



# **Ciências Moleculares e Celulares**



# **Ciências Moleculares e Celulares**

Sônia Aparecida Santiago

© 2015 por Editora e Distribuidora Educacional S.A

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

*Presidente: Rodrigo Galindo*

*Vice-Presidente Acadêmico de Graduação: Rui Fava*

*Gerente Sênior de Editoração e Disponibilização de Material Didático:*

*Emanuel Santana*

*Gerente de Revisão: Cristiane Lisandra Danna*

*Coordenação de Produção: André Augusto de Andrade Ramos*

*Coordenação de Disponibilização: Daniel Roggeri Rosa*

*Editoração e Diagramação: eGTB Editora*

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

---

S235c Santiago, Sônia Aparecida  
Ciências Moleculares e Celulares / Sônia Aparecida  
Santiago. – Londrina : Editora e Distribuidora  
Educacional S.A., 2015.  
224 p.

ISBN 978-85-8482-218-8

1. Biologia celular. 2. Citologia. 3. Ciências biológicas. I.  
Título.

CDD 574

---

2015

*Editora e Distribuidora Educacional S. A.*

*Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza*

*CEP: 86041 -100 – Londrina – PR*

*e-mail: [editora.educacional@kroton.com.br](mailto:editora.educacional@kroton.com.br)*

*Homepage: <http://www.kroton.com.br/>*

# Sumário

<b>Unidade 1   Citologia</b>	<b>7</b>
Seção 1.1 - Fenômeno da vida	10
Seção 1.2 - Origem e evolução das células	23
Seção 1.3 - Características das células procariontes e eucariontes	35
Seção 1.4 - Vírus: entidade biológica dependente de células	50
<b>Unidade 2   A química da vida</b>	<b>63</b>
Seção 2.1 - Água como componente celular, pH e tampão	66
Seção 2.2 - Aminoácidos, peptídeos, proteínas e enzimas	80
Seção 2.3 - Vitaminas e nutrientes minerais	94
Seção 2.4 - Carboidratos e lipídios	107
<b>Unidade 3   Estrutura celular: membrana plasmática e citoplasma</b>	<b>121</b>
Seção 3.1 - Membrana plasmática	123
Seção 3.2 - Sinalizações celulares	136
Seção 3.3 - Citosol e citoesqueleto	148
Seção 3.4 - Sistema de endomembranas e organelas	160
<b>Unidade 4   Núcleo Celular e Fundamentos Genéticos</b>	<b>171</b>
Seção 4.1 - Ácidos nucleicos, armazenamento e transmissão da informação genética	173
Seção 4.2 - Ciclo celular	184
Seção 4.3 - Bases biológicas da hereditariedade e padrões de herança	197
Seção 4.4 - Diferenciação celular e apoptose	209



# Palavras do autor

Desde cedo, a humanidade teve curiosidade em saber o que havia por trás da aparência das estruturas, dos corpos dos seres humanos, plantas e até mesmo como o planeta se formou. Com a invenção de tecnologias, com destaque para as lentes de vidro, foi possível a criação dos microscópios, a curiosidade começou a ser sanada e o sentimento de busca por saber, inovado. Sendo assim, os estudos dos fundamentos biológicos relacionados à estrutura e ao funcionamento das células estão entre os mais importantes para as mais diversas carreiras das Ciências da Saúde. Os conceitos apresentados neste livro didático têm o objetivo de buscar a evolução do ensino em saúde, com foco na transdisciplinaridade, integrando os conhecimentos das características evolutivas e estruturais das células com o metabolismo celular e tecidual.



# Citologia

## Convite ao estudo

Caro aluno, vamos iniciar os estudos de um tema sempre polêmico, o fenômeno da vida. Assim, conhecer a Biologia (do grego bios=vida e logos=estudo), ciência que estuda a vida dos seres vivos, seus processos vitais e suas relações, é um dos desafios dos pesquisadores até os dias atuais. Apesar de todo o conhecimento já adquirido, esta é uma área onde novas informações sempre estão sendo descobertas. Desta forma, convido você a debater comigo algumas questões sobre a vida e o nosso modo de viver.

## Objetivos

- Compreender as estruturas e funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo.
- Compreender as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos.
- Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.
- Conhecer os fundamentos bioquímicos das principais moléculas biológicas e suas interações em nível celular, na promoção do equilíbrio orgânico.
- Analisar e interpretar os diferentes padrões de herança para melhor compreensão das patologias humanas de bases genéticas.

Você já teve curiosidade em saber quando o homem começou a ter conhecimentos sobre o seu modo de vida? Mesmo não sabendo cientificamente o que estava fazendo, a observação dos fenômenos biológicos realizada pela humanidade começou na Pré-história. Desde então, a Biologia é um dos ramos do conhecimento que mais contribui para a compreensão do mundo vivo e para uma melhoria na qualidade de vida em nosso planeta.

Agora, pense: como são formados os seres vivos? Um ser vivo é um organismo formado por célula. Então, a célula é a unidade funcional e estrutural que compõe um organismo vivo. A ciência que estuda a célula e seu comportamento é chamada Citologia (do grego *kytos* = célula e *logos* = estudo), atualmente designada Biologia Celular. Toda célula é limitada por uma membrana, preenchida internamente por uma solução aquosa concentrada de compostos e como organelas e material genético. Todo esse conhecimento só foi possível graças ao invento do microscópio, aparelho que permite a visualização de estruturas não visíveis a olho nu, como células e microrganismos. Agora, observando ao seu redor, eu te questiono: tudo o que é vivo parece que tem a mesma quantidade de células? A resposta é: Não! Existem os organismos unicelulares, que são formados por uma única célula e que provavelmente você não os esteja vendo, e os pluricelulares, que são constituídos de várias células, por exemplo, o homem, além dos organismos vivos ao nosso redor.

O universo biológico demonstra que a evolução produziu uma imensa diversidade de formas de organismos. Existem no mundo cerca de quatro milhões de espécies distribuídas entre animais, vegetais, protozoários, bactérias e organismos acelulares (considerados não vivos), cujos comportamentos, morfologias e funções são diferentes entre si, embora, nas questões moleculares e celulares dos seres vivos, apresentem um plano único de organização. Caso essa organização celular seja destruída, a função da célula também ficará alterada e comprometida.

Agora, imagine a seguinte situação: Maria é funcionária de um hospital em uma cidade metropolitana, atua nos laboratórios de análises clínicas e está efetuando a análise laboratorial, incluindo lâminas preparadas para observação em microscópio de um paciente que pode ter tido contato com agentes infecciosos biológicos. Os sintomas são insuficiência respiratória, aumento das glândulas linfáticas e pontas dos dedos escurecidas.

Ao observar suas células ao microscópio óptico, percebe que ocorreu perda da nitidez dos elementos nucleares das células, o núcleo condensado, basófilo e fragmentado, o citoplasma com aspectos acidófilos: a célula está sofrendo uma necrose. Esses sintomas podem ser semelhantes para algumas doenças.

Um exemplo de doença com essas reações é a peste negra, que foi uma epidemia medieval que dizimou um terço da população da Europa. Na época, pouco se sabia dos fatores de contágio e transmissão. Nos dias atuais, ainda ocorrem incidências, segundo informações da OMS (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE apud TINOCO, 2015). Sabemos que é uma patologia que causa disfunções nas células, no entanto, pense: como essas alterações acontecem e por que se manifestam com tais sintomas? Reflita sobre o agente causal e sua estrutura celular, compare com a estrutura celular do paciente.

# Seção 1.1

## Fenômeno da vida

### Diálogo aberto

Caro aluno, a partir de agora iremos estudar as células, que são a base para a geração dos organismos vivos, destacando como se apresentam e constituem os seres vivos, e a complexidade de cada uma. Falaremos, também, dos métodos de observação celular, dos cientistas que foram pioneiros nesta área. Todos os elementos que abordaremos te levarão a concluir as questões propostas.



### Dica

O estudo desta seção irá permitir que você entenda a importância das células e dos métodos de observação, como o microscópio óptico, que foi um marco na evolução dos conhecimentos de citologia, proporcionando a descoberta da célula. Todos os conteúdos apresentados vão ajudá-lo na resolução de problemas em situações próximas da realidade. Para desenvolver melhor o assunto desta seção, são necessárias noções de funcionamento celular.

Todos os seres vivos são formados por células, do ser humano até microrganismos, que são responsáveis por diversas interações na natureza, e podem ser encontrados no ar, no solo e, inclusive, no homem. Com relação ao seu contato com o homem, este pode ocorrer de forma positiva e indispensável à vida, ou bastante negativa, neste caso, os efeitos são prejudiciais à saúde, e, até mesmo à vida do homem, através do contato com microrganismos patogênicos.

Relembre a situação das células do paciente com suspeita de peste negra, apresentada no convite à leitura. As células deste paciente estão com aspecto que provavelmente irão levá-las à morte, pense: como isso acontece? Qual foi o princípio para essa degradação? A morte celular pode levar à morte do paciente? Que agente biológico poderia causar tal devastação celular?



## Lembre-se

As bactérias são seres unicelulares considerados organismos primitivos, no entanto, têm papel fundamental para a vida do nosso planeta. Estão presentes em todos os ambientes, são microrganismos com alta capacidade de adaptação, aliados às mutações e troca de material genético, processo que é fundamental para sua evolução, e ainda se multiplicam rapidamente.



## Refleta

As células são a base para a formação dos seres vivos.

Correlacione essa informação com a situação-problema.

## Não pode faltar

O estudo dos organismos vivos demonstra que a evolução produziu uma imensa variedade de formas. Como já vimos, existem em torno de quatro milhões de espécies diferentes de bactérias, protozoários, vegetais e animais, que diferem em sua morfologia, função e comportamento. Entretanto, sabe-se, agora, que quando esses organismos são estudados em nível celular e molecular, observa-se um plano principal e único de organização. O objetivo da biologia celular e molecular é entender precisamente este plano unificado de organização que constitui as células. Assim sendo, a célula é a unidade estrutural e funcional básica dos organismos vivos, da mesma forma que o átomo é a unidade fundamental das estruturas químicas.

Os organismos vivos constituídos por células realizam o seguinte ciclo biológico: todos nascem, crescem, se reproduzem e morrem. Uma única célula já pode constituir um organismo inteiro, como no caso dos protozoários, ou ela pode ser encontrada agrupada e diferenciada em tecidos e órgãos, para formar um organismo multicelular.

Para realizar seu ciclo vital, todo ser vivo precisa de energia. Ela pode ser obtida através da fotossíntese realizada por vegetais, algumas bactérias autotróficas utilizam a energia de uma fonte não orgânica, em geral a luz do sol. Temos como exemplo as plantas, que possuem clorofila em suas folhas, elas captam luz solar e a utilizam na síntese de moléculas orgânicas. Além dos fotossintetizantes, também existem

seres autótrofos quimiossintetizantes que não precisam de fonte luminosa, utilizam matérias inorgânicas, gás carbônico e água para produzirem matéria orgânica. Por fim, temos os seres heterótrofos, que conseguem energia por ingestão de outros seres, como plantas e animais, e são considerados consumidores.



### Assimile

Caro aluno, segundo estudos arqueológicos (a partir de fósseis de procariontes encontrados na África do Sul e em outros locais do planeta), a vida na Terra teria surgido cerca de 3,6 bilhões de anos atrás.

A história da biologia celular está ligada ao desenvolvimento tecnológico que tornou possível o estudo da célula. A partir do século XIV, as lentes de vidro começaram a ser usadas para correção de defeitos de visão e como dispositivos de aumento, possibilitando a análise de estruturas antes não vistas a olho nu. Os primeiros estudos sobre a morfologia da célula começaram com a popularização dos microscópios ópticos rudimentares no século XVII, posteriormente complementados com várias técnicas histológicas nos séculos XIX e XX, permitindo a observação mais detalhada das diversas estruturas celulares.

Através do estudo das propriedades das células foi instituída a Teoria Celular. Esse conceito surgiu no século XIX, idealizado pelo botânico alemão Mathias Jakob Schleiden, no ano de 1838, e pelo zoólogo, também alemão, Theodor Schwann, em 1839. Os princípios gerais desta teoria se baseiam em alguns aspectos fundamentais:

- Todos os seres vivos são formados por uma ou mais células.
- Toda célula se origina de outra preexistente, por um processo chamado divisão celular.
- A célula é a unidade estrutural e funcional de todos os organismos vivos.
- A atividade de um organismo depende da atividade total de células independentes.
- Todas as células possuem, basicamente, a mesma constituição química.
- As reações metabólicas e bioquímicas ocorrem no interior das células.
- A célula contém informação genética e hereditária que é passada para outras células durante o processo de divisão celular.



Acesse o link <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do44.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do44.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2015. E tenha contato com um artigo que relata o avanço científico a partir do descobrimento da célula e da introdução da teoria celular para explicar a relação das células com a vida. O título do estudo é bem convidativo: Em 1953 foi descoberta a estrutura do DNA, etapas de um grande avanço científico.

### 1.1.1 Níveis de organização celular

Como já definido anteriormente, a célula é a unidade estrutural e funcional comum a todos os seres vivos e podemos encontrar seres constituídos por uma ou mais células. Elas são responsáveis por realizar todas as funções vitais, como reprodução, crescimento, alimentação, movimentação, reação a estímulos externos e respiração (consumo do oxigênio com produção de dióxido de carbono). Sendo assim, a célula é a menor parte de um ser vivo capaz de desenvolver-se e reproduzir-se, ou seja, a menor parte de um ser vivo onde encontramos as propriedades básicas da vida.

Apesar de todas as células terem uma estrutura básica comum, existem variantes de cada tipo, em número suficiente para originar a enorme variedade de formas vivas que conhecemos até os dias de hoje. Além disso, as células que formam um indivíduo pluricelular não são todas iguais. Existem grupos celulares distintos encarregados de desempenhar diferentes funções e originados por um processo denominado diferenciação celular. Por exemplo, no nosso corpo, existem cerca de 300 tipos diferentes de células, cada uma com uma função específica.

De uma maneira geral, independentemente do formato, todas as células são constituídas por um envoltório denominado membrana plasmática, um citoplasma e material genético, sendo que as células procarióticas possuem material genético solto no citoplasma, são pobres em membranas, e as eucariontes possuem o núcleo delimitado por uma membrana nuclear.



Apesar das diferenças entre as células procariontes e eucariontes, todas têm em sua estrutura membrana plasmática, material genético e citoplasma.

A membrana plasmática é uma estrutura fina semipermeável, isto é, seleciona o que passará por ela, assim ocorre a passagem de algumas substâncias do meio extracelular para o meio intracelular, e vice-versa. Também é constituída de uma dupla camada lipoproteica (gordura + proteína), enquanto o citoplasma é o meio interno onde ocorre a maioria das reações químicas e sínteses, é formado de água, proteínas, sais minerais, íons diversos, aminoácidos livres e açúcares, formando um material colóide, uma espécie de gel que pode ser mais espesso na parte interna da célula (gelatinoso), chamado de endoplasma, e menos denso nas periferias, chamado de ectoplasma. Tanto o endoplasma como o ectoplasma fazem parte do hialoplasma ou citosol, onde ocorrem as reações químicas metabólicas e a ciclose, que se refere ao movimento no interior das células. O citoplasma possui citoesqueleto formado por proteínas e tem a função de estruturar a forma da célula. Essa estrutura é inexistente nas células procariontes, onde a forma e sustentação das células é feita por uma parede celular rígida. Além dessas estruturas básicas, as células podem ter diversas outras estruturas na sua constituição, formando dois padrões distintos: as células procarióticas e as células eucarióticas.

As células eucarióticas possuem no interior do citoplasma diversas estruturas, como o Núcleo celular, Mitocôndrias, Complexo de Golgi, Reticulo Endoplasmático, Ribossomos, Lisossomos etc. Já nas células procarióticas, no seu citoplasma existem ribossomos, o material genético está disperso e possuem uma parede celular rígida que permite forma e proteção à célula.



### Refleta

As alterações causadas por agentes patogênicos nas células podem levá-las à necrose, que é um processo patológico e desordenado de morte celular que pode ser causado por agentes biológicos, ocasiona lesões diretas ou desencadeia respostas imunológicas contra a célula, assim os leucócitos irão eliminar as células alteradas.

## 1.1.2 Microscopia

Nós acabamos de estudar quais são os níveis de organização celular, mas você já se perguntou como as células foram descobertas? Você acredita que essas estruturas podem ser visualizadas a olho nu?

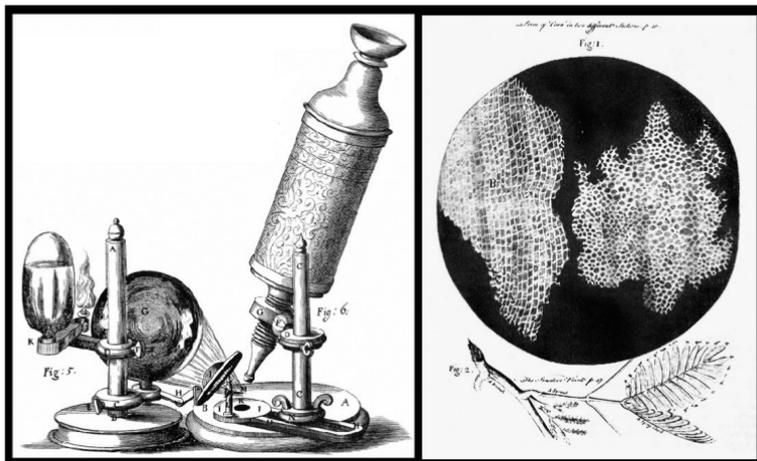
As células foram descobertas em 1665, pelo cientista inglês Robert Hooke, a partir da construção de seus próprios microscópios. Hooke observou finos cortes de cortiça, um material de origem vegetal, e visualizou pequenas cavidades preenchidas por ar, essas cavidades eram pequenas caixas ou células distintas umas das outras e ele as comparou com os pequenos quartos onde os monges viviam. O que esse cientista observou foram as paredes celulares das células que formavam a cortiça. E deu-lhes o nome de células (do latim *cella* = pequeno compartimento). Na Figura 1.1, podemos visualizar o microscópio de Robert Hooke e a estrutura celular que observou em um pedaço de cortiça.



## Vocabulário

**Cortiça** - É um tecido vegetal, com grande poder isolante, formado de células impregnadas de suberina, substância lipídica que se acumula na parede celular. Pode ser encontrada em casca e raízes de certas árvores, como o sobreiro.

Figura 1.1 | Microscópio de Robert Hooke e estrutura celular vista em cortes finos de cortiça



Fonte: Micrographia, 1665. <<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2013/300/imagens/GolgieCajal02.jpg/view>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

Em 1668, o comerciante holandês Anton van Leeuwenhoek construiu vários microscópios e assim outros pesquisadores, além de Leeuwenhoek, fizeram observações microscópicas, o que possibilitou o avanço do estudo do mundo microscópico.



A microscopia foi um marco na evolução dos estudos citológicos?

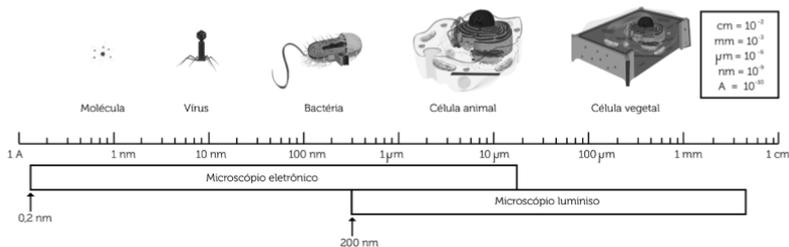
O gênero *Giardia* foi o primeiro protozoário intestinal humano a ser identificado. Sua descrição é atribuída a Leeuwenhoek que, usando um microscópio de sua própria fabricação, observou criaturas muito pequenas e móveis em suas próprias fezes.

Na década de 1830, Robert Brown visualizou que o espaço de vários tipos de células era preenchido com um material de aspecto gelatinoso e que em seu interior havia uma pequena estrutura que foi identificada como sendo o núcleo celular. Matthias Schleiden e Theodor Schwann concluíram que todos os seres vivos, tanto plantas quanto animais, eram formados por células e assim formularam a teoria celular.

Após mostrar a você como as células foram descobertas, gostaria de perguntar: o estudo das células seria possível sem a descoberta do microscópio?

Como você pode notar, sem o microscópio não podemos observar as células, pois a maioria é muito pequena e não conseguimos visualizá-las a olho nu. Na Figura 1.2, podemos observar um esquema mostrando os limites de resolução do microscópio de luz e do microscópio eletrônico, assim como as dimensões de alguns organismos e estruturas.

Figura 1.2 | Esquema mostrando os tamanhos relativos das células e seus componentes



Fonte: <<http://learn.genetics.utah.edu/content/begin/cells/scale>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

Figura 1.3 | Microscópio óptico ou microscópio de luz



Fonte: <<http://www.brasilecola.com/biologia/microscopia>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

A seguir, apresentarei a você os microscópios de luz, também conhecidos como microscópios ópticos comuns ou compostos (MOC) e os eletrônicos.

Os microscópios ópticos permitem aumentos de até 2000 vezes, são empregados para ampliar e observar estruturas pequenas, dificilmente visíveis ou invisíveis a olho nu, como no caso o exemplo das células, que podem ser observadas vivas ou mortas.

Figura 1.4 | Microscópio eletrônico



Fonte: Centro de Microscopia UFMG. <<https://www.ufmg.br/microscopia/index.php>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

Um grande avanço na microscopia foi a invenção do microscópio eletrônico, em 1931, por Ernst Ruska. Os microscópios eletrônicos permitem aumentos de cerca de 500 mil vezes, possibilitando o estudo detalhado das estruturas celulares. A diferença básica entre o microscópio eletrônico e o óptico, é que o eletrônico utiliza feixes de elétrons para analisar o objeto a ser estudado e não a luz, como no óptico. Além da microscopia eletrônica, grandes passos também foram dados com o desenvolvimento da microscopia por fluorescência e confocal, entre outros, no século XX.



## Exemplificando

Pense: como você poderia confirmar uma doença de origem bacteriana, mediante o diagnóstico laboratorial?



## Faça você mesmo

Agora que você entende como é constituído um microscópio óptico e um microscópio eletrônico, descreva a diferença básica entre eles.

## Sem medo de errar

Agora que você já sabe que as células são as unidades fundamentais dos seres vivos, que bactérias procariontes primitivas podem causar grandes danos aos seres pluricelulares complexos, e que com exames laboratoriais podemos identificar qual o tipo de bactéria para depois tratar a patologia, chegar à resolução da situação-problema será fácil.

Com seus estudos avançados nas questões que envolvem o fenômeno da vida, você pode concluir que a célula, como unidade fundamental, está envolvida em todos os processos do corpo dos seres vivos, sendo plantas, animais, bactérias, entre outros.

O surgimento de muitas doenças é decorrente de microrganismos, com a tecnologia existente podemos determinar algumas causas e tratá-las, como foi o caso da peste negra no mundo, mas isso também nos confirma como os estudos da biologia são recentes, pois a peste negra dizimou muitas vidas e somente no final do século XIX foi possível a descoberta do agente causador da doença.



## Atenção

Todos os seres vivos são formados por células, apesar das diferenças entre os organismos, todos têm em comum: membrana plasmática, material genético e citoplasma.

Agora, reflita sobre o problema proposto. Com relação ao paciente com suspeita de peste negra, as alterações que ocorreram nas células são devido às ações de bactérias, que são organismos procariontes. Considerando a configuração estrutural e funcional das células, o que poderia ocorrer para surgir o escurecimento das pontas dos dedos? Grande parte das proteínas celulares sofrerão desnaturação,

o citoplasma sofre inchaço e se torna um ambiente acidófilo, assim as enzimas autolíticas desnaturadas perdem sua atividade biológica característica e essas células serão digeridas por leucócitos.

Desta forma, um microrganismo inferior metabolicamente pode causar danos irreparáveis ao funcionamento de uma célula eucarionte, mas como essa bactéria causadora da peste negra poderia acessar um organismo humano? A transmissão ocorre através do contato com o roedor, seja direto ou por pulgas que entram em contato com o sangue dos roedores. As bactérias *Yersinia Pestis* se instalam no intestino das pulgas e quando entram em contato com outras vítimas a bactéria é transmitida.



### Lembre-se

Para ocorrer a vida, as células precisam manter seu funcionamento normal, qualquer situação biológica/química ou física pode alterar seu funcionamento e levá-la a morte.

Para finalizar a solução da situação-problema, pense nas células como base fundamental da vida, e como podem ter seu funcionamento afetado por microrganismos que podem levar à morte celular e, conseqüentemente, à morte do paciente. Sem um funcionamento celular normal, não é possível manter a vida saudável de um organismo.

## Avançando na prática

Pratique mais!	
<b>Instrução</b> Desafiamos você a praticar o que aprendeu, transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.	
<b>Seres Vivos Microscópicos</b>	
<b>1. Competência de fundamentos de área</b>	
<b>2. Objetivos de aprendizagem</b>	Aplicar os conceitos de células como base para existência da vida, e saber identificar a diferença entre seres unicelulares e pluricelulares.
<b>3. Conteúdos relacionados</b>	Funcionamento celular.
<b>4. Descrição da SP</b>	Ao tomar água de uma fonte não potável, depois de alguns dias você começa a se sentir com azia e náusea, que diminuem de intensidade quando ocorre ingestão de alimentos; ocorrem cólicas seguidas de diarreia, perda de apetite, irritabilidade. Pode ser uma indisposição que logo passará ou pode ser giardíase, que é uma parasitose intestinal que tem como agente etiológico a <i>Giardia lamblia</i> , um protozoário flagelado. Qual a relação deste microrganismo com a função celular? Com exames laboratoriais, seria possível o diagnóstico do tipo de protozoário?
<b>5. Resolução da SP</b>	Para resolver a situação proposta, você deverá refletir sobre o funcionamento celular, e como os processos metabólicos efetuados no interior das células são fundamentais para vida saudável do organismo.



## Lembre-se

O surgimento de muitas doenças são decorrente dos microrganismos e com a tecnologia existente podemos determinar algumas causas e tratá-las.



## Faça você mesmo

Quando se usa um microscópio óptico, é fundamental saber a capacidade de ampliação que ele está fornecendo, agora pense: se na ocular estiver marcando 5X e na objetiva 12X, qual será a ampliação alcançada?

## Faça valer a pena

1. Conceitue célula. Dê exemplos de um organismo unicelular e um pluricelular.
2. Considerando a classificação dos seres vivos e os tipos fundamentais de células, estabeleça:
  - a) a principal diferença entre os tipos de células.
  - b) a relação entre os tipos de células e os cinco reinos.
3. Na tabela, a seguir, estão assinaladas a presença (+) ou a ausência (-) de alguns componentes encontrados em quatro diferentes tipos de organismos A, B, C e D:

Componentes	Tipos Celulares			
	A	B	C	D
Envoltório nuclear	+	-	+	-
Ribossomos	+	+	+	+
Mitocôndrias	+	-	+	-
Clorofila	-	+	+	-
Retículo endoplasmático	+	-	+	-

Os tipos celulares A, B, C e D pertencem, respectivamente, a organismos:

- a) Procarionte heterótrofo, eucarionte heterótrofo, procarionte autótrofo e eucarionte autótrofo.
- b) Procarionte autótrofo, eucarionte autótrofo, eucarionte heterótrofo e procarionte heterótrofo.

- c) Eucarionte heterótrofo, procarionte heterótrofo, procarionte autótrofo e eucarionte autótrofo.
- d) Eucarionte autótrofo, procarionte autótrofo, eucarionte heterótrofo e procarionte heterótrofo.
- e) Eucarionte heterótrofo, procarionte autótrofo, eucarionte autótrofo e procarionte heterótrofo.

**4.** Toda célula viva possui:

- a) Membrana plasmática, mas pode não possuir núcleo e mitocôndrias.
- b) Membrana plasmática e mitocôndrias, mas pode não possuir núcleo.
- c) Núcleo, mas pode não possuir membrana plasmática e mitocôndrias.
- d) Núcleo e mitocôndrias, mas pode não possuir membrana plasmática.
- e) Núcleo, membrana plasmática e mitocôndrias.

**5.** Qual dos componentes a seguir está presente em todos os tipos de células, sejam elas eucarióticas ou procarióticas?

- a) Retículo endoplasmático e ribossomo.
- b) Parede celular e membrana plasmática.
- c) Núcleo e ribossomos.
- d) Mitocôndria e lisossomos.
- e) Membrana plasmática e citoplasma.

**6.** São conceitos da moderna teoria celular, EXCETO:

- a) Todos os seres vivos são formados por uma ou mais células.
- b) Toda célula origina-se de outra preexistente, por um processo chamado divisão celular.
- c) A célula é a unidade estrutural e funcional de todos os organismos vivos.
- d) A atividade de um organismo depende da atividade total de células independentes.
- e) As reações metabólicas e bioquímicas ocorrem na membrana das células.

**7.** Os seres vivos apresentam estrutura celular, entretanto, não há nada que corresponda a uma célula típica, pois tanto os organismos unicelulares como as células dos organismos pluricelulares são muito diferentes entre si. Apesar dessa enorme variedade, todas as células vivas apresentam o seguinte componente:

- a) Carioteca.
- b) Membrana plasmática.
- c) Lisossomos.
- d) Mitocôndria.
- e) Cloroplasto.

# Seção 1.2

## Origem e evolução das células

### Diálogo aberto

Olá, pessoal! Tudo bem? Gostaria de convidá-los para conhecer um pouco mais sobre esse incrível mundo celular. Na seção anterior, estudamos sobre os níveis de organização celular, agora iniciaremos o estudo a respeito da origem e evolução das células. Vocês já se perguntaram quando e como surgiram os primeiros seres vivos na Terra? Ou quais foram os processos que deram origem às primeiras células? Durante todo o aprendizado desta seção vou mostrar a vocês como responder a essas perguntas.



#### Lembre-se

As células são unidades fundamentais para ocorrência da vida, e seu funcionamento deve ser normal, sem interferência de agentes biológicos, químicos ou físicos.

Para iniciar o estudo desta seção, poderíamos pensar: você está respirando? Nós sabemos que no processo de respiração ocorre a troca dos gases oxigênio e carbônico no pulmão, o sangue é o responsável pelo transporte de oxigênio por todo o corpo e, conseqüentemente, ocorre a oxigenação de todos os tecidos. No entanto, o gás oxigênio está presente também no interior das células, sendo fundamental para o seu bom funcionamento. Você se lembra que na seção anterior falamos que qualquer agente biológico, químico ou físico, poderia alterar o funcionamento celular e levar a célula à morte e, conseqüentemente desenvolver patologias ou até causar a morte de um organismo? Agora, imagine que você, ao final de um dia de trabalho, passa na academia e exagera na seção de musculação, no dia seguinte sente dores musculares: o que pode ter acontecido com suas células? Qual a relação desta situação com o oxigênio fundamental para evolução das células?



## Assimile

Acesse o link: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40141990000100011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40141990000100011&script=sci_arttext). Acesso em: 15. out. 2015. E saiba mais sobre a ação de bactérias na fixação de nitrogênio em leguminosas. Avanços biotecnológicos nesta área implicam diretamente na agricultura brasileira.

A seguir, aprofundaremos os conceitos de evolução celular e então você conseguirá correlacionar os elementos de fundamental importância para as células de organismos aeróbicos.

## Não pode faltar

Através do tema origem e evolução das células, percebemos que todos os seres vivos descendem de um ancestral comum, e esses teriam surgido nos primórdios da Terra primitiva. Devido aos processos evolutivos, essas células se modificaram e se especializaram, gerando a grande diversidade de seres vivos que existem hoje em nosso planeta.



## Refleta

As condições químicas da Terra primitiva permitiram o surgimento de coacervados. Moléculas orgânicas se acumulavam nos mares primitivos, já que na atmosfera as altas temperaturas evaporavam constantemente a água, e assim esses mares eram verdadeiros "caldos nutritivos". Nesses "caldos nutritivos", substâncias relativamente complexas, como proteínas e ácidos nucleicos, teriam aparecido espontaneamente ao acaso.

Como abordado na seção anterior, as células são a base para os estudos de Biologia, representando a menor porção da matéria viva. É a unidade estrutural e funcional fundamental dos seres vivos. Essencialmente, os organismos vivos são constituídos por células, suas características básicas são semelhantes, podendo variar em tamanho, forma e funções. Alguns organismos, como as bactérias, são classificados como unicelulares, pois são formados por uma única célula. Outros organismos, como os animais, são pluricelulares, consistindo em um conjunto de células. Vamos nos aprofundar um pouco mais nesse assunto para responder com mais clareza a todos esses questionamentos.

## 1.2.1 Evolução Química

### 1.2.1.1 Evolução pré-biótica: hipótese de Oparin e Haldan

Antes de partir para um maior conhecimento sobre a formação inicial das células, você deve pensar nos elementos químicos básicos que as compõem. Tais elementos formam os blocos construtores de toda a matéria.

Agora que refletiu sobre o assunto, pode constatar que os elementos químicos básicos para a vida são carbono, oxigênio e hidrogênio, e estes três elementos estão presentes em 90% da massa corporal.

Caro aluno, após o entendimento do que são células e como foram descobertas, você poderia responder: como se originaram os primeiros seres vivos e como teriam evoluído e gerado a diversidade de formas vivas que existem hoje na Terra?

Acredita-se que as primeiras células surgiram no planeta há aproximadamente 4 bilhões de anos. Naquela época, a atmosfera primitiva da Terra continha metano ( $\text{CH}_4$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ), gás hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ), gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e vapor d'água ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Não existia oxigênio livre ( $\text{O}_2$ ) e só apareceria muito depois, após a atividade fotossintética de células autotróficas.

A superfície da Terra estaria coberta por grande quantidade de água, devido ao processo de resfriamento, os vapores d'água condensavam-se, originando nuvens que provocavam chuvas constantes e que permitiram o acúmulo de água nas depressões da crosta, formando-se assim os mares primitivos. Essa massa líquida, chamada de caldo primitivo, continha grande quantidade de moléculas inorgânicas e os gases dessa atmosfera primitiva estariam em solução.

As descargas elétricas, altas temperaturas e as radiações ultravioletas eram intensas e promoveram energia para que as moléculas dissolvidas no caldo primitivo se combinassem quimicamente, dando origem a moléculas maiores e mais complexas, as primeiras moléculas contendo carbono (orgânicas). Moléculas orgânicas se acumulavam nos mares primitivos já que na atmosfera primitiva as altas temperaturas evaporavam constantemente a água, e assim esses mares primitivos eram verdadeiros

“caldos nutritivos”. Nesses “caldos nutritivos”, substâncias relativamente complexas, como proteínas e ácidos nucleicos, teriam aparecido espontaneamente ao acaso. Essa é uma teoria de origem por evolução química, denominada de pré-biótica.



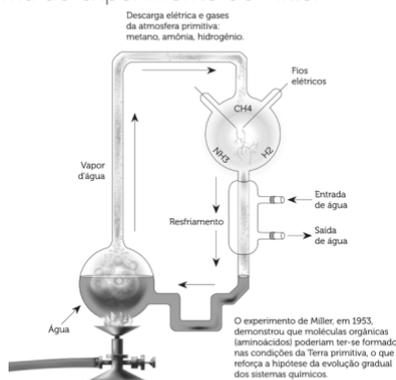
## Vocabulário

Atmosfera é a camada de gases que envolve a Terra e que ficam retidos por causa da força da gravidade e do campo magnético que envolve o planeta. A atmosfera é de fundamental importância na proteção da vida, pois absorve a radiação ultravioleta proveniente do Sol.

Agora você deve estar se perguntando: será que algum pesquisador testou essa teoria da origem por evolução química?

Em 1953, o químico norte-americano Stanley Miller demonstrou a síntese de moléculas orgânicas sem a participação dos seres vivos. O experimento de Miller simulava as condições da atmosfera primitiva. Ele era formado por tubos e balões de vidros interligados, onde foram introduzidos os componentes da atmosfera primitiva daquela época. O sistema foi aquecido e a água, ao ser fervida, transformava-se em vapor e circulava por todo o sistema. O balão da mistura gasosa foi submetido a descargas elétricas. No condensador, a mistura tornava-se líquida. A análise da água obtida no reservatório mostrou a presença de diversas moléculas de compostos de carbono, inclusive aminoácidos.

