

**CEJA** >>

**CENTRO DE EDUCAÇÃO**  
de JOVENS e ADULTOS

# **CIÊNCIAS DA NATUREZA**

**e suas TECNOLOGIAS** >>

**Biologia**

**Fascículo 4**  
Unidades 9 e 10

---

## GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

---

Governador  
**Wilson Witzel**

Vice-Governador  
**Claudio Castro**

---

## SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

---

Secretário de Estado  
**Leonardo Rodrigues**

---

## SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO

---

Secretário de Estado  
**Pedro Fernandes**

---

## FUNDAÇÃO CECIERJ

---

Presidente  
**Gilson Rodrigues**

---

## PRODUÇÃO DO MATERIAL CEJA (CECIERJ)

---

Coordenação Geral de  
Design Instrucional  
**Cristine Costa Barreto**

Elaboração  
**Clarissa Leal de Oliveira Mello**

Atividade Extra  
**Roberto Spritzer**

Revisão de Língua Portuguesa  
**Paulo Cesar Alves**

Coordenação de  
Design Instrucional  
**Flávia Busnardo**  
**Paulo Miranda**

Design Instrucional  
**Aline Beatriz Alves**

Coordenação de Produção  
**Fábio Rapello Alencar**

Capa  
**André Guimarães de Souza**

Projeto Gráfico  
**Andreia Villar**

Imagem da Capa e da Abertura das Unidades  
**<http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=1381517>**

Diagramação  
**Equipe Cederj**

Ilustração  
**Bianca Giacomelli**  
**Clara Gomes**  
**Fernando Romeiro**  
**Jefferson Caçador**  
**Sami Souza**

Produção Gráfica  
**Verônica Paranhos**

# Sumário

Unidade 9	Núcleo e ciclo celular	5
-----------	------------------------	---

---

Unidade 10	Expressão gênica e diferenciação celular	33
------------	--	----

---

Prezado(a) Aluno(a),

Seja bem-vindo a uma nova etapa da sua formação. Estamos aqui para auxiliá-lo numa jornada rumo ao aprendizado e conhecimento.

Você está recebendo o material didático impresso para acompanhamento de seus estudos, contendo as informações necessárias para seu aprendizado e avaliação, exercício de desenvolvimento e fixação dos conteúdos.

Além dele, disponibilizamos também, na sala de disciplina do CEJA Virtual, outros materiais que podem auxiliar na sua aprendizagem.

O CEJA Virtual é o Ambiente virtual de aprendizagem (AVA) do CEJA. É um espaço disponibilizado em um site da internet onde é possível encontrar diversos tipos de materiais como vídeos, animações, textos, listas de exercício, exercícios interativos, simuladores, etc. Além disso, também existem algumas ferramentas de comunicação como chats, fóruns.

Você também pode postar as suas dúvidas nos fóruns de dúvida. Lembre-se que o fórum não é uma ferramenta síncrona, ou seja, seu professor pode não estar online no momento em que você postar seu questionamento, mas assim que possível irá retornar com uma resposta para você.

Para acessar o CEJA Virtual da sua unidade, basta digitar no seu navegador de internet o seguinte endereço:  
<http://cejarj.cecierj.edu.br/ava>

Utilize o seu número de matrícula da carteirinha do sistema de controle acadêmico para entrar no ambiente. Basta digitá-lo nos campos "nome de usuário" e "senha".

Feito isso, clique no botão "Acesso". Então, escolha a sala da disciplina que você está estudando. Atenção! Para algumas disciplinas, você precisará verificar o número do fascículo que tem em mãos e acessar a sala correspondente a ele.

Bons estudos!





# Núcleo e ciclo celular

**Fascículo 4**  
**Unidade 9**



# Núcleo e ciclo celular

## Para início de conversa...

Era como mágica. O ambiente estava preenchido, a música tomava conta do ar e das pessoas. Violinos, violoncelos, flautas... cada um perfeitamente encaixado na sua função de criar aquela “mensagem para os ouvidos”. Foi assim que me senti quando, pela primeira vez, ouvi uma orquestra se apresentando – a sensação de preenchimento e de bem-estar era enorme, emocionante.

Mas, para muito além das sensações, há uma coisa concreta sobre as orquestras que vale a pena observar: todos os músicos sabem e desempenham perfeitamente os seus papéis, a partir da orientação de um maestro. Com aqueles gestos supostamente simples dos seus braços e a “varetinha” em mãos, o maestro coordena aqueles vários músicos para que o produto final – a música – seja harmônico.



**Figura 1:** A apresentação de uma orquestra requer elevadíssima especialização dos músicos e fabulosa condução do maestro.

Uma analogia ao maestro de uma orquestra a gente pode fazer em relação ao núcleo da célula. Da mesma forma como o maestro determina, com seus gestos, o que os músicos da orquestra vão fazer e, ao cabo, que música tocarão e como a tocarão, o núcleo da célula determina, com seus genes, o que as diferentes partes da célula deverão realizar.

Nas células eucariontes, existe individualização de um núcleo celular. O núcleo é a organela responsável por guardar todas as informações essenciais à vida das células e é a partir dessas informações que pode desencadear uma série de processos que levam à passagem das informações de forma hereditária, conservando uma das importantes propriedades da vida, que vimos em unidades passadas. Essa passagem é explicada por como acontecem as divisões das células de um organismo – e este é o tema dessa nossa unidade!

## Objetivos de aprendizagem

- Identificar as diferentes conformações e estruturas de um cromossomo;
- Reconhecer o fenômeno de crossing over e sua implicação para a diversidade biológica;
- Diferenciar mitose de meiose.

# Seção 1

## Viagem ao centro do meu ser

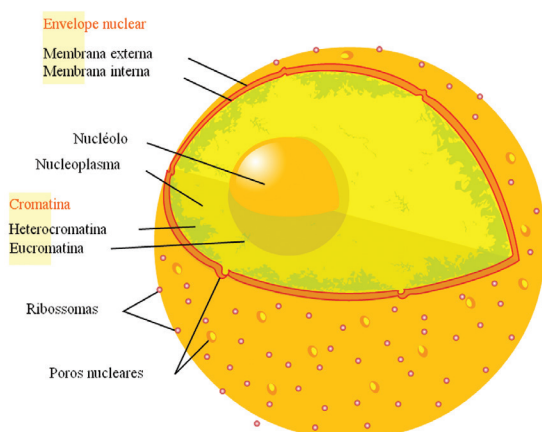
O núcleo é o centro de controle das atividades celulares e o “arquivo” das informações hereditárias (aquelas passadas de pai para filho), que a célula transmite às suas filhas ao se multiplicar. O comando do funcionamento celular, desempenhado pelo núcleo, deve-se à presença de moléculas de ácido desoxirribonucleico (DNA) em seu interior.

A função mais importante do DNA é guardar os genes. Neles estão as receitas para todas as proteínas que constituem um organismo, incluindo a informação sobre qual tipo de célula será produzido, e em que quantidade, e quando cada proteína deverá ser produzida.

Nesta seção, portanto, você conhecerá os principais componentes do núcleo celular. E estudará como a informação genética organiza-se e é guardada no núcleo e, também, como as células dividem-se e transmitem suas informações para os descendentes.

### Carioteca

O núcleo, a maior organela das células animais, é envolto por duas membranas: uma externa, em contato com o citoplasma, e outra interna a esta. Cada uma delas, tal qual a membrana plasmática (que vimos na unidade anterior), é constituída de uma bicamada de fosfolípidios e muitos tipos diferentes de proteínas. A esse envoltório (ou envelope) nuclear é dado o nome de carioteca. Apenas células eucariotas possuem carioteca!



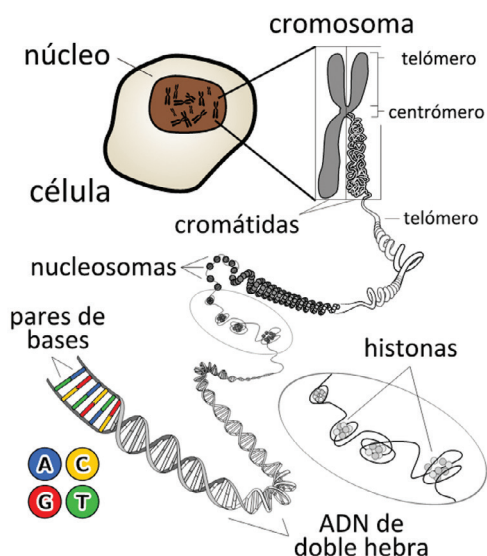
**Figura 2:** O núcleo celular possui um envoltório membranoso, chamado carioteca, que separa o conteúdo do núcleo do restante da célula, além de controlar a passagem de substâncias do núcleo para o citoplasma e vice-versa.

A carioteca é perfurada por milhares de poros, através dos quais determinadas substâncias entram e saem do núcleo. Os poros nucleares são mais do que simples aberturas. Em cada poro, existe uma complexa estrutura proteica que funciona com o uma válvula, abrindo-se para dar passagem a determinadas moléculas, fechando-se em seguida. Dessa forma, a carioteca, assim como a membrana plasmática para a célula, pode controlar a entrada e a saída de substâncias no núcleo (Figura 2).

## Cromossomos e Cromatina

Cada célula humana contém aproximadamente dois metros de DNA de uma ponta à outra. No entanto, o núcleo celular, que abriga o DNA, tem somente cerca de seis micrometros! Considerando que um micrometro é um milhão (1.000.000) de vezes menor que um metro, você deve estar se perguntando: como o DNA é guardado no núcleo da célula?

Bem, o empacotamento do DNA é possível graças à presença de proteínas nucleares que se ligam à molécula de DNA, fazendo com que esta se enrole ao seu redor, como uma linha em torno de um carretel. Estas estruturas, então, enrolam-se umas nas outras, compactando-se ainda mais. A essa conformação compactada do DNA é dado o nome de cromossomo, que mencionamos lá na Unidade 4 do Módulo 1 (abordando como foram descobertos e doenças ligadas a eles, lembra?). E ao complexo “DNA + proteínas” é dado o nome de cromatina (Figura 3).



**Figura 3:** Compactação do DNA. À molécula de DNA associam-se proteínas nucleares que dirigem um processo de dobramento da molécula de maneira organizada até a formação de uma estrutura compacta – o cromossomo.

Ao longo de sua estrutura, um cromossomo apresenta uma ou mais **constrições**. A constrição primária (ou centrômero) está presente em todos os cromossomos, representando um estrangulamento que origina os seus braços. Os cromossomos de uma célula que não está em divisão apresentam apenas dois braços, enquanto o cromossomo de uma célula que se prepara para se dividir apresenta quatro. Isso é o resultado da duplicação do cromossomo (processo que você conhecerá mais adiante). Cada braço duplicado de um mesmo cromossomo recebe o nome de cromátide irmã (Figura 4).

### Constrições

Pressão em torno de algo, que faz diminuir a amplidão ou o seu diâmetro. Sinônimos: aperto, estreitamento.

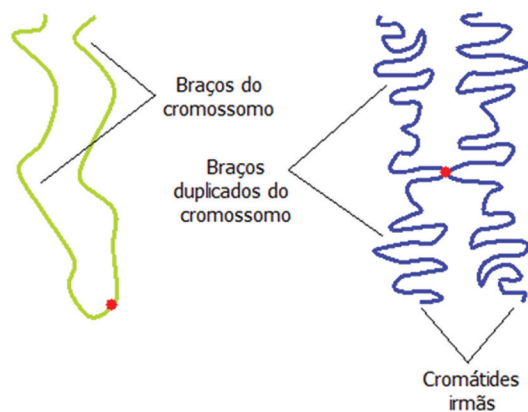


Figura 4: Cromossomos de células que não estão em processo de divisão celular apresentam somente dois braços (em verde), enquanto células que se preparam para entrar em divisão apresentam quatro braços (em azul). Os braços duplicados são chamados de cromátides irmãos.

