Qual é o agente etiológico?
- b) Qual é o agente transmissor?

### RESOLUÇÃO:

- a) Esporozoários do gênero *Plasmodium*.
- b) Fêmea do mosquito *Anopheles*.

**2** Quando, entre os protozoários, encontramos um representante com dois tipos de núcleo, podemos dizer que, provavelmente, se trata de

- a) um rizópodo.
- b) um esporozoário.
- c) um ciliado.
- d) um zoóflagelado.
- e) um fitoflagelado.

### RESOLUÇÃO:

Os ciliados possuem 2 núcleos: micronúcleo e macronúcleo. **Resposta: C**

**3** Considere as seguintes doenças humanas:

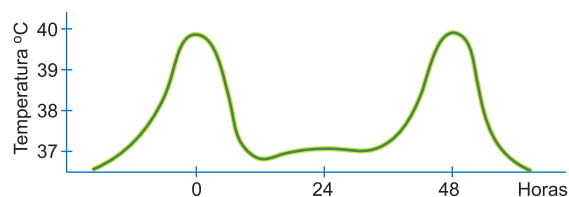
- I. elefantíase
- II. malária
- III. esquistossomose
- IV. úlcera-de-Bauru

São causadas por protozoários apenas:

- a) I e II.
- b) II e III.
- c) I e III.
- d) II e IV.
- e) III e IV.

**RESOLUÇÃO: Resposta: D**

**4** O gráfico a seguir apresenta as curvas da temperatura de uma pessoa infectada por um parasita.



O parasita que provoca elevações da temperatura a intervalos regulares pertence ao gênero

- a) *Ascaris*.      b) *Plasmodium*.      c) *Entamoeba*.  
d) *Schistosoma*.      e) *Trypanosoma*.

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**

**5** Assinale a alternativa que, corretamente, associa as colunas I e II.

**Coluna I**

- 1 – Paramécio  
2 – Euglena  
3 – Ameba  
4 – *Plasmodium*

- a) 1A – 2B – 3C – 4D.  
c) 1B – 2A – 3D – 4C.  
e) 1B – 2D – 3C – 4A.

**Coluna II**

- A – Sarcodíneo  
B – Flagelado  
C – Esporozoário  
D – Ciliado

- b) 1B – 2A – 3C – 4D.  
d) 1D – 2B – 3A – 4C.

**RESOLUÇÃO: Resposta: D**

**6 (MODELO ENEM)** – A malária é uma doença típica de regiões tropicais. De acordo com dados do Ministério da Saúde, no final do século XX, foram registrados mais de 600 mil casos de malária no Brasil, 99% dos quais na região amazônica.

Os altos índices de malária nessa região podem ser explicados por várias razões, entre as quais:

- a) As características genéticas das populações locais facilitam a transmissão e dificultam o tratamento da doença.  
b) A falta de saneamento básico propicia o desenvolvimento do mosquito transmissor da malária nos esgotos não tratados.  
c) A inexistência de predadores capazes de eliminar o causador e o transmissor em seus focos impede o controle da doença.  
d) A temperatura elevada e os altos índices de chuva na floresta equatorial favorecem a proliferação do mosquito transmissor.  
e) O Brasil é o único País do mundo que não implementou medidas concretas para interromper sua transmissão em núcleos urbanos.

**RESOLUÇÃO: Resposta: D**



**No Portal Objetivo**

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M120**

**Módulo**

**5**

**A reprodução**

**Palavras-chave:**

- Brotamento • Estrobilização
- Regeneração • Partenogênese
- Poliembrião

**1. A importância da reprodução**

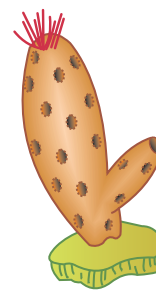
A reprodução, isto é, a capacidade de produzir novos indivíduos, é uma característica básica de todo o ser vivo, necessária à preservação da espécie. Há dois tipos de reprodução: assexuada ou agâmica e sexuada ou gâmica.

**2. A reprodução assexuada**

A reprodução assexuada envolve apenas um organismo e não apresenta células sexuais ou gametas, daí ser chamada de agâmica. Pode ocorrer por brotamento, estrobilização e regeneração.

**Brotamento ou gemiparidade**

Consiste no aparecimento, sobre um organismo, de uma protuberância chamada de broto ou gema que, depois de se destacar, cresce e constitui um novo organismo, ou então permanece unida, iniciando a formação de uma colônia. As colônias, comuns em espongiários e celenterados, originam-se de um indivíduo inicial que se multiplica por brotamento (Fig. 1).



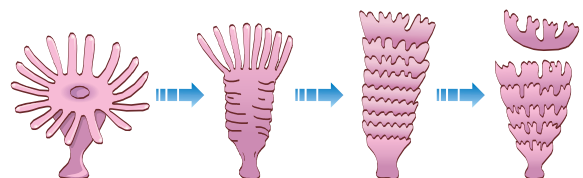
*Espongiário.*

*Celenterado (Hydra).*

*Fig. 1 – Brotamento em espongiários e celenterados.*

**Estrobilização**

Em celenterados, platielmintes e anelídeos, pode haver a fragmentação de um indivíduo em duas ou mais partes, as quais se desenvolvem formando animais completos. A esse tipo de processo reprodutivo dá-se o nome de estrobilização (Fig. 2).



*Fig. 2 – Estrobilização na medusa Aurelia.*

## Regeneração

Alguns animais têm a capacidade de regenerar-se, ou seja, reconstruir partes perdidas por mutilação ou qualquer outra causa. A regeneração acontece, principalmente, em animais inferiores, como: espongiários, celenterados e platielminthes. Assim, por exemplo, se uma planária for cortada em três partes, cada uma delas pode regenerar um animal completo (Fig. 3).

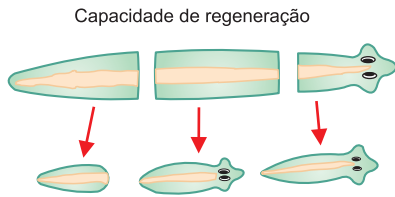


Fig. 3 – A regeneração em planárias.

## 3. A reprodução sexuada

Em todos os grupos de animais ocorre a reprodução sexuada ou gâmica, que envolve dois organismos: o macho e a fêmea, produtores de células sexuais ou gametas. Geralmente os gametas são produzidos em órgãos especializados, as gônadas. Testículo é a gônada masculina e ovário, a feminina. Da fusão dos gametas resulta o zigoto ou célula-ovo que formará, por divisões sucessivas, um novo indivíduo.