Figura 1.5 | Esquema do experimento de Miller



Fonte: Ministério do Meio Ambiente. <<http://www.mma.gov.br/port/cgmi/nossoamb/agua/agua/04.html>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

## 1.2.2 Evolução Biológica

### 1.2.2.1 Teoria da invaginação da membrana

Vamos avançar um pouco mais: como surgiu o primeiro ser vivo a partir de moléculas orgânicas?

As moléculas de aminoácidos e de nucleotídeos estavam presentes no caldo primitivo, conforme descrito no item anterior. Essas dariam origem às primeiras moléculas de proteínas e de ácidos nucleicos, entretanto, somente ácidos nucleicos são capazes de autoduplicação e assim surgiriam as primeiras células. Esse sistema de autoduplicação deveria ficar isolado, pois evitaria que as moléculas se dispersassem no líquido pré-biótico. Assim, acredita-se que ao acaso formaram-se moléculas de fosfolípidios que constituiriam as primeiras bicamadas fosfolípídicas que envolveriam um conjunto de moléculas de RNA (ácido ribonucleico), nucleotídeos, proteínas e outras moléculas. Esse processo resultou no nascimento da primeira célula, com sua membrana fosfolípídica.



#### Pesquise mais

No link <<http://qnesc.sbg.org.br/online/cadernos/01/evolucao.pdf>> você encontrará um excelente artigo sobre a evolução da atmosfera terrestre.

Supõe-se que a primeira célula era estruturalmente simples, denominada de célula procariótica. Provavelmente, ela não conseguia produzir o seu próprio alimento (heterotrófica) e era também anaeróbia, pois não existia oxigênio na atmosfera daquela época. O processo evolutivo dessas células teria sido muito complicado se elas continuassem dependendo das moléculas orgânicas, formadas pelo processo pré-biótico, para a nutrição. Foi quando o surgimento de células que produziam seu próprio alimento (autotróficas) possibilitou a manutenção da vida na Terra. Iniciou-se, assim, a fotossíntese. Dessa maneira, foram ocorrendo mudanças na atmosfera com o aumento da concentração de oxigênio (O<sup>2</sup>) liberado pela fotossíntese. O início da fotossíntese e as alterações da atmosfera contribuíram para a evolução das células e das formas de vida existentes hoje na Terra.

Caro aluno, esses foram os processos pelos quais se originaram as células procariontes autotróficas, porém o processo de evolução

não para por aí, pois, como sabemos, hoje na Terra existem formas de vida muito mais evoluídas.

O passo seguinte no processo evolutivo foi o surgimento de células eucariontes, mais complexas, a partir de células procarióticas, conhecidas como teoria da invaginação da membrana plasmática. As células eucarióticas possuem um elaborado sistema de endomembranas que teriam se originado a partir das células procariontes, através de dobramentos da membrana plasmática. Esses dobramentos teriam dado origem a diversos compartimentos intracelulares, como o retículo endoplasmático, endossomos, lisossomos, aparelho de Golgi e a carioteca, estrutura membranosa que delimita o núcleo e onde se concentra o material genético da célula.



### Assimile

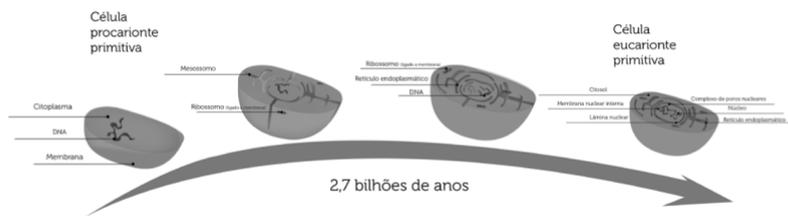
Lembre-se da situação-problema apresentada no diálogo aberto: você entende a relação do gás oxigênio com a sobrevivência celular de alguns organismos?



### Faça você mesmo

Agora você consegue assimilar esta relação?

Figura 1.6 | Teoria da invaginação da membrana plasmática. A imagem mostra como teriam se formado os compartimentos intracelulares



Fonte: Junqueira e Carneiro (2012, p. 12).

### 1.2.2.2 Teoria endossimbiótica

Como surgiram as organelas que estão envolvidas nos processos energéticos das células?

As organelas envolvidas nos processos energéticos das células são as mitocôndrias responsáveis pela respiração celular, ocorrendo

essencialmente em todos os seres eucariontes e os cloroplastos responsáveis pela fotossíntese, estando presente apenas em eucariontes fotossintéticos, como as plantas. Essas organelas se originaram de bactérias que foram fagocitadas por células eucarióticas e que escaparam do processo de digestão celular. Os ancestrais de mitocôndrias e cloroplastos eram endossimbiontes, ou seja, estabeleceram uma relação de simbiose, pois ambas as células constituíram uma relação benéfica, que com o passar dos anos acabou se tornando irreversível.



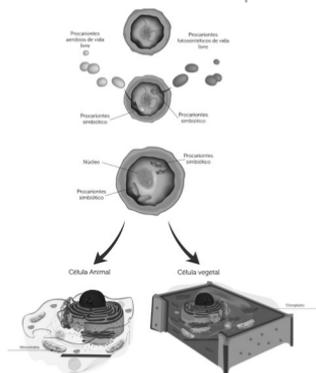
### Exemplificando

Segue uma exemplificação da relação celular e as funções que desempenham no organismo de um ser vivo.

Um estudante decidiu testar os resultados da falta de determinada vitamina na alimentação de um grupo de ratos. Colocou, então, cinco ratos em uma gaiola e retirou de sua dieta os alimentos ricos na vitamina em questão. Após alguns dias, os pelos dos ratos começaram a cair. Então ele decidiu inocular bactérias que são produtoras dessa vitamina no animal. Passados 30 dias, observou que os pelos voltaram a crescer! O que poderia ter acontecido com as células com a retirada de um elemento específico? E como essas células reagiram com a introdução de uma bactéria em seu funcionamento?

Mais especificamente, esta teoria defende que os cloroplastos e mitocôndrias dos organismos eucariontes têm origem num procarionte heterotrófico, com possibilidades de ser um antepassado das cianobactérias que viveu em simbiose dentro de outro organismo, também unicelular, mas provavelmente de maiores dimensões, obtendo assim proteção e fornecendo ao hospedeiro a energia fornecida pela fotossíntese.

Figura 1.7 | Teoria Endossimbiótica. A imagem mostra como teriam surgido as mitocôndrias e os cloroplastos



Fonte: <<http://prokariotae.tripod.com/teoriaendossimbionica.htm>>. Acesso em: 18 mar. 2015.

## Sem medo de errar

Caro aluno, agora que avançamos um pouco mais sobre a evolução celular, e sobre sua relação com o oxigênio, que se tornou fundamental para a produção de energia, ocorrendo assim as reações metabólicas, vamos retomar à situação-problema apresentada nesta seção, em que exemplificamos as dores que surgiram após um treino intenso de musculação. Esta situação ocorre quando o organismo não realiza respiração aeróbia. Na falta de oxigênio, a célula pode obter energia realizando apenas a parte inicial do processo de quebra da glicose, a chamada de glicólise, que ocorre no citoplasma da célula, portanto, fora das mitocôndrias e não necessita de oxigênio para sua realização. Esse processo se chama fermentação, assim a glicose é degradada em duas moléculas de ácido pirúvico, em seguida, esse ácido é transformado em outros tipos de composto, caracterizando o tipo de fermentação. No caso dos músculos, temos a fermentação láctica, pois quando nos submetemos ao excesso de exercícios físicos a respiração celular não é suficiente para fornecer a energia necessária para as contrações musculares. Assim, a célula muscular passa a obter parte da energia de que necessita através da fermentação, acumulando ácido láctico e levando à fadiga muscular. Esse processo é considerado uma alternativa metabólica de curto prazo, ativada quando o organismo é submetido a um excesso de esforço físico em condições de baixa oxigenação muscular.

A fermentação foi o primeiro processo usado pelos organismos primitivos para obter energia. Essa situação demonstra a dependência de gás oxigênio, e como as células se comportam numa situação em que correm risco de alterações, causando o mal funcionamento, que pode gerar patologias.



### Atenção

A respiração celular ocorre nas mitocôndrias, sendo fundamental para o funcionamento das células, fornecendo também energia para as reações metabólicas.



## Lembre-se

A evolução celular teve como base a evolução dos seres procariontes, que a partir de simbiose com mitocôndrias e cloroplastos proporcionou o acúmulo de gás oxigênio na atmosfera, permitindo a evolução dos seres aeróbicos.

## Avançando na prática

### Pratique mais!

#### Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

#### Relação entre funcionamento celular e gás oxigênio

<b>1. Competência de fundamentos de área</b>	
<b>2. Objetivos de aprendizagem</b>	Aplicar os conceitos de evolução celular correlacionando com o gás oxigênio.
<b>3. Conteúdos relacionados</b>	Teorias de evolução e funcionamento celular.
<b>4. Descrição da SP</b>	Vamos efetuar uma análise: um amigo está sofrendo com alguns sintomas que o deixam debilitado, suas queixas estão associadas à falta de ar constante, desmaios, sensação de suor frio, mudança na coloração das unhas e boca (ficam com coloração arroxeadas), dores de cabeça, se sente cansado e com insônia. São tantos sintomas que podem estar associados a muitas patologias, no entanto, reflita um pouco sobre o que que pode estar acontecendo com as células do seu amigo. Qual a relação do oxigênio sintetizado no interior das células, com os sintomas do seu amigo?
<b>5. Resolução da SP</b>	Para solucionar esse desafio, pense na relação do oxigênio com a produção de energia no interior das células, como esse processo é fundamental para a existência da vida celular e, por consequência, para os organismos que as células compõem.



## Lembre-se

O sistema de membranas, localizado dentro das células eucariontes, tem como base a teoria de invaginação, através de dobramentos da membrana plasmática.



## Faça você mesmo

Vamos testar seus conhecimentos, faça você mesmo a seguinte atividade: Que razões você enumeraria para explicar as diferenças, no que se refere à composição química, entre a atmosfera da Terra primitiva e a da Terra atual?

Terra Primitiva	Terra Atual
<p>1 - Metano (CH<sub>4</sub>), amônia (NH<sub>3</sub>), gás hidrogênio (H<sub>2</sub>), sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e vapor d'água (H<sub>2</sub>O).</p> <p>2- Descargas elétricas, altas temperaturas e as radiações ultravioletas eram intensas.</p>	<p>1- 78%; oxigênio, 21%; e outros gases (como dióxido de carbono, neônio, ozônio, hélio e vapor de água) 1%.</p> <p>2- A atmosfera é composta por várias camadas, que se diferenciam de acordo os aspectos físicos e químicos. As camadas da atmosfera terrestre são: troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera.</p>

## Faça valer a pena

**1.** O que você poderia explicar sobre a teoria da evolução química?

**2.** O que é a teoria endossimbiótica?

**3.** Durante milhões de anos, moléculas orgânicas foram se acumulando nos mares primitivos, transformando-os em verdadeiros caldos orgânicos. Essa alta concentração, aliada ao calor e à intensa radiação, faziam com que as moléculas reagissem entre si, dando origem a novas substâncias, provavelmente as precursoras do ácido nucleico, que serviu como modelo para a reunião de uma enzima que poderia então auxiliar na produção de mais ácido nucleico. Com este desenvolvimento, apareceu o primeiro mecanismo potente de realização. A vida tinha começado. Com as informações acima, qual foi a primeira reação energética que surgiu?

- a) Quimiossíntese.
- b) Fotossíntese.
- c) Respiração anaeróbica.
- d) Respiração aeróbica.
- e) Fermentação.

**4.** Durante o processo evolutivo, algumas organelas de células eucariontes se formaram por endossimbiose com procariontes. Tais organelas mantiveram o mesmo mecanismo de respiração celular e produção de energia após a associação. Considere as seguintes organelas celulares, existentes em eucariontes:

1- Mitocôndrias.

- 2- Aparelho de Golgi.
- 3- Lisossomas.
- 4- Cloroplastos.
- 5- Vesículas secretoras.
- 6- Peroxissomas.

Qual das organelas citadas são responsáveis por produção de energia, nas plantas e nos animais?

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

**5.** A teoria de Oparin e Haldane admite que a primeira forma de vida tenha surgido em lagos da Terra primitiva, a partir de moléculas orgânicas existentes na atmosfera e nos oceanos, provenientes de substâncias inorgânicas. Com a evolução surgiu uma diversidade de formas e processos. Defina a primeira forma de vida (I), a composição da atmosfera primitiva (II) e a provável sequência de processos para obtenção de alimento e energia (III) conquistados pelos seres vivos:

- a) I = autótrofa; II = sem oxigênio; III = fotossíntese, fermentação, heterotrófico, respiração aeróbica.
- b) I = autótrofa; II = com oxigênio; III = fotossíntese, fermentação, heterotrófico, respiração aeróbica.
- c) I = heterótrofa; II = sem oxigênio; III = heterotrófico, fermentação, fotossíntese, respiração aeróbica.
- d) I = heterótrofa; II = sem oxigênio; III = heterotrófico, respiração aeróbica, fotossíntese, fermentação.
- e) I = heterótrofa; II = com oxigênio; III = heterotrófico, respiração aeróbica, fotossíntese, fermentação.

**6.** Pela teoria de Oparin, os primeiros seres surgidos na Terra teriam sido:

- a) Heterótrofos e aeróbios.
- b) Autótrofos e anaeróbios.

- c) Autótrofos e aeróbios.
- d) Heterótrofos e anaeróbios.
- e) Autótrofos e heterótrofos.

**7.** O aparelho projetado por Stanley Miller, no início da década de 1950, fazia circular metano, amônia, vapor de água e hidrogênio e, através de energia fornecida por descarga elétrica, formava produtos de reações químicas como aminoácidos, carboidratos e ácidos graxos, que eram coletados no alçapão. Através desse experimento, Miller testou a hipótese de que, na atmosfera primitiva, pela ação de raios:

- a) Compostos orgânicos puderam se formar a partir de moléculas simples.
- b) Compostos inorgânicos puderam se formar a partir de moléculas orgânicas.
- c) Compostos inorgânicos e orgânicos puderam originar os primeiros seres vivos.
- d) Macromoléculas puderam se formar a partir de moléculas orgânicas simples.
- e) Coacervados puderam se formar a partir de moléculas inorgânicas.

# Seção 1.3

## Características das células procariontes e eucariontes

### Diálogo aberto

Olá, pessoal! Tudo bem? Continuem comigo nesta empolgante viagem ao metabolismo celular. Já vimos nas seções anteriores que a célula é a unidade fundamental da vida e quais seres vivos elas formam; aprendemos também a classificar esses seres na natureza, depois nos familiarizamos com as teorias que demonstram como a vida pode ter surgido na Terra.

Agora, daremos continuidade aos conhecimentos celulares, com a caracterização das células procariontes e eucariontes. Já falamos um pouco dos seres vivos constituídos por essas células nas seções anteriores, no entanto, a partir desta seção você entenderá cada processo metabólico característico das células procariontes e das células eucariontes e como tal processo pode ocorrer dentro de estruturas microscópicas. Durante todo o aprendizado desta seção vamos buscar as respostas e você, ao final, entenderá a complexidade celular.



### Dica

Metabolismo significa transformação, vai desde simples reações de digestão de alimentos até as complexas reações de fabricação de novas moléculas e estruturas celulares.

Para auxiliar no desenvolvimento dos estudos da seção, e atender aos objetivos específicos do tema em questão, lembre os conceitos estudados anteriormente: todos os seres vivos são formados por células, que se originaram em uma atmosfera primitiva, e com a evolução dos seres vivos chegamos à diversidade atual. Assim, quando estudamos a estrutura e os metabolismos de um tipo qualquer de célula, estamos

estudando também um pouco de todos os outros organismos, uma vez que todas as células se parecem. A seguir, será apresentada uma situação que estamos vivenciando e que visa aproximar os conteúdos teóricos com a prática.



### Lembre-se

Já iniciamos nossos estudos com relação às células procariontes e eucariontes, já sabemos que seres vivos elas representam e a que reino biológico pertencem.

Quais são as características estruturais das células e como elas funcionam? Qual a relação com a vida dos seres humanos? Para ajudá-los a refletir sobre as características de cada tipo celular, analise: Segundo a Organização Mundial de Saúde (DIREÇÃO GERAL DE SAÚDE, 2014), metade das prescrições de antibióticos são inoportunas, e cada vez que se toma um desses remédios na hora e na dose errada aumentam as chances de microrganismos resistentes se desenvolverem. Por que isso acontece? Qual a relação das características de cada célula que pode levar à resistência dessas bactérias?



### Refleta

Como relacionar os conceitos já estudados com essa situação-problema? Simples! Lembre-se de que a vida só ocorre com a existência de células, que microrganismos formados por células consideradas primitivas possuem grande poder de devastação de outros organismos. Pense na estrutura celular para desvendar a resistência das bactérias.

## Não pode faltar

Caro aluno, do ponto de vista estrutural, podemos diferenciar dois tipos de células, procariontes (*protos* – primitivo; *carion* – núcleo) e eucariontes (*eu* – verdadeiro; *carion*-núcleo), também chamadas de eucélulas. No grupo de procariontes só temos as bactérias e as cianofíceas, que também são chamadas de algas azuis, Reino Monera. Agora pense nas células eucariontes e nos organismos que elas representam: uma enorme diversidade! Estão presentes nos Reinos: Protista, Fungi, Plantae e Animália.

Todas as células possuem elementos essenciais: citoplasma, membrana plasmática ou membrana celular, que separam os conteúdos

celulares do ambiente externo e também o material genético, que constitui a informação hereditária e que regulam todas as atividades celulares e características que são passadas para os descendentes.

Mas uma das diferenças dos dois tipos de células é a forma em que o material genético se apresenta. As células procariontes não possuem um sistema de membranas, deixando seu material genético solto no citoplasma, além de serem extremamente pequenas e com poucas organelas. Nas células eucariontes é bem visível o núcleo envolto em uma membrana nuclear e elas possuem muitas organelas. O núcleo foi observado inicialmente em 1802 por Franz Bauer, no entanto, somente em 1831 Robert Brown identificou essa estrutura como de extrema importância para célula. Brown escolheu o nome núcleo (do grego *nux* – semente) por imaginar que fosse a semente da célula, comparando com os frutos das plantas.

Para você compreender melhor as diferenças dos tipos de células, vamos conceituar cada célula individualmente, assim, você terá maior clareza em desvendar como os seres compostos por células procariontes, considerados primitivos, ainda nos causam tantas preocupações.

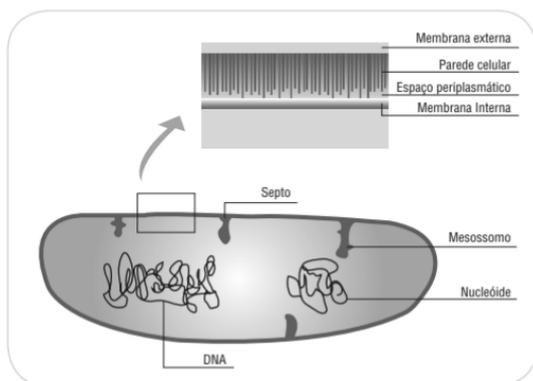
## 1.3.1 Células Procariontes

### 1.3.1.1 Constituição estrutural das células procariontes

As células procariontes também podem ser chamadas de protocélulas, não possuem um sistema de membranas compartimentando o citoplasma, seu DNA se apresenta na forma de anel e não estão associadas a proteínas (histonas). Têm formato geralmente simples em esfera, bastonete, ou em hélice, podendo formar colônias em alguns casos. Como essas células não possuem citoesqueleto, como as eucariontes, sua forma é definida por uma parede extracelular que sofre síntese no citoplasma e se posiciona na superfície externa da membrana plasmática. Essa parede rígida possui 20 nm de espessura, é constituída por peptidoglicanos e tem como função proteger a célula das ações mecânicas.

A bactéria *Escherichia Coli* é uma das mais estudadas por sua reprodução rápida e estrutura simples. A Figura 1.8 demonstra a representação de uma *E.coli*, com destaque para sua parede celular.

Figura 1.8 | Bactéria E.Colli demonstra uma célula procarionte com suas principais estruturas



Fonte: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/celula/morfologia.php>>

Outras organelas presentes são os ribossomos no citoplasma, que podem se ligar a moléculas de RNAm, constituindo polirribossomos. Atente-se, também, para a presença de nucleóide, uma estrutura que possui dois ou mais cromossomos idênticos circulares, presos a diferentes pontos da membrana plasmática; ainda nesta membrana, em sua face interna, aparecem enzimas relacionadas com a respiração.



### Pesquise mais

Para saber mais sobre a parede celular das células procariontes, acesse o link: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABCpgAH/farmacologia-das-infecoes-bacterianas-sintese-parede-celular>>. Acesso em: 1 maio 2015.

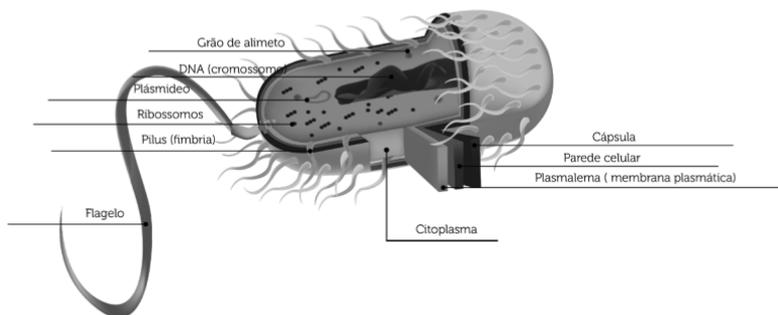
As células procariontes não se dividem por mitose e seus filamentos de DNA não sofrem o processo de condensação que leva à formação de cromossomos visíveis ao microscópio óptico durante a divisão celular. Em alguns casos, a membrana plasmática se invagina e se enrola, formando estruturas denominadas mesossomos. Estes são importantes na divisão celular pelo método binário, isto é, reprodução assexuada, em que em uma célula inicial realiza a duplicação do material genético, que está ligado à membrana celular; a célula começa a crescer e os mesossomos se afastam, levando consigo um cromossomo. Em seguida, a célula se divide, originando duas células-filhas com as mesmas características da célula-mãe.

As moléculas menores de DNA extracromossômicas são chamadas de plasmídeos, e podem ser passadas de uma bactéria para outra, carregando informações genéticas. As células procariontes ainda podem ter flagelos que auxiliam na locomoção e fímbrias ou pili, que ajudam na junção com as células hospedeiras.

Podem surgir células procariontes autótrofas, que possuem em seu citoplasma algumas membranas, paralelas entre si, associadas à clorofila ou a outros pigmentos responsáveis pela captação de energia luminosa. Entretanto, a maioria dos procariontes é heterotrófica, ou seja, depende de uma fonte externa de alimentos e realiza essa alimentação por absorção com vários mecanismos de fermentação e de respiração.

Você percebeu como as células procariontes possuem algumas particularidades que podem tornar seus representantes, como as bactérias, resistentes? Note que um ponto muito importante para essas células é a existência de uma cápsula de proteção, que é uma camada rígida formada por uma série de polímeros orgânicos que se deposita no exterior da sua parede celular. Outro ponto de atenção é para a presença de plasmídeos, que podem transmitir até mesmo genes de uma bactéria para outra, aumentando a possibilidade de mutação.

Figura 1.9 | Representa as estruturas de uma célula procarionte



Fonte: <<http://terraemgeral.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 25 abr. 2015.

### 1.3.1.2 Bactérias do bem

Agora que conceituamos as estruturas de uma célula procarionte, exemplificamos com as bactérias, que são os representantes mais ilustres deste tipo celular, podemos falar dos benefícios que esses organismos propiciam ao mundo atual, pois até agora só falamos no medo que sentimos quando pronunciamos a palavra bactérias, mas você sabia que no corpo humano podemos ter mais de 10 trilhões de bactérias e que algumas são do bem? Mas como isso é possível?

Você se lembra dos lactobacilos? São os probióticos que exercem efeitos benéficos à saúde e estão presentes na flora intestinal, ajudando na absorção de nutrientes e na produção de vitaminas.

As bactérias do bem também estão presentes no ramo da indústria. Estudos demonstram que bacteriocinas podem ser usadas como conservantes de alimentos, mas as bactérias do bem também se destacam na indústria farmacêutica, na construção civil e no tratamento de esgoto.

Você já pensou no botox, que faz tanto sucesso no tratamento de rugas, como será que é produzido? Quem pensou nas bactérias acertou. Botox é o nome da marca americana da toxina botulínica e foi a primeira a ser liberada para uso em questões estéticas, mas já pensou como é possível a utilização dessa toxina? A toxina botulínica é produzida a partir da purificação de um complexo proteico da bactéria *Clostridium Botulinum*, de onde são extraídos alguns sorotipos diferentes, no entanto, para finalidades médicas o usado é o sorotipo A, como em tratamentos de estética, doenças como o estrabismo, espasmo hemifacial, entre outras.

A ação da toxina está relacionada à capacidade de contração muscular, agindo no bloqueio do neurotransmissor responsável por levar as mensagens do cérebro aos músculos.



**Pesquise mais**

Acessando o link: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57190/2/Joana%20Filipa%20Nogueira%20da%20Silva%20%20pdf.pdf>> você encontrará uma matéria completa sobre o Botox.

Perceba que, com a tecnologia atual, podemos usar as bactérias em muitos processos, mas ainda temos um vasto campo desconhecido sobre a capacidade desses microrganismos procariontes. Muitas pesquisas estão em andamento para nos proporcionar melhores condições de vida. Você, como um futuro profissional da saúde, poderá contribuir com avanços científicos.

## 1.3.2 Células Eucariontes

### 1.3.2.1 Constituição estrutural das células eucariontes

As células eucariontes de animais, vegetais, protozoários e fungos se diferenciam em alguns aspectos, elas são semelhantes por possuir núcleo bem definido e organizado. Em geral, possuem um único núcleo por célula, entretanto algumas células podem ter mais de um núcleo.

São células ricas em membranas, que as deixam com um citoplasma compartimentado, possuem muitas organelas que atuam em diferentes processos, podem ser comparadas a pequenos órgãos, intracelulares. O material genético está separado do citoplasma por uma membrana dupla chamada de carioteca, os filamentos de DNA estão associados a proteínas histonas, formando fios espessos chamados de cromatina e dentro da cromatina estão os nucléolos.

Ocorre grande variabilidade na forma das células eucarióticas. Geralmente, o que determina a forma de uma célula é sua função específica.

Além da membrana plasmática, citoplasma e núcleo, as células eucariontes possuem mitocôndrias, peroxissomos, lisossomos, aparelho de Golgi, retículo endoplasmático liso e rugoso, centríolos, cílios, flagelos, cloroplastos, parede celular, entre outras.



#### Exemplificando

Os lisossomos são organelas com uma intensa atividade celular, responsáveis pela digestão celular. Uma doença chamada popularmente como doença de mineiro (silicose) é muito comum em trabalhadores que lidam com amianto. Um dos componentes do amianto é a sílica, uma substância inorgânica que forma minúsculos cristais que podem se acumular nos pulmões. Pense, o que poderia acontecer com os lisossomos ao entrarem em contato com os cristais de sílica? Como isso impacta o funcionamento celular?

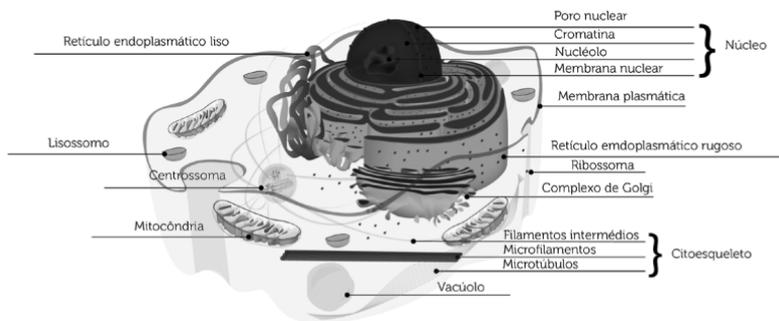
O sistema de organelas e membranas possibilitou maior crescimento celular, especialização nos processos, divisão de tarefas entre os componentes celulares e eficiência metabólica, diversidade de rotas metabólicas, maior proteção do material hereditário e facilidade no contato e na aglomeração intermolecular.

As células eucariontes são usualmente maiores e estruturalmente complexas. As organelas presentes no citoplasma possuem papéis específicos definidos por reações químicas. A presença ou ausência de determinadas organelas definirá se a célula é vegetal ou animal.

### 1.3.2.2 Célula Animal

São células eucariontes presentes em animais (Reino Animalia), se diferem das células vegetais pela ausência de parede celular e plastos. O citoplasma é constituído por uma substância fundamental amorfa, composta por água, proteínas, íons, aminoácidos, entre outros. Mergulhados no hialoplasma estão as organelas e os grânulos de depósito de substâncias diversas, como glicogênio ou gorduras. Os organelos possuem funções específicas, sendo alguns revestidos por membranas e outros, não.

Figura 1.10 | Representação de uma célula eucarionte animal



Fonte: <<http://www.acervoescolar.com.br/a-membrana-plasmatica-celular-funcao-e-estrutura/>>. Acesso em: 27 abr. 2015.

Mas você já imaginou como as organelas podem ter funções diversas dentro de uma célula? Pense em uma linha de montagem de veículos, onde cada peça tem seu lugar e sua função específica. Dentro de uma célula é como uma fábrica com trabalhos sem interrupção, pois se alguma peça do veículo não passar pelo

controle de qualidade e seguir na linha de produção, teremos defeitos no decorrer da vida útil do veículo. Do mesmo jeito acontece com as células se, por exemplo, as mitocôndrias não conseguirem efetuar a respiração celular, a célula está condenada à morte, prejudicando um tecido que irá prejudicar um órgão e poderá levar um indivíduo a sofrer uma patologia.

Para você compreender melhor as funções de cada organela dentro da célula, segue uma relação de algumas organelas: citoplasma, núcleo, ribossomos, membrana plasmática, vesículas, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, aparelho de Golgi, microtúbulos, citoesqueleto, mitocôndrias, lisossomos, centríolos, peroxissomos e vacúolos.



### Assimile

Os peroxissomos são organelas caracterizadas pela presença de enzimas catalase, importantes na eliminação do peróxido de hidrogênio, substância tóxica para a célula.



### Faça você mesmo

Agora que você já sabe as partes que compõem uma célula eucarionte animal, imagine se os peroxissomos não atuassem corretamente, o que poderia acontecer?

### 1.3.2.3 Célula Vegetal

A célula eucarionte vegetal é semelhante à célula animal, mas possui algumas diferenças estruturais e metabólicas, você lembra dos seres autótrofos e heterótrofos, correto? Uma das razões para essa diferença está na capacidade que as células vegetais têm de produzirem seu alimento, sendo autótrofas. Para realizar a fotossíntese possuem organelas específicas, como os plastos; outra diferença marcante é a presença de uma parede celular que protege as células e vacúolos muito grandes.

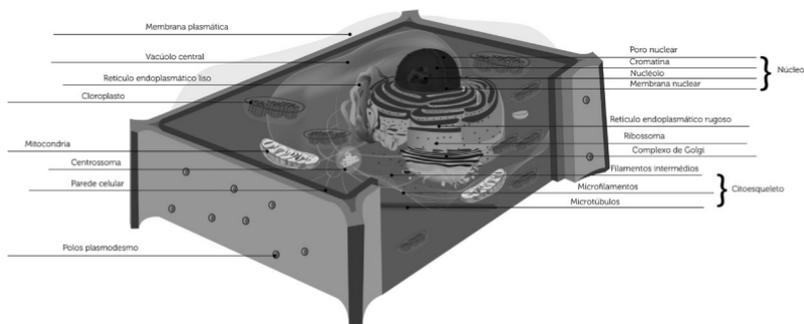
Os plastos ou plastídeos são organelas que só aparecem em células vegetais e se diferenciam de acordo com a função que executam. Podemos diferenciar os plastos com pigmento, cromoplastos, e entre eles ainda podemos citar os cloroplastos, no entanto, também temos amiloplastos que acumulam amido, chamados de grão de amido.



Os cloroplastos são organelas compostas por pigmento chamado clorofila, que são capazes de absorver a energia eletromagnética da luz solar e a converter em energia química por um processo chamado fotossíntese.

Assim, as células de vegetais possuem núcleo (composto por: cromatina, nucléolo, carioteca e poro); retículo endoplasmático granuloso; retículo endoplasmático não granuloso; peroxissomo; citosol; microtúbulos; aparelho de Golgi; mitocôndria; ribossomos; lisossomos; membrana plasmática; centríolo; parede celulósica; cloroplasto e vacúolo.

Figura 1.11 | Representação de uma célula vegetal



Fonte: <<https://thinkbio.files.wordpress.com/2011/12/f7-11a.jpg>>. Acesso em: 1 maio 2015.

Com a representação da célula vegetal e animal, você consegue perceber que são bem parecidas, agora vamos destacar as diferenças entre elas no Quadro 1.1.

Quadro 1.1 | Quadro comparativo de célula animal e vegetal

QUADRO COMPARATIVO ENTRE CÉLULA ANIMAL E VEGETAL		
Estrutura	Célula Animal	Célula Vegetal
Parede Celular	Não	Sim
Vacúolos	Quando aparecem são pequenos	As dimensões aumentam com a idade da célula e o número diminui.
Cloroplastos	Não	Sim
Centríolos	Sim	Podemos aparecer em algumas plantas superiores

Fonte: A autora (2015).

## Sem medo de errar

Caro aluno, após os conceitos apresentados, podemos retornar à situação-problema apresentada no diálogo aberto e resolver os questionamentos sobre a resistência dos antibióticos.

Antes de desvendarmos o enigma, gostaria de focar a falta de pesquisa para criação de novos antibióticos, pois os disponíveis hoje já estão em atuação há mais de dez anos, o que pode causar resistência nas bactérias. Pesquisas e novas descobertas são fundamentais para sobrevivência, principalmente dos seres humanos.

Os antibióticos podem matar ou impedir o crescimento dos microrganismos causadores da infecção, sem afetar o indivíduo, somente a bactéria. A fim de conseguir manter essa característica usam as diferenças estruturais e químicas das células procariontes e eucariontes. Mas como isso seria possível? Antibióticos agem na parede celular das bactérias que é formada por peptidoglicano, assim enfraquece a parede celular, deixando a bactéria suscetível à ação dos glóbulos brancos. Agora as células dos seres humanos não possuem peptidoglicano, portanto, o antibiótico não tem o poder de enfraquecer as células humanas.

Antibióticos são substâncias desenvolvidas a partir de fungos, bactérias ou elementos sintéticos. A sua finalidade é combater microrganismos causadores de infecções no organismo. Sua atuação será na parede celular das bactérias, eliminando as formas não resistentes; as resistentes irão permanecer vivas, mantendo a infecção, pois como em qualquer população, existem indivíduos diferentes, em uma colônia de bactérias de uma mesma espécie devem existir aquelas com alguma característica capaz de torná-las.

Agora para deixar outras bactérias também resistentes, as que são imunes têm duas formas de agir indução de mutação no DNA ativo, ou a transferência desse DNA de um organismo ao outro, mesmo de espécies diferentes, isso ocorre durante a conjugação. Na conjugação bacteriana, pedaços de DNA passam diretamente de uma bactéria doadora para uma receptora, isso acontece através de microscópicos tubos proteicos que as bactérias possuem em sua superfície. O fragmento de DNA transferido se encontra em

filamentos de DNA extracromossômicos chamados de plasmídeos, que se recombinam com o cromossomo da bactéria receptora, produzindo novas misturas genéticas, que serão transmitidas às células-filhas na próxima divisão celular.



### Atenção

Note que a ação dos antibióticos é sobre a parede celular das bactérias, estrutura espessa que é formada por peptidoglicano.



### Lembre-se

As características das células procariontes e eucariontes nos permitem desenvolver medicamentos que afetam um e nada ocorre com outro. Portanto, lembre-se da constituição de cada tipo celular e o papel de cada organela no funcionamento celular.