A posição ocupada pelo centrômero dá origem a quatro classes de cromossomos: Veja a Figura 5.

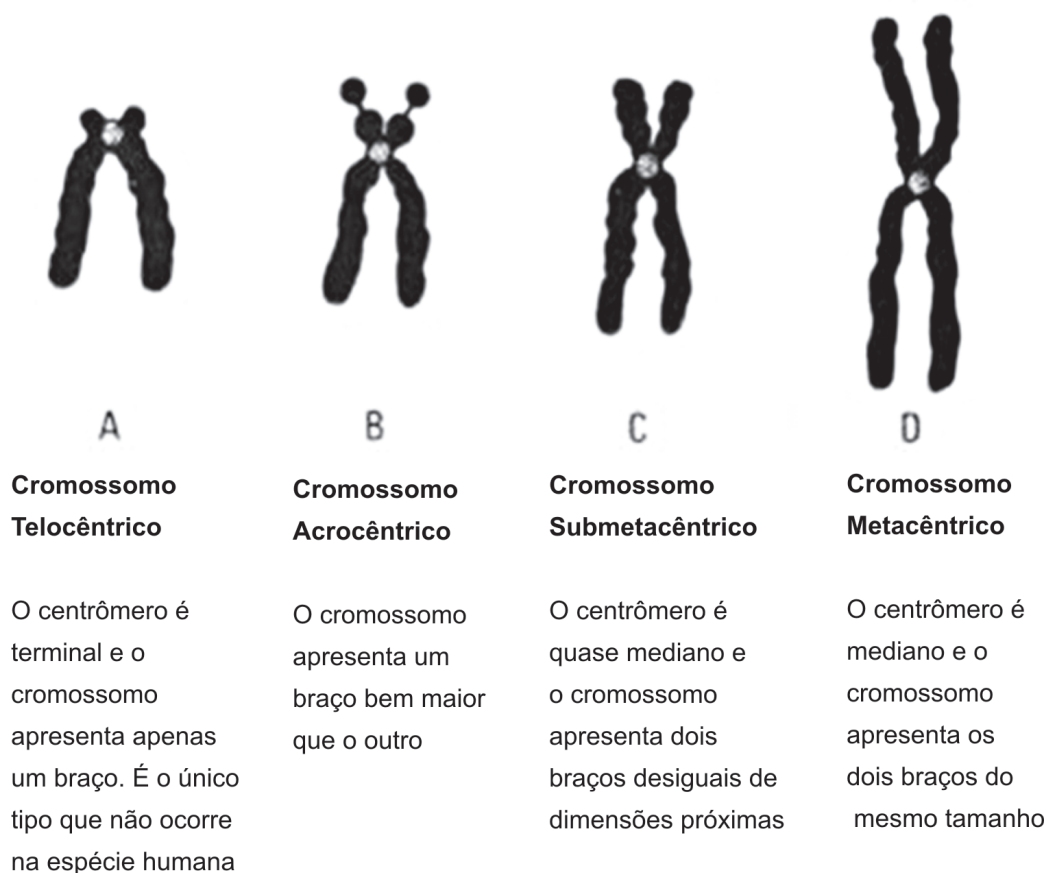
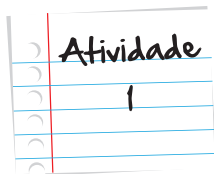


Figura 5: Classificação dos cromossomos de acordo com a posição ocupada pelo centrômero.

Nos cromossomos, encontramos os genes. Cada gene cde a uma sequência da molécula de DNA que é responsável pela receita para a produção de uma proteína. As proteínas são moléculas que compõem praticamente todas as estruturas celulares, desde organelas a membranas e até o próprio núcleo.

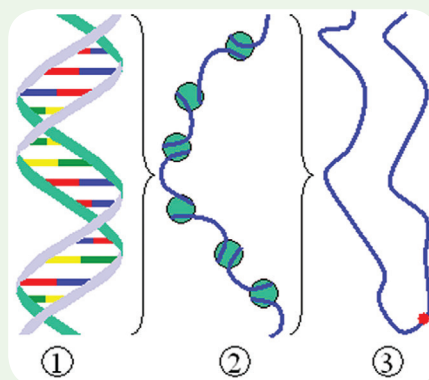
Como você viu lá na Unidade 4 do Módulo 1, o número de cromossomos é constante em indivíduos de mesma espécie, mas varia de espécie para espécie. As células que formam o corpo (chamadas células somáticas) da espécie humana possuem 46 cromossomos em seus núcleos. Desses, 2 cromossomos são sexuais, XX para mulheres e XY para homens e 44 cromossomos são autossomos, ou seja, iguais para ambos os sexos. Você também viu que esse número se conserva, e que, para isso, sua mãe e seu pai passaram a você 23 cromossomos (1 de cada tipo) cada um.

Para complementar seu conhecimento, uma pergunta importante é: como acontecem as divisões celulares que mantêm o numero de cromossomos ou que geram os gametas, com a metade?



### Compactação!

Considerando o que você aprendeu sobre cromossomos e cromatina, identifique as estruturas indicadas pelos números 1, 2 e 3. Justifique a sua resposta.



Anote suas respostas em seu caderno



## Seção 2

### O começo, o meio e o fim...

Ao longo da vida de uma célula, ela gera novas células filhas, idênticas a ela, que carregam consigo todas as informações da célula mãe. Isso acontece através do processo de ciclo celular, o qual envolve a duplicação do material celular e a divisão da célula.

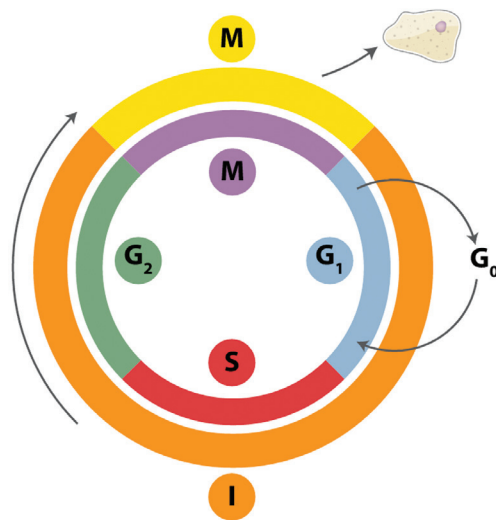
Nesta seção, então, você vai aprender sobre os mecanismos através dos quais as células podem se dividir e vai entender a importância desses para a sobrevivência delas.

### Mitose e meiose

A função básica do ciclo celular das células somáticas é duplicar todo o conteúdo de DNA nos cromossomos e, com precisão, separar essas cópias dentro de cada uma das duas células filhas idênticas.

Mas como a célula faz isso? Bem, o ciclo celular é dividido em quatro fases sequenciais: G<sub>1</sub>, S, G<sub>2</sub> e M (Figura 6). As três primeiras fases, consideradas em conjunto, são chamadas de interfase. Elas são essenciais para permitir o crescimento celular, pois a interfase dura um período grande de tempo, no qual as células crescem, duplicam a sua massa proteica e preparam-se para a divisão. Assim, a interfase pode ocupar 23 horas das 24 horas de um ciclo, enquanto a fase M dura uma hora restante.

A fase G<sub>1</sub> é muito importante para que a célula faça as verificações necessárias para decidir se deve ou não continuar o ciclo celular. Durante a fase S, a célula duplica todo o seu conteúdo celular, incluindo seu DNA. A fase G<sub>2</sub> constitui uma fase de controle do ciclo celular, pois é nesta fase que a célula verifica se a replicação do DNA ocorreu corretamente e pode interromper o ciclo e permitir que a célula volte para a fase S.



**Figura 6:** Fases do ciclo celular. O ciclo celular possui quatro fases sequenciais: G<sub>1</sub>, S, G<sub>2</sub> e M. Durante o ciclo celular, a célula duplica todo seu conteúdo para dar origem às duas células filhas idênticas.

A fase M envolve uma série de eventos que dão início a divisão nuclear (mitose) e terminam com a citocinese, um processo que implica na divisão do citoplasma, finalizando assim a divisão das duas células filhas.

A mitose é composta por cinco etapas:

- 1ª) **Prófase**: a cromatina condensa-se ainda mais, originando cromossomos mais compactos, o que favorecerá a separação das cromátides irmãs;
- 2ª) **Pró-metáfase**: o envoltório nuclear (carioteca) é rompido e os cromossomos vão fixar-se em uma estrutura do citoesqueleto chamada de microtúbulos do **fuso mitótico**;

### Fuso mitótico

É uma estrutura do citoesqueleto das células eucariotas, envolvida na mitose e na meiose. A sua função é a de separar os cromossomos, durante a divisão celular.

- 3ª) **Metáfase**: os cromossomos são alinhados na região equatorial (no meio) da célula, posicionando-se para a separação;
- 4ª) **Anáfase**: ocorre a separação das cromátides irmãs e movimentação dos cromossomos para os polos formados;
- 5ª) **Telófase**: os cromossomos sofrem uma descondensação e organizam-se em dois núcleos intactos.

Seguida da última etapa da mitose, ocorre a citocinese, com a divisão da célula em duas, completando a divisão celular (Figura 7).

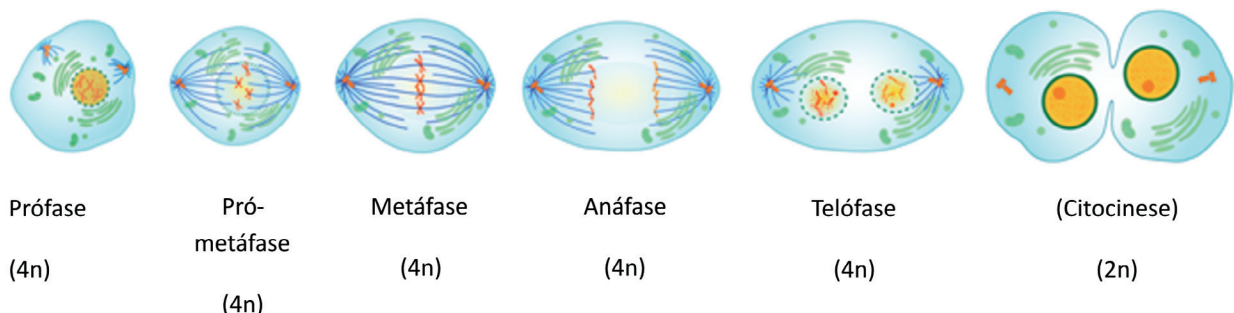


Figura 7: Eventos da fase M. A fase M é dividida em cinco etapas, e termina com a citocinese e o “nascimento” de duas células filhas idênticas. As etapas da mitose são: prófase, pró-metáfase, metáfase, anáfase e telófase.

## 2n

É a terminologia que usamos, em Biologia, para designar uma célula diploide, ou seja, uma célula que possui um par de cada cromossomo.