### Animais unissexuados ou dioicos

Na maioria das espécies, existem dois tipos de organismos; o macho que forma testículos e a fêmea que apresenta ovário.

### Animais hermafroditas ou monoicos

O animal hermafrodita ou monoico apresenta no mesmo organismo ovários e testículos, como acontece com certos platielminthes e anelídeos.

## 4. A fecundação

Chamamos de fecundação ou fertilização ao processo em que há fusão do espermatozoide com o óvulo, originando o zigoto ou célula-ovo. A fecundação pode ser externa ou interna. Na primeira, os organismos eliminam na água os gametas que se unem formando o zigoto. É comum em animais aquáticos, como os peixes e os anfíbios. A fecundação interna ocorre na maioria dos organismos e requer a prática do ato sexual ou cópula, em que o macho introduz os espermatozoides no corpo da fêmea, onde o óvulo é fecundado.

## 5. A evolução do ovo

Em relação ao local de desenvolvimento do ovo, as fêmeas podem ser: ovíparas, ovovivíparas e vivíparas, sendo o desenvolvimento direto ou indireto.

### Fêmeas ovíparas

São aquelas que eliminam ovos que irão se desenvolver totalmente no meio externo. Ex.: as aves.

### Fêmeas ovovivíparas

Produzem ovos, cujo desenvolvimento é feito parcialmente no interior do corpo materno. Durante a sua permanência no corpo materno, o embrião não se nutre às expensas da mãe, mas consome as reservas nutritivas existentes no ovo. O ovo eliminado é chamado de embrião, porque no interior dele existe um embrião. São ovovivíparas algumas fêmeas de répteis.

### Fêmeas vivíparas

Neste caso, o ovo é nutrido pela mãe, sendo seu desenvolvimento feito totalmente no interior do útero materno. O nascimento é realizado através do parto. É uma característica dos mamíferos.

### Desenvolvimento direto

Em certos animais, após os primeiros estágios de desenvolvimento, o embrião apresenta uma forma relativamente parecida com a dos animais adultos de sua espécie. Durante o desenvolvimento, as modificações processam-se gradualmente, sem diferenças profundas entre as diversas fases. Neste caso, o desenvolvimento é chamado de direto, como acontece com os mamíferos.

### Desenvolvimento indireto

Existem organismos que nascem na forma de larvas, cuja morfologia é muito diferente da forma adulta. Sofrendo um processo chamado de metamorfose, as larvas vão se transformando em adultos. É o caso das moscas, cujas larvas lembram vermes (Fig. 3).

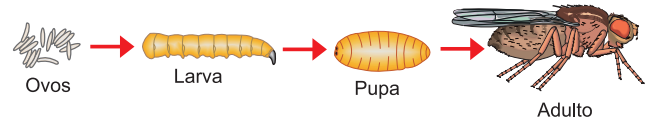


Fig. 3 – O desenvolvimento da mosca doméstica.

## 6. Partenogênese e poliembrião

**Partenogênese** é o desenvolvimento completo de um óvulo sem que o gameta masculino o tenha fertilizado. O processo é comum em insetos, como acontece com as abelhas, nas quais os ovos não fecundados evoluem partenogeneticamente para machos, enquanto os fecundados produzem fêmeas. **Poliembrião** é a formação de dois ou mais organismos a partir de um único ovo. Ao se dividir, o ovo produz duas células, chamadas de **blastômeros** que, em vez de permanecerem juntos, separam-se e evoluem independentemente, originando

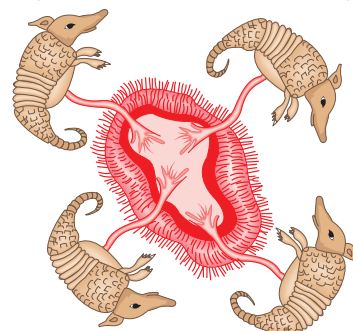


Fig. 4 – Poliembrião em tatu.

dois embriões. No homem, a poliembrião é responsável pela formação de gêmeos idênticos, também chamados de monozigóticos ou univitelinos. Nos tatus, a poliembrião é uma condição normal, na qual cada ovo origina de quatro a seis gêmeos idênticos (Fig. 4).

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – A reprodução sexuada é caracterizada pela fusão dos núcleos dos gametas femininos e masculinos, processo este denominado cariogamia, enquanto na reprodução assexuada está envolvido apenas um tipo de célula, o que leva à formação de indivíduos geneticamente idênticos.

Se relacionarmos esses dois tipos de reprodução ao processo evolutivo, podemos afirmar que a reprodução assexuada é **menos** vantajosa que a sexuada porque

- a) favorece a formação de indivíduos recombinantes, isto é, diferentes geneticamente.
- b) não permite a replicação exata de indivíduos

especialmente bem adaptados a certos ambientes.

- c) favorece a capacidade de invasão de novos ambientes por ausência de competição.
- d) não dá oportunidade à população de adaptar-se às mudanças das condições ambientais.
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

### Resolução

Na ausência de variação, os indivíduos são iguais e não resistem às mudanças ambientais.

### Resposta: D

**2 (MODELO ENEM)** – Os tipos de reprodução que ocorrem nos seres vivos permitem:

- I. manutenção das espécies;

- II. variabilidade genética;
- III. manutenção do patrimônio genético, com pouca ou nenhuma alteração;
- IV. maior probabilidade de sobrevivência quando o ambiente sofre modificação desfavorável.

A reprodução sexuada é responsável **somente** por

- a) II, III e IV.
- b) I e II.
- c) I e III.
- d) II e IV.
- e) I, II e IV.

### Resolução

A manutenção do patrimônio genético, com pouca ou nenhuma alteração, é ocasionada pela reprodução assexuada.

### Resposta: E

## Exercícios Propostos

**1** Em insetos himenópteros, como, por exemplo, as abelhas, ocorre o fenômeno da partenogênese, em relação ao qual responda:

- a) O que é partenogênese?
- b) De que maneira atua na determinação do sexo?

### RESOLUÇÃO:

- a) **A partenogênese é o processo no qual um óvulo se desenvolve, sem ter sido fecundado, originando um animal normal.**
- b) **Os ovos fecundados originam fêmeas e os não fecundados, através da partenogênese, produzem machos.**

**2** Diferenciar: fêmeas ovovivíparas e vivíparas.

### RESOLUÇÃO:

**Nas ovovivíparas, os ovos eliminados são embrionados, isto é, apresentam um embrião que começou a se desenvolver no interior do organismo materno. Nas fêmeas vivíparas, o desenvolvimento ocorre totalmente no interior do útero materno.**

**3 (PUC-SP)** – Considere os seguintes processos:

- I. gametogênese
- III. brotamento
- II. fecundação
- IV. esporulação

Relacionam-se à reprodução sexuada dos animais, apenas,

- a) I e II.
- b) I e III.
- c) II e IV.
- d) I, II e III.
- e) I, II e IV.