Agora você já sabe a importância de conhecer cada estrutura celular e como os agentes externos agem em organismos vivos, notou como a resistência das bactérias ocorre e por que não somos afetados pelo antibiótico, todos esses fatos são referentes à forma que as células são compostas quimicamente e estruturalmente.

## Avançando na prática

Pratique mais!	
<b>Instrução</b> Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.	
Toxicidade dos Quimioterápicos	
<b>1. Competência de fundamentos de área</b>	
<b>2. Objetivos de aprendizagem</b>	Aplicar os conceitos de evolução celular correlacionando com o gás oxigênio.
<b>3. Conteúdos relacionados</b>	Formação celular.
<b>4. Descrição da SP</b>	Em um hospital de tratamento de câncer infantil, Carlinhos desenha e interage com os outros integrantes da sala, todo sorridente e falando que quando crescer será bombeiro. Uma situação normal, se não fosse em uma sala de quimioterapia. Carlinhos foi diagnosticado com leucemia e já faz tratamento há oito meses, está com aparência abatida, sente muitas náuseas, já não tem cabelo e muitos outros sintomas. Mas pense no caso dos antibióticos que só atuavam na bactéria, por que as drogas antineoplásicas não agem somente nas células neoplásicas?
<b>5. Resolução da SP</b>	Para solucionar a questão, pense na formação das células procariontes e eucariontes e em suas diferenças.



## Lembre-se

Pense na configuração das células procariontes que são diferentes em alguns aspectos das células eucariontes.



## Faça você mesmo

Vamos testar seus conhecimentos, faça você mesmo a seguinte atividade:

Liste as diferenças entre as células procariontes e eucariontes.

## Faça valer a pena

**1.** Existem fundamentalmente duas classes de células, procariontes (*protos* – primitivo, e *cario* – núcleo) e eucariontes (*eu* – verdadeiro, e *cario* – núcleo). Descreva a organização geral das células procariontes e eucariontes, enfatizando as diferenças entre elas:

**2.** As células eucariontes são compartimentalizadas. Explique o que isso significa e quais são as vantagens para essas células:

**3.** Se você não tem nenhuma outra informação sobre um determinado organismo, a não ser que ele é unicelular, somente com essa informação você pode concluir que:

I - Ele é procarionte.

II - Ele é eucarionte.

III - Ele pode ser procarionte ou eucarionte.

IV - Ele não é nem procarionte, nem eucarionte.

a) I, II e III.

b) I, III e IV.

c) II, III e IV.

d) I, II e IV.

e) I, III e IV.

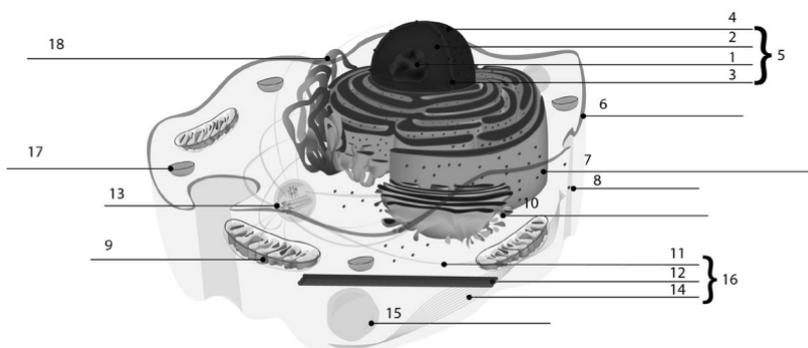
**4.** Considerando as características das células procariontes e eucariontes, podemos afirmar que:

- a) As células procariontes apresentam sistema de endomembranas.
- b) As células procariontes apresentam divisão por mitose.
- c) As células eucariontes apresentam DNA associado a proteínas.
- d) As células não eucariontes apresentam nucléolo.
- e) As células procariontes formam os seres pluricelulares.

**5.** Certos antibióticos têm a função de impedir que os ribossomos das bactérias realizem sua função. O efeito imediato desses antibióticos sobre as bactérias sensíveis a eles é inibir a síntese de:

- a) RNA mensageiro.
- b) Proteínas.
- c) DNA.
- d) ATP.
- e) Lipídios.

**6.** Na representação de uma célula animal, as organelas identificadas como 1, 9 e 13 correspondem a:



Fonte: <<http://tudoesciencia.blogspot.com.br/2012/03/as-celulas-animal-e-vegetal.html>>. Acesso em: 1 maio 2015.

- a) Lisossomos, cloroplastos e centríolos.
- b) Nucléolo, centríolos e aparelho de Golgi.

- c) Nucléolo, mitocôndrias e centríolos.
- d) Ribossomos, mitocôndrias, retículo endoplasmático liso.
- e) Nucléolo, ribossomos e mitocôndrias.

**7.** Em uma célula vegetal, o material genético concentra-se no interior do núcleo, o qual é delimitado por uma membrana. Além dessa região, material genético também é encontrado no interior do:

- a) Retículo endoplasmático e aparelho de Golgi.
- b) Aparelho de Golgi e cloroplasto.
- c) Lisossomo e retículo endoplasmático.
- d) Lisossomo e mitocôndria.
- e) Cloroplasto e mitocôndria.

# Seção 1.4

## Vírus: entidade biológica dependente de células

### Diálogo aberto

Olá, caro aluno! Tudo bem? Nas seções anteriores, destacamos os microrganismos compostos por células, agora vamos estudar os vírus que se diferenciam de todos os seres vivos, pois não apresentam organização celular, são considerados acelulares e, por muitos cientistas, organismos não vivos. Portanto, os vírus, viroides, bacteriófagos, vírus animal e príons são definidos como microrganismos acelulares ou partículas infecciosas.

Até o momento, estudamos como as células são a unidade fundamental da vida de qualquer ser vivo, aprendemos também a classificar esses seres na natureza e destacamos as principais características das células procariontes e das células eucariontes, agora iremos focar outro tipo de microrganismos, os acelulares, mas será que esses organismos acelulares são capazes de interferir no funcionamento dos organismos celulares? Você se lembra que já estudamos as consequências que agentes biológicos, químicos ou físicos podem causar nas células de organismos como o do homem? Agora, vamos verificar o poder destes microrganismos acelulares no planeta Terra e na vida dos organismos que vivem nele.



### Lembre-se

As bactérias são seres unicelulares compostos por células procariontes, compostas por poucas organelas, entre elas parede celular, membrana plasmática e citoplasma com material genético disperso.

Pense nos casos que já resolvemos até o momento, todos voltados a mostrar como as células são a base da vida e como podem ser atingidas, sendo assim, quando falamos de um microrganismo acelular, isto é, não possui células e, portanto, nem

é considerado vivo, que para conseguir se replicar precisa invadir uma célula hospedeira viva. Então, como os vírus podem alterar o funcionamento das células tanto procariontes como eucariontes, colocando em risco a vida do hospedeiro?

Para melhor compreender essa questão, imagine que em uma escola infantil, na sala de crianças de 5 anos, Carlinhos aparece com lesões nos lábios, com aparência de bolhas cheias de líquido claro. A professora desconfia que pode ser herpes e, portanto, se atenta para que outras crianças não usem a mesma canequinha de beber água que Carlinhos usou. Mas o que essa doença está causando nas células de Carlinhos? Além disso, pense na atitude da professora, evitando o contato direto de outras crianças com objetos pessoais do Carlinhos: essa atitude foi correta?



#### Dica

Como em nossos estudos anteriores, pense nas células como sendo a origem da vida, que qualquer alteração pode comprometer seu bom funcionamento e que a membrana plasmática é uma organela essencial para manter a unidade celular saudável.

No decorrer da seção, você conseguirá entender todos os processos virais e terá embasamentos para assimilar a complexidade dos vírus e como, apesar da tecnologia que temos atualmente, eles ainda são nossos piores inimigos.



#### Refleta

Os vírus não afetam somente os seres humanos, estão no ambiente e parasitam qualquer célula viva.

### Não pode faltar

Caro aluno, você sabia que os vírus, quando não estão se reproduzindo, não expressam nenhuma atividade vital, não crescem, não degeneram e nem fabricam substâncias e nem reagem a estímulos, portanto, sem qualquer reação metabólica? A palavra vírus é originária do latim e significa toxina ou veneno.

No entanto, os vírus têm uma capacidade de replicação espantosa, um único vírus em algumas horas pode replicar

milhões de novos indivíduos. A estratégia de replicação é diferente dos demais microrganismos, eles precisam invadir células, o que causa a dissociação dos componentes da partícula viral. Esses componentes então interagem com o aparato metabólico da célula hospedeira, subvertendo o metabolismo celular para a produção de mais vírus.

São estruturas muito pequenas, que só podem ser observadas com microscopia eletrônica. A questão de serem considerados vivos depende da definição de vida. As considerações científicas sobre a classificação dos vírus é controversa, alguns cientistas com base em algumas características de organismos vivos, como fazer parte de linhagens contínuas, reproduzir e evoluir em resposta ao ambiente, através de variabilidade e seleção, acreditam que deveriam ser classificados como seres vivos, outros defendem que como os vírus não têm metabolismo próprio, deveriam ser considerados partículas infecciosas, ao invés de seres vivos propriamente ditos. As discussões ainda persistem, no entanto, muitos cientistas concordam que os vírus são desprovidos da maior parte das características das células, assim os considerando entidades sem vida.

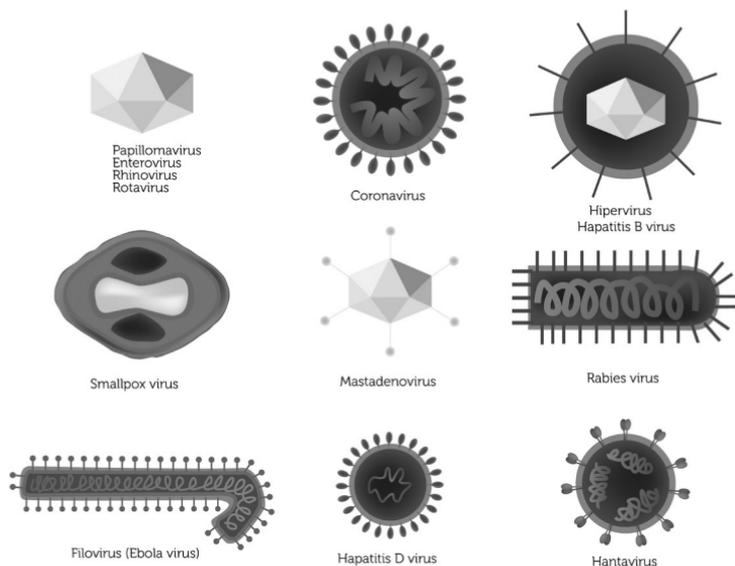
### **1.4.1 A estrutura dos Vírus**

As partículas infecciosas completas são denominadas vírion, que consiste em um genoma DNA (ácido desoxirribonucleico) ou RNA (ácido ribonucleico) envolto por um capsídio de proteína, que é composto de muitas unidades proteicas, chamada de capsômeros. Ao conjunto ácido nucleico e capsídio damos o nome de nucleocapsídeo. Além destas estruturas, existem vírus envelopados, que possuem um envelope externo de lipídios e polissacarídeos.

Os vírus precisam de uma célula hospedeira viva para replicar seu material genético, possuem uma grande capacidade de destruir as células que infectam, pois utilizam toda a estrutura delas para sua reprodução. Podem infectar de seres humanos até algas e bactérias (ENGELKIRK; DUBEN-ENGELKIRK, 2012).

Os capsídios virais apresentam várias formas e simetrias: poliédricos, helicoidais, em forma de bala, esféricos. Os capsídios poliédricos apresentam 20 lados ou faces, geometricamente são denominados icosaédricos.

Figura 1.12 | Morfologia dos Vírus



Fonte: <<http://www.dreamstime.com/stock-photos-morphology-common-viruses-image23600873>>. Acesso em: 2 maio 2015.



**Dica**

Não confunda vírion, que significa partícula viral completa, com viroide, que é uma molécula de RNA infecciosa.

## 1.4.2 Replicação Viral

A classificação dos vírus ocorre de acordo com o tipo de ácido nucleico que possuem, as características do sistema que os envolve e os tipos de células que infectam.

Quanto ao ciclo reprodutivo, ocorre de duas formas: o lítico com quatro fases (adsorção, penetração, eclipse e liberação) que compreende a entrada do vírus na célula hospedeira, fixando suas proteínas virais à proteína receptora, em seguida a penetração através da membrana plasmática. Logo após a penetração, o vírus fica adormecido e não mostra sinais de sua presença, seguindo para multiplicação do material genético e utilizando os ribossomos, nucleotídeos, aminoácidos e mitocôndrias celulares, usando a energia do metabolismo do hospedeiro, ocorre a replicação do ácido nucleico e as sínteses das proteínas do capsídio. Esse

processo é rápido e novas partículas virais são liberadas para infectar novas células saudáveis.

O ciclo reprodutivo lisogênico, em que o vírus que invadiu a célula hospedeira instala seu material genético no genoma dela, a presença do parasita não interfere no mecanismo celular, desde o metabolismo até a reprodução, ocorre normalmente, assim como numa célula saudável. Quando a célula hospedeira passa por divisões mitóticas, ela transmite às células-filhas não só o seu genoma, mas o material genético do vírus que a infectou. Dessa forma, o parasita intracelular usa do processo reprodutivo da célula para se multiplicar e contaminar novas células do organismo vivo.



### Refleta

Os antibióticos não são eficientes para combater os vírus, são agentes antibacterianos, eficazes contra as bactérias e as vacinas são utilizadas como prevenção, pois estimulam o sistema imunológico a produzir anticorpos para determinados tipos de doenças (ENGELKIRK; DUBEN-ENGELKIRK, 2012).

## 1.4.3 Parasitas de procariontes e eucariontes

Os vírus que parasitam as células procariontes são os bacteriófagos (ou fagos), que podem ser de DNA ou RNA, formados apenas pelo núcleo capsídeo, não existindo formas envelopadas. Os mais estudados são os que infectam a bactéria intestinal *Escherichia coli*, conhecida como fagos T. Estes são constituídos por uma cápsula proteica bastante complexa, que apresenta uma região denominada cabeça, com formato poligonal, envolvendo uma molécula de DNA e uma região denominada cauda, com formato cilíndrico, contendo, em sua extremidade livre, fibras proteicas. Os fagos grudam suas caudas nas bactérias, perfurando a parede e injetando seu DNA no citoplasma bacteriano, cerca de 15 minutos depois já se pode observar partes dos novos fagos.



### Pesquise mais

Uma proteína do vírus ebola afeta o sistema natural de defesa das células e abre o caminho para infecções da doença mortal. Acesse o link: [http://evunix.uevora.pt/~sinogas/TRABALHOS/2000/virol00\\_Ebola.htm](http://evunix.uevora.pt/~sinogas/TRABALHOS/2000/virol00_Ebola.htm), e descubra mais sobre o assunto.

Os vírus que parasitam os seres humanos e os outros animais são chamados de vírus animais. A infecção por esse vírus ocorre com a penetração do ácido nucleico e da cápsula, se for do tipo envelopado, os receptores deste envoltório se combinam aos também existentes na membrana celular, fundindo o envelope à bicamada lipoproteica da célula, inserindo a cápsula viral, liberando DNA ou RNA no interior do hospedeiro, saindo da célula por lise ou brotamento, lembrando que os vírus que escapam por brotamento se tornam envelopados.

Agora, pense que os sintomas de algumas doenças virais são diferentes. Isso ocorre devido à forma que o vírus parasita a célula, assim alguns vírus com invólucro se formam em volta da membrana plasmática e os vírions são liberados diretamente para o meio extracelular, saindo da membrana plasmática. Outros são montados no núcleo celular, brotando para a cisterna perinuclear, envolta pela membrana interna do envoltório nuclear. Como a cisterna perinuclear é uma dependência do retículo endoplasmático, os vírions completos seguem a via secretória, para atingirem o meio extracelular, seguindo o mesmo caminho das proteínas secretadas pela célula.



### Faça você mesmo

Os vírus se replicam de duas formas, uma dessas formas faz com que a doença demore a ser descoberta. Descreva a forma que o vírus HIV se insere nas células hospedeiras.

As plantas também são afetadas por vírus? Sim, e muitas vezes eles são transmitidos por insetos. Os vírus de plantas são chamados de viroides, são menores que os demais vírus, menos complexos e só afetam plantas.

Outra forma de proteínas infecciosas são os príons, que são desprovidos de carga genética e causam doenças neurológicas em animais, como a vaca louca em bovinos. Os príons possuem estruturas bastante estáveis e são resistentes a enzimas digestivas, calor, algumas substâncias químicas e até à radiação ultravioleta, condições que normalmente degradam proteínas e ácidos nucleicos. Também, não existe nenhum mecanismo de defesa imunológica capaz de neutralizar essa partícula infectante, o que

torna ainda mais rápida a sua disseminação. Você já pensou que os vírus poderiam ser eliminados como as bactérias? Mas isso não é possível, pois os vírus usam as células do hospedeiro para se replicar, são difíceis de matar.

As mais eficientes soluções médicas para as doenças virais são, até agora, as vacinas para prevenir as infecções, e drogas que tratam os sintomas das infecções virais. As substâncias químicas que atuam contra os vírus são chamadas de substâncias antivirais, que interferem nas enzimas específicas dos vírus, seja impedindo fases críticas do ciclo viral ou inibindo a síntese de DNA ou RNA. Os pacientes frequentemente pedem antibióticos, que são inúteis contra os vírus.



### Assimile

É muito importante que os profissionais da saúde entendam que os antibióticos não são eficientes contra os vírus e o uso incorreto desses fármacos pode aumentar a resistência das bactérias.

Entre as principais viroses humanas estão: gripe, hepatite (A, B e C), caxumba, sarampo, varicela (catapora), AIDS, raiva, dengue, febre amarela, poliomielite, rubéola, meningite, encefalite, herpes, pneumonia, ebola, entre outras doenças. O câncer cervical é causado ao menos em partes pelo papilomavirus, representando a primeira evidência significativa em humanos para uma ligação entre o câncer e agentes virais. Os vírus que causam cânceres são chamados de vírus oncogênicos ou oncovírus.

## 1.4.4 Transmissão

As viroses não são transmitidas pelo ar, e sim por gotículas que permanecem em suspensão no ar com o vírus. Após um indivíduo contaminado tossir ou espirrar, a fonte de contaminação está em suspensão e em condições de contaminar outras pessoas. No entanto, ocorrem outras formas de contaminação, contato. Com sangue, relações sexuais, saliva, contato com a pele afetada e por mosquitos (exemplos: dengue e febre amarela).

## Quadro 1.2 | Quadro com algumas doenças causadas por vírus

Doenças causadas por Vírus		
Doenças	Transmissão	Possui Vacina
Sarampo - RNA	Contato direto e gotículas de secreções nasais	Sim
Caxumba - RNA	Contato direto e saliva	Sim
Vírus Influenza - Gripe RNA	Contato direto de gotículas de saliva	Sim
Poliomielite - RNA	Fecal-oral	Sim
Hidrofobia (raiva) RNA	Saliva (mordidas e cão, gato e morcego)	Sim
Herpes - DNA	Saliva e relação sexual	Não
Variola - DNA	Contato direto e secreções nasobuciais	Sim
Dengue - RNA	Mosquito	A vacina está em fase de teste
Papiloma (HPV) - DNA	Contato de pele e genital	Duas vacinas: bivalente e a vacina quadrivalente.
Hepatite A (hepatite infecciosa) RNA	Fecal-oral	Sim
Hepatite B (soro hepatite) - DNA	Sangue e relação sexual	Sim
AIDS (HIV) - RNA	Relações sexuais, transfusão de sangue e seringas contaminadas	Não
Ebola - RNA	Contato direto com o sangue, fluidos corporais e tecidos de animais ou pessoas infectadas	Não

Fonte: A autora (2015).



### Exemplificando

Um dos vírus que vem causando medo nas pessoas é o Ebola, como outros vírus, não pode ser eliminado com medicamentos disponíveis no momento, estão em fase de desenvolvimento e testes. Esse vírus mata suas vítimas em poucos dias. Na primeira fase da doença, os sintomas lembram os da malária, mas por volta do quarto dia o quadro já é considerado crítico: febre alta, hemorragia generalizada espontânea, fezes sanguinolentas e vômitos com jatos de sangue. Surgem várias feridas que se espalham pelo corpo rapidamente. A vítima morre por volta do nono dia.

Em uma situação como a descrita, quais seriam as medidas de segurança que os profissionais de saúde deveriam adotar?

Resposta: As técnicas para evitar a infecção englobam evitar o contato com sangue ou secreções corporais infetadas, incluindo as dos mortos. O isolamento dos pacientes, uso de vestuário adequado, máscaras,

luvas, botas, óculos, aventais, limpeza adequada de superfícies, lavagem das mãos e isolamento dos equipamentos. Também, é necessário que, nas comunidades afetadas, seja evitado o contato das pessoas com o sangue e fluidos corporais dos doentes, incluindo as dos mortos.

## Sem medo de errar

Agora que você já conhece melhor os vírus, microrganismos acelulares, que causam muitos danos aos seres vivos, saiba que além da classificação, sua origem também gera controvérsias, sendo duas teorias: a primeira defende que os vírus já existiam antes do surgimento das células, mas essa teoria cai em descrença, quando pensamos que os vírus precisam das células para se replicarem. A outra teoria afirma que as células surgiram primeiro e que os vírus se formaram a partir de produtos derivados das células.



## Lembre-se

Os vírus humanos mais simples são formados apenas por ácido nucleico revestido por uma capa de proteína chamada de capsídio. O conjunto de capsídio mais ácido nucleico é chamado de nucleocapsídio.

Depois dos conhecimentos aprimorados, você deve refletir sobre a situação problema: na escola infantil, temos um aluno com suspeita de herpes. A professora agiu corretamente em separar os objetos de uso pessoal, como a caneca, dos outros alunos, pois esse vírus pode ser transmitido pela saliva. É uma infecção contagiosa nos lábios, na boca, gengivas e genitais, causada pelo vírus do herpes simples HSV 1, que é da família dos Herpes vírus com genoma de DNA com dupla hélice, que se multiplicam no núcleo da célula, produzindo muitas proteínas virais. Têm nucleocapsídeo de simetria icosaédrica e envelope lipídico. Esse vírus tem a propriedade de infectar alguns tipos de células de forma destrutiva (lítica) e outras de forma hibernante (latente). Ao acessar as nossas células, causam muitos danos, pois agem de uma forma muito especial, evitando os anticorpos, promovendo a fusão das membranas plasmáticas, formando células gigantes multinucleadas, no entanto, essas células reconstituem suas membranas, se separam e voltam à forma inicial. Assim, os virions passam de uma célula para outra sem passar pelo fluido

extracelular, onde se encontram os anticorpos, por isso a doença permanece no organismo, com períodos de melhora e de recaída.

Perceba que as ações dos vírus causam graves danos às células, no caso do herpes simples não ocorre a morte dos indivíduos afetados, no entanto, o vírus não tem cura e permanecerá no organismo do hospedeiro, ressurgindo quando o organismo apresentar brechas em sua defesa.



### Atenção

Para o tratamento do vírus do herpes, é usado o fármaco antiviral Aciclovir. Ele age interrompendo a reprodução viral no interior da célula infectada.

## Avançando na prática

Pratique mais!	
<b>Instrução</b> Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.	
<b>Bacteriófagos</b>	
<b>1. Competência de fundamentos de área</b>	
<b>2. Objetivos de aprendizagem</b>	Aplicar os conceitos referentes às características virais.
<b>3. Conteúdos relacionados</b>	Formação celular.
<b>4. Descrição da SP</b>	Estudos recentes demonstram que bacteriófagos podem ser usados para eliminar bactérias de águas poluídas. É apontada como uma alternativa inovadora aos métodos habitualmente utilizados, capaz de reduzir mil vezes mais o número de bactérias presentes na água, e faz decrescer substancialmente o impacto ambiental e os riscos para a saúde pública, derivados da utilização massiva de outros produtos para descontaminar. No entanto, como podemos utilizar vírus para despoluir a água, que depois poderá ser usada por pessoas? Como tais vírus iriam se comportar nas células eucariontes animais?
<b>5. Resolução da SP</b>	Refleta sobre as características de cada célula e dos vírus, e conseguirá chegar a uma conclusão.



### Lembre-se

Na década de 1930, haviam pesquisas que visavam utilizar os fagos como tratamento para infecções bacterianas. Em 1940, com as descobertas de antibióticos, as pesquisas perderam o sentido, no entanto, estão sendo retomadas, pois estamos vivenciando a perda da força dos antibióticos.



## Faça você mesmo

Sobre os vírus, podemos dizer que são partículas infecciosas minúsculas que invadem as células, roubam seus nutrientes e usam suas reações químicas para seu próprio proveito, proliferando-se e causando patologias. Mas por que os vírus agem dessa forma?

### Faça valer a pena

1. Qual é a característica típica dos vírus?
2. Qual é o material genético existente nos vírus?
3. Atualmente, muitas doenças têm preocupado a população mundial, tais como a AIDS, a febre amarela e o ebola. Todas elas são causadas por vírus. Sobre esses organismos é correto afirmar que:
  - a) São, estruturalmente, semelhantes às bactérias, podendo apresentar somente DNA como material genético.
  - b) Apresentam ciclos de vida lítico ou lisogênico. No ciclo lítico, determinam a destruição da célula infectada.
  - c) Não conseguem penetrar no metabolismo celular do hospedeiro.
  - d) Podem ser mortos por antibiótico como as bactérias.
  - e) Não são parasitas obrigatórios, pois podem sobreviver cristalizados por muitos anos.
4. Com relação ao tipo de RNA do vírus, é correto afirmar que:
  - a) Possuem genes para os três tipos de RNA.
  - b) Possuem genes apenas para RNA ribossômico e para RNA mensageiro.
  - c) Possuem genes apenas para RNA mensageiro e para RNA transportador.
  - d) Possuem genes apenas para RNA mensageiro.
  - e) Não possuem genes para qualquer um dos três tipos de RNA.

**5.** Referente à forma de se replicar dos vírus, assinale verdadeira (V) ou falsa (F) em cada uma das afirmativas a seguir:

( ) Quanto ao ciclo reprodutivo, podem ocorrer de duas formas, o lítico e o lisogênico.

( ) No lítico, o parasita intracelular usa do processo reprodutivo da célula para se multiplicar e contaminar novas células do organismo vivo.

( ) No lítico, ocorrem quatro fases: adsorção, penetração, eclipse e liberação.

A sequência correta é:

a) V - F - F.

b) V - V - V.

c) F - F - V.

d) V - F - V.

e) F - V - F.

**6.** Quais das doenças citadas são causadas por vírus?

a) Rubéola, poliomielite, tétano, febre amarela e malária.

b) Hepatite infecciosa, febre amarela, rubéola, poliomielite e varíola.

c) Malária, catapora, caxumba, sarampo e rubéola.

d) Tétano, poliomielite, tuberculose, gripe e rubéola.

e) Sarampo, varíola, malária, febre amarela e hepatite infecciosa.

**7.** Com relação às formas de contágio de alguns vírus por gotículas suspensas no ar, quando um indivíduo contaminado espirra, espalha no ambiente vírus que podem contaminar outras pessoas. Quais das doenças a seguir podem ser transmitidas dessa forma?

a) Giardíase.

b) Malária.

c) Gripe.

d) Tuberculose.

e) Hepatite C.

# Referências

ALBERTS, Bruce. **Fundamentos da biologia celular**: uma introdução à biologia molecular da célula. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2006.

DIREÇÃO GERAL DE SAÚDE. **OMS Publica relatório global sobre as resistências aos antimicrobianos**. 2014. Disponível em: <<https://www.dgs.pt/em-destaque/oms-publica-relatorio-global-sobre-as-resistencias-aos-antimicrobianos.aspx>>. Acesso em: 26 abr. 2015.

DE ROBERTIS, E. M. F.; HIB, J. **Bases da biologia celular e molecular**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

ENGELKIRK, Paul G.; DUBEN-ENGELKIRK, Janet. **Microbiologia para as ciências da saúde**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, José. **Biologia celular e molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

LOPES, S.; ROSSO, S. **Biologia**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

RHOADS, D. **História da biologia celular**. Disponível em: <<http://bitesizebio.com/166/history-of-cell-biology>>. Acesso em: 22 mar. 2015.

TINOCO, Dandara. Surto de peste negra na África preocupa OMS: 'Alarmante', diz diretora. **O Globo**, 12 fev. 2015. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/sociedade/saude/surto-de-pestes-negra-na-africa-preocupa-oms-alarmante-diz-diretora-15306338#ixzz3e7IUZMtr>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

# A química da vida

## Convite ao estudo

Olá, caro aluno, seja bem-vindo. Vamos iniciar as seções de química, mas você já pensou na importância dos elementos químicos para a vida celular? O estudo da química dos organismos vivos deu origem à Química Orgânica, que se ocupou, inicialmente, em analisar as substâncias produzidas pelos seres vivos. Atualmente, a química orgânica também se ocupa da fabricação e síntese de grande número de substâncias artificiais, que vão desde hormônios sintéticos até os plásticos e silicões, e para o estudo específico da química dos seres vivos temos a Bioquímica ou Biologia Molecular. Todos os sistemas vivos, do mais simples ao mais complexo, dependem de reações químicas fundamentais à sua sobrevivência. Os organismos crescem e reproduzem-se através da multiplicação celular, mas como as reações celulares são possíveis? Como os nutrientes absorvidos por um organismo são transformados em tecidos diversos? Todas as repostas para essas questões iremos abordar no decorrer da seção.

### Competência a ser desenvolvida:

Conhecer a estrutura e as funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo, bem como as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos. Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.

## Objetivos

- Compreender as estruturas e funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo.

- Compreender as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos.
- Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.
- Conhecer os fundamentos bioquímicos das principais moléculas biológicas e suas interações em nível celular, na promoção do equilíbrio orgânico.
- Analisar e interpretar os diferentes padrões de herança para melhor compreensão das patologias humanas de bases genéticas.
- Correlacionar o estudo da água, pH e tampões biológicos, com os distúrbios do equilíbrio ácido-base.

Você se lembra de que, para a permanência de uma vida celular saudável, é necessário o perfeito funcionamento de todos os seus componentes, e se ocorrer qualquer interferência biológica, química ou física pode causar graves danos ao funcionamento celular. Agora, pense como as reações químicas são fundamentais à sobrevivência celular, através de processos efetuados por moléculas de diferentes dimensões, como a água, proteínas, ácidos nucleicos, glicídios e lipídios, carboidratos, entre outros. Obrigatoriamente, esses compostos precisam estar de acordo com as necessidades das células, para que ocorra a vida e essa se mantenha.

Pense em um ambiente escolar, onde podemos observar diversos tipos de pessoas, que passam por muitas situações diferentes. Observamos alunos e professores saudáveis com todas suas funções orgânicas plenas e outros em condições orgânicas com limitações; nesta unidade, iremos analisar alguns exemplos de disfunções celulares a partir da falha nos processos efetuados pelas moléculas químicas que podem alterar a saúde dos indivíduos.

Você sabe como o metabolismo celular produz ácido, e como são expelidos para a parte líquida do interior e exterior da célula? Isso ocorre com possíveis modificações da concentração dos

íons hidrogênio. Assim, a manutenção da concentração dos íons hidrogênio depende da eliminação do ácido carbônico pelos pulmões, da eliminação de íons hidrogênio pelos rins e da ação dos sistemas tampão intracelular e extracelular. A forma como o organismo regula a concentração dos íons hidrogênio é de fundamental importância para a compreensão e a avaliação das alterações do equilíbrio entre os ácidos e as bases no interior das células e nos líquidos extracelulares, incluindo o sangue.

Agora, reflita sobre a seguinte questão: No mundo moderno, em que as pessoas buscam a perfeição estética, com conceitos distorcidos pela mídia e pelo mundo capitalista, doenças como a bulimia se destacam em um ambiente escolar, principalmente entre os adolescentes. Essa patologia se caracteriza por uma desordem alimentar em que as pessoas sofrem com o medo de engordar, se manifesta com a absorção de alimentos em excesso e, em seguida, a indução ao vômito (perda de potássio), associado à essa condição o indivíduo ainda pode abusar de laxantes e diuréticos, a bulimia pode levar a pessoa à morte. No entanto, qual o impacto deste processo nos líquidos entre as células (líquido intersticial) e no sangue (líquido intravascular)?

No decorrer da seção, você entenderá que a Bioquímica forma uma ponte entre a Biologia e a Química, pois estuda como complexas reações e estruturas químicas originam vida e processos relacionados com a vida, vamos explorar os conceitos e você conseguirá entender a química da vida.

# Seção 2.1

## Água como componente celular, pH e tampão

### Diálogo aberto

Como já abordamos anteriormente, os seres vivos são formados por células que efetuam muitos processos para se manterem saudáveis, aprendemos a classificação dos seres vivos na natureza. Destacamos as características das células procariontes e eucariontes, percebemos as ações que ocorrem nas células com interferências, como de bactérias e partículas infecciosas, chamadas de vírus considerados acelulares. Agora, pense na matéria que compõe os seres vivos, que é formada por partículas muito pequenas, que são os átomos, agregam-se e constituem as moléculas orgânicas, ricas em carbono e hidrogênio, e possuem em geral grande massa molecular.

Reflita na quantidade de elementos químicos conhecidos e na grande variedade de substâncias químicas. Irá constatar que tanta variedade é decorrente das combinações entre os elementos, formando as moléculas das substâncias químicas, podemos destacar, ainda, os elementos que mais aparecem na matéria orgânica, como o carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo e enxofre, além de muitos outros.



### Lembre-se

A célula é a unidade básica da vida de um organismo, é composta por diversas organelas que atuam nos processos celulares, como as mitocôndrias responsáveis pela respiração celular.

Mas como podemos dimensionar as moléculas celulares? Muito simples. Cada célula é formada pela combinação de moléculas organizadas em estruturas maiores, que formam os compostos químicos classificados em orgânicos e inorgânicos.

Os compostos orgânicos são ácidos nucleicos, carboidratos, lipídios e proteínas, e a parte inorgânica é composta de água e minerais.

Como fica a porcentagem de cada parte nas células? Somente a água representa 70% do volume total (considerada o solvente universal), já os demais compostos inorgânicos representam de 2% a 3%, o restante é composto pela aglomeração de moléculas menores que formam os polímeros ou macromoléculas.



## Refleta

Os organismos vivos são compostos por substâncias químicas que interagem entre si, formando os processos necessários para sobrevivência celular.

Portanto, os elementos importantes para a função celular estão dissolvidos nos líquidos intracelular e extracelular. Assim, o metabolismo celular produz ácidos que tendem a modificar a concentração dos íons hidrogênio nos líquidos do organismo. Os ácidos são as substâncias que podem ceder íons hidrogênio para uma solução, e bases são as substâncias que podem receber íons hidrogênio em uma solução.

## Não pode faltar

### 2.1.1 Ácidos e Bases

#### 2.1.1.1 O que são ácidos e bases?

Para você entender melhor como surgiram as definições do conceito ácido-base, segue a cronologia das teorias que caracterizam essas reações:

No ano de 1887, Svante August Arrhenius, químico sueco, realizou experimentos que testavam a condutividade elétrica em solução e verificou que determinadas substâncias sofriam ionização (reagem com a água e formavam íons) ou dissociação iônica (íons já existentes eram separados pela ação da água) e conduziam correntes elétricas. Mas essa teoria somente explicava as soluções aquosas e não considerava compostos sólidos e nem outros solventes diferentes da água. Já no ano de 1923, surgiu a teoria protônica definida de forma independente por Brønsted e Lowry, chamada de teoria de prótons, pois tem como base a transferência de prótons. Assim, tendo como definição que ácido é toda espécie química, íon ou molécula capaz de doar um próton, enquanto a base é capaz de receber um próton. A próxima teoria foi proposta por Lewis, em 1923, e foi chamada

de eletrônica, pois envolve a transferência de pares de elétrons, idealizando que ácido é toda espécie química, íon ou molécula que aceita receber um par de elétrons, enquanto a base é capaz de oferecer um par de elétrons.