## 4n

É a terminologia que usamos, em Biologia, para designar uma célula que apresenta o dobro da quantidade de cromossomos que, normalmente, apresenta, por estar em fase de divisão celular. A quantidade de cromossomos se dobra na fase S, que acontece no ciclo celular para preparar a célula para a fase M.

Ok, então todas as células se dividem por mitose? A resposta é não! Apenas as células somáticas dividem-se por mitose, pois as células reprodutoras – os óvulos e os espermatozoides – reproduzem-se por um tipo especial de divisão celular, chamado meiose.

Enquanto ao final da mitose são geradas duas células filhas idênticas à célula mãe, ao final da meiose são geradas quatro células filhas com a metade das informações contidas na célula mãe. Por isso ela é denominada divisão reducional.

A meiose consta de duas divisões: na primeira, há duplicação dos cromossomos e na segunda, não.

Assim como na mitose, a interfase precede a meiose, promovendo a duplicação dos cromossomos. Terminada a interfase, inicia-se a meiose propriamente dita. Cada divisão da meiose é composta por quatro etapas sequenciais:

- prófase (I e II);
- metáfase (I e II);
- anáfase (I e II);
- telófase (I e II), seguidas de citocinese.

Na primeira divisão da meiose, a etapa de prófase I é a mais longa de todo o processo. Durante esta etapa, ocorre a quebra do envoltório nuclear e o fenômeno chamado *crossing over*, o qual permite a troca de genes entre cromossomos homólogos. Este fenômeno é muito importante para a manutenção das espécies, uma vez que aumenta a variedade do conteúdo genético das células, sendo considerado um fator de variabilidade genética.

## Cromossomos homólogos

São aqueles que possuem sequências de DNA muito semelhantes, mas não idênticas.

Na maioria dos eucariotos, uma célula carrega duas versões de cada gene ( $2n$ ), chamadas de alelos. Um descendente recebe cada um de seus alelos de cada um de seus pais. Isso é passado a você porque a cada par de cromossomos que você tem, um veio do seu pai e outro da sua mãe. Cada cromossomo do par é o que chamamos cromossomo homólogo; os cromossomos homólogos possuem os alelos de cada gene.

Durante o fenômeno de *crossing over*, os alelos de um mesmo gene trocam figurinhas entre si, ou seja, um alelo que originalmente veio do pai troca informações com um alelo que veio originalmente da mãe, gerando um gene recombinante em um mesmo cromossomo. Isso significa que o indivíduo que herdar este cromossomo vai possuir um gene com informações misturadas do pai e da mãe, e assim vai possuir informação variada – diferente – dos indivíduos que receberem cromossomos, contendo o mesmo gene, oriundo de apenas um dos pais.



O *crossing over*, assim como as mutações, é um importante mecanismo de geração de variação genética. Consequentemente, ele contribui para a diversidade dos seres vivos.

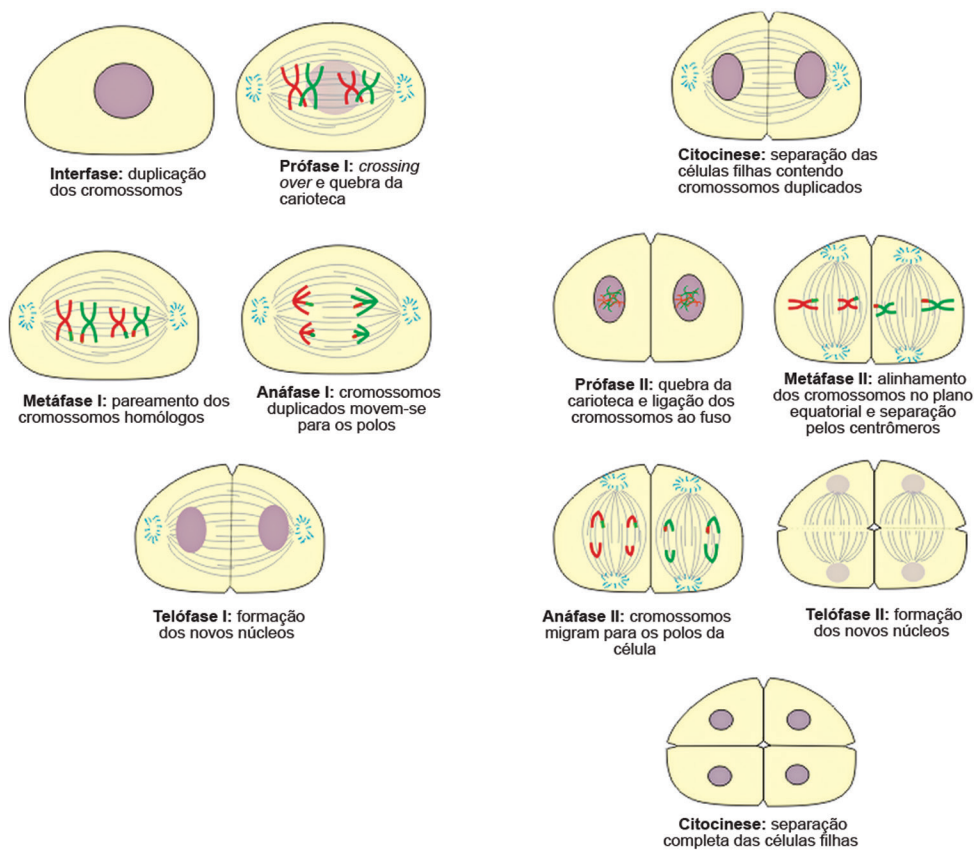
Durante a metáfase I, há o pareamento dos cromossomos e na anáfase I, os cromossomos duplicados ( $4n$ ) movem-se para os polos celulares. Diferente da mitose, na primeira anáfase da meiose não há separação dos cromossomos duplicados pelo centrômero. Na telófase I, então, os novos núcleos, contendo os cromossomos duplicados, são formados e ao final da citocinese duas células filhas ( $2n$ ) são formadas.

A segunda divisão da meiose só ocorre após um período de repouso das células, chamado de intercinese.

A prófase II da meiose é muito semelhante à prófase da mitose: quebra da carioteca e ligação dos centrômeros às fibras do fuso, o que favorecerá a separação. Durante a metáfase II, os cromossomos são alinhados na região equatorial da célula e agora sim ocorre a separação dos cromossomos duplicados pelo centrômero. Na anáfase II, os cromossomos separados migram para os polos da célula e descondensam. Na telófase II, então, são formados os novos núcleos das células filhas e ao final da citocinese, quatro células filhas ( **$n$** ) são originadas (Figura 8).

## **$n$**

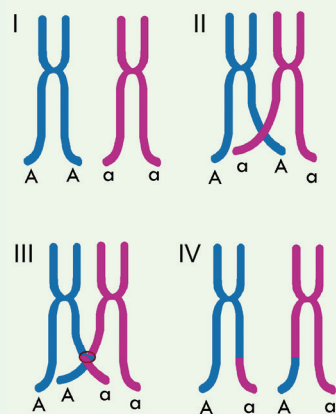
É a terminologia que usamos, em biologia, para designar uma célula haploide, ou seja, uma célula que possui um cromossomo de cada tipo. No nosso corpo, nossos gametas são células haploides.



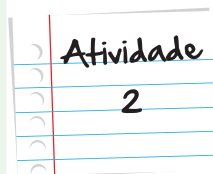
**Figura 8:** As etapas das divisões meióticas.

### Trocando figurinhas...

A figura a seguir representa um fenômeno muito importante para a manutenção das espécies que ocorre durante a divisão celular. Que fenômeno é esse? Por que ele é tão importante? E em qual tipo de divisão celular ele ocorre?



Anote suas respostas em seu caderno

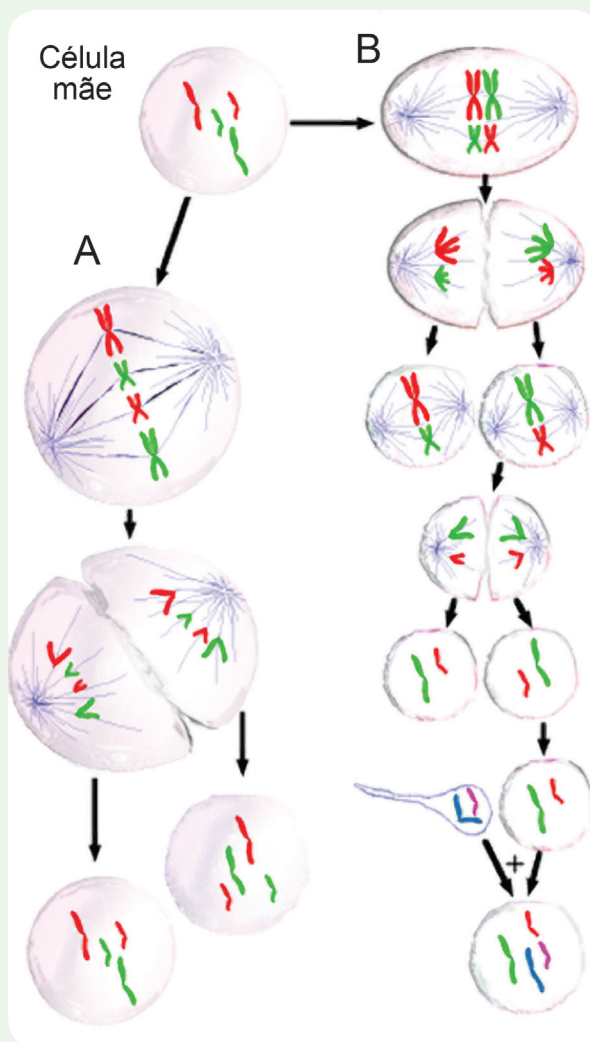


## Atividade

3

### Dividir é preciso!

Para que as células não percam suas informações ao morrerem, ao longo de sua vida elas se dividem, transmitindo essas informações às suas células filhas. Como você aprendeu nesta seção, existem dois tipos de divisão celular. Analisando a figura a seguir, identifique quem é A e quem é B, justificando sua resposta.



Anote suas  
respostas em  
seu caderno

Você acabou de estudar, então, que o núcleo é considerado o centro de comando de uma célula por conter todas as informações necessárias para o correto funcionamento da mesma. É através do ciclo celular, mais precisamente da divisão celular (mitose ou meiose), que as células passam todas essas informações – contidas em seus genes – para seus descendentes. Na próxima unidade, a gente vai ver um pouco sobre como as células, a partir das informações do núcleo, podem se dividir e se especializar em nas mais diversas funções do nosso organismo.

## Resumo

- O conteúdo do núcleo celular é separado do restante da célula por duas membranas semelhantes à membrana plasmática, chamada de envoltório nuclear ou carioteca;
- No núcleo estão guardadas todas as informações essenciais para a manutenção e geração dos organismos. Essas informações são os chamados genes e encontram-se nos cromossomos – conformação compactada da molécula de DNA;
- As células somáticas (que compõem todo o corpo) transmitem suas informações pela divisão celular mitótica, gerando duas células filhas idênticas;
- Células reprodutoras, como os ovócitos e os espermatozoides, dividem-se por meiose, gerando quatro células filhas que possuem a metade da informação genética das células mães;
- A meiose é muito importante para a variabilidade genética das células, pois durante seu processo ocorre o fenômeno de crossing over, no qual cromossomos homólogos trocam genes entre si.