### RESOLUÇÃO: Resposta: A

**4 (FUVEST)** – Dois irmãos se originaram de blastômeros provenientes de um mesmo zigoto.

Pode-se afirmar que os mesmos são gêmeos

- a) univitelinos e, obrigatoriamente, do mesmo sexo.
- b) univitelinos, podendo ser de sexos diferentes.
- c) fraternos e, obrigatoriamente, do mesmo sexo.
- d) fraternos, podendo ser de sexos diferentes.
- e) fraternos e, obrigatoriamente, de sexos diferentes.

### RESOLUÇÃO: Resposta: A

**5** “Reprodução assexuada que ocorre no reino animal e que é caracterizada pelo aparecimento de expansões do corpo que podem se desenvolver e originar novos indivíduos ligados ou não ao organismo que os gerou”. A denominação dessa reprodução é

- a) esquizogênese ou estrobilização.
- b) bipartição ou cissiparidade.
- c) esporulação ou esporogênese.
- d) gemulação ou gemiparidade.
- e) partenogênese ou poliembrião.

### RESOLUÇÃO: Resposta: D

**6 (MODELO ENEM)** – Reprodução é a capacidade que um organismo tem de gerar indivíduos semelhantes a si mesmo. Os óvulos desenvolvem-se sem a participação de espermatozoides, não havendo portanto mistura de genes de dois gametas diferentes (fecundação). Este processo de reprodução assexuada é denominado de

- a) fragmentação.
- b) partenogênese.
- c) brotamento.
- d) gemulação.
- e) esporulação.

### RESOLUÇÃO: Resposta: B



## No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em “localizar”, digite **BIO1M121**



## 1. A embriologia

Os animais originam-se de um ovo ou zigoto, que é uma célula formada, no processo de fecundação, pela fusão de um espermatozoide com um óvulo. Por meio de sucessivas divisões celulares mitóticas e processos de diferenciação, o zigoto acaba se transformando num complexo organismo, com múltiplos tipos celulares organizados em tecidos, órgãos e sistemas. A embriologia estuda todas as fases do processo que vai desde a primeira divisão do ovo até o nascimento de um organismo.

## 2. Tipos de ovos

No citoplasma do ovo, forma-se o vitelo ou deutoplasma, que representa a substância nutritiva utilizada pelo embrião durante o seu desenvolvimento. Em função da quantidade e distribuição de vitelo, os ovos são classificados em quatro tipos: **oligolécitos**, **heterolécitos**, **telolécitos** e **centrolécitos** (Fig. 1).

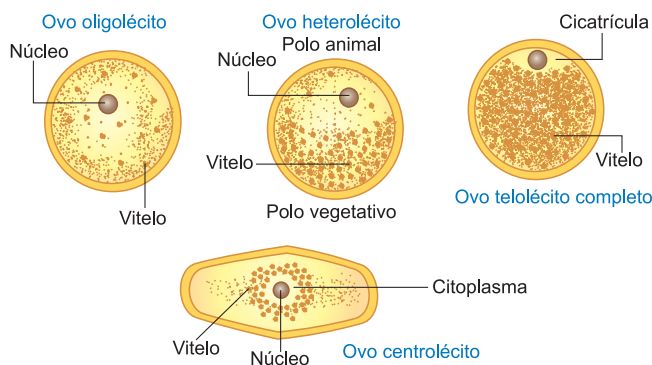


Fig. 1 – Tipos de ovos.

### Ovos oligolécitos ou isolécitos

Possuem uma pequena quantidade de vitelo distribuída de modo uniforme pelo citoplasma. São exemplos os ovos do anfióxico, dos equinodermos e dos mamíferos não ovíparos.

### Ovos heterolécitos

Possuem maior quantidade de vitelo desigualmente distribuída, o que permite a distinção de dois polos: o animal e o vegetal. No animal, aparece o núcleo e pequena quantidade de vitelo; no vegetal, o vitelo está acumulado em maior quantidade. São exemplos deste tipo os ovos dos anfíbios.

### Ovos telolécitos ou megalécitos

Possuem grande quantidade de vitelo, restringindo-se o citoplasma com o núcleo a uma camada, constituindo a cicatrícula ou disco germinativo. São os ovos típicos de peixes, répteis e aves.

### Ovos centrolécitos

Com vitelo no centro, envolvendo o núcleo. São típicos de artrópodes.

## 3. Segmentação ou clivagem

A primeira fase da embriogênese é a segmentação ou clivagem, na qual uma série de sucessivas divisões mitóticas transforma o ovo num estágio embrionário conhecido por blástula. O tipo de segmentação é determinado pela quantidade e distribuição do vitelo, pois sendo formado por substância inerte é incapaz de se dividir.

### Segmentação total ou holoblástica

Abrange a totalidade do ovo e pode ser igual ou desigual.

*Holoblástica igual* – ocorre nos ovos oligolécitos e produz células de igual tamanho. A primeira e a segunda divisão, através de planos longitudinais e perpendiculares entre si, formam quatro células, chamadas de blastômeros; o terceiro plano é transversal e origina oito blastômeros. As divisões se sucedem em planos alternados originando a mórula, uma massa pluricelular mais ou menos esférica. A seguir, as células vão se dividindo e deslocando para a periferia, de modo a formar a blástula, estágio embrionário no qual uma camada celular, chamada blastoderme, limita a blastocela, uma cavidade central cheia de líquido (Fig. 2).

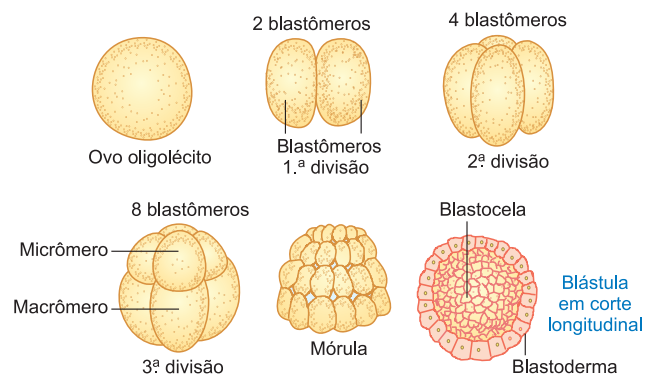


Fig. 2 – Segmentação holoblástica igual.