Na natureza, as substâncias ácidas se caracterizam por sabor azedo, como exemplo pense em frutas cítricas, e as substâncias básicas possuem qualidades adstringentes, pense como sua boca fica estranha quando come uma banana verde. No entanto, os ácidos e bases não podem ser classificados por experimentação de sabor, pois são substâncias perigosas.

Os ácidos são substâncias solúveis em água, que é considerada o solvente universal, assim as substâncias que se dissolvem em meio aquoso são os solutos, e os líquidos nos quais esses solutos estão dissolvidos são chamados de solventes.



### Assimile

Você poderá ouvir dizer que a química orgânica é definida como química do carbono e suas ligações covalentes. Pense nessa frase e assimile com os conteúdos estudados até o momento.

No caso, as bases de metais alcalinos são solúveis, as de metais alcalino terrosos são pouco solúveis e as bases de outros metais são insolúveis, uma exceção é o hidróxido de amônio,  $\text{NH}_4\text{OH}$ , que existe apenas em solução aquosa.

As estruturas dos ácidos são moleculares, formados por ligações covalentes em que há compartilhamento de elétrons. Tais ligações podem ser de três tipos: simples, dupla e tripla, em que ocorre o compartilhamento de par de elétrons. Podemos usar como exemplo o gás clorídrico, que é formado pelo compartilhamento de um par de elétrons entre o hidrogênio e o cloro.



### Pesquise mais

Para entender um pouco mais de ligações covalentes, acesse o link. Disponível em: <http://zeus.qui.ufmg.br/~qgeral/downloads/aulas/aula%2013%20-%20ligacao%20covalente%20e%20estrutura%20de%20lewis1.pdf>. Acesso em: 9 maio 2015. Nele você encontrará conceitos de ligações químicas iônicas, covalentes e metálicas.

As bases podem ser iônicas ou moleculares. As que possuem os metais alcalinos e alcalino terrosos são iônicas, e as demais são moleculares.

A condutividade elétrica dos ácidos acontece quando estão dissolvidos em água, assim liberam íons, sofrendo ionização, já nas bases também ocorre condução elétrica em solução, sofrendo dissociação, isto é, as moléculas sofrem ionização, reagem com a solução (água) e liberam íons. Os ácidos podem ser chamados de ácidos fortes, dissociam-se completamente em soluções diluídas, e os ácidos fracos ionizam-se pouco e se caracterizam pela dissociação constante. Em uma solução, um soluto pode estar no estado ionizado ou no estado não ionizado. Nos líquidos do organismo, os solutos existem em ambas as formas, em um tipo especial de equilíbrio químico. Quando um soluto está ionizado, os elementos ou radicais químicos que o compõem estão dissociados uns dos outros.

Existem substâncias, como os ácidos fortes, as bases fortes e os sais que permanecem em solução quase completamente no estado ionizado. Outras substâncias, como os ácidos e as bases fracas, ao contrário, permanecem em solução em graus diversos de ionização.

Sendo assim, um ácido forte pode doar muitos íons hidrogênio para a solução, porque uma grande parte das suas moléculas se encontra no estado dissociado (estado iônico). Do mesmo modo, uma base forte pode captar muitos íons hidrogênio de uma solução.

### 2.1.1.2 Conceitos de pH

Agora, pense na água como solvente universal, com uma característica muito importante: a capacidade de se ionizar com um ânion hidroxila (OH<sup>-</sup>) e um próton, o íon de hidrogênio (H<sup>+</sup>). Assim se estabelece a escala de pH de uma solução aquosa. Então, pH é a concentração de íons de hidrogênio em uma solução.

Portanto, a atividade dos íons hidrogênio em uma solução qualquer depende da quantidade de hidrogênio livre na solução. Assim, a homeostase dos íons, principalmente H<sup>+</sup> e OH<sup>-</sup>, pode ser definida pelo equilíbrio ácido-base.

Mas qual o significado da sigla "pH"? Significa potência de hidrogênio e foi criada para simplificar a medida da concentração de íons hidrogênio (H<sup>+</sup>) na água e nas soluções. A relação entre a concentração de íons Hidrogênio e o valor pH é definido pela equação:  $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$

Figura 2.1 | Escala de pH



Fonte: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/ph.htm>>. Acesso em: 9 maio 2015.

Ao colocar em contato direto, os ácidos e as bases irão reagir entre si, neutralizando um ao outro, isto é, tornando o pH do meio neutro. Mas por que isso ocorre? Porque o cátion  $H^+$  proveniente do ácido reage com o ânion  $OH^-$  proveniente da base, formando água e um sal. Para esse tipo de reação, damos o nome de neutralização.

A escala de pH varia entre 0 e 14, sendo que quanto mais próxima do zero, mais ácida, e quanto mais próxima do 14, mais alcalina. Como referência, usa-se o pH normal da água, considerada um líquido neutro, que é 7. As soluções com pH inferior a 7 são consideradas ácidas e as soluções com pH superior a 7 são consideradas alcalinas. Os líquidos orgânicos são constituídos de água contendo uma grande quantidade de solutos de diversas características químicas e iônicas. A solução orgânica padrão para a avaliação do pH é o sangue. O pH normal do sangue humano varia dentro da pequena faixa de 7,35 a 7,45. Em comparação com a água, portanto, o sangue normalmente tem o pH levemente alcalino.

As alterações do pH podem ser observadas quando se adicionam ácidos ou bases à água, mesmo em pequenas quantidades, o pH da solução se altera rapidamente. Mas pense o que iria ocorrer se adicionar ácido ou base ao plasma sanguíneo? Ocorrerá a necessidade de uma quantidade muito maior de um ou de outro, até ocorrer alterações do pH. Isto significa que o plasma dispõe de mecanismos de defesa contra variações bruscas do pH. O balanço entre os ácidos e as bases no organismo se caracteriza pela busca permanente do equilíbrio. O plasma resiste às alterações do pH, por meio de pares de substâncias, capazes de reagir tanto com ácidos quanto com bases, chamadas sistemas tampão, regulação renal e regulação respiratória.



A água compõe a maior parte da massa corporal do ser humano e de todos os seres vivos, logo, na composição química celular prevalece a presença de água. Sendo que 70% do peso da célula é determinado pela água presente no meio celular, garantindo que a maioria das reações químicas da célula ocorre em meio aquoso.

No entanto, vários fatores podem levar a um desequilíbrio no pH plasmático, entre eles, a produção de metabólitos em reações de oxidação em nível celular, a absorção de íons através da alimentação e digestão. Cada substância que ingerimos pode resultar na formação de compostos ácidos ou básicos que irão cair na corrente circulatória, podendo assim causar um desequilíbrio indesejável. Para combater esse problema de variação, os seres humanos, assim como os animais, possuem os mecanismos de regulação de pH.

Portanto, para alcançar a regulação do pH dos líquidos orgânicos, ocorre a interferência de três mecanismos: o químico, que é representado pelos sistemas tampão, capazes de neutralizar ácidos e bases em excesso; o respiratório, de ação rápida, que elimina ou retém o dióxido de carbono do sangue, conforme as necessidades, moderando o teor de ácido carbônico; e, por fim, o mecanismo renal de ação mais lenta, que utiliza ou elimina o íon bicarbonato, mantendo a manutenção do pH dentro dos limites normais.

As principais alterações de pH no sangue estão relacionadas à acidose, quando está abaixo de 7,35, e alcalose quando o pH do sangue é superior a 7,45. Se a acidose é severa e o pH alcança valores abaixo de 6,85, em geral, as funções celulares se alteram de tal forma que ocorre a morte celular. Do mesmo modo, nas alcaloses severas e persistentes, os valores de pH superiores a 7,95 são incompatíveis com a normalidade da função celular.

No entanto, como será o pH no interior das células onde ocorrem muitas reações químicas? O interior das células reflete uma realidade metabólica diferente do plasma sanguíneo, pois a atividade celular gera permanentemente subprodutos ácidos como resultado das numerosas reações químicas. Sendo assim, o pH habitual do líquido intracelular é mais baixo que o pH do plasma, em torno de 6,9 nas

células musculares e 7,3 nos túbulos renais. Em geral, as células dos tecidos com maior atividade metabólica têm um pH levemente ácido em relação ao pH do sangue.

### 2.1.1.3 Sistema Tampão

Caro aluno, compreenda que uma solução tampão, solução tamponada ou somente tampão é aquela solução capaz de manter aproximadamente constante o valor do pH quando é adicionado a ela um ácido ou base. Para a definição de sistema tampão, devemos levar em consideração a teoria de ácido-base de Brønsted, que podemos representar com a equação  $HA \rightarrow A^- + H^+$ , que define a dissociação de um ácido genérico (HA), e em que  $A^-$  é a base conjugada de HA, no entanto, se a utilização for de ácidos fracos, não se dissociam totalmente em solução. Estabelece-se, então, um equilíbrio químico entre a espécie protonada e a espécie desprotonada, neste caso, a ionização do ácido é representada pela equação:  $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

Assim, as soluções tampão podem ser formadas por um ácido fraco e um sal formado pela reação desse ácido com uma base forte, ou, então, por uma base fraca e um sal formado pela reação dessa base com um ácido forte. São usadas sempre que se necessita de um meio com pH aproximadamente constante.



#### Exemplificando

Para testar o pH de um copo de água exposto ao gotejamento de ácido clorídrico por 90 minutos, constatou-se que o pH da água passou de 7 para 1,84, tornando-se um ambiente muito ácido. Agora, imagine a seguinte situação: em uma clínica veterinária, ocorre a troca de medicamento erroneamente e foi administrado a um cão, também por 90 minutos, a mesma quantidade de ácido clorídrico que foi gotejado no copo de água, o que pode ter acontecido com o sangue do animal?

Resposta: o pH do sangue do animal passa de 7,44 para 7,14. A diferença de comportamento diante da mistura com o ácido clorídrico reflete a atuação dos sistemas tampão do plasma do animal, que impediu a variação mais acentuada do pH.

Os principais tipos de sistema tampão biológicos existentes no sangue (líquido intravascular), nos tecidos (líquido intersticial) e no interior das células (líquido intracelular) são: Bicarbonato/Ácido

Carbônico, que corresponde a 64%, sendo essencial à regulação do equilíbrio ácido-base, porque o metabolismo celular gera muito ácido como produto final, sob a forma de ácido carbônico; outro sistema tampão importante é o Hemoglobina/Oxihemoglobina, 28%; seguido por Proteínas ácidas/Proteínas básicas, que representam 7%; e, por fim, Fosfato monoácido/Fosfato diácido, 1%.

A equação de Henderson-Hasselbalch é utilizada para calcular o pH de uma solução tampão a partir do pKa, que corresponde à constante de dissociação do ácido e de concentrações do equilíbrio ácido-base, do ácido ou base conjugada.

Tampões ácido/sal:

$$pH = pK_a + \log \left( \frac{[A^-]}{[AH]} \right)$$

Tampões base/sal:

$$pOH = pK_b + \log \left( \frac{[BH^+]}{[B]} \right)$$

A integração dos sistemas de defesa do organismo se mantém constante, proporcionando uma regularidade dos líquidos orgânicos. Perceba que todos os líquidos do organismo possuem sistemas tampão para evitar as alterações da concentração dos íons hidrogênio, concluindo que, se a concentração do íon hidrogênio aumentar ou diminuir, o centro respiratório é imediatamente estimulado para alterar a frequência respiratória e modificar a eliminação do dióxido de carbono. As variações da eliminação do dióxido de carbono tendem a retornar o pH aos seus valores normais. Quando o pH se afasta da faixa normal, os rins eliminam urina ácida ou alcalina, contribuindo para o retorno da concentração dos íons hidrogênio aos valores normais.



### Faça você mesmo

Para os estudos ligados à medicina, biologia e áreas da bioquímica em geral é muito importante o conceito de solução tampão, pois os fluidos biológicos (animais ou vegetais) são, em geral, meios aquosos tamponados. E as soluções tampão são usadas sempre que um químico necessita de um meio com pH aproximadamente constante. Elas são preparadas dissolvendo-se os solutos em água. Portanto, saber efetuar os cálculos destas soluções é importante, para conseguir determinar quantidades de ácidos e bases de cada solução tampão, assim proporcionando o equilíbrio.

O pH da água a 25 °C é 7,0. Todavia, a 37 °C, a constante de ionização da água (temperatura do corpo) é de  $2,42 \times 10^{-14}$ . Qual o pH da água neutra nesta temperatura?

Resposta:

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

As concentrações de íons  $[H^+]$  e  $[OH^-]$  na água pura são iguais. Podemos, portanto, substituí-las por uma mesma incógnita Z. Substituindo:

$$K_w = Z^2$$

$$2,42 \times 10^{-14} = Z^2$$

$$x = [H^+] = 1,55 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log [H^+]$$

$$\text{pH} = -\log 1,55 \times 10^{-7}$$

$$\text{pH} = 6,8$$

Ou seja, embora o pH da água pura a 25 °C seja 7,0, quando aumentamos a temperatura a água fica mais ácida. Sendo que a 37 °C o pH é de 6,8.

#### 2.1.1.4 Alterações ácido-base

Você imagina como as alterações ácido-base nas reações dos líquidos intracelular e extracelular são provocadas? E como podem causar sérios problemas de funcionamento aos organismos? Os desvios do equilíbrio ácido-base refletem-se nas alterações do pH do sangue que dentro da normalidade fica em torno de 7,35 e 7,45. Acidose corresponde a um pH abaixo do valor mínimo normal e alcalose corresponde a um nível acima da faixa normal.

No entanto, são muitos os fatores que podem levar um organismo a sofrer acidose ou alcalose. Vamos expor algumas situações nas quais são observadas tais reações:

- Acidose Metabólica pode ter como causas: insuficiência renal, acidose tubular renal, diabética, acidose láctica, ingestão de substâncias tóxicas, perda de bases como o bicarbonato através do trato gastrointestinal, causado por diarreia ou uma colostomia.

- Os casos de alcaloses metabólicas podem ocorrer pelo uso de diuréticos, perda de ácidos causada por vômitos ou aspiração do conteúdo do estômago, glândulas suprarrenais hiperativas, entre outros.

Desvios extremos do equilíbrio ácido-base, em geral, são acompanhados de alterações profundas da função dos órgãos vitais e podem determinar a morte do indivíduo. Em geral, o valor mínimo do pH compatível com a vida nas acidoses é de 6,85; nas alcaloses, o valor máximo de pH tolerado pelo organismo é de aproximadamente 7,95.

Agora que você conhece os conceitos de acidose e alcalose, reflita sobre a situação-problema apresentada, em que identificamos que a perda de potássio pode gerar alterações orgânicas.

### **Sem medo de errar**

Caro aluno, com os conceitos estudados de bioquímica nas reações celulares e como já sabe a química está associada à vida celular, percebeu que a água é a substância fundamental denominada solvente universal. As moléculas contidas na célula são classificadas de acordo com sua afinidade com a água, sendo chamadas de hidrofóbicas (sem afinidade com a água) ou hidrofílicas (com afinidade para água), garantindo um grau de solubilidade. Correlacionou o pH com a água e o sistema tampão regulador de ácidos e bases nos meios intercelular e extracelular.

Assim, podemos retornar à situação-problema e refletir sobre os acontecimentos químicos celulares. A bulimia é uma patologia que não afeta somente o sistema orgânico, mas também o comportamental, as pessoas nessa condição tendem a sentir culpa, vergonha e acabam por se isolar, sendo mais difíceis de aceitar tratamento e na parte orgânica podem desenvolver vários distúrbios, como desidratação, hipocalcemia secundária (diminuição de potássio no sangue) com demonstrações de alcalose metabólica, que se caracteriza pelo pH superior a 7,45

nos fluidos corporais (consequente ao aumento plasmático do bicarbonato, acompanhado por pH plasmático elevado), causando desequilíbrio orgânico.



### Atenção

Sistema tampão são soluções que atenuam a variação dos valores de pH (ácido ou básico), mantendo-os aproximadamente constantes, mesmo com a adição de pequenas quantidades de ácidos ou bases.

Portanto, quando ocorrem desvios do equilíbrio ácido-base, o organismo intensifica a atuação dos mecanismos de compensação, na tentativa de impedir grandes desvios do pH. Nessas circunstâncias, os desvios podem ser parcialmente compensados. A compensação completa do desvio, entretanto, depende da remoção da sua causa original. Com relação à bulimia, em situações de quadro clínico brando a suspensão dos vômitos pode bastar para reverter o quadro.



### Lembre-se

O potássio exerce um papel essencial em muitas das funções mais importantes de nosso corpo, tais como contração muscular, condução nervosa, frequência cardíaca, produção de energia e síntese de ácidos nucleicos e proteínas.

## Avançando na prática

Pratique mais	
<b>Instrução</b> Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois as compare com as de seus colegas.	
<b>Desequilíbrio ácido-base</b>	
<b>1. Competência de fundamentos de área</b>	Conhecer a estrutura e as funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo, bem como as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos. Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.
<b>2. Objetivos de aprendizagem</b>	Aplicar os conceitos de pH e sistemas tampão.
<b>3. Conteúdos relacionados</b>	Funcionamento celular e tabela periódica.
<b>4. Descrição da SP</b>	O diabetes é uma doença que pode causar a morte. Quando não está controlada, leva o corpo a decompor os lipídios e produz ácidos denominados cetonas, também produz um excesso de ácido nos estágios avançados do choque, formando ácido láctico através do metabolismo do açúcar. Pense no que está acontecendo com o equilíbrio ácido-base do organismo, e qual o papel da insulina neste processo.
<b>5. Resolução da SP</b>	Para resolver essa situação-problema, você precisa recordar os conceitos de pH e sistema tampão.



## Lembre-se

A escala de pH varia entre 0 e 14, e quanto mais próximo do zero, mais ácida, e quanto mais próxima do 14, mais alcalina.



## Faça você mesmo

Como já sabe o conceito de pH e da equação de Henderson-Hasselbach, imagine que uma solução tem uma concentração de íons hidrogênio de  $10^{-5}$  M. Qual é seu pH? Essa solução é ácida ou básica?

Resposta: o pH da solução é igual a 5 e a solução é ácida.

## Faça valer a pena

**1.** Uma solução-tampão de pH alcalino ou básico deve conter uma base fraca e um sal com o mesmo cátion dessa base para, assim, evitar a variação do pH. Indique qual alternativa apresenta uma substância que pode ser adicionada a uma solução aquosa de hidróxido de amônio, formando uma solução-tampão de pH alcalino:

- a) Hidróxido de sódio.
- b) Hidróxido de cálcio.
- c) Ácido clorídrico.
- d) Cloreto de sódio.
- e) Cloreto de amônio.

**2.** O valor do pH de uma amostra indica o estado de equilíbrio ácido-base. Um pH normal demonstra a ausência de desvios ou sua completa compensação. Se o pH está abaixo de 7,35, dizemos que existe acidose, quando o pH está acima de 7,45, dizemos que existe alcalose. Agora, calcule o pH de uma solução-tampão formada pela mistura de solução com 0,1 M de ácido acético e solução com 0,5 M de acetato de sódio:

Dados:  $K_a$  do ácido acético =  $1,8 \cdot 10^{-5}$ ;  $\log 1,8 = 0,25$  e  $\log 5 = 0,7$ .

- a) 4,45.
- b) 4,75.
- c) 5,00.
- d) 5,45.
- e) 5,95.

**3.** Em uma aula de sistema tampão, o professor realiza a seguinte experiência: usa duas soluções aquosas diluídas, I e II, ambas de  $\text{pH} = 5,0$ . A solução I é um tampão e a solução II não.

Em um béquer coloca 100 ml da solução I em um segundo béquer, 100 ml da solução II. A cada uma dessas soluções adiciona 10 ml de NaOH aquoso concentrado.

Assinale a alternativa que apresenta corretamente as variações de  $\text{pH}$  das soluções I e II após a adição de NaOH (aq), observadas pelo professor:

- a) O  $\text{pH}$  de ambas irá aumentar e o  $\text{pH}$  de I será menor do que o de II.
- b) O  $\text{pH}$  de ambas irá diminuir e o  $\text{pH}$  de I será maior do que o de II.
- c) O  $\text{pH}$  de ambas irá aumentar e o  $\text{pH}$  de I será igual ao de II.
- d) O  $\text{pH}$  de ambas irá diminuir e o  $\text{pH}$  de I será igual ao de II.
- e) O  $\text{pH}$  de ambas irá se manter neutro.

**4.** A água representa um importante solvente nos organismos, no entanto, em que meio podemos observar maior volume de água?

- a) No líquido linfático.
- b) No meio intracelular.
- c) Nas secreções glandulares e intestinais.
- d) Na saliva.
- e) No plasma sanguíneo.

**5.** No plasma sanguíneo, há um sistema-tampão que contribui para manter seu  $\text{pH}$  dentro do estreito intervalo 7,35 - 7,45. Valores de  $\text{pH}$  fora deste intervalo ocasionam perturbações fisiológicas. Entre os sistemas químicos a seguir, qual representa um desses tampões?

- a) Ácido carbônico/bicarbonato.
- b) Hidrogênio/Hidróxido.
- c) Ácido clorídrico/Cloro.
- d) Amoníaco/Hidróxido.
- e) Glicose/frutose.

**6.** Do que é formada uma solução tampão?

**7.** Como se comportam a solução tampão e a solução não tampão frente às alterações de pH?

## Seção 2.2

### Aminoácidos, peptídeos, proteínas e enzimas

#### Diálogo aberto

Caro aluno, vamos continuar com os estudos sobre a bioquímica das células. Nesta seção, iremos desvendar os mistérios dos aminoácidos, proteínas e as famosas enzimas. No entanto, atente-se aos conceitos da seção anterior, em que falamos da água como solvente universal, do papel dela no desempenho das concentrações químicas em geral, nos meios intracelulares, extracelulares e plasma sanguíneo. Analisamos, também, a escala de pH e como os sistemas tampões agem de acordo com cada situação orgânica, lembre-se da alcalose desenvolvida pela perda de potássio e as complicações que essas disfunções causam, podendo levar o organismo à morte.

Agora, iremos avançar um pouco mais nos processos fundamentais da existência de vida celular. Você sabe o que são proteínas e qual é a relação delas com o crescimento dos seres vivos? As proteínas são compostos orgânicos muito importantes na construção dos organismos, estão relacionadas diretamente com o metabolismo celular e presentes na membrana plasmática, nos cromossomos e em muitas outras organelas, portanto, para que ocorra a proliferação de células até a formação de tecidos serão necessárias muitas proteínas. Mas, e as enzimas, quando surgem no processo de crescimento? Enzimas são proteínas especializadas em catalisar reações biológicas, acelerando as reações químicas sem alterar o processo. Você já se questionou como as proteínas são formadas? Uma molécula de proteína é formada por centenas de moléculas menores, que são os aminoácidos, que estão ligadas em sequência, lembram elos de correntes. Uma proteína pode ser definida como uma cadeia de aminoácidos.

No decorrer da seção, iremos abordar os conceitos de construção e função, dos aminoácidos, peptídeos, proteínas e enzimas, destacando a importância de cada um para a sobrevivência dos seres vivos.



## Lembre-se

As células são como bolsas cheias de substâncias químicas, fundamentais para os processos celulares.

Para você compreender com maior clareza como esses elementos atuam no organismo dos seres vivos, analise a seguinte situação:

A saúde de um indivíduo se inicia na formação fetal, com o intuito de detectar anomalias precocemente, os recém-nascidos são submetidos a muitos exames, o mais famoso é o teste do pezinho, que se chama triagem neonatal e foi inserido nas rotinas hospitalares na década de 1970, com a principal função de identificar a fenilcetonúria e o hipotireoidismo congênito, no entanto, somente em 1992 se tornou obrigatório e passou a diagnosticar oito tipos de doenças.

Mas por que a necessidade de identificar uma doença como a fenilcetonúria já nos primeiros dias de vida de uma criança? Porque aguardar manifestações clínicas pode gerar sequelas irreversíveis no indivíduo portador da doença, sem tratamento os bebês geralmente desenvolvem sinais da patologia dentro de alguns meses, tais sintomas podem ser leves ou graves, incluir deficiência cognitiva, problemas comportamentais, convulsões, tremores ou movimentos espasmódicos nos braços e pernas, crescimento atrofiado, retardo mental, entre outros.

Agora, reflita sobre essa situação: João é estudante e amigo de Marta, e sempre vão juntos à cantina da instituição de ensino, no entanto, Marta sempre notou que João só ingere algum alimento depois de conferir os componentes do produto, e sempre repete livre de fenilalanina. Mas por que João tem essa mania?.



## Reflita

As células possuem muitas macromoléculas, incluindo DNA, RNA, proteínas, lipídios e polissacarídeos.

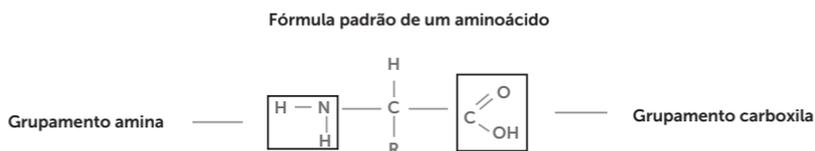
## Não pode faltar

### 2.2.1 Aminoácidos, Peptídeos, Proteínas e Enzimas

### 2.2.1.1 A relação entre aminoácidos, peptídeos e proteínas

Olá, caro aluno. Os aminoácidos (aa) são moléculas muito pequenas que sempre contêm carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio em sua composição, no entanto, alguns tipos, como cisteína e metionina, possuem átomos de enxofre. Mas você já pensou no que caracteriza os aminoácidos? A característica que distingue um aminoácido é a presença de dois grupamentos especiais de átomos, um deles chamado amina (NH<sub>2</sub>) e o outro chamado ácido carboxílico ou carboxila (COOH) e um radical que determina um dos vinte tipos de aminoácidos.

Figura 2.2 | Representação estrutural de um aminoácido



Fonte: Adaptado de Marzzoco e Torres (2007, p. 12).

Os aminoácidos naturais são os que ocorrem nos seres vivos, e se diferenciam unicamente por um dos grupamentos de átomos ligados a um carbono central, chamado de carbono alfa, o que é denominado radical ou R e varia de acordo com o aminoácido, podendo ser classificado pelas propriedades funcionais dos radicais, ou pela necessidade de cada organismo.

Assim, nem todos os seres vivos produzem os vinte tipos de aminoácidos necessários para a construção das proteínas, podemos dividi-los em essenciais, que se enquadram naqueles que o organismo humano não consegue sintetizar. E como fazemos para conseguir esses aminoácidos? Temos que os adquirir através de alimentos, são eles: arginina, fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, serina, treonina, triptofano e valina.

A outra classe são os aminoácidos não essenciais ou naturais, que são aqueles que o organismo humano consegue sintetizar (são produzidos pelo organismo), como exemplo podemos citar alanina, asparagina, cisteína, glicina, glutamina, histidina, prolina, tiroxina, ácido aspártico, ácido glutâmico.

Com base na cadeia lateral dos aminoácidos, estes podem ser

classificados como apolares ou polares (sem carga, carregados positivamente (básicos) ou carregados negativamente (ácidos)).

No entanto, como as proteínas poderiam se formar a partir dos grupamentos de aminoácidos? Para ocorrer a formação de proteínas, as células vivas devem ligar os aminoácidos que recebem dos alimentos, assim a reação que une dois aminoácidos ocorre sempre em um grupo amina de um aminoácido com o grupo carboxila do outro, isto é, uma ligação peptídica, onde o grupo carboxila de um dos aminoácidos perde um grupamento OH, enquanto o grupo amina do outro aminoácido perde um hidrogênio (H), com isso ocorre a ligação do carbono da carboxila de um aminoácido com o nitrogênio do grupo amina do outro aminoácido.

O restante dos elementos do grupo OH que foi liberado pela carboxila se liga ao hidrogênio restante do outro aminoácido formando uma molécula de água.

Assim, peptídeos são o resultado da ligação de dois ou mais aminoácidos, caso ocorra a ligação de dois peptídeos, será chamado de dipeptídeo; se forem três, tripeptídeos; se as moléculas forem formadas por mais de uma dezena de aminoácidos, serão chamadas de polipeptídios, e a união de vários peptídeos formam uma proteína.

Podemos observar que as proteínas apresentam estruturas e funções muito diversificadas, no entanto, são sintetizadas a partir de apenas vinte aminoácidos, arranjados em várias sequências específicas, que se repetem, em média, cerca de 100 vezes. São os compostos orgânicos com maior representatividade celular, presentes em todas as estruturas das células, são fundamentais sob todos os aspectos funcionais, compondo os constituintes básicos para que ocorra a vida.

O nome proteína deriva da palavra *proteios* que significa em primeiro lugar, definindo o grau de importância das proteínas para as células. Existem muitas espécies diferentes de proteínas, cada uma especializada para uma função biológica. Além disso, a maior parte da informação genética é expressa pelas proteínas. Reforçando, as proteínas são formadas por uma ou mais cadeias de polipeptídios, cada uma possuindo uma sequência característica de aminoácidos. São, portanto, polímeros de aminoácidos.



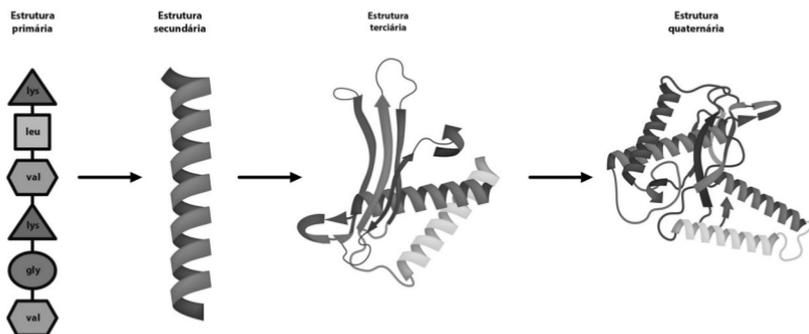
Os aminoácidos são os blocos de construção das proteínas, que são sintetizadas a partir de 20 monômeros diferentes.

As proteínas podem ser agrupadas em várias categorias de acordo com a sua função, sendo: estrutural, em que participam da estrutura dos tecidos; hormonal, atuando na produção de muitos hormônios de nosso organismo. Participam da formação de antígeno/anticorpo, na produção de anticoagulante, no transporte de gases pelo organismo. Como exemplo temos a hemoglobina, proteína responsável pelo transporte de  $O_2$  (oxigênio) dos alvéolos pulmonares para os tecidos e  $CO_2$  (dióxido de carbono) dos tecidos para os pulmões, no fenômeno de respiração aeróbica) e, por fim, nas ações enzimáticas.

Você já ouviu falar das proteínas conjugadas? São a associação de aminoácidos com demais substâncias na confecção de uma proteína, como exemplo podemos destacar as glicoproteínas, que apresentam cadeias de polipeptídios associadas a açúcares. Outro exemplo são as nucleoproteínas, que são as combinações de cadeias polipeptídicas, respectivamente, com lipídios e ácidos nucleicos (DNA e RNA).

Estruturalmente, as proteínas possuem uma configuração espacial bem definida, que é resultante do tipo de aminoácido que as compõem e de como eles estão dispostos uns em relação aos outros, assim, a sequência de aminoácidos irá determinar o tipo de interações possíveis entre as cadeias laterais que mantêm diversos tipos de ligações e/ou interações entre os vários grupos funcionais dos aminoácidos que compõem a proteína, portanto são constituídas por quatro níveis: estrutura primária, secundária, terciária e quaternária. Esses diferentes níveis de organização estrutural são encontrados nas proteínas globulares, isto é, quando as cadeias polipeptídicas se enovelam formando glóbulos arredondados ou elípticos, como exemplo lembre-se da albumina, que compõe a clara do ovo. Podem ser também fibrosas, quando as cadeias se enrolam formando fibras torcidas que lembram uma corda, podemos citar a queratina que compõe os cabelos, unhas e também está presente no tecido epitelial da pele.

Figura 2.3 | Níveis de organização da estrutura molecular de uma proteína



Fonte: <[http://www.fiocruz.br/ioc/media/apostila\\_volume\\_1.pdf](http://www.fiocruz.br/ioc/media/apostila_volume_1.pdf)>. Acesso em 15 maio 2015.



### Pesquise mais

Para saber mais sobre a estrutura das proteínas, acesse o link. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc24/ccd1.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2015.

As proteínas estão sujeitas a alterações provocadas por temperatura, acidez do meio e, além desses fatores, a substituição de um simples aminoácido pode provocar alteração de sua forma. Assim, mais de 1.400 doenças genéticas humanas já foram identificadas como resultantes da produção de proteínas defeituosas, em que a cadeia normal de aminoácido, o componente basal das proteínas está alterado, como exemplo destas doenças podemos citar: alcaptonúria, fenilcetonúria, albinismo, entre outras.



### Assimile

Pense nas cadeias de aminoácidos que formam as proteínas, como colares de contas, onde o fio fundamental da proteína é formado como uma sequência de aminoácidos (onde a sequência é determinada geneticamente), constitui a chamada estrutura primária da proteína.

A ingestão de proteínas diariamente é muito importante para manter as funções orgânicas equilibradas, no entanto, caso ocorra falta ou excesso, o corpo, para compensar as variações, recorre a uma reserva de curta duração. Mas os organismos são incapazes de armazenar o excesso de proteínas em longo prazo. As proteínas em excesso são convertidas pelo fígado em moléculas úteis, num

processo denominado desaminação, que converte o nitrogênio dos aminoácidos em amônia, convertida pelo fígado em ureia, que é excretada pelos rins, assim a proteína que não é utilizada pelo corpo é eliminada pelos rins sobrecarregando suas funções. Um exemplo de falta de proteínas é a insuficiência e desnutrição proteica, a qual pode provocar uma série de doenças e até levar à morte do indivíduo.

### 2.2.1.2 Enzimas - catalizadoras de reações biológicas

Caro aluno, praticamente todas as enzimas conhecidas são proteínas, sendo que algumas moléculas apresentam uma porção não proteica. A parte proteica é a apoenzima e a não proteica é o cofator, chamado de coenzima quando se trata de molécula orgânica.

As reações catalizadoras podem ser definidas como o aumento da velocidade nos processos biológicos mediante a inclusão de uma substância, as enzimas, que são catalisadores orgânicos que atuam em sistemas biológicos em condições suaves de temperatura e pH e determinam o perfil de transformações químicas que ocorrem em soluções aquosas, e no final da reação as enzimas permanecem intactas.

As enzimas possuem alto índice de especificidade, sendo que cada uma somente atua em determinada reação, esse fato é explicado pela configuração bem definida, facilitando o encaixe com determinados reagentes ou substratos, acelerando sua transformação em produto, essa reação específica é chamada de mecanismo chave-fechadura. A ligação da enzima com o substrato se dá em uma região pequena e definida da molécula denominada sítio ativo. A integridade da molécula enzimática proteica é necessária para a manutenção deste sítio ativo, ou seja, para a ação catalítica.



#### Exemplificando

Você sabia que o consumo em excesso de álcool, além de causar danos em vários órgãos, também pode desequilibrar as reações enzimáticas no pâncreas, causando uma pancreatite? Agora, reflita: como as enzimas podem causar danos aos tecidos pancreáticos?

Resposta: pancreatite é a doença causada pela inflamação do pâncreas, uma glândula do aparelho digestório que desenvolve um importante papel

no processo de digestão dos alimentos. A doença acontece quando as enzimas produzidas pelo pâncreas, que são amilase para digestão de amido, lipase para os lipídios e tripsina para proteínas, tornam-se ativas no interior do órgão, causando a destruição dos tecidos do próprio órgão. Em condições normais, as enzimas pancreáticas só se tornam ativas quando saem do pâncreas e atingem o duodeno.