## Veja ainda:

- Uma revisão bastante completa sobre cromossomos: <http://goo.gl/m0UcL>
- Um vídeo super legal de menos de dois minutos, mostrando como ocorrem a mitose e a meiose: <http://goo.gl/tdvcz>

# Bibliografia Consultada

## Livro

- Alberts, B.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K.; Walter, P. **Molecular Biology of the Cell**. 4th edition. New York: Garland Science, 2002. 1400p.

## Imagens



- [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Orchestra\\_of\\_the\\_18th\\_Century.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Orchestra_of_the_18th_Century.jpg)



- [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diagram\\_human\\_cell\\_nucleus\\_oc.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diagram_human_cell_nucleus_oc.svg)



- <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chromosome-es.svg>



- [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chromatin\\_chromosome.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chromatin_chromosome.png)



- <http://bioglossario2.wikispaces.com/Centrômero>



- [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chromatin\\_chromosome.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chromatin_chromosome.png)



- [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cell\\_Cycle\\_2.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cell_Cycle_2.svg)



- [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b7/MITOSIS\\_cells\\_sequence.svg/2000px-MITOSIS\\_cells\\_sequence.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b7/MITOSIS_cells_sequence.svg/2000px-MITOSIS_cells_sequence.svg.png)



- <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Meiosis.png>



- <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Crossing-over.PNG>



- [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Three\\_cell\\_growth\\_types.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Three_cell_growth_types.png)



### Atividade 1

1 = Molécula de DNA; 2 = cromatina, pois representa a molécula de DNA associada às proteínas nucleares; 3 = cromossomo, que é a conformação compactada da molécula de DNA realizada pela ação das proteínas nucleares.

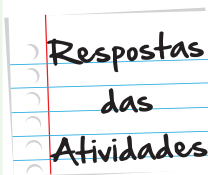
### Atividade 2

O fenômeno representado pela figura é o *crossing over* e ele é muito importante para a manutenção das espécies por conferir maior variabilidade genética, ou seja, uma variação do material genético que as células mães possuíam. Este fenômeno ocorre durante a primeira divisão da meiose, mais especificamente durante a etapa de prófase I. Ele é importante porque contribui para a diversidade, na medida em que gera gametas que originarão seres descendentes diferentes dos seus pais.

### Atividade 3

A = mitose, pois ao final da divisão celular foram geradas duas células filhas idênticas à célula mãe.

B = meiose, pois ocorreram duas divisões ao longo do processo e no final da segunda divisão foram geradas quatro células filhas contendo a metade das informações da célula mãe.







# O que perguntam por aí?

## Questão 1

1) (UFRN-90) A carioteca é formada por:

- a) duas membranas proteicas com poros.
- b) uma membrana proteica sem poros.
- c) uma membrana lipoproteica com poros.
- d) duas membranas lipoproteicas com poros.
- e) duas membranas lipoproteicas sem poros.

**Gabarito:** Letra D.

**Comentário:** A carioteca ou envoltório nuclear é formado por duas membranas semelhantes à membrana plasmática, sendo compostas principalmente por proteínas e lipídios.

## Questão 2

6) (CESGRANRIO-RJ) Dos constituintes celulares abaixo relacionados, qual está presente somente nos eucariontes e representa um dos critérios utilizados para distingui-los dos procariontes?

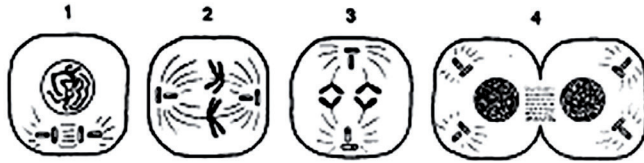
- a) DNA.
- b) Membrana celular.
- c) Ribossomo.
- d) Envoltório nuclear.
- e) RNA.

**Gabarito:** Letra D.

**Comentário:** Apenas células eucarióticas possuem carioteca.

### Questão 3

1) (UF-GO)



Relacione as fases da mitose: anáfase, telófase, metáfase e prófase, com os respectivos números das figuras acima:

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

**Gabarito:** Letra B.

Comentário: Durante a anáfase, as cromátides irmãs migram para os polos celulares; durante a telófase os novos núcleos celulares são completamente formados; durante a metáfase os cromossomos são alinhados na região equatorial da célula; durante a prófase há a condensação dos cromossomos e a quebra do envoltório nuclear.

### Questão 4

3) (UF-RN) A consequência mais importante da mitose é:

- a) determinar a diferenciação celular.
- b) a produção de gametas e esporos haplóides.
- c) a produção de células iguais à célula mãe.
- d) aumentar a variabilidade genética dos seres vivos.
- e) aumentar a taxa de mutação.

**Gabarito:** Letra C.

Comentário: Ao final da mitose são geradas duas células filhas idênticas à célula mãe, pois apresentam o mesmo conteúdo genético, proteico e de organelas.

## Questão 5

13) (CESGRANRIO) Durante a prófase da primeira divisão meiótica, ocorre a troca de fragmentos entre cromossomos homólogos, possibilitando uma maior variabilidade genética. A esse evento dá-se o nome de:

- a) formação de bivalentes.
- b) formação de tétrades.
- c) citocinese.
- d) intercinese.
- e) "crossing-over"

**Gabarito:** Letra E.

**Comentário:** O crossing over é o fenômeno no qual os cromossomos homólogos trocam de figurinhas entre si e assim, permite que as informações originalmente vindas do pai e as originalmente vindas da mãe estejam presentes no mesmo cromossomo. Aumentando a informação contida no mesmo, aumentando a variabilidade genética dos indivíduos que possuem esse cromossomo.

## Questão 6

22) (FATEC-SP) Das afirmativas abaixo:

I- O *crossing-over* permite a recombinação dos genes localizados em cromossomos homólogos.

II- Meiose é um tipo de divisão celular na qual uma célula diplóide dá origem a quatro células haplóides.

III- A intérfase é um período de grande atividade metabólica no núcleo. É nessa fase que o DNA se duplica e o RNA é sintetizado.

- a) apenas a afirmativa I é correta.
- b) apenas a afirmativa II é correta.
- c) apenas a afirmativa III é correta.
- d) apenas duas afirmativas são corretas.
- e) todas as afirmativas são corretas.

**Gabarito:** Letra E.

**Comentário:** Por meio do crossing over, cromossomos homólogos trocam genes entre si, processo chamado de recombinação gênica.

Ao final da segunda divisão meiótica, são geradas quatro células filhas, contendo a metade do conteúdo da célula mãe.

A interfase compreende as fases G1, S e G2 consideradas em conjunto. Durante a fase S, ocorre a duplicação de todo o material da célula, incluindo seu DNA e sua massa de proteínas e organelas.



# Atividade extra

## Questão 1

A função básica do ciclo celular das células somáticas é duplicar todo o conteúdo de DNA. O processo de divisão celular é composto por cinco etapas: prófase, pró-metáfase, metáfase, anáfase, telófase.

Este processo é chamado de:

- a. mitose.
- b. meiose.
- c. interfase.
- d. citocinese.

## Questão 2

“A função básica do ciclo celular das células somáticas é duplicar todo o conteúdo de DNA...”.

Adaptado de Ciências da Natureza e suas Tecnologias- Biologia - Cecierj. Fascículo 4.

Cada divisão da meiose é composta por quantas etapas seqüenciais?

- a. Uma
- b. Duas
- c. Três
- d. Quatro



### Questão 3

Células reprodutoras, como os ovócitos e os espermatozóides, geram quatro células filhas, que possuem a metade da informação genética das células mães.

Essas células dividem-se por

- a. duplicação.
- b. replicação.
- c. meiose.
- d. mitose.

### Questão 4

Durante o processo de divisão celular ocorre o fenômeno conhecido como crossing over, no qual cromossomos homólogos trocam genes entre si. Isto é muito importante para que ocorra a variabilidade genética das células.

Esse processo só ocorre na:

- a. segunda divisão da meiose, durante a citocinese.
- b. primeira divisão da meiose, durante a etapa de prófase I.
- c. primeira divisão da meiose, durante a etapa de metáfase I.
- d. segunda divisão da meiose, durante a etapa de metáfase II.

### Questão 5

O núcleo, a maior organela das células animais, é envolto por duas membranas: uma externa, em contato com o citoplasma, e outra interna a esta.

A este envoltório nuclear é dado o nome de:

- a. citoplasma.
- b. citocinese.
- c. cariótipo.
- d. carioteca.



## Questão 6

Crossing over é um fenômeno muito importante para a manutenção das espécies que ocorre durante a divisão celular.

Crossing over é o nome dado à:

- a. reversão de uma mutação.
- b. duplicação do cromossomo.
- c. troca de partes entre cromátides irmãs.
- d. troca de partes entre cromossomos homólogos.

## Questão 7

Enquanto ao final da mitose são geradas duas células filhas idênticas à célula mãe, ao final da meiose são geradas quatro células filhas com a metade das informações contidas na célula mãe.

Uma célula com 4 cromossomos sofre meiose e origina:

- a. 2 células com 4 cromossomos.
- b. 2 células com 2 cromossomos.
- c. 4 células com 2 cromossomos.
- d. 4 células com 4 cromossomos.

## Questão 8

O ciclo celular envolve a interfase e as divisões celulares, que podem ser mitose ou meiose. A meiose é um tipo de divisão celular que originará quatro células com o número de cromossomos reduzido pela metade.

Uma característica do ciclo celular é que:

- a. o crossing over ocorre em todos os cromossomos não homólogos.
- b. a interfase é um período em que ocorre apenas a duplicação do material genético.
- c. na anáfase I cada cromossomo de um par de cromossomos homólogos é puxado para um dos pólos da célula.

- d. na telófase I os cromossomos separados em dois lotes sofrem duplicação do material genético e as membranas nucleares se reorganizam.

## **Questão 9**

Os cromossomos são classificados de acordo com a posição ocupada pelo centrômero.

A posição ocupada pelo centrômero dá origem a quatro classes de cromossomos.

Quais são essas quatro classes de cromossomos?

## **Questão 10**

Uma estrutura do citoesqueleto das células eucariotas está envolvida na mitose e na meiose. A sua função é a de separar os cromossomos durante a divisão celular.

Como é chamado este processo?