*Holoblástica desigual* – ocorre nos ovos heterolécitos, abrange a totalidade do ovo e sendo mais rápida no polo animal, graças à menor quantidade de vitelo, acaba formando dois tipos de células: micrômeros, menores no polo animal, e macrômeros, maiores e situados no polo vegetal (Fig. 3). Conseqüentemente, a blástula apresenta a blastocela, deslocada para o polo animal, tendo a blastoderme com micrômeros no polo animal e macrômeros no vegetal.

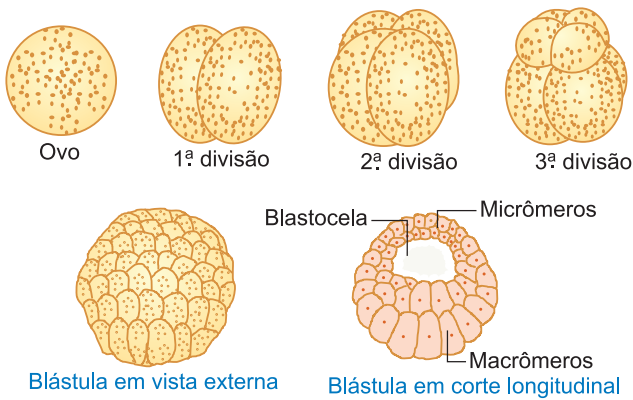


Fig. 3 – Segmentação total, desigual.

## Segmentação meroblástica ou parcial

Acontece apenas numa parte do ovo, podendo ser discoidal e superficial.

*Meroblástica discoidal* – ocorre nos ovos telolécitos. A segmentação atinge apenas a cicatrícula e acaba formando a blastoderma, uma camada celular que recobre a blastocela, situada entre as células e o vitelo (Fig. 4).

*Meroblástica superficial* – acontece nos ovos centrolécitos. O núcleo entra em sucessivas divisões. Os núcleos resultantes migram para a porção periférica do ovo que se transforma num citoplasma plurinucleado que, com o aparecimento de membranas divisórias, transforma-se na blastoderme (Fig. 5).

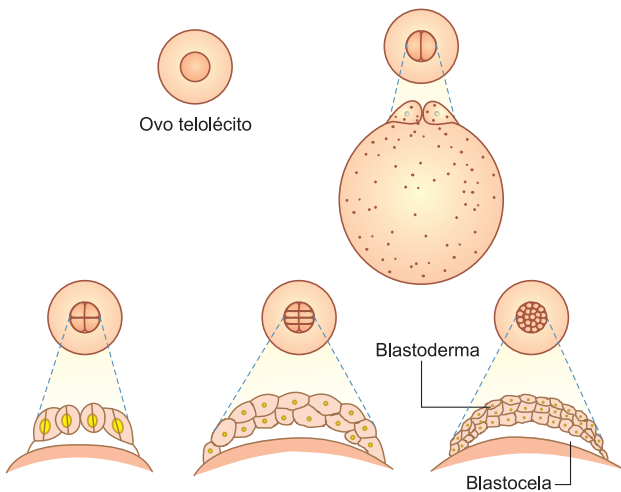


Fig. 4 – Fases da clivagem meroblástica discoidal do ovo telolecito.

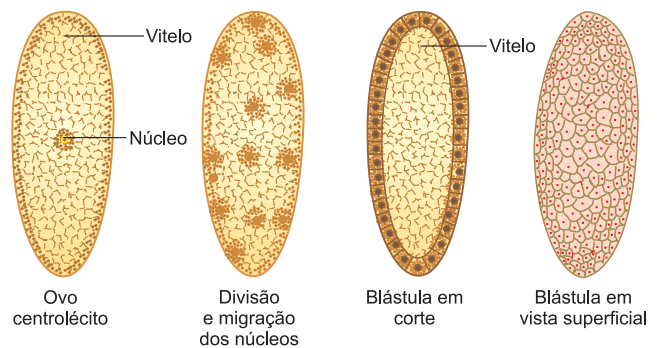
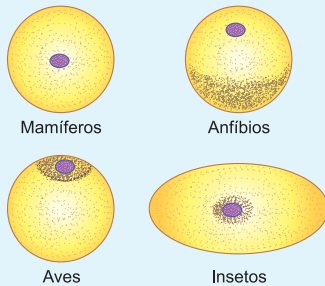


Fig. 5 – Segmentação meroblástica superficial do ovo centrolécito.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – Observe a sequência de ovos abaixo e assinale a alternativa correta.



- I. O ovo pertencente aos mamíferos é do tipo oligolécito. Esse ovo apresenta bastante vitelo e sua clivagem é holoblástica desigual.
- II. O ovo pertencente aos anfíbios apresenta clivagem holoblástica desigual.
- III. O ovo dos insetos denomina-se centrolécito e apresenta duplicação nuclear em toda a sua região central.

- IV. O ovo das aves apresenta clivagem holoblástica total, de modo que todos os blastômeros têm o mesmo tamanho.
- V. O ovo heterolécito pertence aos anfíbios, enquanto o ovo oligolécito pertence aos mamíferos. Ambos têm padrão de clivagem holoblástica total, originando blastômeros de tamanho igual.

- a) As afirmações I, II e III são corretas.
- b) A afirmação I é incorreta, enquanto as afirmações II e IV são corretas.
- c) As afirmações IV e V são corretas e a II é incorreta.
- d) Somente as afirmações I e V são corretas.
- e) Somente as afirmações II e III são corretas.

### Resolução

- I. Incorreta. No ovo de mamíferos, a clivagem é holoblástica igual.
- IV. Incorreta. Nos ovos centrolécitos, a clivagem só ocorre na superfície.

- V. Incorreta. No ovo heterolécito, a clivagem produz blastômeros de tamanho diferente.

**Resposta: E**

**2 (MODELO ENEM)** – Após as primeiras clivagens, quando o embrião está constituído por algumas centenas de células, começa a surgir, em uma região mais interna, uma cavidade cheia de líquido. O processo prossegue até que se forme uma cavidade bem definida, na região central da bola de células.

(Amabis & Martho. *Biologia das Células*. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 1997.)

- O estágio do desenvolvimento embrionário descrito no texto é denominado
- a) organogênese.
  - b) mórula.
  - c) gástrula.
  - d) blástula.
  - e) néurula.

### Resolução

A blástula é uma esfera oca, na qual a parede envoltória é a blastoderme e a cavidade central constitui a blastocela.