Para determinar a nomenclatura das enzimas se usava uma regra básica, em que se colocava o sufixo "ase" no final do nome do substrato no qual a enzima estava atuando, assim, quando a ação era sobre proteínas, a enzima se chamava proteases, em carboidratos eram as carboidrases. No entanto, essa nomenclatura não se mostrou eficiente e, em 1995, uma comissão de classificação de enzimas destinada pela União Internacional de Bioquímica definiu uma classificação a partir de normas, que divide as enzimas em classes principais que contêm subclasses de acordo com o tipo de reação catalisada. Dessa forma, a classificação do nome consiste em conferir para cada enzima um código de 4 algarismos separados por pontos. O primeiro número corresponde à classe a que a enzima pertence e vai de 1 a 6. O segundo algarismo determina a subclasse, o terceiro define com exatidão o tipo de atividade enzimática e o quarto é o número da enzima dentro da sua subclasse, no entanto, essas nomenclaturas são complexas e, na maioria das vezes, as enzimas são designadas por nomes triviais.

- Oxidoredutases: relacionadas com reações de óxido-redução em sistemas biológicos, portanto, com os processos de respiração e fermentação. Como exemplos temos hidrogenases, oxidases, entre outros.

- Transferases: catalisam a transferências de grupos de um composto a outro. Como exemplos temos transaldolase, acetiltransferase etc.

- Hidrolases: nessa classe, incluem-se enzimas de baixa especificidade, como as esterases e tioesterases.

- Liasas: as enzimas desta classe modificam o substrato. Como exemplo temos as descarboxilases, cetoacidoliasas etc.

- Isomerases: enzimas que catalisam reações de isomerização. Aqui se incluem as oxiredutases intramoleculares.

- Ligases: enzimas que causam a degradação da molécula de ATP, usando a energia liberada nesta reação para sintetizar novos compostos unindo duas moléculas.

As ações enzimáticas podem ser inibidas por moléculas específicas ou por íons que podem danificar as reações de forma reversíveis (competitivos e não competitivos) ou irreversíveis. Outra reação que pode acontecer com as enzimas são as imobilizações, sendo que isso acontece na preparação de alimentos quando não se deseja que continue havendo ação enzimática, como exemplo podemos citar a preparação de xaropes ricos em glucose e maltose.



### Faça você mesmo

As reações efetuadas pelas enzimas podem ser corrompidas por desnaturação, em que ocorre o rompimento da estrutura original da proteína, levando à perda de função; outra forma de desequilíbrio são as mutações, em que ocorre a substituição de um aminoácido em uma posição primordial na proteína, causando consequências danosas, como a anemia falciforme. Agora que você já sabe como as enzimas atuam, descreva como ocorre a substituição nas cadeias de hemoglobinas gerando essa patologia.

Resposta: a anemia falciforme se caracteriza por uma alteração nos glóbulos vermelhos, que perdem a forma arredondada e elástica, adquirem o aspecto de uma foice e enrijecem, perdendo sua capacidade de transportar oxigênio e dificulta a passagem do sangue pelos vasos de pequeno calibre. Isso ocorre devido à presença de, pelo menos, um gene mutante que leva o organismo a produzir a hemoglobina S (HbS). Essa hemoglobina surge devido à substituição de um único nucleotídeo que altera o códon do sexto aminoácido da B-Globina de ácido glutâmico para o aminoácido valina, com um grupo apolar R.

Após todos os conceitos adquiridos nesta seção, reflita sobre a situação-problema apresentada, em que você deve relacionar as proteínas essenciais à patologia fenilcetonúria (PKU).

### Sem medo de errar

Caro aluno, após os conceitos apresentados, podemos retornar à situação-problema apresentada no diálogo aberto e resolver os questionamentos que a patologia relaciona à constituição proteica de um gene.



## Atenção

Na fenilcetonúria (PKU), o metabolismo da fenilalanina (FAL) é prejudicado pela falta da enzima, logo a via metabólica normal não ocorre adequadamente, impedindo o metabolismo da tirosina e do triptofano, além de prejudicar a formação de melanina, serotonina, catecolaminas e outros neurotransmissores.

No decorrer da seção, você percebeu que as proteínas são fundamentais para a constituição celular, envolvidas em todos os processos e reações que proporcionam a vida. No entanto, os organismos não são capazes de produzir todos os aminoácidos necessários para formação de todas as proteínas fundamentais, e para adquirir os nove tipos, que não sintetizamos, que são os essenciais, devemos obtê-los de quem os produz (plantas ou animais) através da alimentação. São eles: arginina, fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, serina, treonina, triptofano e valina. Destacamos a fenilalanina como ponto fundamental em nossa situação-problema.

Você se lembra da mania do João de analisar todos os alimentos, João possui fenilcetonúria, e como sua mãe foi alertada do problema, devido ao exame do pezinho, ele se acostumou a uma dieta equilibrada, pois a doença é tratável, seguindo uma dieta controlada e livre de fenilalanina.

Pensando nessa questão, em embalagens de refrigerantes e outros alimentos, muitas vezes, está descrito "possui fenilalanina", esse aviso está diretamente relacionado com pessoas que possuem a patologia fenilcetonúria, como o João.

A fenilcetonúria é uma doença genética autossômica recessiva, sendo classificada como erro inato do metabolismo de aminoácidos devido à mutação no gene que codifica a enzima hepática fenilalanina-hidroxilase, assim é caracterizada pela incapacidade do organismo de metabolizar a substância fenilalanina, aminoácido presente nas proteínas. Devido a essa alteração, a pessoa com fenilcetonúria tende a acumular a fenilalanina no organismo, o que pode provocar graves lesões no cérebro e retardo mental. E como o tratamento se baseia em uma dieta restrita em proteína animal e vegetal, conhecer a informação nutricional dos alimentos é essencial para garantir o tratamento adequado da doença.

Portanto, as ações proteicas são fundamentais para o bom funcionamento celular, notamos com esse exemplo da fenilcetonúria que uma alteração em um gene pode levar o organismo a sofrer danos irreversíveis.



### Lembre-se

As enzimas são proteínas que agem como catalisadores biológicos, isto é, potencializam as reações metabólicas.

## Avançando na prática

### Pratique mais

#### Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois as compare com as de seus colegas.

#### Excesso de Proteínas

<b>1. Competência de fundamentos de área</b>	Conhecer a estrutura e as funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo, bem como as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos. Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.
<b>2. Objetivos de aprendizagem</b>	Aplicar os conceitos sobre a função proteica e suas alterações.
<b>3. Conteúdos relacionados</b>	Estrutura e funções de aminoácidos, peptídeos, proteínas e enzimas.
<b>4. Descrição da SP</b>	Hoje, é comum em academias notarmos que as pessoas querem esculpir o corpo, no entanto, percebemos também que muitos colocam a vida em risco. Um dos maiores problemas é o uso de anabolizantes e, além disso, outro ponto preocupante é a dieta que tais pessoas vêm consumindo, principalmente o excesso proteico. Mas o que pode ocorrer com o organismo que adquire muito mais proteína do que precisa?
<b>5. Resolução da SP</b>	Para relacionar essa situação-problema com os conceitos adquiridos, você deverá correlacionar a estrutura e função das proteínas com a sua metabolização nos organismos, lembre-se dos conceitos estudados sobre ácidos, bases e pH celular.



### Lembre-se

Os 20 aminoácidos possibilitam a construção de enorme variedade de moléculas proteicas, com funções diversificadas.



### Faça você mesmo

Proteínas são moléculas essenciais à vida, atuando como enzimas, hormônios, anticorpos, além de estarem presentes nos cabelos, na lã, na seda, em unhas, carapaças, chifres e penas dos

seres vivos. Sabendo dos conceitos sobre a formação de tais substâncias, descreva como é formada a queratina.

Resposta: a queratina é uma proteína fibrosa secundária, de origem animal que fornece proteção e tem em sua composição várias unidades de cisteína, que é um aminoácido sulfurado, apresentando o elemento enxofre, constituindo assim uma ligação covalente. Devido à sua estrutura tridimensional, essa proteína possui propriedades particulares, como impermeabilidade à água, alto nível de resistência e elasticidade.

### Faça valer a pena

**1.** As enzimas são fundamentais para potencializar as reações, atuam nas mais variadas situações do corpo. No entanto, alguns fatores podem afetar seu desempenho. Com base nestes conceitos, marque V para as sentenças verdadeiras e F para as falsas em relação às enzimas.

( ) A temperatura influencia ativamente na atividade das enzimas, causando a aceleração da reação enzimática.

( ) O pH apresenta um papel importante na atividade enzimática, entretanto, sua variação causa poucos problemas no funcionamento das enzimas.

( ) Cada enzima apresenta um pH ótimo, ou seja, um pH em que a atividade enzimática é máxima. Quando ocorrem alterações no pH, a atividade enzimática é comprometida e a enzima para de funcionar adequadamente:

a) V-V-F.

d) F-F-F.

b) F-F-V.

e) V-V-V.

c) V-F-V.

**2.** A obesidade no mundo moderno vem se destacando cada vez mais, e com isso métodos de emagrecimento também ganham espaço, principalmente os que prometem resultados rápidos, no entanto, isso pode causar doenças. Um produto polêmico é o Xenical, no Brasil, devido a uma determinação da Anvisa, é controlado e só pode ser adquirido mediante receita médica, já que sabemos que ele reduz em até 30% o

consumo de gorduras pelo organismo, seu princípio ativo é o orlistat, que atua sobre uma enzima no intestino. Qual é a enzima afetada?

- a) Carboidrases.
- b) Proteases.
- c) Amilases.
- d) Lipases.
- e) Lactases.

**3.** A elastina é a proteína responsável pela formação das fibras elásticas que compõem órgãos, como pavilhão auditivo, conduto auditivo externo, epiglote, cartilagem cuneiforme da laringe e artérias. Qual é a importância desta proteína para a circulação sanguínea?

a) A elastina se caracteriza por formar fibras mais finas que aquelas formadas pelo colágeno. Essas fibras cedem bastante à tração, mas retornam à forma original quando é cessada a força. Essa propriedade é responsável pela manutenção da pressão sanguínea nos períodos de diástole do ventrículo esquerdo.

b) A elastina se caracteriza pela rigidez que proporciona aos órgãos, sendo uma proteína globulosa, atuando, portanto, na capacidade de contração das artérias na distribuição do sangue pelo organismo.

c) A elastina, proteína globosa, que se caracteriza pela capacidade de revestir e dar proteção às artérias, facilitando o fluxo sanguíneo pelo organismo.

d) A elastina se caracteriza por ser formada por proteínas fibrosas secundárias, no entanto, não atuam no transporte sanguíneo nos períodos de diástole do ventrículo esquerdo.

e) A elastina não está relacionada com elasticidade das artérias.

**4.** A cor dos cabelos, da pele e dos olhos dos mamíferos está relacionada à melanina, que é responsável pela pigmentação. Sua síntese está relacionada a qual enzima?

- a) Enzima Tirosinase.
- b) Enzima Amilase.
- c) Enzima Transaminases.
- d) Enzima Fosfatase.
- e) Enzima Lipase.

**5.** O desempenho agrícola de alguns legumes está relacionado à simbiose com microrganismos, que vivem associados a raízes das plantas, são chamados de Rhizobium, são bactérias que formam nódulos nas raízes de plantas, cujos frutos têm forma de vagem, como feijão, soja e lentilha. Qual é a vantagem que essa simbiose proporciona para as plantas?

- a) Sintetizam proteínas a partir do  $N_2$  atmosférico, disponibilizando-as para as plantas.
- b) Fixam  $NO_2$  na forma de nitratos, que podem ser utilizados no metabolismo de proteínas.
- c) Fixam o  $N_2$  atmosférico na forma de cátions amônio, que podem ser utilizados pelas plantas para a síntese de proteínas.
- d) Sintetizam  $N_2$  na forma de nitritos, que podem ser utilizados para a síntese de proteínas.
- e) Fixam  $NO_2$  e  $NO_3$  na forma de cátions amônio, que podem ser utilizados no metabolismo das proteínas.

**6.** O buriti, com nome científico *Mauritia Flexuosa*, é uma das palmeiras do Brasil com valores econômicos expressivos e uma espécie abundante no Cerrado. Os frutos servem de alimentos para várias espécies e também embelezam a paisagem do Cerrado. Para o homem, é uma fonte de alimento rico em vitamina A, B e C, cálcio, ferro e proteínas, consumido tradicionalmente ao natural, ou transformado em sucos, doces, licores, entre outros. O óleo extraído da fruta também tem valor medicinal e em produtos de beleza, como sabonetes e cremes hidratantes. Com base no texto acima, descreva as características das proteínas:

**7.** Estudos recentes demonstram que 70% dos brasileiros apresentam algum grau de intolerância à lactose, lembrando que essa substância é o açúcar presente no leite e seus derivados. É um hidrato de carbono, mais especificamente um dissacarídeo, que é composto por dois monossacarídeos, a glicose e a galactose. Esse açúcar, quando ingerido, sofre uma digestão por meio de uma enzima, a lactase. Descreva as ações enzimáticas e como ocorre a intolerância à lactose:

## Seção 2.3

### Vitaminas e nutrientes minerais

#### Diálogo aberto

Olá, caro aluno, tudo bem? Nossos assuntos desta seção serão as vitaminas e sais minerais, mas você sabe qual a importância dessas substâncias para sua saúde? As vitaminas e minerais são imprescindíveis para a manutenção e o desenvolvimento de cada célula do corpo humano, utilizadas em pequenas doses pelo metabolismo celular, sendo chamados de micronutrientes, encontrados nos alimentos em concentrações pequenas. Quase sempre atuam como coenzimas de importantes sistemas enzimáticos, mas você se lembra como as enzimas são formadas? As enzimas são substâncias do grupo das proteínas e atuam como catalisadores de reações químicas. As proteínas são macromoléculas orgânicas relacionadas ao metabolismo de construção, fundamentais para o crescimento, sendo formadas por uma sucessão de moléculas menores conhecidas como aminoácidos, que são moléculas orgânicas formadas por átomos de carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O) e nitrogênio (N). Alguns podem conter enxofre em sua composição. Todas as moléculas de aminoácidos contêm um grupo carboxílico (COOH), um grupo amina (NH<sub>2</sub>) e uma molécula de hidrogênio (H), ligados a um átomo de carbono que está ligado a um radical R.

Quando falamos em alimentação saudável, as recomendações são sempre optar por comidas com muita diversidade, pois nenhum alimento contém sozinho a quantidade e variedade de vitaminas e minerais que precisamos. Portanto, é recomendável que se mantenha sempre o equilíbrio através de uma alimentação saudável e variada, que além de fornecer os nutrientes necessários, mantém o corpo todo em perfeito funcionamento.

Tanto o excesso como a falta de vitaminas e minerais são prejudiciais à saúde. No entanto, no mundo atual, onde as pessoas trabalham muito e pouco se preocupam em se alimentar com equilíbrio, será que o organismo da maioria destes indivíduos está

com vitaminas e minerais regulares? E como essa alimentação desequilibrada pode afetar a saúde do organismo? Pense na atividade de cada vitamina nos processos metabólicos e você entenderá as indagações aqui apresentadas. No decorrer da seção, iremos explorar as qualidades e funções das vitaminas e minerais e assim você conseguirá compreender a relação com a saúde dos organismos.



**Refleta**

A falta de vitaminas causa doenças graves, como raquitismo e alterações no processo de coagulação.



**Lembre-se**

Os aminoácidos são classificados como essenciais indispensáveis, que o organismo não produz, e essenciais dispensáveis, que podem ser produzidos internamente a partir de outras proteínas.

## **Não pode faltar**

### **2.3.1 As vitaminas: micromoléculas essências**

Você sabe quantas vitaminas o organismo dos animais precisa para manter os processos metabólicos celulares ocorrendo de forma saudável? As vitaminas são micromoléculas orgânicas biologicamente ativas, compostas por treze moléculas diferentes que participam de muitos processos metabólicos vitais. A necessidade diária de vitaminas é baixa, no entanto, sua falta é responsável por muitas patologias chamadas de hipovitaminose, já o excesso de vitaminas é chamado de hipervitaminose e pode causar intoxicação.

As vitaminas se diferem umas das outras quanto à estrutura, propriedades químicas e biológicas e atuação no metabolismo, possuem diversas funções, entre elas a de acelerar as reações enzimáticas, agindo como coenzimas; atuam, também, como antioxidantes e na formação de alguns hormônios, como a vitamina C, que tem papel importante na formação de adrenalina.



**Pesquise mais**

Para maiores informações sobre a atuação das coenzimas e como elas atuam nos processos do metabolismo celular, analise o livro:

MARZZOCO, Anita; TORRES, Bayardo Baptista. **Bioquímica básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007, capítulo 5, páginas 87 e 88.

A classificação das vitaminas está dividida em lipossolúveis e hidrossolúveis, mas você imagina o que essa classificação pode significar? Está relacionada à solubilidade da vitamina, isto é, são solúveis em água ou gordura. As vitaminas hidrossolúveis são as que compõem o complexo vitamínico B (B1, B2, B6 e B12) e as vitaminas C, não são armazenadas por serem solúveis em água, são absorvidas pelo intestino e transportadas pelo sistema circulatório até os tecidos em que serão utilizadas, seu excesso pode ser eliminado na urina.

As lipossolúveis são as vitaminas A, D, E e K, sendo que o organismo pode manter estoques (principalmente no fígado e no tecido adiposo) destas vitaminas por serem solúveis em lipídios, são absorvidas no intestino humano com a ajuda de sais biliares segregados pelo fígado, o sistema linfático as transporta a diferentes partes do organismo.

As necessidades vitamínicas se diferenciam de acordo com a espécie, como exemplo podemos citar a vitamina C, que é muito necessária aos primatas, e pouco às demais espécies, que conseguem por vias metabólicas elevar a produção de ácido ascórbico (C), deixando de ser uma vitamina para esses animais.



### Assimile

Ao contrário das proteínas, as vitaminas são necessárias na alimentação em pequenas quantidades, pois são percussoras de coenzimas, que possuem concentrações celulares em pequena quantidade.

No quadro a seguir, você poderá comparar algumas vitaminas, com destaque para suas funções, deficiências e excessos nos organismos, lembrando que nos dias atuais ocorre a tentativa de substituir a alimentação diversificada e saudável por suplementação vitamínica. Mas essa prática é benéfica? Estudos realizados vêm mostrando que para adultos saudáveis a suplementação pode ser perigosa, pois pode causar excessos. No entanto, para mulheres que pretendem engravidar, a suplementação de ácido fólico é importante, porque previne defeitos no tubo neural do feto.

## Quadro 2.1 | Características das vitaminas

Vitaminas	Hidros-solúveis	Lipossolúveis	Principais Fontes	Funções	Deficiências	Excesso
A (Retinol ou Axerofol)	Não	Sim	Vegetais verdes e amarelos (espinafre, chicória, abóbora, batata, mamão etc.), óleo de fígado de peixes, gema de ovo, leite.	As funções são sobre a pele, a retina e as mucosas, e ainda aumentam a resistência a agentes infecciosos.	Cegueira noturna, xerofthalmia (cegueira total por ressecamento da córnea), pele seca e escamosa, diminuição da resistência a infecções, perda de peso e atraso no crescimento.	Dor de cabeça, ressecamento da pele com fissuras, perda de cabelos, aumento do baço e fígado, aumento dos ossos e dor nas juntas.
B3 (Niacina ou nicotinamida)	Sim	Não	Carnes magras, peixes, amendoim e levedo de cerveja.	Envolvida na liberação de energia para carboidratos, proteínas e gorduras.	Pelagra (dermatose, diarreia, inflamações na língua, disfunção intestinal e cerebral).	Pode ser prejudicial a pessoas com asma ou doença de úlcera péptica.
C (Ácido ascórbico)	Sim	Não	Frutos cítricos e outros (tomate, acerola, laranja, limão, goiaba, cenoura, caju), batata, hortaliças.	Envolvido na síntese de colágeno, cicatrização, recuperação de queimaduras, resposta imune e reações alérgicas, absorção de ferro.	Escorbuto, Taquicardia, Anemia por deficiência de vitamina C.	Diarreia, pedras nos rins (em pessoas suscetíveis), alterações no ciclo menstrual.

Fonte: A autora (2015).

### 2.3.2 Sais minerais: elementos inorgânicos

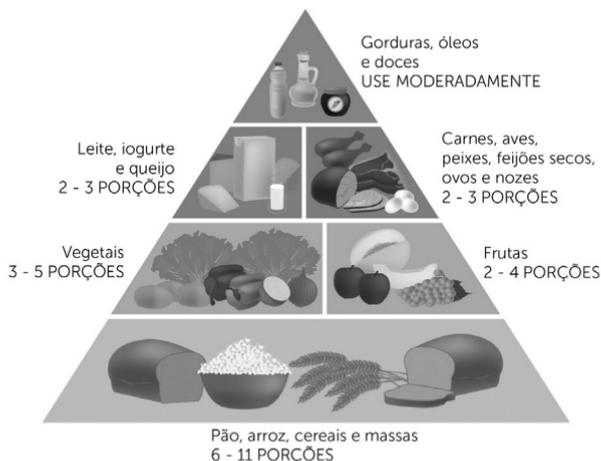
Caro aluno, os sais minerais, como as vitaminas, desempenham importantes funções nas células, os elementos químicos que compõem os sais podem tanto ser encontrados livres na forma de íons dissolvidos nos líquidos intracelular e extracelular, como também associados a outras moléculas orgânicas.

Como destaque para as funções dos sais minerais, podemos citar sua atuação na formação de alguns tecidos orgânicos, como ossos, dentes, músculos, regulamento do balanço hídrico, ácido-base e pressão osmótica, atuação no sistema imunológico e ainda ação antioxidante. Como efeito fisiológico, podemos destacar a contração muscular, transporte de oxigênio, condução do impulso nervoso, equilíbrio de pH sanguíneo, coagulação sanguínea e manutenção do ritmo cardíaco.



Caro aluno, pense nas funções das vitaminas como coenzimas, responsáveis pela ativação das reações enzimáticas que dela participam. Os sais minerais também são componentes importantes para funções hormonais.

Figura 2.4 | Pirâmide Alimentar



Fonte: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/discovirtual/galerias/imagem/0000000098/0000009857.gif>>. Acesso em: 23 maio 2015.

De 28 sais minerais, 12 são essenciais e podem ser divididos em dois grupos: macrominerais e microminerais, de acordo com a sua necessidade diária.

As características dos macrominerais estão ligadas à estrutura e formação dos ossos, regulação dos fluidos corporais e secreções digestivas, as necessidades diárias são maiores que 100 mg. Como exemplo podemos citar cálcio, fósforo, magnésio, cloreto, sódio e potássio. Já os microminerais ou elementos traço têm como principais funções as reações bioquímicas, atuam no sistema imunológico e também nas ações antioxidantes, sua necessidade diária é inferior a 100 mg.

Assim como as vitaminas, cada elemento mineral tem um papel no organismo, para você entender melhor, segue a caracterização de alguns sais minerais.

Macrominerais (cálcio, fósforo, magnésio, cloreto, sódio e potássio), destacando:

- Cálcio: atua em equilíbrio com o fósforo e se apresenta em grande porcentagem nos ossos e dentes (99%), o restante se encontra nos tecidos. É um mineral bem distribuído entre alimentos de origem animal e vegetal. Para que ocorra a absorção do cálcio, é necessário que haja também a presença da vitamina D. Já a carência de cálcio leva à deformação óssea, osteoporose, fraturas, fraqueza muscular, e o excesso pode causar problemas renais. Está presente em leites e derivados, cereais integrais, castanhas, soja e derivados, vegetais verde-escuros.

- Fósforo: assim como o cálcio, é vital para a formação óssea. Está presente na estrutura das células e fundamental em reações químicas que ocorrem no organismo. Já a falta pode levar a fraturas e problemas musculares. O excesso está relacionado à ineficiência na absorção do cálcio. Pode ser encontrado em leites e derivados, cereais integrais, leguminosas, carnes, e também está presente nos refrigerantes.

- Sódio: está relacionado ao equilíbrio hídrico junto ao potássio. Participa da condução dos impulsos nervosos e contrações musculares. A falta pode levar a câimbras e desidratação. O excesso causa problemas cardíacos e perda de cálcio. Pode ser encontrado no sal de cozinha, alimentos processados (o sódio pode ser usado como conservante) e carnes defumadas.

Microminerais (ferro, zinco, selênio, cobre, iodo e manganês):

- Ferro: está presente em todas as células, e contribui com a produção de enzimas que estimulam o metabolismo. Também, forma a hemoglobina e a mioglobina, que levam oxigênio para as hemácias e para as células musculares, sendo assim essencial para o transporte de oxigênio para o corpo. Apesar de suas exigências serem pequenas, é muito importante o consumo de alimentos que contenham ferro, lembrando que as mulheres necessitam, em média, duas vezes mais ferro na dieta do que os homens, por perderem ferro a cada mês durante a menstruação. O ferro de origem animal, conhecido como ferro-heme, é absorvido de forma mais fácil que o ferro não heme. O não heme depende da presença

na dieta da vitamina C para uma melhor absorção. A carência pode causar uma quantidade reduzida de oxigênio para os tecidos, anemia, fadiga. O excesso é tóxico em grandes quantidades, provoca distúrbios gastrintestinais. Pode ser encontrado em carnes, miúdos, gema de ovos, leguminosas e cereais integrais.

- **Zinco:** está relacionado ao crescimento e desenvolvimento do organismo. Participa do desenvolvimento sexual, do sistema imune e tem influência na produção de insulina. A carência afeta o crescimento normal, causa problemas no sistema imunológico e perda do paladar e do olfato. O excesso pode prejudicar a absorção de cobre no organismo. Pode ser encontrado em carnes, frutos do mar, ovos, leguminosas e castanhas.

- **Cobre:** está envolvido no controle de atividades enzimáticas e participa da formação de hemoglobina. Possui ainda ação antioxidante. A carência diminui a absorção do ferro pelo organismo. O excesso pode causar problemas para o fígado. Fontes: feijão, ervilhas, castanhas, uvas, cereais e pão integral, frutos do mar, cereais integrais e vegetais verde-escuros.



### Exemplificando

Agora que você já sabe como as vitaminas e os sais minerais se comportam, pense na afirmação: o ideal é eliminar os enlatados e preferir os alimentos naturais e crus. As vitaminas são elementos frágeis e podem ser facilmente destruídas. Por que as vitaminas podem ser facilmente destruídas?

Resposta: são facilmente destruídas por serem oxidadas rapidamente, sendo afetadas por oxigênio, luz e altas temperaturas.

Com todos os conceitos apresentados até o momento, fica claro que as vitaminas, sais minerais, proteínas, enzimas, entre outros elementos atuam em conjunto no corpo para assegurar que todos os processos sejam executados, mantendo a vida saudável dos organismos.



### Faça você mesmo

Caro aluno, como você já sabe que as vitaminas são micromoléculas orgânicas biologicamente ativas, compostas por treze moléculas diferentes que participam de muitos processos

metabólicos vitais, agem como coenzimas, ajudando as enzimas nos processos metabólicos, mas quando ocorre a deficiência de algumas vitaminas, doenças podem surgir. Agora, analise os sintomas: cegueira noturna, pelagra, mineralização deficiente dos ossos nos adultos, beribéri, alterações na morfologia nuclear celular, e relacione quais são as vitaminas carentes para ocorrer tais deficiências.

Resposta: a cegueira noturna pode estar relacionada à carência de vitamina A, já a pelagra que se caracteriza por uma série de alterações, como dermatose, diarreia, inflamações na língua, disfunção intestinal e cerebral, esta relacionada à falta de vitamina B3, para a mineralização deficiente dos ossos nos adultos se observa a falta de vitamina D, a beribéri se apresenta como fraqueza e inflamação dos nervos e está relacionada com a falta de vitamina B1, as alterações da morfologia nuclear celular estão relacionadas com a falta de ácido fólico.

## Sem medo de errar

A sociedade atual não se preocupa com qualidade alimentar, o que observamos são excesso de comidas industrializadas e "fast foods" (alimentos ricos em gorduras hidrogenadas, açúcar, sódio e calorias, fibras e vitaminas não fazem parte do cardápio). Tornando o organismo uma máquina deficiente, um exemplo é a obesidade, que afeta grande parcela da população mundial e, muitas vezes, está relacionada ao estilo de vida e à alimentação imprópria.

Mas também podemos destacar as doenças causadas pela falta de vitaminas e sais minerais, já que sempre trabalham em conjunto, portanto, a falta de vitamina C afeta a síntese de colágeno, cicatrização, recuperação de queimaduras, resposta imune, reações alérgicas e também a absorção de ferro, e como possível causa teremos um indivíduo com anemia. Mas o excesso vitamínico também pode ser danoso se tratando de algumas vitaminas, como a A, que pode causar dor de cabeça, ressecamento da pele com fissuras, perda de cabelos, aumento do baço e fígado, aumento dos ossos e dor nas juntas.

Já a deficiência em sais minerais é mais difícil de ocorrer, pois

eles não se deterioram durante o armazenamento ou preparo dos alimentos. Assim, dê sempre preferência para alimentos frescos e crus, como a casca das frutas vermelhas, das peras, uvas etc; outro fator importante é presença de água, fundamental para que ocorram os processos metabólicos, por isso, nada funciona sem água, inclusive as vitaminas e minerais, sendo assim é aconselhável tomar de 6 a 8 copos de água por dia.

Mas se a população não consegue obter as vitaminas por meio de alimentação, vem buscando suplementações, que segundo as pesquisas podem ser usadas em determinadas situações, por exemplo, mulheres grávidas, crianças, idosos e pessoas portadoras de doenças. No entanto, nunca use suplementação vitamínica sem orientação médica, pode ser prejudicial a sua saúde.

Para finalizarmos a nossa situação-problema, podemos afirmar que muitas patologias atuais estão relacionadas à carência de vitaminas e minerais, e que essa condição está ocorrendo devido à alimentação e ao estilo de vida inadequados.



### Atenção

A falta de cálcio pode causar deformidades ósseas (osteoporose, raquitismo), (espasmos musculares, paralisia parcial e local) e hipertensão, a absorção do cálcio está relacionada à vitamina D, que está associada aos raios ultravioleta do sol.



### Lembre-se

Cada organismo possui necessidades vitamínicas diferentes. As vitaminas presentes nos alimentos também podem variar de acordo com a estação do ano em que os vegetais foram cultivados e o tipo de solo. Além disso, saiba que a maior parte das vitaminas se altera ao serem expostas ao calor e ao passar pela água no processo de cozimento.

## Avançando na prática

### Pratique mais

#### Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois as compare com a de seus colegas.

Osteomalacia	
1. Competência de fundamentos de área	Conhecer a estrutura e as funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo, bem como as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos. Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.
2. Objetivos de aprendizagem	Identificação das vitaminas e minerais na saúde dos organismos.
3. Conteúdos relacionados	Os conteúdos relacionados são: água, ácido-base, pH, proteínas, enzimas, vitaminas e sais minerais, que formam um conjunto para os processos metabólicos celulares.
4. Descrição da SP	Estudo de caso de um paciente idoso, que vivia sozinho em sua casa. Vamos identificá-lo como paciente sr. X, que já estava com idade avançada, 80 anos, e com a idade e a tristeza da solidão começou a se manter em casa, recebendo a visita apenas de uma senhora que limpava sua casa e efetuava as compras de alimentos, baseadas em pães e frios, pois o sr. X raramente cozinhava uma refeição e achava que as frutas eram muito difíceis de comer devido à sua dentadura. Com o passar do tempo, o sr. X começou a sentir dores nos ossos, mas nunca se importou em procurar ajuda, pois achava que as dores estavam relacionadas à idade. Certo dia, sua ajudante chegou com as compras e o encontrou caído com muitas dores, assim o sr. X foi levado a um hospital, com uma fratura no ilíaco, e exames detectaram que ele estava com osteomalacia, doença que foi relacionada à dieta pobre que o Sr. X vinha adquirindo. Relacione a falta de vitamina e mineral ao problema do sr. X.
5. Resolução da SP	Caro aluno, para resolver a situação proposta, analise as características de cada vitamina e mineral e a atuação conjunta deles.



### Lembre-se

Algumas vitaminas hidrossolúveis são perdidas com o passar do tempo. Portanto, os alimentos frescos e que não passam por cozimento possuem mais vitaminas. O calor pode destruir a vitamina C, e a vitamina B1 é afetada pela luz.



### Faça você mesmo

As características do excesso de vitaminas estão relacionadas ao envenenamento do organismo; identifique a vitamina que em excesso pode causar diarreia, pedras nos rins e alterações no ciclo menstrual.

Resposta: a vitamina C está envolvida na síntese de colágeno, cicatrização, recuperação de queimaduras, resposta imune e reações alérgicas, absorção de ferro; e seu excesso pode causar diarreia, alterações no pedras nos rins, entre outros problemas.

## Faça valer a pena

**1.** As vitaminas são compostos orgânicos, relacione esses elementos com suas funções nos organismos:

**2.** Para ocorrer o perfeito funcionamento do organismo, é necessário um conjunto de elementos. Quais são eles?

**3.** Quando vamos efetuar as compras de alimentos, podemos notar que nas embalagens da maioria dos produtos ocorre a referência a vitaminas e sais minerais, isso está relacionado à suplementação vitamínica, pois tais alimentos tentam proporcionar aos indivíduos a reposição necessária, como, os cereais matinais, nos quais se destaca que uma porção do produto mais leite e uma fruta suprirão suas carências diárias. Assim, com base nos conhecimentos que você tem sobre vitaminas e sais minerais, indique a alternativa correta:

I- A vitamina C está relacionada com o metabolismo de carboidratos e proteínas, e sua falta pode causar fadiga, depressão, náuseas, lesões cutâneas e dores musculares.

II- O zinco está relacionado ao crescimento e desenvolvimento do organismo. Regula o desenvolvimento sexual, a produção de insulina, o sistema imune e ação antioxidante.

III- A vitamina D está relacionada aos raios ultravioleta do sol, permite a absorção e a utilização do cálcio e do fósforo pelos ossos e dentes.

IV- O ferro participa na formação dos ossos, previne a osteoporose e regula a coagulação sanguínea.

a) Estão corretas I e IV.

d) Estão corretas II e III.

b) Estão corretas II e III.

e) Estão corretas III e IV.

c) Estão corretas I e II.

**4.** A vitamina C é formada pelo ácido ....., tem forte ação .....neutralizando os radicais livres. Uma de suas principais funções é atuar aumentando as defesas contra infecções, melhora a consistência de ossos e dentes, e além disso está relacionada à absorção de ferro não heme. A carência da vitamina C pode levar a doenças como o .....

Com relação às suas fontes, está presente em alimentos como.....:

- a) Ascórbico / antioxidante / escorbuto / laranja.
- b) Fólico / antioxidante / escorbuto / fígado bovino.
- c) Pantotênico / metabólica / raquitismo / limão.
- d) Ascórbico / metabólica / beribéri / beterraba.
- e) Fólico / antioxidante / raquitismo / acerola.

**5.** Em uma população carente do interior do Brasil, estudos referentes à saúde dos habitantes apontaram altos índices de cegueira noturna, bócio e cárie dentária, constatando a carência de algumas vitaminas e minerais. Com seus conhecimentos sobre uma vida saudável, identifique a alternativa correta:

- a) Observou-se falta de vitamina D, cálcio e flúor.
- b) Observou-se falta de vitamina A, iodo e flúor.
- c) Observou-se falta de vitamina C, ferro e iodo.
- d) Observou-se falta de vitamina B3, zinco e ferro.
- e) Observou-se falta de vitamina K, iodo e zinco.

**6.** Pessoas com anemia sempre são orientadas a se alimentarem com fígado bovino e vegetais com coloração verde-escuro. Existe a relação de um mineral específico a essa doença, ele atua na formação das hemoglobinas, na oxigenação das células e no equilíbrio metabólico. De qual mineral estamos falando?

- a) Zinco.
- b) Cálcio.
- c) Ferro.
- d) Magnésio.
- e) Potássio.

**7.** As vitaminas são fundamentais para os processos metabólicos dos organismos, principalmente por ajudar a prevenir muitas doenças, no entanto, o excesso de vitaminas pode causar problemas. Com base nessa afirmação, quais sintomas se observam nos organismos com o excesso de vitaminas A, C e K?