## Gabarito

### Questão 1

A	B	C	D
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Questão 2

A	B	C	D
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

### Questão 3

A	B	C	D
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Questão 4

A	B	C	D
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Questão 5

A	B	C	D
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

### Questão 6

A	B	C	D
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

### Questão 7

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☒ ☐

### Questão 8

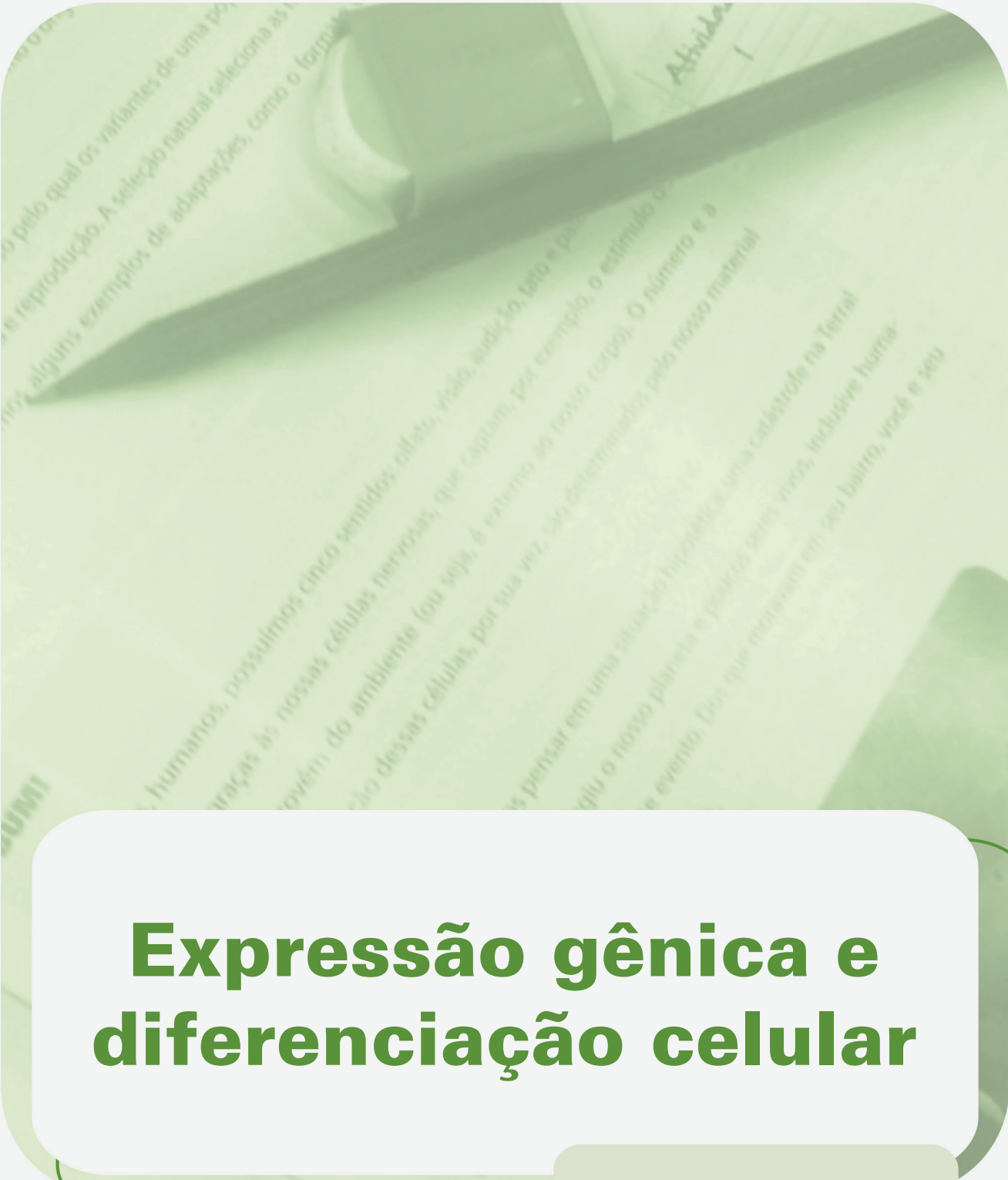
- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☒ ☐

### Questão 9

Cromossomo Telocêntrico, Cromossomo Acrocêntrico, Cromossomo Submetacêntrico e Cromossomo Metacêntrico.

### Questão 10

Fuso mitótico.



# Expressão gênica e diferenciação celular

**Fascículo 4**  
**Unidade 10**



# Expressão gênica e diferenciação celular

## Para início de conversa...

Quando você olha para as pessoas ao seu redor ou para você mesmo em frente ao espelho, é capaz de perceber como as pessoas são diferentes umas das outras e como no seu próprio rosto existem tantos detalhes.

São diferentes cores de olhos, cabelos e pele, e em tantos diferentes tons e tudo isso se deve à expressão de nossos genes – as unidades de informação dos organismos. Mas sabendo-se que todas as células de um mesmo organismo possuem os mesmos genes, por que as células do olho são diferentes das células da boca?

Bem, isso acontece, porque existe um controle sobre a expressão dos genes. Mesmo que todas as células de um mesmo organismo possuam todos os genes iguais, alguns grupos celulares irão formar tecidos e órgãos diferentes, pois terão certos genes expressos, enquanto outros não terão expressão. A esse processo dá-se o nome de diferenciação celular.

Como veremos, a diferenciação celular é um processo fundamental para a formação dos seres humanos e ocorre nos estágios iniciais da vida.



**Figura 1:** A diversidade de características observada em uma população é devido à diferente expressão dos genes presentes em cada indivíduo. O controle sobre essa expressão em diferentes conjuntos de células dá origem aos diferentes tecidos e órgão presentes no corpo humano.

## Objetivos de aprendizagem

- Relembrar o conceito e a importância da expressão gênica;
- Relacionar o processo de expressão gênica à formação dos diferentes tipos celulares existentes em um organismo multicelular;
- Conceituar células-tronco humanas e reconhecer a sua importância para a cura de muitas doenças degenerativas.



# Seção 1

## Por que a gente é assim?!

Você alguma vez se perguntou por que seu cabelo é cacheado, por que o olho do seu vizinho é azul, ou por que a conhecida de uma amiga sua tem o cabelo ruivo? Ou já se perguntou por que seu braço tem pelos, mas as palmas das mãos não?

A resposta para todas essas perguntas é a mesma e está em nossos genes. Como você já viu anteriormente, os genes são as unidades de informação dos organismos que determinam as características de uma espécie como um todo, bem como as de um mesmo indivíduo. Os genes são segmentos das moléculas de DNA, a qual abriga milhares deles.

Nesta seção, então, você vai relembrar como as informações contidas nos genes são transformadas nas características que vemos nos indivíduos. Vamos, portanto, trabalhar um pouquinho mais sobre a importância da expressão gênica, ou seja, da manifestação das informações contidas nos genes?

### **Decifrando o código da vida**

No módulo 1, você conheceu a estrutura do DNA e do RNA e descobriu como as sequências de bases transformam-se na cor do olho do seu vizinho, no seu cabelo cacheado ou no cabelo ruivo da conhecida da sua amiga. Vamos relembrar?

Bem, a transformação das informações ocorre em duas etapas: a primeira consiste na produção de moléculas de RNA a partir do DNA; e a segunda etapa consiste na produção de proteínas a partir desse RNA. As proteínas são as responsáveis de fato pela cor dos olhos, da pele, pelo formato do cabelo, pela presença ou ausência de pelos numa dada região do corpo.

O processo no qual a molécula de RNA é produzida a partir da molécula de DNA é chamado de transcrição. A transcrição ocorre no núcleo da célula pela ação de uma enzima específica para esta tarefa: a RNA polimerase. Utilizando uma das fitas de DNA como molde, a RNA polimerase constrói a fita simples de RNA, que é complementar à fita molde de DNA.

Importante

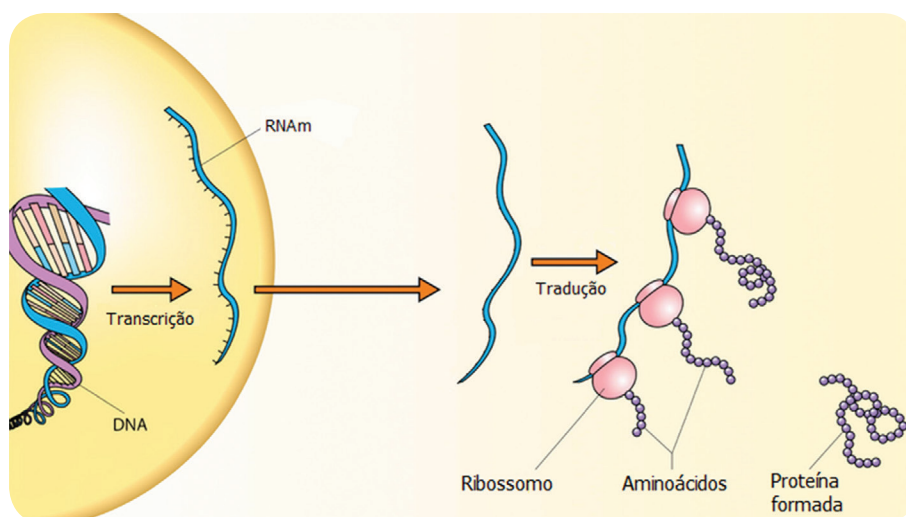
Cada molécula de RNA produzida equivale a um gene transcrito, ou seja, à informação contida em uma sequência específica do DNA.

A segunda etapa que decifra o código da vida consiste na síntese de proteínas, que são os produtos finais e os objetivos reais da expressão gênica. A síntese de proteínas ocorre no citoplasma das células e é feita a partir das moléculas de RNA mensageiros (RNAm).

Importante

Cada molécula de RNA contém a informação de um gene e assim cada proteína sintetizada a partir dele é produto deste gene!

Ao processo de síntese de proteínas a partir de moléculas de RNAm, é dado o nome de tradução. Ao final dele, os RNAm que já foram lidos algumas vezes são degradados. Caso seja necessária a síntese dessas proteínas novamente, novos RNAm serão transcritos. Assim, a célula pode controlar a quantidade de proteínas que são sintetizadas (Figura 2).



**Figura 2:** Decifrando o código da vida. Moléculas de DNA são transcritas em RNA mensageiros (RNAm) no núcleo celular. Eles, então, são transportados para o citoplasma, onde juntamente aos ribossomos, participam do processo de síntese das proteínas.

## Seção 2

### Eu tenho, você não tem...

Você já se perguntou por que as células no seu olho fazem você ver, enquanto as células do seu coração fazem-no bater? Considerando que todas elas são células do mesmo organismo e, portanto possuem os mesmos genes, por que elas são tão diferentes?

As células de um mesmo organismo tornam-se diferentes umas das outras porque sintetizam e acumulam moléculas de RNA e, conseqüentemente, de proteínas diferentes. É por isso que elas diferem tanto em suas estruturas e em suas funções.

Ao fenômeno que permite a variedade de tipos celulares em um mesmo organismo chamamos diferenciação celular. A diferenciação celular geralmente depende de mudanças na expressão gênica.

Nesta seção, você vai conhecer os possíveis mecanismos que as células utilizam para controlar a expressão de seus genes e vai aprender um pouquinho sobre o desenvolvimento de um indivíduo multicelular complexo: o homem.

### Controle da expressão gênica

Uma célula pode controlar as proteínas que produz por diferentes mecanismos:

1. controlando quando e como um determinado gene é transcrito;
2. controlando o processamento de seus RNA já transcritos;
3. controlando a saída dos RNA do núcleo para o citoplasma;
4. controlando quais RNAm, presentes no citoplasma, serão traduzidos;
5. controlando a degradação dos RNAm;
6. controlando a atividade, a estrutura e a degradação de proteínas formadas ou em formação.