**Resposta: D**

## Exercícios Propostos

1 Complete a tabela abaixo:

TIPO DE OVOS	TIPO DE SEGMENTAÇÃO	OCORRÊNCIA
Telolécitos	Meroblástica discoidal	
Heterolécitos		Anfíbios
	Holoblástica igual	Mamíferos
Centrolécitos		Artrópodes

**RESOLUÇÃO:**

**Aves, holoblástica desigual, oligolécitos e meroblástica superficial.**

2 (ACAFE) – Os óvulos dos animais geralmente são grandes e imóveis, contendo em seu interior reserva de nutrientes para o desenvolvimento do embrião. São esses nutrientes que compõem o vitelo.

Marque **V** ou **F**, conforme as afirmações sejam **verdadeiras** ou **falsas**.

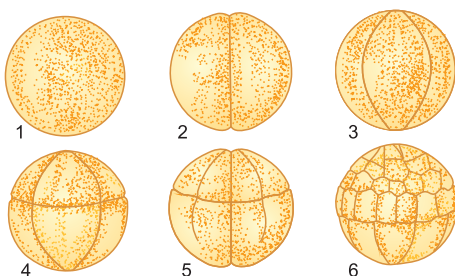
- ( ) Isolécitos ou oligolécitos ocorrem em equinodermos e cefalocordados (anfíoxo).
- ( ) Heterolécitos possuem pouco vitelo e ocorrem somente em peixes.
- ( ) Telolécitos são óvulos grandes com muito vitelo e ocorrem em répteis, aves e alguns peixes.
- ( ) Centrolécitos e alécitos ocorrem, respectivamente, em insetos e na maioria dos mamíferos.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- a) V – F – F – F.
- b) F – F – V – V.
- c) V – V – F – F.
- d) V – F – V – V.
- e) V – V – V – V.

**RESOLUÇÃO: Resposta: D**

3 (PUC-SP) – As figuras abaixo mostram a sequência inicial do desenvolvimento embrionário de um vertebrado.

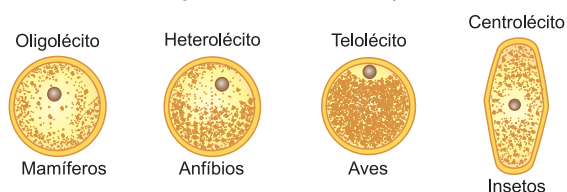


A análise das figuras permite concluir que o zigoto desse animal apresenta

- a) tanto vitelo que não há possibilidade de formação de blastômeros completos.
- b) pouco vitelo e por isso há formação de blastômeros iguais.
- c) vitelo uniformemente distribuído.
- d) mais vitelo no polo animal do que no polo vegetativo.
- e) mais vitelo no polo vegetativo do que no polo animal.

**RESOLUÇÃO: Resposta: E**

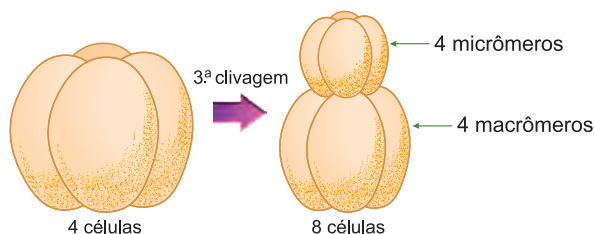
4 Observe com atenção o desenho e marque a alternativa correta:



- a) Os grupos representados apresentam tipos de ovos diferentes com segmentação igual.
- b) O tipo de ovo humano é semelhante ao da ave.
- c) O ovo da ave apresenta mais vitelo do que os demais ovos.
- d) O tipo do ovo do jacaré é semelhante ao do inseto.
- e) Todos os grupos apresentam o mesmo tipo de segmentação.

**RESOLUÇÃO: Resposta: C**

5 A figura a seguir mostra fases do desenvolvimento inicial de um invertebrado.



Pela figura, pode-se concluir que esse invertebrado possui ovos

- a) alécitos.
- b) isolécitos.
- c) telolécitos.
- d) centrolécitos.
- e) heterolécitos.

**RESOLUÇÃO: Resposta: E**

6 (MODELO ENEM) – No desenvolvimento embrionário da maioria dos animais, quando o embrião já tem algumas centenas de células, começa a surgir em seu interior uma cavidade cheia de líquido, envolta por uma camada celular. Neste estágio, a fase embrionária, a camada celular e a cavidade são, respectivamente, designadas por

- a) mórula, blastocela e blastoderme.
- b) blástula, blastoderme e blastocela.
- c) blástula, mórula e blastoderme.
- d) gástrula, blastoderme e blastocisto.
- e) mórula, celoma e blastocisto.

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**



### No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M122**

## 1. A embriologia

Os animais originam-se de um ovo ou zigoto que é uma célula formada, no processo de fecundação, pela fusão de um espermatozoide com um óvulo. A embriologia estuda todas as fases do processo que vai desde a primeira divisão do ovo até o nascimento de um organismo. Por meio de sucessivas divisões celulares mitóticas e processos de diferenciação, o zigoto acaba se transformando num organismo complexo, com múltiplos tipos celulares organizados em tecidos, órgãos e sistemas.

## 2. A embriologia do anfioxo

O anfioxo é um animal marinho classificado como celalocordado. Com 5 a 8 cm de comprimento, é transparente e tem a forma de um pequeno peixe, conforme ilustrado na Fig. 1. Sendo um animal de fecundação externa, constitui um material clássico para o estudo das primeiras fases da embriogênese.

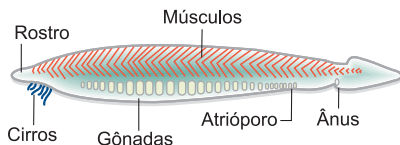


Fig. 1 – O anfioxo.