- a) Dor de cabeça, ressecamento da pele com fissuras, perda

de cabelos, aumento do baço e fígado, aumento dos ossos e dor nas juntas. / Não há nível de toxicidade conhecido. / Ataxia, neuropatia sensorial.

b) Ataxia, neuropatia sensorial. / Pode ser prejudicial a pessoas com asma. / Não há nível de toxicidade conhecido.

c) Não há nível de toxicidade conhecido. / Grandes doses podem interferir no metabolismo de outras vitaminas do complexo B. / Diarreia, pedras nos rins (em pessoas suscetíveis), alterações no ciclo menstrual.

d) Dor de cabeça, ressecamento da pele com fissuras, perda de cabelos, aumento do baço e fígado, aumento dos ossos e dor nas juntas. / Diarreia, pedras nos rins (em pessoas suscetíveis), alterações no ciclo menstrual. / Não há nível de toxicidade conhecido.

e) Grandes doses podem interferir no metabolismo de outras vitaminas do complexo B. / Diarreia, pedras nos rins (em pessoas suscetíveis), alterações no ciclo menstrual. / Não há nível de toxicidade conhecido. / Dor de cabeça, ressecamento da pele com fissuras, perda de cabelos, aumento do baço e fígado, aumento dos ossos e dor nas juntas.

## Seção 2.4

### Carboidratos e lipídios

#### Diálogo aberto

Olá, tudo bem com vocês? Até agora estudamos a bioquímica dos organismos, e já percebemos a importância vital que elementos como a água, o equilíbrio do pH, os sistemas tampão, os aminoácidos, proteínas, enzimas, vitaminas e sais minerais possuem no desenvolvimento dos processos químicos celulares. Para completar o conjunto de elementos indispensáveis para manter e perpetuar a vida, vamos apresentar nesta seção os carboidratos e lipídios. Mas você sabe qual a semelhança entre carboidratos, lipídios e proteínas? Todos são macronutrientes, aqueles que o organismo precisa em quantidades maiores. O que difere cada um deles são propriedades únicas, a disposição de suas ligações químicas e a proporção entre seus átomos. Sendo assim, suas funções são diversas, como a produção e reserva de energia até a formação de muitas moléculas do organismo. Lembre-se de que todos os elementos citados até agora formam um conjunto dependente, como exemplo podemos descrever a digestão dos carboidratos que se inicia na boca com atuação das enzimas amilase salivar, e são absorvidos no intestino, caindo na circulação sanguínea. Diante de altos índices de glicose (forma mais abundante de carboidrato), é iniciada a liberação de insulina, a qual vai mediar o processo de absorção de algumas moléculas, dentre elas os lipídios, que chegam ao duodeno praticamente inalterados, em que se libera a colecistocinina, que é um neuropeptídeo formado por aminoácidos, secretado no trato gastrointestinal, que induz à contração vesicular, resultando na excreção da bile e promovendo a liberação do suco pancreático, rico em lipase, enzima que irá fracionar a gordura em partículas menores. Perceba que os macronutrientes e micronutrientes trabalham em conjunto para um resultado equilibrado, tornando o organismo saudável.

Como vimos nas seções anteriores, fatores que alteram a harmonia dos macronutrientes e micronutrientes podem causar patologias complexas e até a morte dos organismos.

Caro aluno, para sua análise da importância desses macronutrientes, vamos estudar o caso da Marta, a amiga do João. A mãe da Marta, aos 35 anos de idade, foi diagnosticada com uma doença chamada esclerose múltipla, patologia crônica do sistema nervoso central que afeta o cérebro e a medula espinhal e interfere na capacidade de controlar funções, como caminhar, enxergar, falar, urinar, entre outras.

No entanto, pense na relação dos macronutrientes com essa doença, e como a alteração deles pode causar tais sintomas.



**Refleta**

A esclerose múltipla não é uma doença mental, nem contagiosa e não tem cura.



**Lembre-se**

As membranas celulares são constituídas por uma bicamada lipídica.

## Não pode faltar

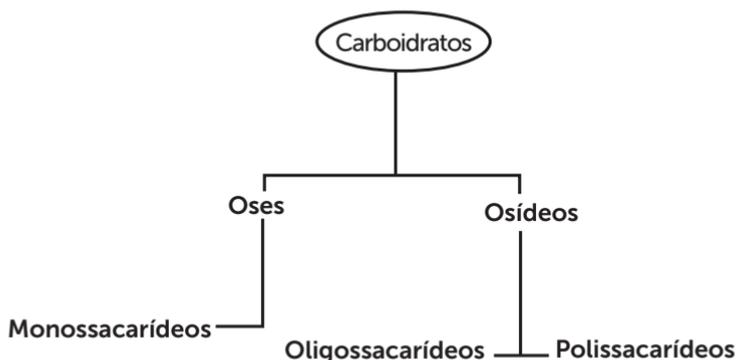
### 2.4.1 Metabolismo dos Carboidratos

Caro aluno, os carboidratos são as biomoléculas mais abundantes da natureza, compostas por uma molécula de carbono, duas moléculas de hidrogênio para uma molécula de oxigênio, sendo representados por:  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ , carbonato hidratado, daí o nome carboidratos. Como exemplo, podemos citar a glicose, frutose, sacarose, lactose, maltose, amido, celulose e glicogênio.

Como funções principais, temos o fornecimento de energia para os organismos e também estão presentes na formação de membranas celulares e nas paredes celulares de bactérias, exoesqueletos de muitos insetos e formam a celulose fibrosa das plantas.

Existem três tipos principais de carboidratos: monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos. Outra forma de denominar os carboidratos é o termo açúcares, mais comum entre os monossacarídeos e oligossacarídeos.

Figura 2.5 | Classificação dos Carboidratos



Fonte: A autora (2015).

Os monossacarídeos são carboidratos simples que podem conter de três a nove átomos de carbono. De acordo com o número de átomos de carbono, é definido o nome dos monossacarídeos, sendo: três átomos = trioses; com quatro = tetroses; cinco = pentoses; seis = hexoses; sete = heptoses; oito = octoses e nove = nonoses. O sufixo "ose" aparece na nomenclatura dos monossacarídeos que apresentam o grupamento carbonila ( $-C=O$ ). Quando esse grupamento está na extremidade da cadeia, forma o grupo funcional aldeído e o açúcar passa a ser aldose, porém, se o grupamento carbonila estiver no meio da cadeia, caracteriza uma cetona, o açúcar passa a ser denominado cetose. Como exemplos de monossacarídeos, temos a ribose e a desoxirribose, que contêm cinco átomos e estão presentes no DNA e RNA.

Um carboidrato monossacarídeo, com papel fundamental nos organismos e nos mamíferos e que está presente em todos os tecidos como principal fonte de energia, é a glicose, pois depois de ser absorvida pelas células pode ser transformada em energia na forma de ATP (Trifosfato de adenosina), utilizada na maioria das reações metabólicas. A glicose também é a base para formação de todos os demais carboidratos, os dissacarídeos e polissacarídeos.

Mas onde podemos encontrar a glicose? Ela está presente nos frutos doces e no sangue, onde tem um papel fundamental por ser a fonte exclusiva de energia das hemácias, pois essas não contêm núcleo, muito menos mitocôndrias em seu citoplasma.

Os monossacarídeos podem se unir por ligações glicosídicas e formar carboidratos maiores. Os oligossacarídeos são açúcares formados pela união de dois a seis monossacarídeos, sendo os dissacarídeos os mais importantes. Os dissacarídeos são compostos por dois monossacarídeos, como exemplo temos a maltose (glicose + glicose), a lactose (glicose + galactose) e a sacarose (glicose + frutose). Por sua vez, os polissacarídeos são moléculas muito grandes, são formados por centenas de unidades de glicose reunidas (monossacarídeos) e podem ser insolúveis em água, mas na presença de algumas enzimas e substâncias ácidas podem ser hidrolisadas em dissacarídeos e, em seguida, monossacarídeos. Como função primordial, podemos destacar o armazenamento de energia. E como exemplos temos o amido e o glicogênio.

Como exemplo de polissacarídeos de origem vegetal, temos o amido, presente em alimentos como batatas, milho, sementes etc. O organismo humano não absorve de forma direta o amido, o qual passa por hidrólise no intestino delgado e assim pode ser absorvido pelas células intestinais e levado para corrente sanguínea. Um polissacarídeo de origem animal é o glicogênio, sintetizado a partir da polimerização da glicose, processo denominado glicogênese, que é armazenado no fígado e e consiste na reserva de energia dos seres humanos.

Outro polissacarídeo que merece destaque é a celulose, uma molécula orgânica em abundância no planeta. Nenhum animal produz enzimas capazes de digerir a celulose, somente algumas espécies de fungos, bactérias e protozoários produzem celulase, a enzima que degrada a celulose. Animais que se alimentam de celulose vivem em simbiose com esses microrganismos como exemplo os bois e animais ruminantes, os quais abrigam bactérias que degradam a celulose no trato gastrointestinal.



### Assimile

As glicoproteínas com função enzimática e estrutural e as proteoglicanas com função estrutural são formadas a partir da união de polissacarídeos e proteínas.

E quanto à digestão dos carboidratos? Para ocorrer a digestão dos carboidratos, é necessária a ação de enzimas, isso acontece logo nos momentos iniciais que o alimento entra em contato com a saliva, a enzima amilase salivar quebra as primeiras ligações entre as moléculas

de glicose do amido, mas como o alimento permanece pouco na boca, a ação da enzima continua até o estômago, onde é interrompida devido ao pH ácido, o alimento segue para o intestino delgado, e assim recomeça a ação enzimática, sendo a amilase pancreática, que completa a digestão formando os monossacarídeos glicose, frutose e galactose, que são absorvidos pelos enterócitos (células que ficam no tecido epitelial do intestino delgado, as quais têm a propriedade de quebrar moléculas e transportá-las para os tecidos). Após a absorção, o fígado libera uma parte da glicose para a corrente sanguínea e o restante será armazenado na forma de glicogênio.

Além de todas as ações dos carboidratos, ainda podemos destacar o poder de ativação do metabolismo dos lipídios por fornecerem oxaloacetato, que é essencial para o início do ciclo de Krebs.



### Pesquise mais

Para compreender melhor o ciclo de Krebs, estude o capítulo 10 do livro: MARZZOCO, Anita; TORRES, Bayardo Baptista. **Bioquímica básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

## 2.4.2 Lipídios

Os lipídios são biomoléculas formadas por carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), representados pelos óleos, gorduras e ceras, que se destacam por serem insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos, como éter, clorofórmio e benzeno. Devido às características hidrofóbicas, os lipídios são fundamentais na constituição das membranas celulares, formando a dupla camada lipídica, o que proporciona o isolamento do meio intracelular do meio extracelular. Os lipídios são a segunda maior reserva de energia do organismo, e podem ser adquiridos a partir de duas fontes: dos alimentos ingeridos e da reserva orgânica (tecido adiposo). Ainda exercem as funções de cofatores enzimáticos, pigmentos capazes de absorver radiação, agentes emulsificantes, isolante térmico nos mamíferos, formação de hormônios, entre outras.

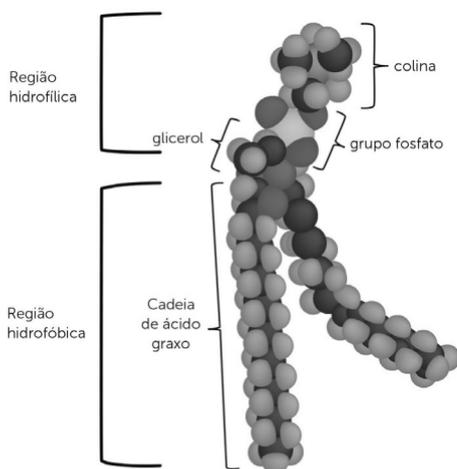
No que se refere à classificação dos lipídios, são representados por três formas:

- 1- Simples: representada pelo triacilgliceróis.
- 2- Composta: representada pelos fosfolipídios, glicolipídios e lipoproteínas.
- 3- Derivados: ácidos graxos, esteroides e hidrocarbonetos.

Você já observou a lavagem de pratos engordurados, percebeu como a gordura derrete em contato com os detergentes? O que ocorre nesse caso são as micelas sendo desfeitas, mas o que são micelas? São estruturas supramoleculares formadas pela junção de ácidos graxos que possuem como característica uma cabeça hidrofílica e uma cadeia hidrofóbica (polares e apolares simultaneamente), essa cadeia é formada de átomos de carbono e de hidrogênio. Importantes para os organismos dos animais, pois quando absorvemos os lipídios e eles passam pela digestão, sendo "quebrados" em moléculas menores para serem melhor absorvidos, depois da absorção essas moléculas entram na corrente sanguínea em forma de micelas para atuarem na síntese de hormônios, proteção da termorregulação etc.

Os ácidos graxos podem ter dois tipos de cadeia saturada em que são formadas ligações simples e insaturadas com ligações duplas.

Figura 2.6 | Fosfolipídio



Fonte: <[https://pt.wikibooks.org/wiki/Introdu%C3%A7%C3%A3o\\_%C3%A0\\_Biologia/C%C3%A9lula/Estrutura\\_e\\_organiza%C3%A7%C3%A3o\\_da\\_%C3%A9lula/Membrana\\_plasm%C3%A1tica#/media/File:Fosfatidilcolina.jpg](https://pt.wikibooks.org/wiki/Introdu%C3%A7%C3%A3o_%C3%A0_Biologia/C%C3%A9lula/Estrutura_e_organiza%C3%A7%C3%A3o_da_%C3%A9lula/Membrana_plasm%C3%A1tica#/media/File:Fosfatidilcolina.jpg)>. Acesso em: 29 maio 2015.

Os lipídios simples são os mais abundantes do organismo, representados pela molécula TAG (triacilgliceróis), formada por três ácidos graxos e um glicerol. Os lipídios compostos são formados pela ligação de um lipídio simples com uma substância química, como, fósforo, glicídios, nitrogênio e enxofre, dando origem a fosfolipídios, glicolipídios e lipoproteínas.

Entre os lipídios compostos destacamos as funções dos fosfolipídios que atuam na formação e preservação da estrutura da membrana celular, e estão presentes na coagulação do sangue e na estrutura da bainha de mielina dos neurônios.



### Refleta

A bainha de mielina é formada por 70% lipídios e 30% proteínas, sendo constituída por células da glia chamadas oligodendrócitos no sistema nervoso central e por células de schumann no sistema nervoso periférico, atua como um isolamento elétrico e aumenta a velocidade do impulso nervoso ao longo da célula nervosa.

As lipoproteínas são facilitadoras para o meio de transporte de lipídios no sangue, de acordo com as suas características físico-químicas são divididas em: quilomícrons, VLDL (lipoproteína de muito baixa densidade), LDL (lipoproteína de baixa densidade) e HDL (lipoproteína de alta densidade).

Os lipídios derivados compreendem os simples e compostos, e como exemplo vamos falar do colesterol, que é a base de todos os hormônios esteroides sintetizados pelo organismo em órgãos como gônadas, tecido adiposo, córtex das adrenais e placentas, são eles: cortisol, aldosterona, estradiol e testosterona.

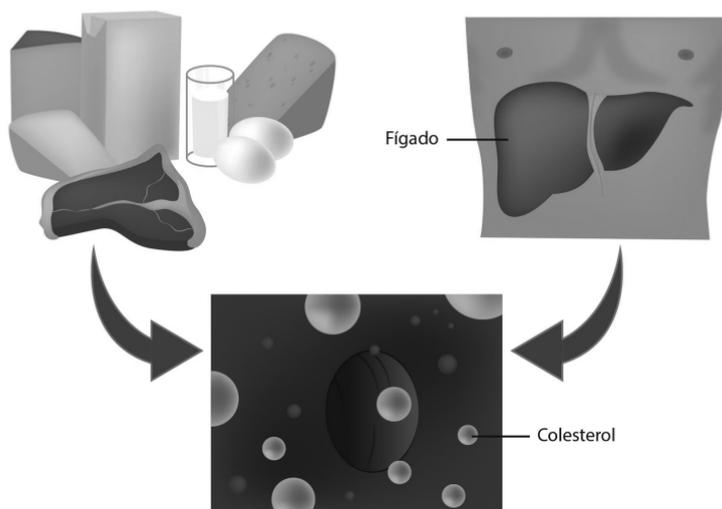


### Exemplificando

As frutas como as maçãs possuem um açúcar, monossacarídeo ( $C_6H_{12}O_6$ ), com os carbonos dispostos em anel. Identifique esse açúcar e relate como ocorre sua absorção.

Resposta: o monossacarídeo encontrado nas frutas é a frutose, que tem a mesma fórmula química da glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ), mas a organização dos átomos é um pouco diferente. O fígado converte a frutose em glicose, que pode ser absorvida pela corrente sanguínea através da parte interna do intestino.

Figura 2.7 | Colesterol (carne, outras fontes animais e fígado)



Fonte: <<http://www.acesseSaude.com.br/wp-content/uploads/colesterol.jpg>>. Acesso em: 29 maio 2015.

O excesso de colesterol no sangue é prejudicial e aumenta o risco de desenvolver doenças cardiovasculares, existem dois tipos de colesterol: LDL colesterol é chamado de "ruim" e pode se depositar nas artérias e provocar o seu entupimento, e o HDL colesterol, chamado de "bom", que impede que o excesso de colesterol se deposite nas artérias.

A digestão dos lipídios se diferencia dos carboidratos por ter pouca atividade na boca e muita no intestino delgado, com o envolvimento de três enzimas: lipase lingual, lipase gástrica e lipase pancreática. Para ocorrer a digestão, os triacilgliceróis passam por duas etapas, a primeira é a emulsificação e a segunda é a digestão propriamente dita. Após a degradação em glicerol e ácidos graxos, é possível a absorção pelas células do intestino, após a absorção são transportadas para fora do intestino pela lipoproteína quilomícron, para o tecido adiposo, tecidos periféricos e músculos.



## Faça você mesmo

O carboidrato encontrado no milho verde recém-colhido tem um sabor adocicado. Já o milho verde comprado na feira, um ou dois dias depois de colhido, não é mais tão doce. Explique por que ocorre a alteração de sabor.

Resposta: o milho comum tem em torno de 3% de açúcar e entre 60% e 70% de amido, após a colheita cerca de 50% dos carboidratos responsáveis pelo sabor adocicado são convertidos em amido nas primeiras 24 horas.

## Sem medo de errar

Caro aluno, depois dos conceitos abordados, pense na situação-problema citada no diálogo aberto, em que a mãe de Marta sofre com os sintomas da esclerose múltipla, já não consegue mais andar com desenvoltura, não fala com clareza, entre outros sintomas degradantes. Para chegar a uma análise coerente, correlacione os lipídios com as membranas celulares.



## Atenção

Os lipídios que compõem as membranas celulares pertencem predominantemente ao grupo dos fosfolipídios, formados pela união de três grupos de moléculas menores, sendo um álcool representado pelo glicerol, duas moléculas de ácidos graxos e um grupo fosfato.

Amãe de Marta sofre de uma doença autoimune que afeta o cérebro e a medula espinhal (sistema nervoso central). Especificamente, a bainha de mielina, composta por 70% de lipídios e 30% proteínas, que forma uma camada protetora em torno dos axônios dos neurônios, tem como principal função acelerar a velocidade da condução do impulso nervoso, portanto, ao ser lesada ou destruída, ocorre a interferência na comunicação entre o cérebro a medula espinhal e demais áreas do corpo.

A causa desta doença ainda não é conhecida, ocorrem especulações de alguns fatores, como predisposição genética, o ambiente em que a pessoa vive e até mesmo um vírus pode desempenhar um papel no desenvolvimento da doença.

Como se trata de uma doença que não tem cura, o tratamento se baseia em amenizar os sintomas, e reduzir o progresso da doença, os métodos usados são medicamentos antivirais.

Você notou que a perda de um macronutriente em uma estrutura corporal causa uma doença com sintomas graves e incuráveis? Portanto, as reações orgânicas e químicas dos organismos precisam estar em sintonia completa, para prevalecer a vida saudável.



### Lembre-se

A nutrição é o processo que ocorre desde a ingestão dos alimentos até à sua absorção pelo nosso organismo. Os seres humanos são seres heterotróficos e onívoros, possuem uma alimentação muito variada. Portanto, é muito importante ter uma dieta balanceada, constituída por proteínas, vitaminas, sais minerais, água, carboidratos e lipídeos, que são as fontes de energia e matéria-prima para o funcionamento das células.

## Avançando na prática

Pratique mais	
<b>Instrução</b> Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois as compare com as de seus colegas.	
Acúmulo de Gordura	
<b>1. Competência de fundamentos de área</b>	Conhecer a estrutura e as funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo, bem como as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos. Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.
<b>2. Objetivos de aprendizagem</b>	Compreender o papel dos carboidratos e lipídios nos organismos.
<b>3. Conteúdos relacionados</b>	Os conteúdos relacionados são: água, ácido-base, pH, proteínas, enzimas, vitaminas e sais minerais que formam um conjunto para os processos metabólicos celulares.
<b>4. Descrição da SP</b>	Os dois macronutrientes, carboidratos e gorduras, são compostos basicamente de carbono, hidrogênio e oxigênio. Após a "quebra" dos alimentos, restam moléculas que podem ser usadas na ressíntese de vários tecidos, dependendo da demanda metabólica e da oferta nutricional. Os ácidos graxos saturados e insaturados são formados rapidamente e em grande quantidade a partir de um composto de acetil coenzima A. Assim, qualquer substância capaz de produzir acetil-CoA é uma fonte de átomos de carbono para síntese de ácidos graxos. A glicose da dieta é uma fonte de acetil-CoA, portanto, uma dieta equilibrada supre as necessidades fisiológicas de gorduras. Muitas pessoas que apresentam obesidade afirmam não ingerir gorduras e mesmo assim essas pessoas continuam engordando. Qual é a relação dessa situação com os carboidratos e lipídios?
<b>5. Resolução da SP</b>	Para resolver a questão, você deve analisar as transformações que ocorrem nos processos metabólicos, envolvendo os carboidratos e lipídios.



## Lembre-se

Uma das principais funções da alimentação é fornecer energia para o funcionamento das células. Essa energia está contida na ligação química dos compostos alimentares proteínas, carboidratos e lipídeos.



## Faça você mesmo

Caro aluno, para desenvolver qualquer movimento corporal, é necessário o gasto de energia, mas imagine correr uma maratona com mais de 5 km, como seu corpo iria obter energia para esse desafio?

Resposta: as fibras musculares estriadas armazenam o glicogênio, carboidrato do qual se obtém energia para a contração.

## Faça valer a pena

**1.** Os carboidratos são classificados em monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos, no entanto, como reserva de energia nosso corpo utiliza dois polissacarídeos, um de origem animal e outra de origem vegetal. Qual das alternativas a seguir representa esses dois polissacarídeos?

- a) Sacarose e frutose.
- b) Amido e frutose.
- c) Glicogênio e amido.
- d) Sacarose e glicogênio.
- e) Lactose e amido.

**2.** As indústrias produtoras de papel usam como matéria-prima um dos polissacarídeos mais abundantes da natureza. Qual das alternativas a seguir representa esse polissacarídeo?

- a) Amido.
- b) Celulose.
- c) Frutose.
- d) Galactose.
- e) Maltose.

**3.** Os diversos compostos químicos presentes na natureza são usados por animais e plantas para estruturar muitos de seus compostos e processos. Os carboidratos e lipídios fazem parte da formação de:

- a) O esqueleto externo dos insetos é composto de um polissacarídeo, e os favos das colmeias são constituídos por lipídios.

b) As paredes das células vegetais são formadas por polipeptídios.

c) As ceras das paredes celular do agente etiológico M. Tuberculose é formada por fosfolipídios.

d) As escamas são preenchidas de polissacarídeos que as deixam rígidas e impermeável.

e) As ceras na pele e penas dos animais são formadas por glicolipídios.

**4.** Os ..... são carboidratos simples, solúveis em água, e que não podem ser quebrados pela digestão em moléculas menores. Os mais conhecidos são a ..... fabricada pelos vegetais na fotossíntese, a ..... encontrada no mel e a ..... componente do dissacarídeo lactose encontrado no leite.

a) Polissacarídeos, frutose, galactose e glicose.

b) Oligossacarídeos, glicose, galactose e frutose.

c) Monossacarídeos, frutose, galactose e maltose.

d) Dissacarídeos, glicose, maltose e frutose.

e) Monossacarídeos, glicose, frutose e galactose.

**5.** O colesterol é um esteroide composto de um álcool de cadeia longa, está presente nos organismos dos animais sendo um componente essencial das membranas celulares, e não está presente nas plantas. Com relação ao colesterol, é correto afirmar:

I- O colesterol é insolúvel em água e, conseqüentemente, insolúvel no sangue. Para ser transportado através da corrente sanguínea, ele liga-se a diversos tipos de lipoproteínas.

II- O colesterol é excretado pelo pâncreas na bile e é reabsorvido nos intestinos.

III- O colesterol também é a base de todos os hormônios esteroides sintetizados pelo organismo.

a) I e III.

d) I, II e III.

b) II e III.

e) Todas estão incorretas.

c) I e II.

**6.** Explique de forma resumida como ocorre a digestão dos carboidratos:

**7.** Defina lipídios e suas características fundamentais:

# Referências

DE ROBERTIS, E. M. F.; HIB, J. **Bases da biologia celular e molecular**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

ENGELKIRK, Paul G.; DUBEN-ENGELKIRK, Janet. **Microbiologia para as ciências da saúde**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, José. **Biologia celular e molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: GuanabaraKoogan, 2012.

MARZZOCO, Anita; TORRES, Bayardo Baptista. **Bioquímica básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

# Estrutura celular: membrana plasmática e citoplasma

## Diálogo aberto

Olá! Caro aluno, seja bem-vindo! Nesta unidade iremos abordar a estrutura celular, enfocando as organelas e suas funções. Você se lembra que, na Unidade 1, falamos das células eucariontes e procariontes e já iniciamos as discussões sobre as organelas; nas seções seguintes, completamos o assunto do funcionamento celular, explicando a importância da água, pH celular, dos micronutrientes e macronutrientes.

Para ampliar a sua compreensão do processo celular, iniciaremos essa unidade falando da membrana plasmática. Como já vimos, tanto a célula como a matriz extracelular exercem função primordial para o funcionamento do organismo, as células secretam substâncias na matriz extracelular que influenciarão as células vizinhas, como exemplo lembre-se da concentração de sais minerais, como o sódio e o potássio, que atuam em importantes ações celulares. No entanto, a diferença de concentração intracelular e extracelular de substâncias e íons é feita através da membrana plasmática por transporte passivo (sem gastos de energia, sendo o caso da difusão e da osmose) ou por transporte ativo (com gasto de energia, caso da bomba de sódio e potássio).

Mas por que existe a diferença de concentração? Para explicar, podemos usar como exemplo o sódio, que tem concentração mais elevada no meio extracelular, ao contrário do potássio, isso ocorre devido ao equilíbrio celular, como o sódio tem afinidade por absorver umidade, poderia causar a ruptura celular, e outro ponto importante em manter a diferença de concentração é para proporcionar um potencial elétrico negativo, necessário para gerar uma despolarização da membrana quando ocorrer entrada ou saída de substâncias. Agora, pense: como a membrana celular

regula todas essas ações? E as trocas de informações entre as células pelos sinais químicos e elétricos, você imagina qual a dimensão desta função? Saiba que através dos sinais químicos e elétricos ocorre a organização das células e a formação dos diversos tecidos. No decorrer da unidade iremos desvendar todas as questões que envolvem as funções das organelas e dos sinais químicos.

### **Competência de fundamentos da área:**

Conhecer a estrutura e as funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo, bem como as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos. Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.

### **Objetivos:**

- Compreender as estruturas e funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo.
- Compreender as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos.
- Identificar a estrutura e organização da membrana plasmática, seus mecanismos de transporte e suas especializações.
- Classificar, identificar e caracterizar as sinalizações celulares.
- Caracterizar a constituição e funções do citosol, bem como identificar os mecanismos reguladores do meio interno.
- Caracterizar as organelas citoplasmáticas e suas especificidades funcionais nos sistemas orgânicos.

Com a modernidade e o progresso vem o aumento populacional, e com isso a exigência de produzir sempre mais. A poluição nas regiões rurais e urbanas tem aumentado devido à crescente atividade agrícola, industrial e ao aumento do número de veículos motorizados em circulação, isso nos deixou em uma situação de mundo poluído e superaquecido, portanto, estamos expostos a produtos muitas vezes tóxicos ao nosso organismo. Esses fatores podem afetar a estrutura das organelas celulares e defeitos na permeabilidade das membranas podem causar impactos na função mitocondrial, perda de fosfolípidios das membranas, anormalidades no citoesqueleto, subprodutos da fragmentação dos lípidios, entre outros

# Seção 3.1

## Membrana plasmática

### Diálogo aberto

Prezado aluno, nas seções anteriores, vimos as semelhanças e diferenças de células procariontes e eucariontes, destacamos as organelas que compõem cada grupo, estudamos como ocorre o funcionamento das reações químicas intracelular e extracelular, entendemos como as células conseguem energia e com isso a importância dos aminoácidos, proteínas, enzimas, carboidratos, lipídios, vitaminas e sais minerais. Percebemos que todos os elementos são fundamentais para o funcionamento celular, atuam em conjunto e muitos em sistema de dependência.

Agora, vamos evidenciar a membrana plasmática e destacaremos sua importância para o conjunto de reações e atividades celulares. A constituição das membranas por uma bicamada lipídica é fundamental para o funcionamento celular, pois graças a ela o líquido intracelular fica dentro do citosol. E no citoplasma existem organelas que também são isoladas por membranas que possuem um gradiente iônico que sintetiza ATP, direcionam o fluxo de soluto, ainda produzem e transmitem sinais elétricos e, por fim, são capazes de gerar sinais químicos dentro das células.

A estrutura da membrana plasmática é comum, mesmo atuando em diferentes células e funções, sendo constituídas por moléculas de lipídios, de proteínas e carboidratos (glicoproteínas e glicolipídios).

As substâncias podem atravessar as membranas celulares usando alguns processos, divididos em transporte passivo, que comporta osmose, difusão simples e facilitada, e o transporte ativo com a bomba de sódio e potássio.

Para você compreender melhor a relação de dependência dos sistemas de membranas celulares pelo organismo, analise a seguinte situação: A família Moraes, cansada da correria de uma cidade grande, resolveu se mudar para uma cidade do interior, no entanto, não percebeu que a propriedade que comprou havia sido contaminada por

organoclorados de uma fábrica de pesticidas a alguns anos. No início, a família nada sentiu, no entanto, com o passar do tempo, Carlito, filho mais novo, começou a apresentar sintomas, como tontura, vertigens, cefaleia, alterações comportamentais, irritabilidade, desorientação, tremores e distúrbios da marcha. Mediante essa situação, analise as consequências desta intoxicação para os organismos, relatando a ação do agente poluente na membrana celular.



### Lembre-se

As células procariontes e eucariontes possuem membrana plasmática, que mantém constante o meio intracelular.



### Refleta

As proteínas da membrana estão envolvidas em muitos processos, como nos mecanismos de transporte, receptores de membrana, onde recebem sinais de substâncias que levam alguma mensagem para a célula, favorecem a adesão de células vizinhas em um tecido e como ponto de fixação para o citoesqueleto.

No decorrer da seção, iremos verificar como os pesticidas atuam nas estruturas das membranas e geram danos ao organismo afetado.

## Não pode faltar

### 3.1.1 Membrana Plasmática e suas características

#### 3.1.1.1 Composição e funções

As membranas plasmáticas ou celulares não podem ser visualizadas em microscópio óptico, no entanto, os primeiros pesquisadores deduziram sua existência com base em experiências e técnicas de coloração e contrastes. Com a microscopia eletrônica, na década de 1950, foi possível identificar com clareza suas características e se concluiu que a composição das membranas é semelhante em todos os tipos de células e organelas, sendo muito delgada, formada por lipídios, carboidratos, proteínas e hidratos de carbono que se ligam aos lipídios e proteínas. Mas você imagina como são dispostos esses elementos? Se apresentam em duas camadas de moléculas lipídicas, com as cadeias apolares no interior da membrana, e nas exterminadas estão as moléculas polares, já as proteínas ficam inseridas na camada de lipídios

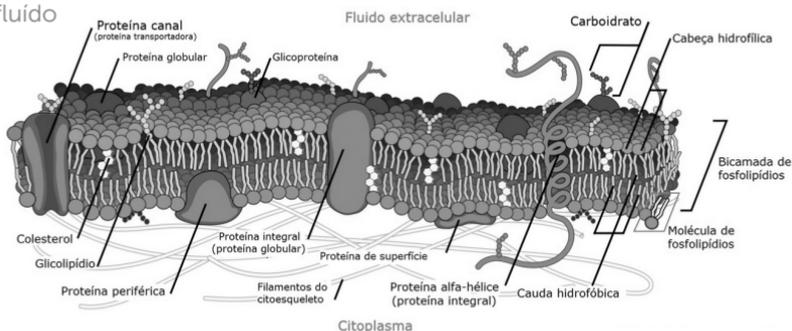
com a parte apolar no centro e polar nas superfícies, algumas destas proteínas se apresentam como transmembranas por atravessar toda a camada da membrana.

Você se lembra o que significam as expressões moléculas hidrofóbicas e hidrofílicas? As substâncias hidrofóbicas possuem aversão à água, sendo insolúveis nela. Assim, essas moléculas hidrofóbicas normalmente não são polarizadas, portanto, não há atração entre elas e as moléculas de água. Já as substâncias hidrofílicas possuem afinidade com a molécula de água e são solúveis nela. Isso ocorre porque as moléculas hidrofílicas são polarizadas. Assim, a membrana se torna relativamente impermeável à água e algumas moléculas hidrossolúveis.

As membranas celulares também possuem composição química semelhante, isto é, principalmente fosfolípidios, o que representa uma combinação entre lipídios e fosfatos, e proteínas. Sendo que os lipídios mais frequentes são os fosfoglicerídeos, esfingolipídios, colesterol, glicolipídios e glicosfingolipídios. Já as proteínas se apresentam em dois grupos: intrínsecas e extrínsecas. E os carboidratos, estão presentes nas membranas? A parte externa da membrana é recoberta por resíduos de carboidratos ligados em proteínas, chamados de glicoproteínas, e lipídios chamados de glicolipídios, formando o glicocálix.

Para representar as estruturas da membrana plasmática, foi aceito o modelo mosaico fluido, idealizado por Singer e Nicholson, que descreve como os fosfolípidios e as proteínas estão combinados, formando a bicamada. O nome do modelo se dá devido à capacidade das proteínas de se moverem na camada homogênea de fosfolípidios.

Figura 3.1 - Representação da membrana plasmática – modelo mosaico fluido



Fonte: <<http://wikipiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/Ficheiro:mosaicofluido.png>>. Acesso em: 6 jun. 2015.



## Assimile

As células eucariontes possuem um complexo sistema de membranas que dividem a célula em compartimentos, organelas como mitocôndrias, lisossomos, aparelho de Golgi, entre outras que possuem membranas próprias.

As membranas celulares estão envolvidas em processos vitais para sobrevivência celular, atuam como camada protetora, separando o meio interno do externo, agem seletivamente quanto à entrada e saída de substâncias, e suas proteínas estão envolvidas em muitas funções, entre elas o transporte, a formação de túneis que permitem a passagem de substâncias; atuam ainda como receptores que recebem sinais, proporcionando a comunicação entre as células e favorecem a adesão entre as células vizinhas, o que é fundamental para a criação dos tecidos.

Algumas membranas podem apresentar especializações, em sua maioria no tecido epitelial, que auxiliam em suas funções, como absorção, locomoção, aderência entre as células etc. Como exemplos de especializações podemos citar:

- Microvilosidades: encontradas em células do intestino e rins, no geral em células que possuem função de absorção.
- Cílios e Flagelos: cílios se encontram em células das vias respiratórias, em grande quantidade, e são menores que os flagelos. Os cílios batem e expulsam impurezas. Flagelos têm função de **transporte**, sendo o mais importante o espermatozoide.
- Desmossomos: têm função de adesão, une uma célula à outra.
- Junção Comunicante: serve para permitir a troca de substâncias entre uma célula e outra, principalmente de aminoácidos e água.