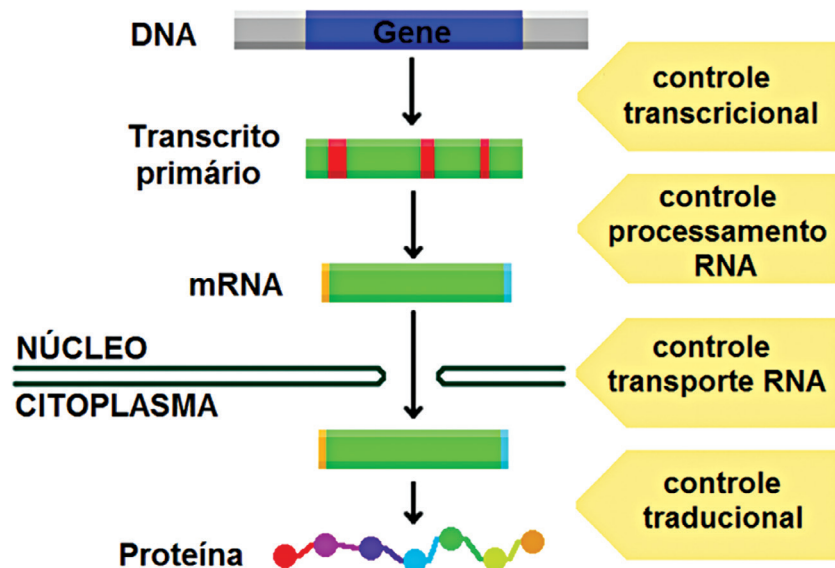


Figura 3: Diferentes níveis de controle da expressão gênica. Diferentes mecanismos podem controlar quais proteínas serão produzidas por uma célula. O controle transcricional implica na decisão de quando e como um gene será transcrito. Tendo sido transcrito um RNAm, existem mecanismos que controlam tanto a forma final deste, como sua saída do núcleo para o citoplasma, sendo chamados de controle de processamento e de transporte, respectivamente. Uma vez que este RNAm tenha chegado ao citoplasma, a síntese da proteína pode ainda ser controlada de diversas maneiras: degradação do RNA, inibição da tradução, entre outros.

Todos esses mecanismos controlam a expressão gênica e, assim, permitem que as células possam ser diferenciadas em todos os tipos celulares que existem em um organismo multicelular: desde as células que formam seus olhos, até as que fazem o seu coração bater.

## A origem do todo

Iniciamos nossa vida como uma célula única: um óvulo fertilizado, também chamado de zigoto. Durante o desenvolvimento, esta célula divide-se repetidamente, produzindo muitas outras células, diferentes entre si, que se organizam de forma complexa e espetacular até formar o corpo do ser humano.

O corpo humano possui mais de 200 tipos celulares diferentes, com funções e formas diversas. Sabendo que todas elas se originaram de uma única célula inicial e, portanto, possuem o mesmo genoma, você pode se perguntar: como elas se tornaram tão diferentes?

Bem, as células diferem não porque contenham informações genéticas diferentes, mas porque expressam conjuntos diferentes de genes.

Esta expressão gênica diferenciada controla os quatro processos essenciais para que aquela célula inicial origine um embrião perfeito. São eles:

1. proliferação celular, ou seja, a produção de muitas células a partir de uma;
2. especialização celular, gerando células com características diversas (pois expressam diferentes conjuntos de genes), em diferentes posições do corpo;
3. interações entre células, o que permite a coordenação do comportamento de uma célula em relação ao de suas vizinhas;
4. movimentos celulares, possibilitando a organização próxima das células com características comuns ou afins para formar tecidos e órgãos.

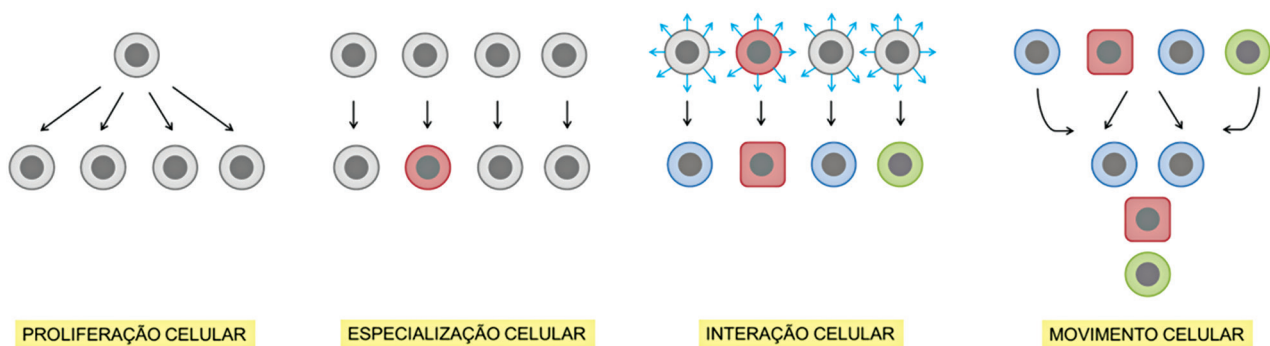


Figura 4: Os quatro processos essenciais para a formação de um embrião. Durante a proliferação celular, uma mesma célula é capaz de se dividir várias vezes, originando células-filhas idênticas a ela. Essas células-filhas vão controlar de maneira diferente a expressão de seus genes, originando células mais especializadas – como a célula ilustrada em vermelho. Além disso, as células interagem entre si, ou seja, conversam umas com as outras, e esse processo induz a diferenciação das células vizinhas a ela – ilustradas pelas células em azul e verde e mudança de forma da célula vermelha. Após essas modificações, as células movem-se, agrupando-se de acordo com suas características (cor e forma), originando as estruturas teciduais do futuro bebê.  
Fonte: Clarissa Leal de Oliveira Mello

As células originadas pelas primeiras divisões do zigoto são classificadas como *células-tronco totipotentes*, pois podem dar origem a todos os diferentes tecidos e órgãos que compõem um ser humano. Elas também dão origem ao cordão umbilical, à placenta e ao saco amniótico – os chamados anexos embrionários – estruturas que possibilitam a nutrição e o desenvolvimento do futuro bebê dentro da barriga da mãe.

Cerca de cinco dias após a formação do zigoto, as células em divisão apresentam a primeira diferenciação, então chamada de estágio de blastocisto (Figura 5). Nesse estágio, as células externas vão dar origem aos **anexos embrionários** enquanto as células da massa interna podem dar origem a todos os tecidos e órgãos de um ser humano. Às células da massa interna é dado o nome de *células-tronco embrionárias*, e elas são classificadas como *pluripotentes*.

## Anexos embrionários

São estruturas formadas durante o desenvolvimento do embrião para possibilitar que ele se desenvolva com segurança. No caso dos humanos, os mais conhecidos são o líquido amniótico (a famosa bolsa que estoura quando as grávidas estão para ter bebê) e a placenta.

Conforme as células do embrião vão se especializando e se organizando, surgem as primeiras células comprometidas com um destino celular. Essas são as células-tronco tecido específicas, que podem dar origem apenas aos diferentes tipos de células de um mesmo tecido. Por isso, elas são classificadas como *células-tronco multipotentes*.

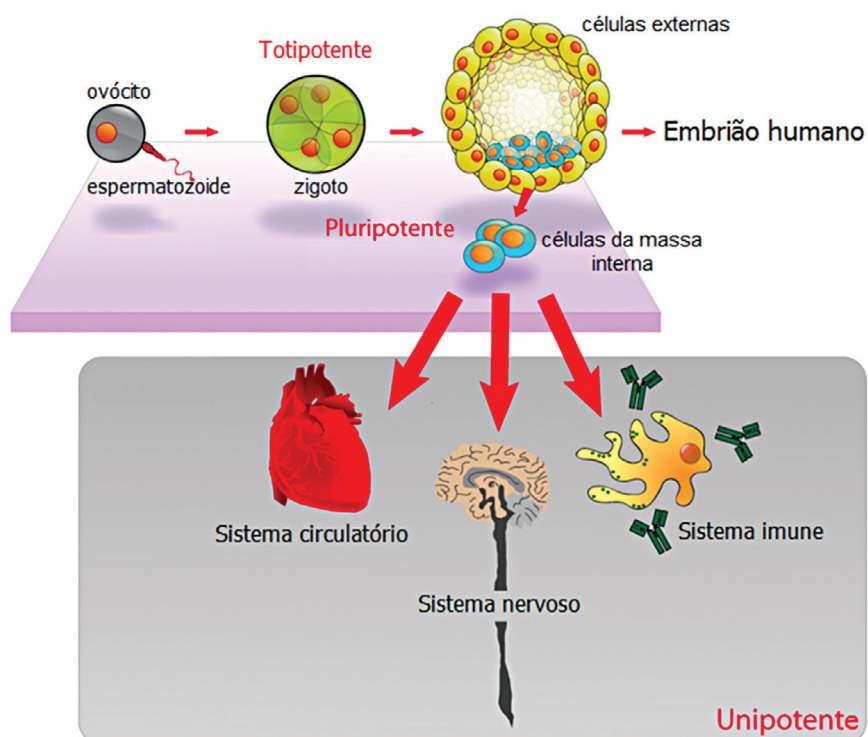


Figura 5: Os diferentes tipos de células-tronco presentes no desenvolvimento do embrião. Durante as primeiras divisões do zigoto, as células-tronco são extremamente capazes de se proliferar, sendo consideradas totipotentes; em estágio de blastocisto, são capazes de produzir os anexos embrionários e as diferentes células do futuro bebê, por isso são consideradas pluripotentes. E quando já se diferenciaram, elas não mais podem gerar outros tipos celulares se não o seu próprio, por isso são chamadas unipotentes.

Mas o que é um tecido? Um tecido corresponde a um conjunto de células que desempenham determinadas funções no corpo. Como por exemplo, as células do coração, que são responsáveis por ele bater em seu peito; as células da sua pele, que cobrem seu corpo; as células dos seus olhos, que permitem que você veja as coisas.

Uma vez que uma célula passa a expressar determinados genes e outros não, ela se compromete com um tipo celular ou um tipo de tecido (*células-tronco multipotentes*). Alguns exemplos desse tipo celular são as células-tronco **hematopoiéticas**. Elas são encontradas na **medula óssea** e podem dar origem a todos os tipos celulares presentes no sangue (como as células vermelhas e brancas). Existem também as células-tronco neurais, encontradas, por exemplo, na **retina**. Elas podem dar origem às células ganglionares (neurônios da retina) e aos fotorreceptores. Ainda, podemos citar as células-tronco encontradas no coração humano, que podem dar origem à musculatura dos vasos sanguíneos e aos cardiomiócitos (as células musculares do coração) (Figura 6).

As células-tronco multipotentes são responsáveis principalmente pela renovação e manutenção dos tecidos, pois promovem a substituição de células que morrem, permitindo que a estrutura e função tecidual não sejam perdidas.

## Hematopoiéticas

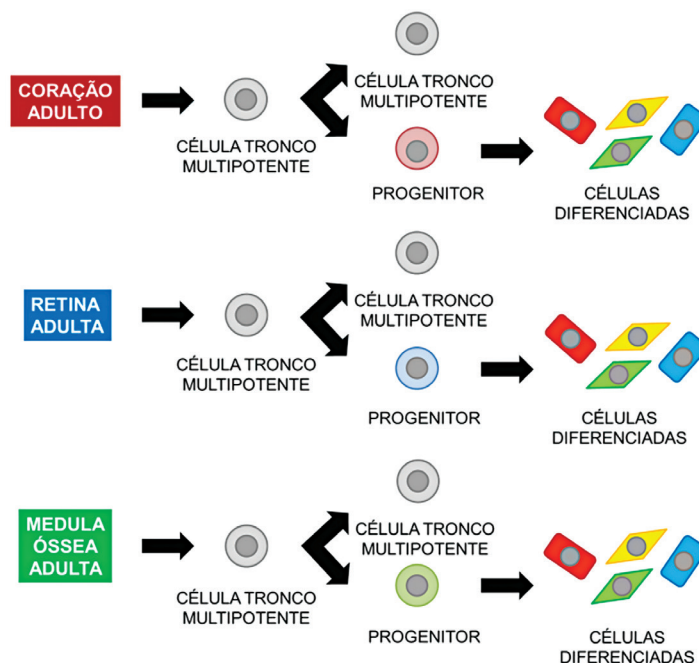
Que dá origem às células do sangue.