## 3. Segmentação ou clivagem

A primeira fase da embriologia é a segmentação ou clivagem, que vai desde a primeira divisão do ovo até o estágio embrionário conhecido como **blástula**. Durante o desenvolvimento, o embrião utiliza o vitelo, conjunto de nutrientes, especialmente proteínas e fosfolípidios, existentes no citoplasma do ovo. O anfioxo possui um ovo classificado como **oligolécito**, por conter pequena quantidade de vitelo que, sendo constituído por substância inerte, orienta os planos das divisões mitóticas que ocorrem na evolução do ovo. No ovo do anfioxo, existem dois polos distintos, o animal, mais próximo do núcleo e com menor quantidade de vitelo, e o vegetativo, mais distante do núcleo e com maior quantidade de vitelo. As células resultantes da segmentação do ovo são chamadas de **blastômeros**. O primeiro plano de divisão é longitudinal, passa pelos polos animal e vegetativo, dividindo o ovo em dois blastômeros iguais. O segundo plano de divisão também é longitudinal e perpendicular ao primeiro plano, formando quatro blastômeros (Fig. 2). A terceira divisão é feita num plano transversal e perpendicular às duas primeiras, graças à maior quantidade de vitelo, um pouco deslocado para o polo animal. O resultado é a formação de oito células de tamanho diferente: quatro micrômeros no polo animal e quatro macrômeros no polo vegetativo. Seguem-se divisões em planos alternadamente longitudinais e transversais, resultando em 16, 32,

64 células, e assim por diante, até formar uma estrutura esférica, a **mórula**. Com o prosseguimento das divisões, as células do meio vão se deslocando para a periferia, originando o estágio de **blástula**, estruturalmente uma esfera cuja parede, chamada de **blastoderme**, envolve a **blastocela**, uma cavidade central cheia de líquido.

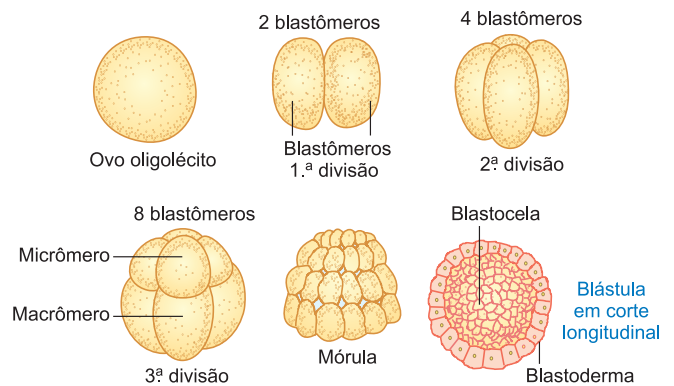


Fig. 2 – Segmentação ou clivagem.

## 4. Gastrulação

Segue-se o processo de gastrulação, formação de um estágio embrionário conhecido como **gástrula**. A gastrulação caracteriza-se por divisões e deslocamentos celulares, iniciados com a invaginação dos macrômeros do polo vegetativo. Na gástrula, que lembra uma taça (Fig. 3), distinguimos duas camadas celulares que constituem os dois primeiros folhetos germinativos: o externo, **ectoderma** ou **ectoblasto**, e o interno, **endoderma** ou **endoblasto**. A gastrulação produz uma nova cavidade, o **arquêntero** ou intestino primitivo, que se comunica com o exterior através de uma abertura, o **blastoporo**.

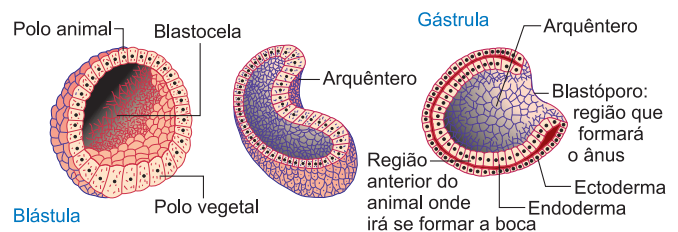


Fig. 3 – A gastrulação.

## 5. Neurulação e formação do mesoderma e da notocorda

Chamamos de neurulação à fase embrionária em que aparece o **tubo neural**, a estrutura responsável pela formação do sistema nervoso dos cordados. Na região

medianodorsal do embrião, as células do ectoblasto crescem formando a **placa neural** que se aprofunda constituindo a **goteira neural**, cujos bordos se unem produzindo o **tubo neural** e refazendo-se o ectoblasto. Durante a neurulação, também há formação do **mesoderma** e da **notocorda**. No teto do arquêntero, por diferenciação celular, aparece o material **cordo-mesoblástico**, um conjunto de células que produz três evaginações: uma central, formadora da notocorda, e duas laterais, responsáveis pela origem do mesoderma ou mesoblasto, o terceiro folheto embrionário que envolve uma cavidade denominada **celoma** (Fig. 4).

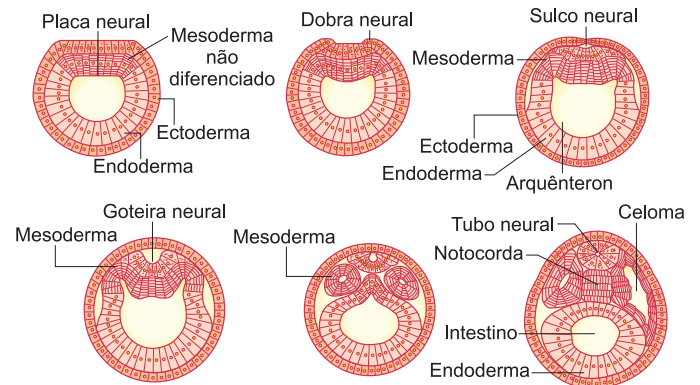


Fig. 4 – A neurulação e a formação da notocorda e do mesoblasto.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – Após a fecundação, o ovo ou zigoto inicia um processo de mitoses sucessivas e de rearranjo espacial das novas células formadas. Esse conjunto de fenômenos tem uma sequência própria para cada tipo de ovo, mas existem algumas transformações que são comuns a todos os tipos de ovos. Apesar de o processo ser contínuo, costumamos dividi-lo, para fins didáticos, nas seguintes fases:

- 1) Segmentação
- 2) Fase de blástula
- 3) Fase de gástrula
- 4) Fase de nêurula

(extraído de *Citologia, Histologia e Embriologia*, Elizabeth Carneiro Mesquita, E.P.U.)

Sobre essas fases, é **incorreto** afirmar:

- a) A nêurula é o estágio em que se identifica o tubo neural, que se origina de uma dobra da região dorsal da ectoderme.
- b) A mórula é um estágio embrionário unicelular, compacto e esférico.
- c) A blástula é um estágio embrionário em que

uma fina camada de blastômeros envolve uma pequena cavidade central.

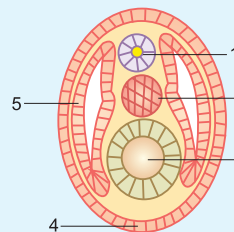
- d) A gástrula é um estágio embrionário em que se diferenciam três folhetos germinativos.
- e) O mesoderma, terceiro folheto germinativo, envolve uma cavidade conhecida como celoma.

### Resolução

A mórula é pluricelular.