## Pesquise mais

No livro *Biologia Molecular e Celular*, dos autores Junqueira e Carneiro, no capítulo 5, você encontrará maiores detalhes sobre a constituição das membranas celulares.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Biologia celular e molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

Podemos destacar também as funções do glicocálix, que em células animais protege a membrana e ainda efetua o reconhecimento celular, sendo, por exemplo, de grande importância em transplantes. Assim, quanto mais parecido o glicocálix de uma pessoa for com o de outra, maiores são as chances de compatibilidade da doação.

Você percebeu que as proteínas das membranas são vitais para as funções, estão envolvidas na maioria dos processos, e ainda são responsáveis pela formação das enzimas que atuam nas membranas catalisando algumas reações.

### 3.1.1.2 Transportes e Permeabilidade

A estabilidade do meio interno da célula depende totalmente da membrana celular, no entanto, algumas substâncias atravessam essa barreira com facilidade, mas algumas moléculas possuem dificuldade ou são impedidas de completar a passagem, assim denominamos as membranas como tendo permeabilidade seletiva.



#### Refleta

As moléculas lipídicas constituem 50% da massa da maioria das membranas de células animais, o restante é formado por proteínas e carboidratos. Lembre-se de que as moléculas lipídicas são anfipáticas, pois possuem uma extremidade hidrofílica ou polar, isto é, solúvel em meio aquoso, e uma extremidade hidrofóbica ou não polar, insolúvel em água.

Uma questão que deve ser destacada é a capacidade de algumas moléculas de atravessarem a membrana, essas moléculas passam de um lado para outro sem resistência da membrana, esse processo também pode acontecer com alguns gases, como o oxigênio e gás carbônico. Para essa rotina damos o nome de difusão, na qual as moléculas sempre se deslocam da região com maior concentração de soluto para de menor concentração, buscando o equilíbrio de concentração.

Você imagina como as rotinas de transportes são realizadas neste ambiente aquoso? São efetuados por transporte ativo, com gasto de energia, e passivo, sem gasto de energia.

Assim, para melhor compreensão, vamos estudar separadamente cada processo de transporte.

### Transporte passivo ou difusão divide-se em três tipos: difusão

**simples, difusão facilitada e osmose.** São caracterizados pelo mecanismo de passagem natural de pequenas moléculas através da membrana plasmática, sem gasto de energia, portanto, a energia geradora da difusão é do movimento cinético normal da matéria. Pode ocorrer tanto no interior das células quanto entre as células e o meio. Um exemplo deste transporte no interior das células são as mitocôndrias que produzem gás carbônico, e isso faz que a concentração deste gás seja sempre mais alta no interior da mitocôndria, assim o  $\text{CO}_2$  se espalha pelo restante da célula.

Para explicar a difusão simples (incluindo a osmose), você precisa entender o significado dos conceitos: isotônico se refere à concentração igual de soluto na célula tanto no meio interno como no externo; hipertônico, onde a solução está mais concentrada em soluto que o meio; e hipotônico, no qual a solução está menos concentrada em soluto que o meio.

Assim, para ocorrer a difusão simples, as moléculas precisam ter um caráter hidrofóbico, apenas lipídios, hormônios esteroidais e pequenas moléculas conseguem atravessar a membrana livremente.

**Já na osmose** ocorre a passagem do solvente de uma região pouco concentrada em soluto para uma mais concentrada, esse movimento efetivo de água através da membrana celular pode deixar a célula murcha ou inchada, dependendo da direção desse movimento efetivo, no entanto, o objetivo é igualar as concentrações, isso ocorre sem gasto de energia. Você se lembra da aparência das saladas quando temperadas com sal? Depois de um tempo ocorre o acúmulo de uma solução aquosa no recipiente, que é a água que as células perderam para o meio, que estava hipertônico em relação à célula; outro exemplo é quando se coloca carne seca na água, grande parte do sal contido nela irá se difundir na água e diminuir a concentração de sal na carne.

Apesar de ocorrer o transporte de substâncias em favor do gradiente de concentração, muitas moléculas que a célula precisa não conseguem atravessar tão facilmente, como a glicose, alguns aminoácidos e certas vitaminas, assim, para que aconteça a passagem destas substâncias, ocorre a interferência de proteínas da membrana, chamadas de permeases, esse transporte é denominado difusão facilitada.

Perceba que a difusão é um transporte passivo, onde as moléculas

entram ou saem da célula sem atuação celular, o que ocorre são as ações dos gradientes de concentração, assim definimos a difusão como transporte físico.

Já o transporte ativo pode ser dividido em duas formas, de acordo com a energia usada: transporte ativo primário e secundário. No primeiro caso, a energia é derivada diretamente da degradação do trifosfato de adenosina (ATP) ou de qualquer outro composto de fosfato rico em energia. Já no segundo caso, a energia é derivada, secundariamente, de gradientes iônicos que foram criados, primariamente, por transporte ativo primário.

E como o transporte ativo se comporta? Ao contrário do transporte passivo, as moléculas são transportadas contra um gradiente de concentração, indo de um meio de menor concentração para um de maior concentração, sendo necessária a utilização de energia na forma de ATP, que é hidrolisado, formando  $ADP + P_i$ , sendo conhecido como ATPase. Esse gradiente pode ser químico ou elétrico, como no transporte de íons. Como exemplo de transporte ativo primário podemos citar a bomba de sódio e potássio em que a molécula a ser transportada liga-se à molécula transportadora (proteína da membrana). A molécula transportadora libera a molécula carregada para o outro lado da membrana, e volta, novamente, à posição inicial.

A manutenção dessas concentrações é realizada pelas proteínas transportadoras que capturam íons sódio ( $Na^+$ ) no citoplasma e bombeia-os para fora da célula. No meio extracelular, capturam os íons potássio ( $K^+$ ) e os bombeiam para o meio interno. Uma das mais importantes funções da bomba  $Na^+/K^+$  é a de controlar o volume das células. Sem essa função, grande parte das células iria inchar até estourar. Em termos de funções fisiológicas, a bomba de sódio-potássio está ligada diretamente a processos de contração muscular e condução dos impulsos nervosos.

O transporte ativo secundário se caracteriza pelo gasto de energia indireta, usando secundariamente o transporte ativo primário, um exemplo é o transporte de íons de sódio para fora da célula, na maioria das vezes ocorre um acúmulo no gradiente de concentração de sódio, pois o excesso de sódio no exterior da célula tende sempre a se difundir para o interior. Esse gradiente representa um reservatório de energia que pode puxar outras substâncias junto ao sódio, através da membrana (cotransporte).

Além dos transportes já citados, muitas células são capazes de capturar partículas grandes que atravessam a membrana, esse processo é dividido em fagocitose, que engloba partículas sólidas, pinocitose, que engloba partículas líquidas, e as partículas capturadas sofrerão digestão intracelular, proporcionada pelas enzimas dos lisossomos.



### Exemplificando

A água do mar se caracteriza por um excesso de sal, segundo as pesquisas, os peixes ósseos marinhos evoluíram de ancestrais de água doce. Como herança dessa origem, a tonicidade de seus líquidos internos é bem menor que a tonicidade da água do mar. Por isso eles estão continuamente perdendo água para o meio. Explique esse processo e como esses animais marinhos conseguem manter o equilíbrio.

### 3.1.1.3 Impactos do mau funcionamento das membranas celulares

A perda da permeabilidade seletiva das membranas celulares, mitocondrial, lisossomal, causa uma série de transtornos à célula, permitindo a entrada ou escape de substâncias. Esta lesão pode ser causada por falta de energia ou por toxinas, vírus, substâncias químicas etc. Como exemplo, podemos citar uma disfunção na bomba de sódio e potássio, a concentração de sódio (Na) dentro da célula aumenta. Cada molécula de sódio entra com moléculas de água ( $H_2O$ ) e a capacidade do compartimento interno da célula fica em estado crítico, resultando em edemas. O tamanho da célula aumenta, fica arredondada, levando ao crescimento à palidez e turgidez do órgão. O extravasamento de potássio (K) para o meio extracelular pode causar hipercalemia, induzindo a disfunções de tecidos finos excitáveis, como nervos e músculos.



### Faça você mesmo

Em uma solução fortemente hipotônica, a membrana plasmática de um eritrócito pode se romper ocorrendo a hemólise, pois a célula irá ganhar água. No entanto, em uma célula vegetal, qual seria o comportamento da membrana plasmática nestas condições?

Resposta: as células vegetais possuem a parede celular, que impede o rompimento da membrana plasmática, portanto, uma célula vegetal em meio fortemente hipotônico fica turgida (inchada).

## Sem medo de errar

Caro aluno, no decorrer da seção você pôde ter contato com os conceitos que definem as membranas celulares, suas principais funções e importância vital para os organismos.

Nossa situação-problema proposta no diálogo aberto demonstra uma família exposta a poluentes tóxicos chamados organoclorados, que estão proibidos no país, mas ainda são empregados na agricultura (no controle de insetos), na saúde pública (controle de vetores) e na indústria farmacêutica (tratamento de ectoparasitas, especialmente piolhos e escabiose). No entanto, a inexistência de políticas públicas, durante décadas, em relação ao meio ambiente e contaminantes químicos, gerou um passivo ambiental com inúmeros locais detectados como depósitos de lixo tóxico, nos quais essas substâncias estão sempre presentes e com riscos à população.

Este grupo de praguicidas tem como característica marcante um prolongado efeito residual, tendo alta persistência no ambiente e por sua capacidade de se acumular nos seres vivos, principalmente, em humanos, nas células adiposas.



### Atenção

A exposição da população a praguicidas pode estar associada à ingestão de resíduos em alimentos, exposição dérmica após aplicações ou inalação, podendo causar danos neurológicos e até câncer.

O efeito dos organoclorados no organismo está relacionado com alterações das propriedades eletrofisiológicas e enzimáticas da membrana celular nervosa. Nos casos de intoxicação aguda, esses compostos possuem uma ação tóxica no sistema nervoso sobre a membrana neuronal axonal, causando lentidão no fechamento dos canais de sódio, devido à sua grande lipossolubilidade, interferem no metabolismo de serotoninas, noradrenalina e acetilcolina de forma ainda não desvendada pela medicina.

Assim, percebemos que as exposições a agentes poluentes da família Moraes os deixou intoxicados e Carlito, o mais prejudicado, com tonturas, vertigens, cefaleia, alterações comportamentais, irritabilidade, desorientação, tremores, distúrbios da marcha, devido à alteração das propriedades eletrofisiológicas e enzimáticas da membrana celular nervosa causadas pela toxina, podendo ser fatal para a saúde das células e para o organismo como um todo.



## Lembre-se

Existem três classes de lipídios que compõem a membrana plasmática, fosfolipídios (mais abundantes), esteróis e glicolipídios.

## Avançando na prática

### Pratique mais!

#### Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

#### Alterações da membrana celular devido a fatores genéticos

1. Competência de fundamentos da área	Conhecer a estrutura e funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo, bem como as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos. Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.
2. Objetivos de aprendizagem	Identificar as funções da membrana plasmática e entender os danos causados ao organismo, com falhas nos processos dela.
3. Conteúdos relacionados	Diferenças celulares, composição celular, processos químicos celulares.
4. Descrição da SP	Maria, mãe de Julia, um bebê de 1 ano e 6 meses, sofre com a patologia da filha, fibrose cística, que é uma doença genética, hereditária, autossômica e recessiva, ou seja, passa de pai/mãe para filho(a). Sua principal característica é o acúmulo de secreções mais densas e pegajosas nos pulmões, no trato digestivo e em outras áreas do corpo. Mas por que ocorre o aumento deste muco? Relacione essa informação com as atividades das membranas celulares.
5. Resolução da SP	Caro aluno, para resolver a situação-problema apresentada, relacione a atividade das proteínas das membranas e a capacidade de transporte de sais minerais.



## Lembre-se

A maior parte das funções da membrana plasmática está relacionada às suas proteínas. Encontramos, principalmente, duas formas de proteínas na membrana plasmática: proteínas integrais e as periféricas.



## Faça você mesmo

As membranas celulares possuem especializações, uma delas são as microvilosidades, que aparecem no tecido epitelial do intestino. Qual a relação desta especialização com a absorção?

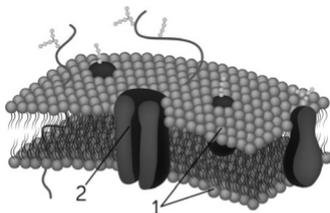
Resposta: as microvilosidades aumentam a superfície de contato da célula com o ambiente, aumentando, assim, a absorção e a secreção de substâncias. No caso da questão, aumentam a absorção dos nutrientes resultantes da digestão dos alimentos pelas paredes intestinais.

## Faça valer a pena

**1.** Em uma experiência laboratorial, um aluno colocou uma célula animal e uma célula vegetal em frascos separados, contendo uma solução de água e NaCl. Após algum tempo, somente a célula animal estava rompida. Isso permitiu que o aluno concluísse que a solução era....., provocando ..... da célula animal e ..... da célula vegetal. Assinale a alternativa que preenche correta e respectivamente as lacunas:

- a) isotônica; deplasmólise; turgência.
- b) hipotônica; hemólise; turgência.
- c) isotônica; hemólise; plasmólise.
- d) hipertônica; hemólise; turgência.
- e) hipotônica; deplasmólise; plasmólise.

**2.** Atualmente, para explicar a disposição dos elementos que compõem a membrana plasmática, é aceito o modelo mosaico fluido. O desenho a seguir representa esse modelo. Indique quais estruturas são apresentadas pelos números 1 e 2.



Fonte: <<http://exercicios.brasilecola.com/exercicios-biologia/exercicios-sobre-membrana-plasmatica.htm>>. Acesso em: 6 jun. 2015.

- a) 1-Glicocálix e 2-Fosfolipídios.
- b) 1-Proteínas e 2-Fosfolipídios.
- c) 1-Fosfolipídios e 2-Proteínas.
- d) 1-Fosfolipídios e 2-Glicocálix.
- e) 1-Glicoproteínas e 2-Fosfolipídios.

**3.** Um dos mecanismos de regulação de entrada e saída de substâncias das membranas celulares é a bomba de sódio e potássio, mas para que ocorra esse processo é necessário um transporte específico. Assinale a alternativa que defina esse transporte:

- a) Osmose.
- b) Transporte Passivo.
- c) Plasmólise.
- d) Transporte Ativo.
- e) Difusão.

**4.** Assinale a alternativa correta a respeito da membrana lipoproteica:

- a) Em procariontes apresenta uma organização diferente da encontrada em células eucariontes.
- b) Existe apenas como envoltório externo das células eucariontes.
- c) É formada por uma camada dupla de glicoproteínas, com várias moléculas de lipídios encrustadas.
- d) É rígida, garantindo a estabilidade da célula.
- e) Está envolvida em processos como a fagocitose e a pinocitose.

**5.** Com o aquecimento global, cada vez mais estamos sofrendo com dias muito quentes e secos. Em um clima

destes, um viajante anda por dois dias privado de água. Durante esse período, o que ocorreu?

- a) Aumento da secreção das funções renais, diminuindo a concentração de urina na bexiga.
- b) Diminuição da permeabilidade dos túbulos renais à água, devido a uma maior concentração de proteína no sangue.
- c) Diminuição da secreção do hormônio antidiurético na circulação, aumentando a reabsorção de água.
- d) Aumento da pressão osmótica do plasma sanguíneo, devido ao aumento da concentração do sódio.
- e) Diminuição das funções renais e aumento da reabsorção de água.

**6.** Em uma aula de transporte de substâncias pelas membranas celulares, um aluno percebe que não compreendeu os conceitos apresentados pelo professor e, para ajudar o aluno, o professor usou três exemplos: 1º) transporte iônico nas células nervosas; 2º) passagem de oxigênio pelas brânquias de um peixe; e 3º) passagem de glicose para o interior das células do corpo humano. Explique os processos que definem esses exemplos:

**7.** Porque as membranas celulares apresentam características hidrofóbicas em uma extremidade e hidrofílicas na outra extremidade?

# Seção 3.2

## Sinalizações celulares

### Diálogo aberto

Olá! Caro aluno, tudo bem com você? Nesta seção iremos explorar um pouco mais da importância das membranas celulares, mas com destaque para os sinalizadores celulares. Você se lembra da seção anterior em que expliquei como são formadas as membranas plasmáticas e qual sua importância para o desenvolvimento das reações orgânicas? Falamos da bicamada fosfolipídica, da constituição de proteínas inseridas nesta camada dupla, e como ocorrem os transportes de substâncias essenciais, como o sódio e potássio. Para os estudos desta seção, iremos usar todos os conceitos já aprendidos nas seções anteriores. Com destaque para o conjunto de reações que envolvem o funcionamento das reações químicas intracelular e extracelular, destacando a importância dos aminoácidos, proteínas, enzimas, carboidratos, lipídios, vitaminas e sais minerais, para que ocorra os processos de sinalização e comunicação entre as células.

Como já vimos, as membranas celulares usam as proteínas inseridas em sua bicamada lipídica, que atuam como receptores proteicos, e ainda são responsáveis pelo transporte de moléculas para o meio intracelular e extracelular, assim os receptores na superfície da membrana atuam como transdutores de sinal, no entanto, cada célula é programada para responder a combinações específicas de moléculas sinalizadoras, gerando uma onda de sinalização e cumprindo o efeito biológico em cada célula. Mas pense: por que a necessidade de sinalização celular? Essa capacidade surgiu com a necessidade de comunicação celular em um organismo multicelular, e ela pode aparecer de algumas formas: sinalização parácrina, autócrina, intrácrina, endócrina, sináptica e neuroendócrina. No decorrer da seção, iremos desvendar cada uma e você compreenderá a importância destes processos para a formação de um organismo complexo e multicelular.

Como já falamos na seção anterior, o mundo em que vivemos é superpopuloso e poluído e essa poluição nos prejudica organicamente. Pense nas águas: como está a saúde dos rios e mares? E lembre-se de que muitas pessoas não têm acesso à água potável, e estão sujeitas a

patógenos que podem levar à morte. Segundo a Organização Mundial de Saúde – OMS – (MÉDICOS SEM FRONTEIRAS, 2013), cerca de três milhões de casos de cólera são registrados por ano.

Agora, como o agente causador da cólera pode afetar a sinalização celular? Para você compreender de forma clara, analise a situação: Moçambique, um país do sul da África, registrou um surto de cólera iniciado em 2014 e ainda está causando vítimas. Shaira, uma adolescente de 16 anos, foi contaminada na província de Zambézia. Ela apresenta sintomas de diarreia, náuseas e vômitos, sede excessiva, pele seca e enrugada, entre outros. Relacione os fatores com a sinalização celular. No decorrer da seção, você terá embasamento para chegar a conclusões sobre esse caso.



**Refleta**

Os receptores em cima da membrana agem como transdutores de informações, para que as funções celulares sejam efetuadas corretamente.



**Lembre-se**

A composição das membranas plasmáticas está relacionada às várias atividades que ela tem no organismo.

## **Não pode faltar**

### **3.2.1 Sinalizadores nas membranas celulares**

Até agora você verificou os conceitos de reações que ocorrem nas células, agora vamos estudar como um organismo multicelular consegue regular todas as suas atividades. Os sinalizadores podem ser chamados de mensageiros e atuam diretamente no metabolismo, na multiplicação, secreção, produções de hormônios e anticorpos e em todas as atividades celulares e teciduais. Mas como são formados esses mensageiros? São moléculas pertencentes a várias famílias de substâncias bioquímicas e atuarão entre células que podem estar próximas ou distantes. Podemos destacar como moléculas sinalizadoras ou ligantes; proteínas, peptídeos, aminoácidos, nucleotídeos, hormônios, derivados de ácidos graxos e até gases. As moléculas receptoras estão na superfície das membranas ou intracelular, destacando que cada molécula receptora deve reconhecer especificamente a molécula sinalizadora.



## Refleta

O ambiente com pH ácido do estômago pode ser a primeira linha de defesa contra a bactéria da cólera, pois esse patógeno não suporta acidez.

Os sinais podem ser químicos ou elétricos, formam uma complexa sequência de causa e efeito, resumidamente podemos destacar três sistemas básicos de comunicação: transferência citoplasmática direta de sinais químicos/elétricos, comunicação local por sinais químicos e comunicação a longa distância de sinais químicos através da circulação sanguínea. Dentre essa divisão podemos classificar a comunicação de diferentes formas:

1 – Sinalização parácrina: está relacionada com a secreção de substâncias que irão atuar em células próximas, que não utilizam a circulação, como exemplo podemos citar as células da musculatura lisa, que serão tonificadas pelo óxido nítrico.

2 – Sinalização autócrina: nesta sinalização as células irão secretar substâncias que se ligarão em seu próprio receptor de membrana, isto é, o sinal atuará na mesma célula, é eficiente para ampliar sinais. Exemplo está relacionado ao crescimento epidérmico.

3 – Sinalização intracrina: já essa sinalização irá ocorrer dentro da célula, portanto, a célula irá produzir um substrato que se ligará a um receptor intracelular.

4 – Sinalização endócrina: neste meio de comunicação as células secretoras irão liberar na corrente sanguínea moléculas que podem ser hormônios ou fatores de crescimento, e essas moléculas atuarão em células distantes, pois as moléculas sinalizadoras usam a corrente sanguínea para se locomover pelo organismo.

5 – Sinalização sináptica: essas sinalizações são por meio de neurotransmissores, em que as células nervosas (neurônios) trocam sinais e geram potencial de ação (sinapses).

6 – Sinalização neuroendócrina: essa sinalização é feita por células neuronais que irão secretar substâncias que irão agir em células distantes.



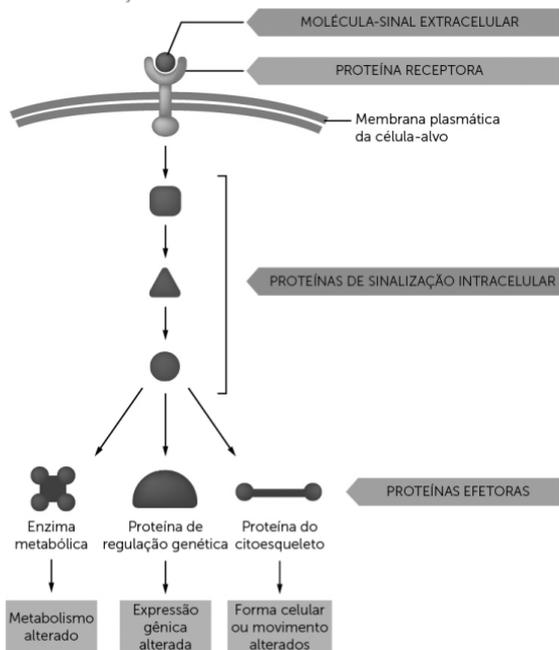
## Assimile

Você se lembra de quando estudamos a origem da vida? Agora, assimile que toda a vida de organismos pluricelulares está relacionada com as interações e comunicações que formam o conjunto de reações celulares.

Existem diferenças entre as moléculas químicas, que são responsáveis pelas diversas atuações em vários locais, essas moléculas ainda podem ter carácter hidrossolúvel, que são provenientes dos aminoácidos, catecolaminas e peptídeos, possuem peso molecular considerável e podem ser chamadas de neurotransmissores ou hormônios; e carácter lipossolúvel, que possuem pouco peso molecular, e passam por difusão através das membranas, são provenientes de esteróides, tireóides e gases, como o gás óxido nítrico (NO).

Outra forma de comunicação celular é feita por moléculas que passam por canais, que estão presentes entre as células, são formadas por proteínas das membranas, denominadas junções comunicantes (GAP Junctions).

Figura 3.2 | Comunicação celular



Fonte: <<http://www.bcmonline.com.br/sinalizacao-celular/aulas/Sinalizacao-celular.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2015.



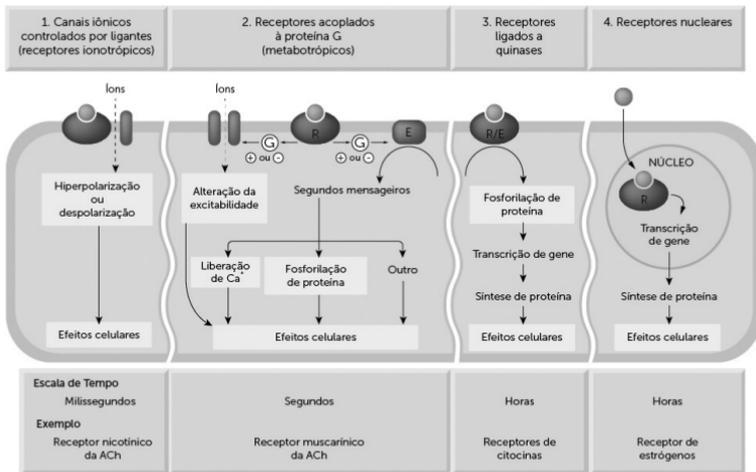
**Pesquise mais**

Caro aluno, no capítulo 6 do livro de Junqueira e Carneiro, você poderá ampliar seus conhecimentos sobre os sinalizadores celulares. JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Biologia celular e molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

### 3.2.2 Classe de receptores de membranas

As sinalizações intracelulares podem ser mediadas por receptores acoplados a canais iônicos, acoplados à proteína G, acoplados em enzimas (adenilciclase, guanilciclase, tirosina cinase e fosfolipases A2 e C) e transcrição gênica (receptores nucleares).

Figura 3.3 | Sequências de sinalizações



Fonte: <[http://www.lookfordiagnosis.com/mesh\\_info.php?term=Prote%C3%ADnas+Quinases+Dependentes+de+C%C3%A1lcio-Calmodulina&lang=3](http://www.lookfordiagnosis.com/mesh_info.php?term=Prote%C3%ADnas+Quinases+Dependentes+de+C%C3%A1lcio-Calmodulina&lang=3)>. Acesso em: 13 jun. 2015.

As proteínas G são compostas por mais de 50 tipos, como exemplo podemos citar: Gs, G1, Ga, GK, Golf, Go e Gt. São receptores de membrana formados por proteínas multipasso, isto é, que atravessam a dupla camada lipídica várias vezes. Sua ativação está relacionada a diversas substâncias, como hormônios, neurotransmissores e mediadores locais. Receptores associados à proteína G podem gerar sinais intracelulares que inibem ou estimulam uma função.

#### Faça você mesmo

As contrações da musculatura lisa são involuntárias, isto é, não estão sob nosso comando. Essa musculatura se encontra em diversos órgãos internos, como tubo digestivo, bexiga, útero etc., no entanto, se não comandamos os movimentos deste músculo, quem efetua essa função?

Resposta: os receptores adrenérgicos são da classe dos receptores ligados às proteínas G, possuem subtipos divididos em alfa e beta, em que o receptor alfa está envolvido na contração do músculo liso.

### Quadro 3.1 | Proteína G

Proteína G e seus Receptores e Efeitores Associados			
Proteína	Receptores	Efeitores	Efeito
Gs	B1; B2; B3 - adrenérgico, DA1, H1, H2 glucacón, serotonina2, ACTH, LH, FSH, GnRH, TRH, prostaciclina	Adenil ciclase, canais de Ca2+	Aumento de AMPe, Aumento da entrada de Ca2+
G1	Alfa 2-adrenérgico, DA2 muscarínico, opioide, adenosina, serotonina 1a, Angiotensina, endotelina-1 trombina, GABAb, somatostatina	Adenil ciclase, fosfolipase A2, canais de K+	Redução de AMPc liberação de eicosanóide, hiperpolarização
Gk	Muscarínico atrial	Canais de K+	Hiperpolarização
Ga	Muscarínico (M1), alfa 1-adrenérgico	Fosfolipase C beta, Beta isoenzima	Aumento IP3, DAG, Ca2+
Golf	Olfatório	Adenil ciclase	Aumento de AMPc (olfato)
Gt	Fótons	GMP ciclico	Redução do GMPc (visão)
Go	Ainda sem definição	Fosfolipase C, canais de Ca2+	Aumento de IP3, DAG, Ca2+ redução da entrada de Ca2+

As proteínas G são: Gs, estimulação; G1, inibição; Gk, regulação de potássio; Gq, regulação da fosfolipase, olfatória; G, transdução; Go, outras. Abreviações - DA1 e DA2, Dopamina, 1 e 2; H1 e H2, histamina 1 e 2; ACTH, hormônio adrenocorticotrópico, LH, hormônio luteinizante; FSH, hormônio foliculo estimulante; TSH, hormônio tireóide estimulante; VIP, peptídeo vasoativo intestinal; CRH, hormônio liberador de corticotropina; GHRH, hormônio liberador do hormônio do crescimento; GnRH, hormônio liberador de gonadotropina; TRH, hormônio liberador de tireotropina; GABA, ácido  $\gamma$ -aminobutírico; AMPc, adenosina 3'5'- monofosfato ciclico; GMPc, Guanosina 3'5' monofosfato ciclico; IP3, trifosfato de inositol; DAG, 1, 2 diacilglicerol.

Fonte: <[http://www.clasa-anestesia.org/revistas/brasil/HTML/BraBiologia\\_Molecular\\_Dos\\_Receptore.htm](http://www.clasa-anestesia.org/revistas/brasil/HTML/BraBiologia_Molecular_Dos_Receptore.htm)>. Acesso em: 13 jun. 2015.

As proteínas G são verdadeiros portais para muitas substâncias sintéticas, como anticolinérgicos e, além disso, agem como importantes intermediários para a fisiologia do organismo, com destaque para o controle hormonal, sistema cardíaco e funções cerebrais. No entanto, quando surgem alterações na fisiologia da proteína G, podem gerar muitos distúrbios orgânicos.

A formação de um segundo mensageiro ocorre a partir da

enzima adenilato ciclase, que é ligada à membrana celular, e converte o ATP intracelular no segundo mensageiro, chamado de AMPc. Agora, pense: se ocorrer o aumento no nível de AMPc, o que irá ocorrer? A ativação de uma proteína cinase AMPc que irá ativar outras enzimas e gerar uma resposta celular.

Para os processos de sinalização intracelular mediados por receptores associados a enzimas ocorre o contrário dos receptores associados a proteínas G, neste caso são proteínas unipasso, isto é, atravessam a bicamada lipídica uma única vez, que ativados por ligantes desencadeiam respostas em cascatas de fosforilação direta, sem a necessidade de ativação de mais uma proteína mensageira. Podemos classificar em cinco classes esses receptores associados a enzimas: receptores guanilil ciclase, receptores tirosina cinases, receptores associados à tirosina cinases, receptores tirosina fosfatases e receptores serina/treonina cinase.

Agora que você já sabe as funções das sinalizações celulares, reflita sobre a situação-problema apresentada no Diálogo Aberto, e relacione os sintomas da cólera com as funções dos sinalizadores.



### Exemplificando

A sobrevivência das células está diretamente relacionada com a forma que elas conseguem efetuar suas comunicações, o que proporciona o perfeito funcionamento de funções de homeostasia, de correções nos tecidos e formação do processo imunológico, mas erros nestas informações podem causar equívocos e gerar doenças graves, como o câncer. Agora, descreva como as células perdem a capacidade de comunicação e geram doenças.

Resposta: para ocorrer a formação de tecidos e órgãos, as células precisam se comunicar para definir as funções e atuações de cada uma. Caso ocorra uma desregulação nas sinalizações celulares, as células não irão conseguir efetuar suas funções, se desorganizando e causando doenças, como o câncer. Agentes patogênicos, substâncias tóxicas, entre outros fatores, podem causar a desregulação nos sinais celulares. As células cancerígenas não apresentam funções regulares de crescimento e proliferação, o que gera uma grande quantidade de células anormais.

## Sem medo de errar

Com os conceitos expostos nesta seção, podemos analisar a situação-problema em que Shaira, uma adolescente de 16 anos, foi contaminada na província de Zambézia, apresentou sintomas de diarreia, náuseas e vômitos, sede excessiva, pele seca e enrugada, entre outros.



### Atenção

A proteína G recebeu esse nome devido à sua atuação com os nucleotídeos guanilícos GDP (guanosina difosfato) e GTP (guanosina trifosfato).

Como a cólera é uma doença bacteriana infectocontagiosa que afeta o intestino delgado, tem como agente o *Vibrio Cholerae*, uma bactéria que libera uma toxina chamada CTX, que se apresenta em duas partes A e B, onde a parte B é específica para os receptores que estão na membrana das células intestinais, já a parte A da toxina age causando ADP-ribosilação na proteína G, impedindo sua capacidade de hidrolisar o CTP ligado a ela, isso leva a uma ativação da enzima adenilato ciclase que proporciona um aumento dos níveis de AMPc intracelular. Assim, o AMPc irá se ligar à proteína cinase A, que irá ativar outras proteínas que irão afetar os canais de cloro, que desregula a secreção de cloro, sódio e água, que irão ser eliminados descontroladamente pelas células intestinais, causando diarreias e desidratação.



### Lembre-se

As células mantêm uma comunicação característica de causa e efeito que é mediada por receptores citoplasmáticos que estimulam ou inibem sistemas enzimáticos através de proteínas presentes nas membranas celulares.

Assim, perceba que os sinalizadores celulares estão relacionados à permanência da vida celular, pois, se as células não se comunicassem, estariam fadadas à morte. Para sobreviver e formar os organismos, as células precisam receber diversas informações do meio externo, como exemplo podemos citar a disponibilidade de nutrientes, o número total de células que compõem o organismo e suas atuações, organizando a especificidade de cada atuação.

## Avançando na prática

### Pratique mais!

#### Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

#### Angina Pectoris

1. Competência de fundamentos da área	Conhecer a estrutura e as funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo, bem como as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos. Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.
2. Objetivos de aprendizagem	Compreender a importância dos sinalizadores celulares e entender a razão da comunicação celular.
3. Conteúdos relacionados	Origem celular, macronutrientes, micronutrientes, processos ácidos-base, membrana plasmática.
4. Descrição da SP	<p>Ângelo, um contador em plena temporada de entrega de imposto de renda, sofre dores no peito, no entanto, possui uma rotina de fumante compulsivo e estresse elevado. Com o passar dos dias, a dor permanece e, por insistência da esposa, resolve procurar um médico, que diagnostica que Ângelo está com angina pectoris, que tem como característica o estreitamento das artérias que conduzem o sangue ao coração, isso ocasiona uma redução na oferta de nutrientes e oxigênio ao coração, e a dor é decorrente da má irrigação do coração.</p> <p>Relacione a atuação do gás óxido nítrico com essa doença, lembre-se da importância dos sinalizadores celulares e como possuem funções específicas.</p>
5. Resolução da SP	Para concluir essa situação-problema, você precisa compreender o papel dos sinalizadores celulares e como efetuam sua atuação mediante substâncias que se ligam a moléculas específicas e desempenham uma resposta para determinados processos orgânicos.



#### Lembre-se

As moléculas hidrossolúveis são provenientes dos aminoácidos, as catecolaminas, peptídeos possuem peso molecular considerável e podem ser chamadas de neurotransmissoras ou hormônios. E carácter lipossolúvel, que possuem pouco peso molecular e passam por difusão através das membranas, são provenientes de esteróides, tireóides e gases, como o gás óxido nítrico (NO).



## Faça você mesmo

Mediante os muitos conceitos apresentados nesta seção, defina o papel da acetilcolina e onde ela atua no organismo.

Resposta: a acetilcolina é um neurotransmissor, um éster do ácido acético e da colina, tem a ação proporcionada pelos receptores nicotínicos e muscarínicos. Sua ação é sobre o sistema nervoso central e periférico, e nos gânglios autônomos.

## Faça valer a pena

**1.** A comunicação celular é proporcionada pela membrana celular. Que possui em sua composição proteínas, lipídios e receptores celulares. Sobre esses receptores é correto afirmar que:

- a) Um mesmo tipo de sinalizador irá produzir uma resposta para um receptor inespecífico.
- b) Receptores iguais são emitidos para atuar como sinais em diferentes células.
- c) Molécula receptora deve reconhecer especificamente a molécula sinalizadora.
- d) Moléculas sinalizadoras inespecíficas se ligam a um único tipo de receptor sinalizador.
- e) Um mesmo tipo de sinalizador irá produzir uma resposta para vários receptores inespecíficos.