## Medula óssea

Tecido encontrado no interior de ossos, onde são encontradas as células hematopoiéticas.

## Retina

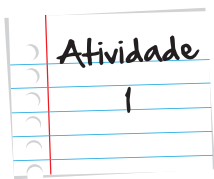
Tecido localizado no interior do olho responsável pela visão.



**Figura 6:** As células-tronco multipotentes estão presentes em diferentes órgãos e são importantes para a renovação e manutenção dos tecidos. No coração, encontramos as células-tronco multipotentes que podem gerar outras células-tronco multipotentes e também os progenitores dos diferentes tipos celulares encontrados nesse tecido: células da musculatura de vasos e os cardiomiócitos (células já diferenciadas). Existem também as células-tronco hematopoiéticas presentes na medula óssea e que vão originar todas as células do sangue e as células-tronco neurais retinianas, que vão originar todos os diferentes tipos celulares presentes na retina.

Fonte: Clarissa Leal de Oliveira Mello

No organismo adulto, encontramos apenas as células-tronco multipotentes e as células-tronco unipotentes. Essas últimas são aquelas que já sofreram diferenciação quase completa e não dão origem a nenhum outro tipo celular a não ser o seu próprio, quando se dividem. Muitas dessas células têm capacidade muito pequena para se dividir, como é o caso dos neurônios e das células musculares. Assim, uma vez que grandes quantidades dessas células morram, como acontece graças a algumas doenças, o indivíduo perde a função do tecido. O que pode ser feito para mudar isso? É o que vamos descobrir a seguir!



Relacione os itens da primeira coluna com os da segunda.

- (1) Células-tronco totipotentes
- (2) Células-tronco pluripotentes
- (3) Células-tronco multipotentes
- ( ) São capazes de originar todos os tecidos e órgãos do corpo humano.
- ( ) São capazes de originar apenas os diferentes tipos celulares de um mesmo tecido.
- ( ) São capazes de originar todos os tecidos e órgãos do corpo humano, e mais os anexos embrionários.

Anote suas  
respostas em  
seu caderno

## Seção 3

### A luz no começo do túnel

A capacidade das células em se dividir para substituir células que morreram ou ficaram muito velhas, a fim de manter a estrutura e função de um tecido em perfeito estado, é chamado de *renovação tecidual* ou *autorreparo*.



A incapacidade de alguns tipos celulares em proliferar e, assim, realizar o autorreparo é o grande obstáculo enfrentado por médicos e cientistas diante de muitas doenças **degenerativas**. Como por exemplo, a doença de Alzheimer, que é uma doença degenerativa do cérebro, caracterizada por morte em grandes quantidades dos neurônios. Uma vez que as células desse tecido têm pouquíssima capacidade de renovação, a pessoa portadora dessa doença perde, dia a dia, as funções desse órgão. Ela perde primeiro a memória, a capacidade de aprender novas tarefas, depois a capacidade de entender as coisas e a de falar, por exemplo. Assim, a geração de células que possam substituir as que foram perdidas (que possam exercer as mesmas funções) é de extrema importância para a cura dessas doenças.

### Degenerativas

Diz-se de doenças que levam a destruição do tecido atingido por induzir morte das células ali presentes.

Por terem a capacidade de se autorrenovar infinitamente e diferenciarem-se em todos os tipos celulares, as células-tronco tornaram-se o personagem principal de pesquisas no mundo todo como a luz para a cura dessas doenças. Nós vamos voltar a isso quando falarmos de biotecnologia, na Unidade 5 do Módulo 4, mas, para você começar a entender as células tronco, é preciso saber que a terapia com células-tronco envolve o transplante dessas células no órgão doente, oferecendo esperança para o tratamento de milhares de pessoas pelo mundo.

As células-tronco embrionárias são as mais adequadas para a geração de qualquer tipo de célula, por serem capazes de se diferenciar em todos os tecidos e órgãos do corpo humano. Mas seu uso levanta questões éticas e religiosas, uma vez que essas células são obtidas da massa celular interna do embrião em formação, levantando a questão de quando começa a vida.

Como essas células têm a capacidade de se dividir infinitamente, há grande risco de formação de **tumores**, por falta de mecanismos de controle do ciclo celular no ambiente onde foram injetadas. Além disso, sabendo que essas células são originadas durante a formação de embriões, e que este embrião originaria outro ser vivo, pode ocorrer a **rejeição** dessas células após o transplante.

### Tumor

É o aumento exagerado de uma parte ou de todo um tecido devido à proliferação não controlada das células ali presentes.

Devido a esses problemas, médicos e pesquisadores voltaram sua atenção para as células-tronco adultas (multipotentes). Mas devido à dificuldade em achar essas células no corpo e à pouca quantidade de células obtidas, os problemas ainda estavam longe de serem resolvidos.

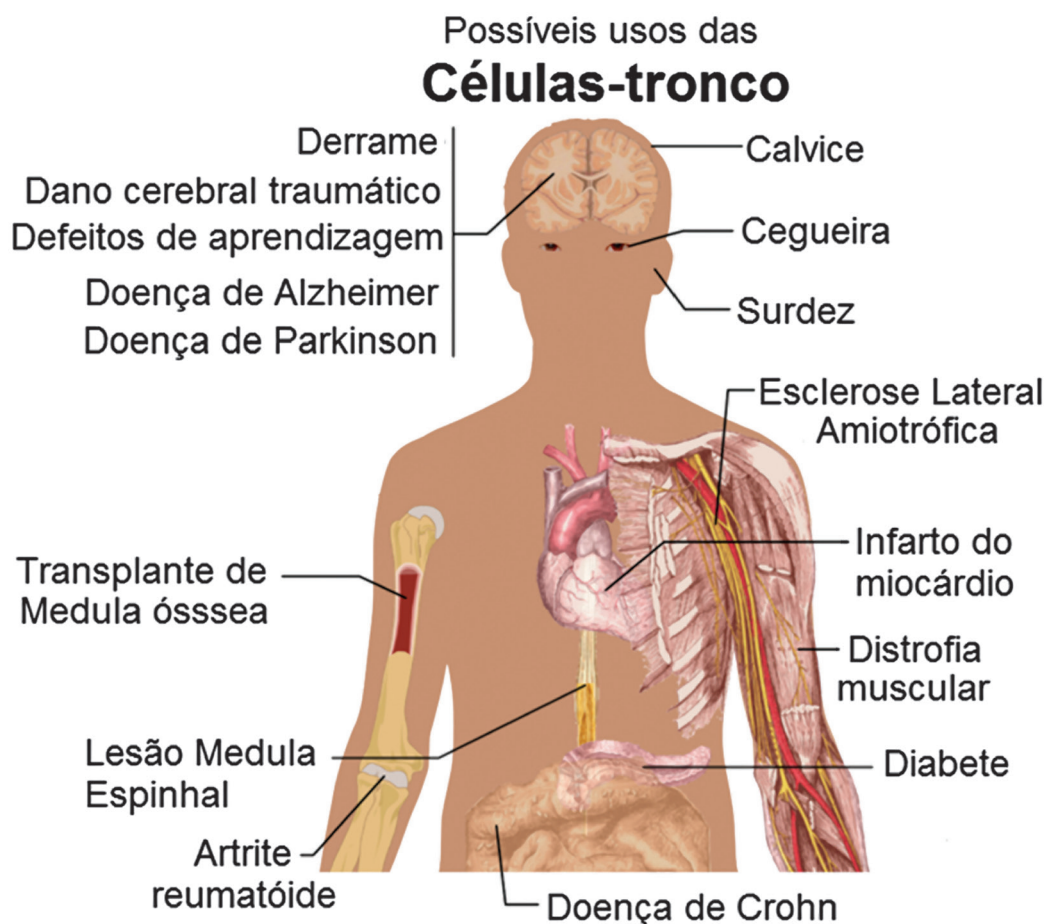
### Rejeição

Ocorre quando o organismo receptor não reconhece o material transplantado como próprio a si e ataca o mesmo na tentativa de destruí-lo.

Em 2006, a luz finalmente brilhou com o desenvolvimento da técnica de reprogramação gênica. A partir da manipulação da expressão de genes específicos, células adultas da pele foram transformadas em células-tronco pluripotentes. Essas células receberam o nome de “células-tronco de pluripotência induzida” ou iPS.

Estas células exibem propriedades de células-tronco embrionárias, tais como a pluripotência e a capacidade de proliferação ilimitada. Elas não apresentam problemas de rejeição, uma vez que as células são retiradas do próprio paciente.

Diversas doenças já começaram a ser tratadas pela terapia com as células-tronco e, em muitos casos, alguns avanços têm sido observados. É o caso de lesões na medula espinhal, causadas por acidentes de carro ou moto, por exemplo. O paciente perde os movimentos das pernas e/ou braços devido à destruição de células presentes na medula espinhal. O transplante de células-tronco no local da lesão foi capaz de reparar o tecido, induzindo a proliferação de novas células que substituíram as perdidas pelo acidente, e assim, o tratamento permitiu a volta de movimentos em alguns pacientes. Muitas outras doenças tem sido alvo de estudos com células-tronco (Figura 7).



**Figura 7:** Possíveis usos terapêuticos das células-tronco. Atualmente, diversas doenças têm sido alvo de testes com terapia com células-tronco multipotentes e células-tronco de pluripotência induzida.

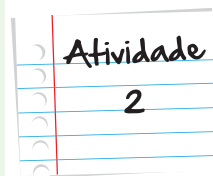
## Qual a relação entre as células-tronco e a cura de doenças?

As células-tronco embrionárias trouxeram esperança para a cura de muitas doenças causadas pela perda excessiva de células em diversos tecidos.

Tendo por base a afirmativa acima e o que você aprendeu nesta unidade, responda:

- a. Quais as principais características das células-tronco embrionárias que as tornam tão interessantes para o tratamento de doenças degenerativas?
- b. Quais as principais barreiras enfrentadas no uso das células-tronco embrionárias?

Anote suas respostas em seu caderno

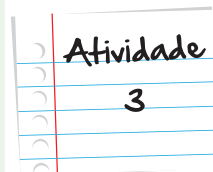


## Verdadeiro ou falso?

Marque verdadeiro (V) ou falso (F) nas afirmativas abaixo, justificando sua resposta.

- ( ) As células-tronco adultas ou multipotentes podem dar origem a todos os tecidos e órgãos do corpo humano.
- ( ) As células-tronco de pluripotência induzida (iPS) são originadas da massa celular interna do embrião e por isso quando transplantadas em um paciente podem sofrer rejeição.
- ( ) As células-tronco embrionárias podem causar tumores quando transplantadas em um paciente, devido sua característica de pluripotentes.

Anote suas respostas em seu caderno



## Resumo

- A expressão gênica pode ser controlada em diferentes níveis e esses mecanismos garantem que tipos celulares diferentes possuam morfologia e funções diferentes;
- As células-tronco embrionárias são o melhor exemplo do controle sobre a expressão gênica e diferenciação celular, pois elas podem se tornar qualquer célula do organismo;
- As células-tronco podem ser classificadas de acordo com sua capacidade de geração de outros tipos celulares: células-tronco embrionárias são consideradas pluripotentes, pois podem dar origem a todos os tipos celulares do corpo humano; as células-tronco multipotentes podem dar origem a todos os tipos celulares de um único tipo de tecido; e as células do zigoto são células-tronco totipotentes, pois podem dar origem a todas as células, tecido e órgãos do corpo, além dos anexos embrionários;
- As células-tronco tornaram-se alvo de pesquisas por seu potencial terapêutico na cura de diversas doenças. Mas as células-tronco embrionárias levantam questões éticas e religiosas, enquanto células-tronco multipotentes apresentam fonte difícil, quantidade reduzida e limitação nos tipos celulares gerados;
- As iPS (células-tronco de pluripotência induzida) mostraram-se como a melhor solução para combater esses problemas, sendo originadas a partir de células já diferenciadas do próprio paciente.