**Resposta: B**

**2 (MODELO ENEM)** – Nos primeiros estágios embrionários, existem muitas semelhanças entre o desenvolvimento de um anfioxo e de uma rã. Observe o desenho a seguir que mostra um



corte transversal de um embrião de rã, e assinale a alternativa que, corretamente, identifica as estruturas apontadas

pelos números 1, 2, 3, 4 e 5.

- a) 1 – notocorda; 2 – tubo neural; 3 – intestino primitivo; 4 – epiderme e 5 – neuroderme.
- b) 1 – tubo neural; 2 – notocorda; 3 – arquêntero; 4 – ectoderme e 5 – mesoderme.
- c) 1 – tubo neural; 2 – celoma; 3 – notocorda; 4 – ectoderme e 5 – mesoderme.
- d) 1 – notocorda; 2 – celoma; 3 – arquêntero; 4 – ectoderme e 5 – ectoderme.
- e) 1 – intestino primitivo; 2 – tubo neural; 3 – celoma; 4 – notocorda e 5 – mesoderme.

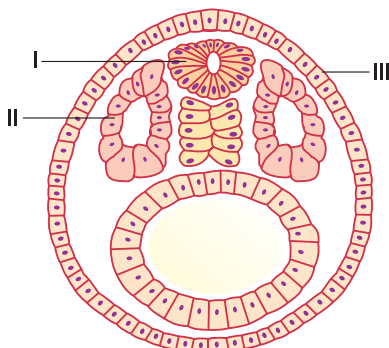
### Resolução

- 1 – tubo neural;
- 2 – notocorda;
- 3 – arquêntero;
- 4 – ectoderme;
- 5 – mesoderme.

**Resposta: B**

## Exercícios Propostos

**1** A figura abaixo representa um corte de embrião de anfioxo.

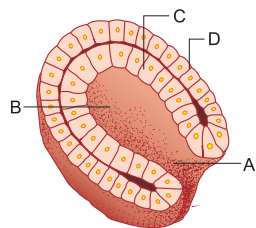


- a) Cite as estruturas indicadas em I, II e III.
- b) A que filo pertence o embrião esquematizado?

### RESOLUÇÃO:

- a) I – tubo neural, II – mesoderma, III – ectoderma.
- b) Cordados.

2 Observe a figura abaixo e responda.



- a) Qual o nome da fase embriológica representada?  
b) Quais os nomes das estruturas apontadas em A, B, C e D?

**RESOLUÇÃO:**

a) **Gástrula.**

b) **A – Blastoporo, B – Arquêntero, C – Endoderma e D – Ectoderma.**

3 Considere:

- I. Ovo                      II. Nêurula                      III. Mórula  
IV. Gástrula                      V. Blástula

A sequência correta do desenvolvimento embrionário é:

- a) I – III – V – IV – II.                      b) I – V – III – IV – II.  
c) I – II – III – IV – V.                      d) I – III – II – V – IV.  
e) V – I – II – IV – III.

**RESOLUÇÃO: Resposta: A**

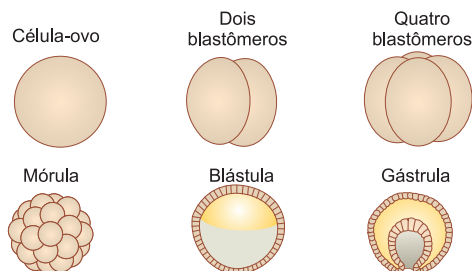
4 A gástrula é formada no anfioxo por

- a) formação de bolsas laterais no arquêntero da blástula.  
b) segmentação sucessiva do zigoto, em planos perpendiculares entre si.  
c) invaginação do blastoderma na região dos macrômeros.

- d) invaginação do blastoderma na região dos micrômeros.  
e) invaginação do ectoderma da blástula na região dos micrômeros.

**RESOLUÇÃO: Resposta: C**

5 (MODELO ENEM) – O desenho abaixo ilustra diferentes fases do desenvolvimento embrionário. Sobre isto é **errado** afirmar que



- a) a célula-ovo resulta do processo da fecundação.  
b) a célula-ovo se divide por mitose e forma os blastômeros.  
c) a cavidade da gástrula é o intestino primitivo ou arquêntero.  
d) a mórula resulta da segmentação da célula-ovo.  
e) a gástrula é uma estrutura temporária que evolui para blástula.

**RESOLUÇÃO: Resposta: E**



## No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M123**

## Módulo

# 8

## Evolução dos folhetos embrionários

### Palavras-chave:

- Neuroblasto • Epímero
- Mesômero • Hipômero

## 1. O destino dos folhetos germinativos ou embrionários

Através de um processo conhecido como **organogênese**, constituído por divisões e diferenciações celulares, os folhetos embrionários ou germinativos produzem todas as estruturas de um organismo. A evolução completa dos folhetos é objeto de embriologia especializada, aqui estudaremos apenas o destino deles em animais de organização mais complexa, ou seja, os vertebrados.

## 2. Ectoblasto ou ectoderma

Dividindo-se em duas partes, o ectoblasto forma: **epiblasto** e **neuroblasto**. O **epiblasto** ou **ectoderma epidérmico** origina a epiderme, camada superficial da pele, e seus anexos são: pelos, cabelos, unhas, garras, bem como as glândulas sebáceas, sudoríparas e mamárias. Também forma o revestimento das cavidades bucal e nasal, o cristalino e as vesículas olfativas e auditivas. O **ectoblasto** ou **ectoderma neural**, representado pelo tubo neural, encarrega-se da organogênese do sistema nervoso central, constituído pelo encéfalo e a medula espinhal.

## 3. Mesoblasto

É a porção responsável pela maioria das estruturas orgânicas. Após a neurulação, segmenta-se em três partes: **epímero**, **mesômero** e **hipômero**.

## Epímero

É a parte dorsal que se divide em **dermátomo**, **esclerótomo** e **miótomo**. O dermátomo produz a derme, camada mais profunda da pele. O esclerótomo origina os constituintes do esqueleto axial, isto é, o crânio e a coluna vertebral e o miótomo, a musculatura estriada.

## Mesômero

Porção mediana do mesoblasto, formadora do sistema urogenital, representado pelos rins e as gônadas (testículos e ovários).

## Hipômero

Parte ventral do mesoblasto que envolve a cavidade corpórea chamada de celoma. Forma os elementos do esqueleto, dos apêndices locomotores e os músculos que os acionam. Origina o sistema circulatório (coração, vasos e células do sangue) e a musculatura lisa.