## Veja ainda

- Uma reportagem da Folha de S. Paulo sobre a importância das células-tronco: <http://goo.gl/V6w6n>
- Uma matéria da ciência hoje comentando sobre as potencialidades das iPS: <http://goo.gl/P0lyp>

## Bibliografia

- Alberts, B.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K.; Walter, P. **Molecular Biology of the Cell**. 4th edition. New York: Garland Science, 2002. 1400p.
- G.U. Gurudutta, Neeraj Kumar Satija, Vimal Kishor Singh, Yogesh Kumar Verma, Pallavi Gupta, and R.P. Tripathi. **Stem cell therapy: A novel & futuristic treatment modality for disaster injuries**. Indian J Med Res. 2012 January; 135(1): 15–25.

## Imagens



• <http://www.flickr.com/photos/perpetualplum/3864724077/> • Sue Clark



• [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antisense\\_DNA\\_oligonucleotide.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antisense_DNA_oligonucleotide.png)



• [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gene\\_expression\\_control.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gene_expression_control.png)



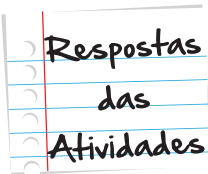
• [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stem\\_cells\\_diagram.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stem_cells_diagram.png)



• Clarissa Leal de Oliveira Mello



• [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stem\\_cell\\_treatments.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stem_cell_treatments.png)



### Atividade 1

Ordem da numeração: 3; 1; 2.

### Atividade 2

- a. As células-tronco embrionárias são pluripotentes, ou seja, podem dar origem a todos os órgãos e tecidos que formam o corpo humano, e possuem a capacidade de se dividir infinitamente, o que garante a autorrenovação tecidual.
- b. As principais barreiras enfrentadas no uso das células-tronco embrionárias são: questões éticas e religiosas, uma vez que essas células dariam origem a outro ser humano se permitido seu desenvolvimento, além de que essas células poderiam levar a formação de tumores, uma vez que não existem mecanismos de controle do ciclo celular adequados no local de transplante. Elas também podem sofrer rejeição após o transplante, uma vez que essas células não são do próprio paciente e sim de um outro indivíduo.

### Atividade 3

(F) As células-tronco adultas ou multipotentes podem dar origem APENAS a tipos celulares de um tecido específico.

(F) As células-tronco de pluripotência induzida (iPS) são originadas por reprogramação gênica de células adultas, como as da pele, do próprio paciente e portanto não causam rejeição quando transplantadas.

(F) As células-tronco embrionárias podem causar tumores quando transplantadas em um paciente devido à sua capacidade de proliferação ilimitada e à falta de mecanismos de controle do ciclo celular no local da transplante.



# O que perguntam por aí?

## Questão 1 (FUVEST)

(FUVEST) Células-tronco são células indiferenciadas que têm a capacidade de se diferenciar em diversos tipos celulares.

Para que ocorra tal diferenciação, as células-tronco terão necessariamente que alterar

- a) o número de cromossomos.
- b) a quantidade de genes nucleares.
- c) a quantidade de genes mitocondriais.
- d) o padrão de atividade dos genes.
- e) a estrutura de genes específicos por mutações.

**Gabarito:** letra D.

**Comentário:** O padrão de atividades dos genes nada mais é do que a expressão dos mesmos. Assim, como as células-tronco indiferenciadas não se comprometeram com nenhum tipo celular, podem se tornar qualquer célula de qualquer tecido do corpo humano.



## Questão 2 (UFRS)

### (PUCMG) UMA CÉLULA QUE MUDOU DE TIME

O biólogo Jerry Borges relata um surpreendente resultado obtido por cientistas da Universidade de Guelph, no Canadá: eles mostraram que gametas femininos podem ser formados a partir de células da pele. Publicado na "Nature Cell Biology", o estudo desafia um pilar da biologia do desenvolvimento.

(Fonte: "Ciência Hoje online", 21 de abril de 2006.)

Sobre esse assunto, assinale a afirmativa INCORRETA.

- a) A técnica descrita poderia ser útil para a produção de gametas em mulheres que não possuem ovários.
- b) Os gametas femininos originados de células da pele de um mesmo indivíduo devem apresentar um mesmo patrimônio genético.
- c) O sucesso do processo descrito dependeu da indução de meiose em uma célula somática.
- d) Em condições normais, as crianças do sexo feminino apresentam, em seus ovários, ovócitos no início da primeira divisão meiótica.

**Gabarito:** letra E.

**Comentário:** As células-tronco embrionárias são pluripotentes, ou seja, podem dar origem a todos os tecidos e órgãos do corpo humano. Além disso, elas possuem alta capacidade de proliferação, ou seja, de se dividir infinitamente e devido a essas duas características elas têm sido alvo de pesquisas buscando o tratamento de diversas doenças.

## Questão 3 (PUCMG)

### (PUCMG) UMA CÉLULA QUE MUDOU DE TIME

O biólogo Jerry Borges relata um surpreendente resultado obtido por cientistas da Universidade de Guelph, no Canadá: eles mostraram que gametas femininos podem ser formados a partir de células da pele. Publicado na "Nature Cell Biology", o estudo desafia um pilar da biologia do desenvolvimento.

(Fonte: "Ciência Hoje online", 21 de abril de 2006.)

Sobre esse assunto, assinale a afirmativa INCORRETA.

- a) A técnica descrita poderia ser útil para a produção de gametas em mulheres que não possuem ovários.
- b) Os gametas femininos originados de células da pele de um mesmo indivíduo devem apresentar um mesmo patrimônio genético.
- c) O sucesso do processo descrito dependeu da indução de meiose em uma célula somática.
- d) Em condições normais, as crianças do sexo feminino apresentam, em seus ovários, ovócitos no início da primeira divisão meiótica.

**Gabarito:** letra B.

**Comentário:** Todas as células de um mesmo indivíduo APRESENTAM o mesmo patrimônio genético, ou seja, a mesma coleção de genes. O que permite que células de tecidos diferentes sejam diferentes é o controle sobre a expressão desses genes.



## Questão 4 (ENEM 2010)

(ENEM 2010 - Prova Reaplicada) A utilização de células-tronco do próprio indivíduo (autotransplante) tem apresentado sucesso como terapia medicinal para a regeneração de tecidos e órgãos cujas células perdidas não têm capacidade de reprodução, principalmente em substituição aos transplantes, que causam muitos problemas devidos à rejeição pelos receptores. O autotransplante pode causar menos problemas de rejeição quando comparado aos transplantes tradicionais, realizados entre diferentes indivíduos. Isso porque as

- a) células-tronco se mantêm indiferenciadas após sua introdução no organismo do receptor.
- b) células provenientes de transplantes entre diferentes indivíduos envelhecem e morrem rapidamente.
- c) células-tronco, por serem doadas pelo próprio indivíduo receptor, apresentam material genético semelhante.
- d) células transplantadas entre diferentes indivíduos se diferenciam em tecidos tumorais no receptor.
- e) células provenientes de transplantes convencionais não se reproduzem dentro do corpo do receptor.

**Gabarito:** letra C.

**Comentário:** Uma vez que todas as células de um mesmo organismo possuem os mesmos genes, isso significa que elas podem produzir as mesmas proteínas. Assim, células do próprio paciente transplantadas nele não vão apresentar proteínas diferentes e assim não serão reconhecidas como estranhas.





# Atividade extra

## Questão 1

O aumento exagerado de uma parte ou todo um tecido devido à proliferação não controlada das células ali presentes desencadeia uma anomalia.

Qual é o nome pelo qual é conhecido este processo?

- a. Tumor
- b. Cicatrização
- c. Regeneração
- d. Degeneração

## Questão 2

A transformação das informações ocorre em duas etapas: a primeira consiste na produção de moléculas de RNA a partir do DNA; e a segunda consiste na produção de proteínas a partir desse RNA.

O processo no qual a molécula de RNA é produzida a partir da molécula de DNA é chamado de:

- a. ativação.
- b. tradução.
- c. replicação.
- d. transcrição.

### Questão 3

Cada molécula de RNA contém a informação de um gene e assim cada proteína sintetizada a partir dele é produto deste gene.

Ao processo de síntese de proteínas a partir de moléculas de mRNA, é dado o nome de:

- a. transcrição.
- b. replicação.
- c. tradução.
- d. ativação.

### Questão 4

As células de um mesmo organismo tornam-se diferentes uma das outras, porque sintetizam e acumulam moléculas de RNA e, conseqüentemente, de proteínas diferentes.

Ao fenômeno que permite a variedade de tipos celulares em um mesmo organismo chamamos de:

- a. tradução celular.
- b. expressão gênica.
- c. transcrição celular.
- d. diferenciação celular.

### Questão 5

As células tronco podem ser classificadas de acordo com sua capacidade de geração de outros tecidos celulares.

As células tronco que podem dar origem a todas as células, tecidos e órgãos do corpo, além dos anexos embrionários, são chamadas de:

- a. multipotentes.
- b. pluripotentes.
- c. totipotentes.
- d. potentes.

## Questão 6

As células tronco hematopoiéticas são encontradas na medula óssea e são as responsáveis pela produção de um tipo específico de células.

Estas células são encontradas no:

- a. cérebro.
- b. sangue.
- c. fígado.
- d. baço.

## Questão 7

Quando o organismo receptor não reconhece o material transplantado como próprio a si, inicia-se um processo que ataca o mesmo na tentativa de destruí-lo.

O nome deste processo é:

- a. rejeição.
- b. anomalia.
- c. transplante.
- d. degeneração.

## Questão 8

Existem mecanismos que controlam a expressão gênica e, assim, permitem que as células possam ser diferenciadas em todos os tipos celulares que existem em um organismo multicelular.

Entre os mecanismos que uma célula utiliza para controlar as proteínas, existe o mecanismo que controla:

- a. a degradação dos DNAs.
- b. a posição e o tamanho dos genes.
- c. o processamento de seus RNAs já transcritos.
- d. a saída dos RNAs do citoplasma para o núcleo.

## Questão 9

Sabe-se que as iPS mostraram-se como a melhor solução para combater os problemas de reprogramação gênica, além de serem obtidas do corpo do próprio paciente.

O que vem a ser células iPS?

## Questão 10

A expressão gênica diferenciada controla os quatro processos essenciais para que aquela célula inicial origine um embrião perfeito.

Quais são os quatro processos essenciais para a formação do embrião?

## Gabarito

### Questão 1

A	B	C	D
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Questão 2

A	B	C	D
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

### Questão 3

A	B	C	D
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Questão 4

A	B	C	D
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

### Questão 5

A	B	C	D
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Questão 6

A	B	C	D
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Questão 7

- A** **B** **C** **D**
- ☒ ☐ ☐ ☐

### Questão 8

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☒ ☐

### Questão 9

Células tronco de pluripotência induzida.

### Questão 10

Proliferação Celular, Especiação Celular, Interação Celular, Movimento Celular.