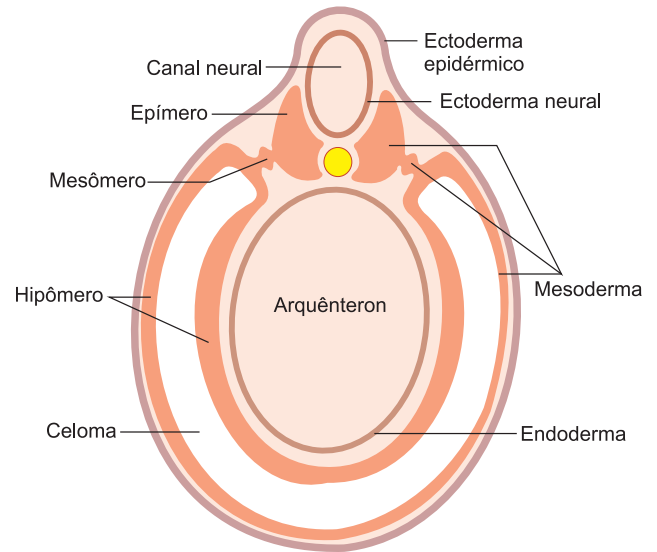


Fig. 1 – Os folhetos germinativos.

## 4. Endoblasto ou endoderma

Forma o revestimento interno do intestino, do trato respiratório, da bexiga, além das glândulas seguintes: fígado, pâncreas, tireoide e paratireoides (Fig. 1).

### QUADRO GERAL DA EVOLUÇÃO DOS FOLHETOS EMBRIONÁRIOS

Folhetos	Ectoblasto		Epiblasto	Epiderme e anexos	
				Receptores sensoriais	
			Neuroblasto	Sistema nervoso central	
	Mesoblasto		Epímero	Dermátomo	Derme
				Esclerótomo	Esqueleto axial
				Miótomo	Musculatura estriada
	Mesoblasto		Mesômero		Sistema urogenital
			Hipômero		Esqueleto e músculos dos apêndices
					Sistema circulatório
	Músculos lisos				
Endoblasto		Revestimento interno dos tratos digestório e respiratório			
		Fígado			
		Pâncreas			
		Tireoide			
		Paratireoides			

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – O desenvolvimento embrionário nos animais pode ser dividido em três etapas principais: segmentação, gastrulação e organogênese. Sobre essas etapas, considere as seguintes afirmativas:

- I. Na segmentação holoblástica desigual, que ocorre nos ovos oligolécitos, formam-se blastômeros de tamanhos diferentes (micrômeros e macrômeros).
- II. A segmentação ocorre normalmente em duas fases: mórula e blástula, e a cavidade que se observa na blástula recebe o nome de blastocela.
- III. Na gastrulação, inicia-se a diferenciação dos folhetos germinativos que darão origem aos tecidos e órgãos.

- IV. Na organogênese, ocorre a diferenciação de tecidos a partir dos folhetos germinativos e a diferenciação de órgãos e sistemas.
- V. No homem, a segmentação do ovo é parcial discoidal.

Quais são as duas afirmativas **incorretas**?

- a) I e V.
- b) II e III.
- c) I e IV.
- d) II e V.
- e) IV e V.

**Resolução**

- I. Incorreta. Nos ovos oligolécitos, a segmentação é holoblástica igual.
- V. Incorreta. No homem, o ovo é oligolécito, com segmentação holoblástica igual.

**Resposta: A**

**2 (MODELO ENEM)** – Uma mulher grávida sofre irradiação com raios X. No momento da irradiação, o embrião estava sob a forma de gástrula, e somente as células da ectoderme foram atingidas. Poderão sofrer mutação os tecidos

- a) nervoso, conjuntivo e epiderme.
- b) nervoso e do aparelho circulatório.
- c) nervoso, de revestimento da boca, nariz e ânus e epiderme.
- d) conjuntivo, do aparelho urinário e muscular.
- e) de revestimento do tubo digestório, urinário e reprodutivo.

**Resolução**

A epiderme e o tecido nervoso são originados da ectoderme.

**Resposta: C**

## Exercícios Propostos

**1** Complete a tabela abaixo indicando qual o folheto embrionário (ectoblasto, mesoblasto ou endoblasto) responsável pela formação das estruturas listadas na coluna da esquerda.

ESTRUTURAS	FOLHETOS
1. Epiderme	<b>Ectoblasto</b>
2. Derme	<b>Mesoblasto</b>
3. Medula espinhal	<b>Ectoblasto</b>
4. Fígado	<b>Endoblasto</b>
5. Unhas	<b>Ectoblasto</b>
6. Rins	<b>Mesoblasto</b>

**2 (UNICAMP)** – Sabe-se que o desenvolvimento de um embrião levará à diferenciação dos tecidos e órgãos do organismo a partir dos folhetos embrionários que são: Ectoderma, Mesoderma e Endoderma. Portanto, podemos dizer que o cérebro, o pâncreas e os testículos originam-se, respectivamente, de quais folhetos?

**RESOLUÇÃO: Ectoderma, endoderma e mesoderma.**

**3** Abaixo estão relacionados folhetos embrionários e órgãos originados deles.

- I. Ectoderme – epiderme.
- II. Mesoderme – derivados cutâneos.
- III. Endoderme – tubo digestório.
- IV. Mesoderme – músculos estriados.
- V. Endoderme – cérebro.
- VI. Ectoderme – pulmões.

Estão corretas:

- a) I, III e IV.
- b) III, IV e V.
- c) I, II e IV.
- d) II, IV e V.
- e) II, V e VI.

**RESOLUÇÃO: Resposta: A**

**4 (MODELO ENEM)** – Os folhetos embrionários através de processos de desenvolvimento e diferenciação darão origem a diferentes estruturas nos indivíduos adultos.

Considere as afirmações abaixo relacionadas ao desenvolvimento embriológico.

- I. A ectoderme origina a medula espinhal.
- II. A mesoderme origina o tecido muscular e ósseo.
- III. A endoderme origina o tecido urogenital.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I.
- b) Apenas I e II.
- c) Apenas I e III.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.

**RESOLUÇÃO: Resposta: B**

**5** Os vertebrados possuem três folhetos germinativos no estágio embrionário, denominados ectoderma, mesoderma e endoderma. A partir dessa afirmativa, indique a resposta **errada**.

- a) O mesoderma forma a derme e o sistema muscular.
- b) O ectoderma forma o sistema nervoso.
- c) O mesoderma forma as estruturas ósseas.
- d) O mesoderma forma o sistema urogenital (rins, bexiga, uretra, gônadas).
- e) O endoderma forma o coração e os vasos sanguíneos.

**RESOLUÇÃO: Resposta: E**



### No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO1M124**