**2.** Quais são os quatro tipos de receptores de superfície celular de ligantes hidrossolúveis?

- a) Receptores acoplados a canais iônicos, acoplados a proteína G, acoplados em enzimas (adenilciclase, guanilciclase, tirosina cinase e fosfolipases A2 e C) e transcrição gênica (receptores nucleares).
- b) Receptores parácrina, autócrina, endócrina, canais iônicos.
- c) Receptores dos canais iônicos, intrácrina, sináptica e

autócrina.

d) Receptores acoplados à proteína G, acoplados a enzimas, parácrina e endócrina.

e) Receptores de canais iônicos, autócrina, endócrina e proteínas G.

**3.** Existem no organismo muitas moléculas que agem como sinalizadoras. Indique a alternativa que descreve uma destas moléculas:

a) Ácido clorídrico.

d) Hidrato de carbono.

b) Hidróxido de sódio.

e) Ácido acético.

c) Hidróxido de chumbo.

**4.** A tirosina pode ser encontrada em peixes e nozes, é um importante composto do organismo humano, e é composto quimicamente por ....., sendo produzido na glândula ..... é armazenado no interior da célula pela proteína .....sendo liberado no ..... Mediante sua solubilidade e localização do receptor, a tirosina é classificada como um hormônio .....

a) Aminoácidos, tireoide, tireoglobulina, sangue, lipofílico.

b) Lipídios, pâncreas, tireoglobulina, plasma, hidrofílico.

c) Sódio, adrenal, tireoglobulina, sangue, lipofílico.

d) Aminoácidos, pâncreas, tireoglobulina, plasma, hidrofílico.

e) Lipídios, adrenal, tireoglobulina, sangue, lipofílico.

**5.** Quais são as formas de comunicação entre as células?

a) Sinalização por canais iônicos, autócrina, intrácrina, endócrina, sináptica e neuroendócrina.

b) Sinalização parácrina, autócrina, intrácrina, endócrina, sináptica e neuroendócrina.

c) Sinalização por proteínas G, por canais iônicos, autócrina, intrácrina, endócrina.

d) Sinalizações por associações a enzimas, parácrina, autócrina, intrácrina, endócrina.

e) Sinalização por proteínas G, endócrina, sináptica e neuroendócrina.

**6.** Qual é a diferença entre sinalizadores (ligantes) e receptores?

**7.** O organismo precisa estar em perfeito equilíbrio para as células desempenharem suas funções, mediante a esse conceito defina a importância da comunicação/sinalização celular para a manutenção da homeostase no organismo:

# Seção 3.3

## Citosol e citoesqueleto

### Diálogo aberto

Olá! Prezado aluno, nesta seção iremos abordar estudos sobre o citosol e citoesqueleto, mas, para avançarmos nestas questões, você deverá recordar as seções anteriores, em que falamos da formação celular, das diferenças entre as células, a constituição bioquímica das células e as reações nas quais estão envolvidas, destacando o pH orgânico, a formação de proteínas, a absorção dos macronutrientes e micronutrientes. Para essa seção, retornaremos algumas vezes na importância das proteínas como base para formação de estruturas, como as fibras de actina, microtúbulos e filamentos intermediários, presentes nos citoesqueletos das células. Tais fibras participam de eventos fundamentais para divisão celular, são destaque na estruturação celular, pois formam uma rede que permite as células manterem o formato e se movimentarem.



### Refleta

Os organismos formados por células eucariontes são complexos, pois possuem um sistema de endomembranas e muitas organelas com funções bem definidas.

Os perigos da poluição não nos dão trégua, podem nos afetar em todos os níveis celulares e causar danos que levem à morte celular ou alterações nas funções vitais. Muitas indústrias usam em seus processos de produção metais pesados, como mercúrio, chumbo, cádmio, entre outros. Parte destes resíduos provenientes dos processos vão para os cursos de água dos rios, colocando toda a cadeia alimentar em risco, incluindo os seres humanos. Além das indústrias, outro ponto preocupante de poluição por metais pesados são os incineradores de resíduos urbanos (resíduos comuns, de serviços de saúde, resíduos perigosos e industriais). Mas como os metais pesados irão agir no organismo de seres eucariontes? Quais alterações podem gerar?

Na década de 1980, a cidade de Cubatão, no estado de São

Paulo, foi cenário de discussões sobre contaminações por metais pesados, pois abriga um importante polo industrial do país. Esse polo compreende indústrias petroquímicas, fertilizantes, siderúrgicas, entre outras, que lançam seus poluentes líquidos, sólidos e gasosos no ecossistema, causando alterações perigosas para a saúde do meio ambiente como um todo (componentes bióticos e abióticos). Muitas doenças foram relacionadas à poluição e algumas ainda estão sendo pesquisadas. Miguel, morador da cidade de Cubatão, sofre com uma patologia respiratória, a asma, doença inflamatória crônica, em que os pulmões são mais sensíveis e reagem de forma mais intensa a qualquer agente tóxico. Nos últimos meses, Miguel sofre crises constantes e com sintomas agravados de falta de ar e tosse. Mas como os metais pesados existentes na poluição podem ampliar os sintomas e as crises da doença? Como tais toxinas afetam a formação dos citoesqueletos? Para você compreender e concluir tais questionamentos, explore a seção e, ao final, entenderá como todas as estruturas celulares agem em sintonia e dependência.



### Lembre-se

A célula é a unidade estrutural e funcional comum a todos os seres vivos e podemos encontrar seres constituídos por uma ou mais células. Elas são responsáveis por realizar todas as funções vitais, como reprodução, crescimento, alimentação, movimentação, reação a estímulos externos e respiração.

### Não pode faltar

As células possuem diversas estruturas, como já estudamos, cada uma com funções bem definidas e de vital importância para o funcionamento do organismo, como a membrana plasmática. Nesta seção, vamos destacar as funções do citoplasma e do citoesqueleto. Mas você sabe a posição e constituição do citoplasma? É o meio interno da célula onde ocorre a maioria das reações celulares e onde estão as organelas, é formado de água, proteínas, sais minerais, íons diversos, aminoácidos livres e açúcares, formando um material colóide, uma espécie de gel que pode ser mais espesso na parte interna da célula (gelatinoso), chamado de endoplasma, e menos denso nas periferias, chamado de ectoplasma. Tanto o endoplasma como o ectoplasma fazem parte do hialoplasma ou citosol, denominado de matriz citoplasmática, onde ocorrem as reações químicas metabólicas, e

a ciclose, que se refere ao movimento no interior das células. Já o citoesqueleto é de importância fundamental para células eucariontes, pois estrutura sua forma e permite seu deslocamento, e ainda é responsável pelo transporte dos cromossomos na divisão celular. É formado por três redes de fibras proteicas, sendo os filamentos de actina, os microtúbulos e os filamentos intermediários, e todos são formados por diferentes tipos de proteínas. Pense nas consequências para o bom funcionamento celular caso um desses filamentos não fosse formado adequadamente.



### Assimile

A polimerização ou despolimerização dos microtúbulos do citoesqueleto podem deixar o citosol em condições solúveis ou em gel.

As alterações no esqueleto celular podem ser causadas por drogas, toxinas, vírus etc. Causando inibição ou estimulação de atividades associadas às funções do citoesqueleto, as ações podem tanto alterar como destruir microfilamentos proteicos, danificando a rede estrutural.

### 3.3.1 Citosol: constituição e função

Lembre-se da imagem de uma célula, a membrana plasmática delimitando o meio externo do interno, esse meio interno se trata do citoplasma celular. Imagine uma linha de produção fabril, em que todos têm suas funções sincronizadas, no citoplasma também ocorrem funções bem definidas, pois neste espaço estão as organelas, como mitocôndrias, lisossomos e retículos endoplasmáticos. Já o núcleo celular é o seu conteúdo, não são considerados parte do citoplasma, pois possuem ambiente próprio. As funções e a estruturação dessas organelas e muitas outras estudaremos na seção seguinte.

O espaço citoplasmático é aquoso, sendo formado por 80% água, além das enzimas, carboidratos, sais, proteínas e RNA, dissolvidos nesta solução, que são fundamentais para que ocorram as reações celulares.

Agora, dentro do tipo celular eucarionte, temos as células animais e vegetais, e a composição citoplasmática se difere, pois em células vegetais ocorrem a presença de vacúolos que ocupam grande espaço dentro da célula, e nas células animais o citoplasma ocupa metade do volume celular. A parte fluida gelatinosa translúcida do citoplasma é denominada citosol ou hialoplasma, sendo a região do citoplasma que fica entre as organelas.

Com relação às funções citoplasmáticas, podemos destacar a formação morfológica da célula, relacionada à consistência do citosol, onde ficam armazenadas as substâncias necessárias para as reações, ocorre também movimento celular proporcionado pelo citosol.

Portanto, o citosol é formado por água, sais, íons e moléculas proteicas que constituem o citoesqueleto, que dão forma à célula e facilitam o movimento dela. No citosol também ocorre a comunicação celular interna. No entanto, em todo espaço citoplasmático podemos citar inúmeras atividades fundamentais, como a divisão celular, que ocorre no espaço citoplasmático com importante papel das fibras do citoesqueleto.



### Pesquise mais

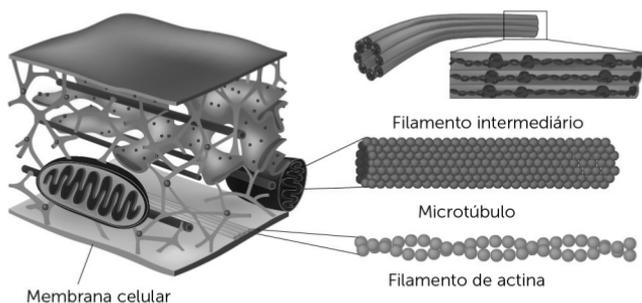
Prezado aluno, para maiores informações, não deixe de verificar o livro Junqueira e Carneiro, capítulos 5 e 7. JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Biologia celular e molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

Leia também o artigo: O papel das proteínas do citoesqueleto na fisiologia celular normal e em condições patológicas. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jecn/v17n1/v17n1a05.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2015.

### 3.3.2 Citoesqueleto: Filamentos de actina, filamentos intermediários e microtúbulos

Citoesqueleto forma uma rede proteica no citoplasma celular, e participa de algumas funções muito importantes para a vida celular, como movimento, estrutura e transporte, no entanto, as fibras proteicas que formam o citoesqueleto se relacionam com funções de contração muscular e também atuam em funções de diversas células epiteliais (inclusive nas vias respiratórias).

Figura 3.4 | Citoesqueleto celular



Fonte: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFrx0AD/citoesqueleto>> Acesso em: 20 jun. 2015.

O movimento dentro da célula (ciclose) é possível devido à presença de proteínas motoras, divididas em dois grupos, dineínas e cinesinas, que, junto aos microtúbulos e fibras de actina e miosina, proporcionam o deslocamento celular.

Os filamentos de actina estão no citoplasma, em maior quantidade do que as outras fibras, e são constituídos por proteína actina G em meios de menor força iônica e se apresentam de forma globular, que se polimeriza em meios de maior força iônica formando a actina F, sendo fibrosa. Cada fibra é formada por muitas moléculas de actina, com uma extremidade positiva e outra negativa, assim a parte positiva tem crescimento mais rápido, enquanto a negativa cresce lentamente.

Os filamentos intermediários são estruturalmente mais grossos e resistentes do que os filamentos de actina, e por serem mais finos do que os microtúbulos são chamados de intermediários. São importantes para as células que sofrem tensão mecânica, sua formação também se difere dos outros filamentos, sendo constituído por moléculas alongadas, em que cada uma possui três cadeias polipeptídicas enroladas em hélice, tendo como base proteínas fibrosas, assim, como exemplo de filamentos formados podemos citar a queratina e vimentina.



**Faça você mesmo**

O movimento dentro do citoplasma das células vegetais se torna

contínuo e impulsionado por proteínas, o que é muito importante para que ocorra o transporte de substâncias. Defina o nome deste processo.

Resposta: o movimento dentro do citoplasma celular é chamado de ciclose, em células vegetais esse processo possibilita o descolamento dos cloroplastos até a parte mais exterior do citoplasma, para facilitar a absorção de luz e calor, proveniente do meio externo. A ciclose só ocorre devido a interações entre as proteínas actina e miosina, e as proteínas dos microfilamentos.

Os microtúbulos são alongados, rígidos e estão presentes em todo citoplasma. Cada um é formado pela junção de dímeros proteicos dispostos em hélice, os quais são formados por moléculas de tubulina unidas por duas subunidades tubulina alfa e tubulina beta. A polarização e despolarização dos microtúbulos estão relacionadas ao crescimento deles, sendo que, na extremidade polimerizada, há maior crescimento, o qual é chamado de "mais", e a despolimerizada é chamada de "menos".



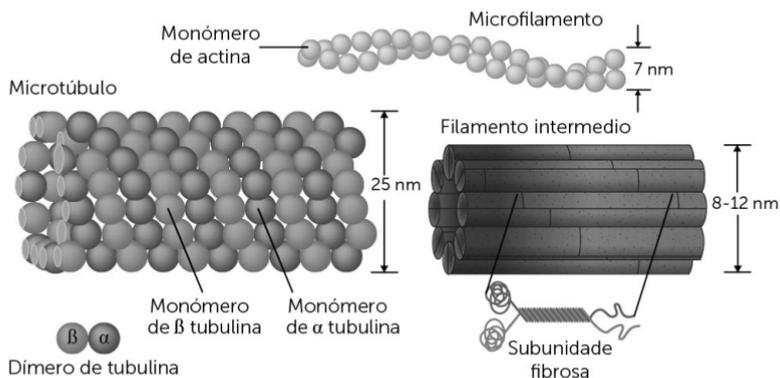
### Refleta

Os filamentos do microtúbulo são fundamentais para o fuso que se forma na divisão mitótica, inúmeros microtúbulos se originam e partem da região central da célula, que também pode ser chamada de centrossomo e agem na divisão dos cromossomos na divisão celular.

Os filamentos de miosina se formam com a associação de filamentos intermediários, têm função motora e, principalmente, pelas contrações musculares, é dividida em duas classes: miosina I e II, sendo que a miosina I está presente nas células não musculares. O papel da miosina II está relacionado com o descolamento da actina em sentido contrário, promovendo a contração muscular.

Alterações na formação das fibras celulares podem causar sérios danos à estrutura e ao funcionamento das células, substâncias tóxicas, vírus, entre outros fatores podem levar ao desenvolvimento de doenças ou ao agravamento de patologias já existentes no organismo.

Figura 3.5 | Representação dos três tipos de filamentos



Fonte: <[http://www.geocities.ws/batxillerat\\_biologia/celcitoplasma.htm](http://www.geocities.ws/batxillerat_biologia/celcitoplasma.htm)> Acesso em: 20 jun. 2015.



### Exemplificando

Muitos anfíbios e peixes usam como mecanismo de defesa a mudança de coloração, as células pigmentadas com grânulos de melanina no citoplasma. Descreva como ocorre a movimentação destes grânulos para que o ajuste da cor seja efetuado.

Resposta: o transporte dos grânulos de cor é feito pelos microtúbulos ao longo de todo citoplasma, ajustando a cor do animal.

### Sem medo de errar

Prezado aluno, após a exposição dos conceitos referentes ao citoplasma e citoesqueleto celular, podemos voltar à situação-problema apresentada no Diálogo aberto, em que Miguel, morador da cidade de Cubatão e asmático, vem sofrendo com as crises da doença. A poluição da cidade pode estar desencadeando com mais frequência as crises em Miguel, agindo como um gatilho. Essa doença se caracteriza pelo estreitamento dos bronquíolos, dificultando a passagem de ar e causando contrações ou broncoespasmos, e ainda ocorre o aumento de muco devido à inflamação dos bronquíolos, que dificulta ainda mais a respiração.



### Lembre-se

A contração muscular é possível devido à capacidade de encurtamento das miofibrilas, que são os filamentos citoplasmáticos das células musculares.

O estreitamento dos bronquíolos e a dificuldade na passagem de ar, segundo estudos recentes, estão relacionados ao aumento da musculatura dos brônquios e à hipertrofia das células musculares, composta pelos filamentos de actina e miosina.

Os poluentes, além de agirem como gatilhos nas crises de asma, podem danificar as propriedades mecânicas, estruturais e regulatórias do músculo liso das vias respiratórias, metais pesados e formaldeídos presentes nos poluentes entram nas células do músculo liso e criam ligações covalentes com as proteínas da matriz extracelular e com os filamentos citoplasmáticos, causando danos em algumas funções, como nas contrações musculares.



### Atenção

A poluição é causada pelo ser humano e deixa o meio onde vivemos impróprio, os efeitos da poluição podem ser diretos, como nos casos de doenças respiratórias, e indiretos para o homem, como a contaminação da água e do solo, que afeta toda a cadeia alimentar, e poderá nos atingir por meio da alimentação.

## Avançando na prática

Pratique mais!	
<b>Instrução</b> Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.	
<b>Hipertrofia Muscular</b>	
1. Competência de fundamentos da área	Conhecer a estrutura e as funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo, bem como as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos. Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.
2. Objetivos de aprendizagem	Identificar a importância do citosol e citoesqueleto celular.
3. Conteúdos relacionados	Origem celular, macronutrientes, micronutrientes, processos ácidos-base, membrana plasmática, sinalizadores celulares.

4. Descrição da SP	A atualidade é marcada por muitos fatores que influenciam a maioria das pessoas, no entanto, a prática de exercícios físicos vem sendo muito explorada para melhorar a saúde dos indivíduos, principalmente no que se refere à diminuição da porcentagem de gordura corporal, à aceleração do metabolismo, ao aumento da força muscular, entre outros benefícios. No entanto, Marcos, de 19 anos, vem se esforçando muito nos treinos diários em uma academia para deixar seus músculos hipertrofiados. Como a prática de atividades pode levar à hipertrofia muscular? Relacione essa condição com os filamentos citoplasmáticos.
5. Resolução da SP	Para chegar à conclusão da questão, pense nos conceitos aprendidos referentes à formação do citoesqueleto e dos filamentos que o compõem, relacionando a função de cada um.



### Lembre-se

Os microtúbulos são pequenos filamentos de comprimento variável, e se apresentam associados a proteínas em forma de rede ou feixes no citosol.



### Faça você mesmo

Para que ocorra a divisão celular é fundamental a formação do fuso mitótico, que se liga no centrômero dos cromossomos e os puxa para os polos da célula; em seguida, a célula sofre citocinese. Defina o papel dos filamentos citoplasmáticos neste processo.

Resposta: a formação do fuso mitótico só é possível devido à presença dos filamentos proteicos no citosol, os filamentos participam do fuso e do processo de citocinese, em que possibilitam a formação de um anel contrátil na região equatorial da célula, gerando o estrangulamento da célula do interior para o exterior e surgindo duas células.

### Faça valer a pena

**1.** Os filamentos de .....estão no citoplasma em maior quantidade do que as outras fibras, são constituídos por proteína ..... em meios de menor força iônica e se apresentam de forma globular, que se polimeriza em meios de maior força iônica formando a ....., sendo fibrosa.

a) Actina, actina G, actina F.

- b) Actina alfa, actina beta, actina F.
- c) Actina beta, actina alfa, actina G.
- d) Actina, actina beta, actina F.
- e) Actina Alfa, actina, actina G.

**2.** De acordo com os conceitos apresentados nesta seção, identifique as estruturas 1, 2 e 3 da figura:

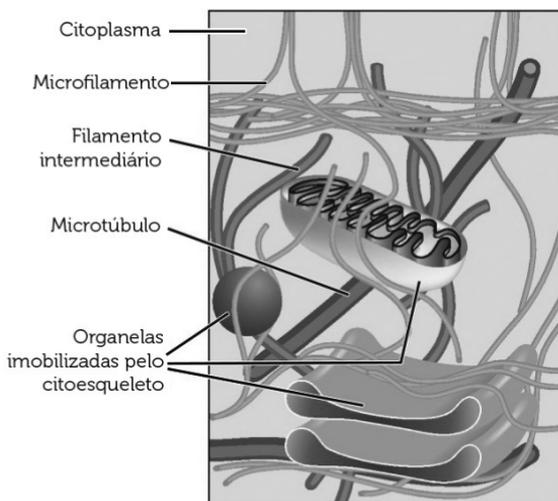
a) 1 – microtúbulos / 2 – filamentos de actina / 3 – filamentos intermediários.

b) 1 – filamentos de actina / 2 – filamentos intermediários / 3 – microtúbulos.

c) 1 – proteínas Tubulinas / 2 – microtúbulos / 3 – filamentos intermediários.

d) 1 – filamentos de actina / 2 – proteínas tubulinas / 3 – microtúbulos.

e) 1 – microtúbulos / 2 – filamentos de actina / 3 – proteínas tubulinas.



Fonte: <<http://www.infoescola.com/citologia/citoesqueleto/>>. Acesso em: 21 jun. 2015.

**3.** O citoplasma celular compreende três filamentos, um deles exerce maior resistência a tensões mecânicas. Assinale a alternativa que define esse filamento:

- a) Filamentos de actina.
- b) Filamentos intermediários.
- c) Filamentos intermediários associados aos filamentos de actina.
- d) Microtúbulos.
- e) Filamentos de actina associados aos microtúbulos.

**4.** O citosol do citoplasma celular é caracterizado por sua composição e seu estado físico. Escolha a alternativa que define tais características:

- a) Apresenta-se em estado sólido e é constituído somente por proteínas actina e tubulinas.
- b) Apresenta-se em estado aquoso e é formado por aminoácidos e água.
- c) Apresenta-se em estado sólido e é formado por proteínas e sais minerais
- d) Apresenta-se em estado aquoso e é formado por água e íons
- e) Apresenta-se em estado aquoso e é formado por água, sais, íons e moléculas de proteicas.

**5.** A divisão celular é um processo vital para continuidade da vida em seres pluricelulares. Para ocorrer essa divisão, o citoplasma celular sofre algumas alterações, e um dos eventos mais significativos é a formação do fuso mitótico. Identifique a principal estrutura deste fuso:

- a) Filamentos de actina.
- b) Filamentos de miosina.
- c) Filamentos intermediários.

d) Microtúbulos.

e) Filamentos de actina associados à miosina.

**6.** As células eucariontes possuem um sistema de organelas celulares complexa e bem definida, entre essas organelas se encontra o citoesqueleto. Defina sua função e constituição:

**7.** O citoplasma celular é composto por muitas estruturas, mas é delimitado por um espaço. Qual é a região dentro da célula que compreende o citoplasma?

# Seção 3.4

## Sistema de endomembranas e organelas

### Diálogo aberto

Olá! Tudo bem com você? Vamos iniciar a quarta seção desta unidade, em que falaremos dos sistemas de endomembranas e das organelas, no entanto, para avançar, você precisa recordar as seções anteriores, em que falamos da composição e função da membrana plasmática, dos sinalizadores celulares e destacamos o citosol e citoesqueleto celular. Até essa seção você já esteve em contato com muitos conceitos e pôde perceber que, apesar das condições externas, o organismo luta sempre para se manter constante, isso acontece porque possuímos mecanismos de proteção e regulação que, por exemplo, aquecem o ar frio que inalamos, umedece o ar seco e mantém o fluxo sanguíneo dentro de limites ideais. No entanto, quando ocorre exposição (por inalação, ingestão ou exposição cutânea) em excesso a algum agente tóxico, o organismo irá reagir de forma a causar prejuízo ao sistema orgânico.

Como percebemos nas seções anteriores, os agentes poluentes causam muitos problemas ao ecossistema como um todo, e o ser humano vem sendo afetado, em grande parte, por suas próprias ações poluidoras. No Brasil, a cidade de São Paulo é famosa por sua poluição ambiental, onde se observa uma atmosfera carregada de poluentes, como o monóxido de carbono (CO), que é um gás inodoro, incolor, insípido, produzido por queima incompleta de combustíveis que contêm átomos de carbono.



### Refleta

A substância que carrega oxigênio aos tecidos é a hemoglobina que está dentro das hemácias.

Para você compreender melhor a relação deste poluente com a saúde das pessoas expostas, analise a seguinte situação: Carmem, uma estudante da cidade de São Paulo, se locomove de metrô diariamente para chegar à escola, e, portanto, está exposta constantemente ao monóxido de carbono expelido pelos

veículos, em alguns momentos ela sente falta de ar e confusão mental. Como esse gás age sobre a célula e afeta suas organelas?



### Lembre-se

O sistema de organelas e membranas possibilitou maior crescimento celular, especialização nos processos, divisão de tarefas entre os componentes celulares e eficiência metabólica.

## Não pode faltar

Prezado aluno, como estudado anteriormente, as células podem ser procariontes ou eucariontes. Para os conceitos desta seção, iremos focar as células eucariontes, que são ricas em sistema de membranas, isto é, possuem organelas membranosas originadas a partir da invaginação da membrana celular, subdividindo o citoplasma celular e ocupando grande parte do espaço citoplasmático. A composição destas membranas é, basicamente, lipídios, proteínas, hidratos de carbono ligados aos lipídios e proteínas, no entanto, a proporção desses elementos varia de acordo com a função da organela.

Saiba que cada organela possui uma função diferente na célula, e são denominadas de duas formas, as que possuem membranas e as que não possuem, sendo que as desprovidas de membranas estão em contato direto com o citosol e isso facilita seu trabalho, pois não precisam de transporte para desempenhar sua função. Assim, esse grupo de organelas é classificado em sintetizadas por RNA e proteínas e as que são sintetizadas pelas fibras insolúveis de proteínas.

As organelas membranosas mais importantes das células eucariontes são: retículo endoplasmático liso e rugoso, complexo ou aparelho de Golgi, lisossomos, vesículas, vacúolos, o núcleo celular também apresenta uma membrana (carioteca). Como exemplos de organelas soltas no citoplasma podemos destacar os ribossomos, centríolos e microtúbulos.

Como em todo sistema celular, as organelas também se comunicam internamente, para isso usam os segmentos da membrana e a sinalização celular, já as mitocôndrias e os cloroplastos não são enquadrados no sistema de organelas endomembranas.



As células eucariontes são usualmente maiores e estruturalmente complexas. As organelas presentes no citoplasma possuem papéis específicos definidos por reações químicas.

Como em qualquer linha de produção, seja qual for o defeito em uma organela, este gera problemas no funcionamento da célula e, conseqüentemente, em órgãos e no organismo. As funções das organelas são bem específicas e dependentes uma das outras.

Os ribossomos, por exemplo, são responsáveis pela síntese proteica, são grânulos de RNA e proteínas (proteínas ribossomais), caracterizam-se pela presença no citoplasma e aderidos no retículo endoplasmático. O retículo endoplasmático está relacionado com a síntese de proteínas e lipídios e é formado por tubos e sacos achatados que se estendem por todo citoplasma. Apresenta-se em duas formas, o retículo endoplasmático rugoso e liso, o rugoso está relacionado com a síntese de proteínas associada aos ribossomos, já a porção lisa, onde predominam túbulos e vesículas, a função principal é a síntese de lipídios para que ocorra a formação de biomembranas. Também ocorre o armazenamento de precursores de síntese de hormônios esteroides, outras funções podem ser creditadas à porção lisa do retículo, sendo a retirada de substâncias potencialmente tóxicas de dentro do organismo, participam da segregação de regiões do citoplasma ou organelas envelhecidas para sua reciclagem no processo de autofagia, armazenamento e regulação no uso do íon cálcio no metabolismo das células musculares.

O retículo endoplasmático também compartilha membrana com a face de maturação do complexo de Golgi (TRANS), formando as cisternas achatadas que dão estrutura à organela, a partir desta formação, junto ao retículo endoplasmático, ocorre a doação de membranas para formação de lisossomo, peroxissomos e vesículas.

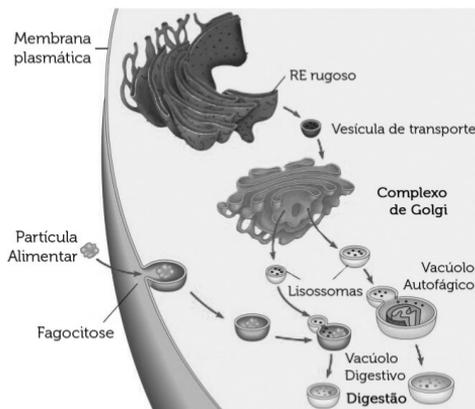
O complexo de Golgi é formado por duas faces, sendo CIS (formação) e TRANS (maturação), essas faces formam as redes de Golgi trans e Golgi cis, assim as proteínas e os lipídios sintetizados no retículo endoplasmático entram pela rede de Golgi cis e saem pela trans.



As proteínas que são produzidas nos ribossomos do retículo endoplasmático rugoso (RER) passam pelas vesículas achatadas e se deslocam em direção ao complexo de Golgi, passando pelos canais do retículo endoplasmático liso (REL).

Dentre as organelas endomembranais, temos os lisossomos, que possuem importante papel no funcionamento celular, pois atuam na digestão celular, sua formação é composta pelos sáculos do complexo de Golgi (face trans). Ao completar a formação vesicular no citoplasma, irá ocorrer o bombeamento de prótons em seu interior, para tornar o ambiente ácido (pH em torno de 5), ativando, assim, as várias enzimas responsáveis pela degradação de diversas moléculas. Os lisossomos são classificados em primário quando contêm em seu interior apenas enzimas; quando associados a algum endossomo tardio ou outro vacúolo para digestão, são chamados lisossomos secundários; e os terciários aparecem quando em seu interior possuem resíduos não digeridos no processo de digestão. Além dos lisossomos, ocorre degradação proteica pelos proteassomas, formadas por um conjunto de enzimas citoplasmáticas, por várias classes de proteases que se apresentam em torno de um cilindro (aparência da organela), sua principal função é degradar proteínas danificadas, mal dobradas, com aminoácidos oxidados, entre outras, essas proteínas, para serem degradadas, devem ser reconhecidas pela proteína ubiquitina. Um dado importante sobre a proteassoma é que sua ativação em excesso está relacionada a uma série de doenças.

Figura 3.6 | Relação entre retículo endoplasmático e complexo de Golgi



Fonte: <[http://www.cientic.com/tema\\_celula\\_img7.html](http://www.cientic.com/tema_celula_img7.html)>. Acesso em: 25 jun. 2015.

Já os peroxissomos são importantes na (conversão de peróxido de hidrogênio, conhecido como água oxigenada ( $H_2O_2$ ) em água e oxigênio) transformação de hidrogênio em oxigênio, utilizam a enzima catalase em seus processos e disfunções relacionadas a eles podem causar intoxicação celular por peróxido de hidrogênio, que se forma nas reações de transformação do peroxissomo. Uma particularidade dos peroxissomos é a capacidade de se replicar utilizando as proteínas do citoplasma.

As mitocôndrias se replicam com DNA próprio e são fundamentais para o funcionamento celular, responsáveis pela síntese de ATP com uso de oxigênio, envolvidas no ciclo de Krebs e na cadeia respiratória.



### Pesquise mais

Caro aluno, para saber mais sobre as mitocôndrias, pesquise o capítulo 4 do livro: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Biologia celular e molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

Leia também a matéria "Técnica possibilita tratamento para doenças do envelhecimento". Disponível em: <<http://www.usp.br/aun/exibir.php?id=5314>>. Acesso em: 25 jun. 2015.

Os centríolos são fundamentais para divisão celular, são formados por microtúbulos do citoesqueleto, disposto por nove trios, formando cilindros que se posicionam duplamente próximo ao núcleo celular.

Os vacúolos aparecem nas células eucariontes, principalmente nos vegetais, são revestidos por uma membrana e estão relacionados com a contenção de substâncias tóxicas e resíduos do metabolismo das células.

Perceba que todas as organelas, tanto membranosas como soltas no citoplasma, têm suas funções relacionadas, portanto, situações que possam causar lesões a uma organela irão afetar a célula por completo.



### Exemplificando

As células são as unidades fundamentais da vida, possuem uma membrana plasmática que as separa do ambiente extracelular e um citoplasma com diversas organelas, em que cada uma possui uma função específica, no entanto, com dependência uma da outra, os

lisossomos estão relacionados ao complexo de Golgi e ao retículo endoplasmático rugoso, e todos dependem das mitocôndrias. Explique a dependência de todas as organelas com relação às mitocôndrias.

Resposta: as mitocôndrias são responsáveis pela produção de energia (ATP), assim elas transferem através de suas membranas o ATP para as organelas, que conseguem energia para suas reações químicas, para as mitocôndrias retornam ADP+P para serem recarregados em ATP, novamente formando um ciclo contínuo.



### Faça você mesmo

Pense nas células eucariontes como se fossem uma cidade, onde podemos dizer que a membrana plasmática é o perímetro urbano, a matriz citoplasmática é o espaço urbano e as organelas são a prefeitura, as ruas e a central elétrica.

Resposta: prefeitura é a central de decisões, portanto, nas células, seria o núcleo; ruas são as passagens e, nas células, seriam os retículos endoplasmáticos; e a central elétrica seriam as mitocôndrias responsáveis pela energia celular.

## Sem medo de errar

Prezado aluno, após os conceitos expressos na seção, podemos avaliar a situação de Carmen, que diariamente está exposta à poluição da cidade de São Paulo, incluindo o gás monóxido de carbono, que afeta principalmente as trocas gasosas efetuadas pela hemoglobina presente nas hemácias.

O oxigênio entra no organismo pela respiração e segue para os capilares pulmonares, onde as hemácias efetuam o recebimento de oxigênio, levam esse oxigênio para células e recebem o  $\text{CO}_2$  para ser liberado no ambiente. Nas células, assim que o oxigênio chega às mitocôndrias, irá efetuar o processo de geração de energia para as reações vitais. Quando o monóxido de carbono entra na corrente sanguínea, afeta essa troca, pois a hemoglobina não consegue se livrar do CO, não pode trocá-lo por  $\text{O}_2$  e, conseqüentemente, oxigenar o organismo. É por isso que o CO

é um asfixiante sistêmico. Assim, com 30% das hemoglobinas saturadas de monóxido de carbono, as células já começam a apresentar sinais de hipóxia se a saturação chegar a 60% pode ocorrer perda de consciência e morte.

Carmem está sendo intoxicada pelo CO e por isso suas hemácias não estão conseguindo levar oxigênio para as células e liberar o gás carbônico para o ambiente, causando mau funcionamento das organelas que dependem da formação de ATP pelas mitocôndrias para realizar suas reações químicas.



### Atenção

O gás monóxido de carbono é incolor, insípido e produzido pela queima incompleta de combustíveis fósseis, isto é, contém átomos de carbono.



### Lembre-se

A intoxicação por CO pode ser revertida, basta o indivíduo parar de inalar o gás, assim a hemoglobina livra-se do gás tóxico, o sistema sanguíneo produz novas hemácias e, após alguns dias, o ciclo de oxigenação tende a voltar ao normal.

## Avançando na prática

### Pratique mais!

#### Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

#### Caquexia

1. Competência de fundamentos da área	de	Conhecer a estrutura e as funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo, bem como as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos. Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.
2. Objetivos de aprendizagem	de	Compreender o impacto das organelas nos processos vitais da célula.
3. Conteúdos relacionados		Origem celular, macronutrientes, micronutrientes, processos ácidos-base, membrana plasmática, citosol e citoesqueleto.

4. Descrição da SP	Em um hospital oncológico, foi identificado que alguns pacientes desenvolviam alguns sintomas, como: perda de peso, com predominante perda de massa corpórea (proteína muscular) e tecido adiposo. Relacione esses sintomas à ação das proteassomas.
5. Resolução da SP	Para resolver a situação-problema apresentada, analise a função das proteassomas e as organelas que atuam em conjunto com ela.



### Lembre-se

Proteassomas possuem enzimas chamadas proteases, que degradam proteínas.



### Faça você mesmo

O fígado dos mamíferos possui muitas funções, é um órgão que faz parte do sistema digestório, muito importante para a digestão, pois uma das principais funções é de metabolizar e armazenar nutrientes e destoxificação de muitas drogas, no entanto, qual organela irá se apresentar em maior quantidade neste órgão, quando está atuando em substâncias tóxicas?

Resposta: a organela em destaque é o retículo endoplasmático liso, que participa de processos de desintoxicação do organismo, absorvendo e modificando/destruindo as substâncias tóxicas.

### Faça valer a pena

**1.** Os tecidos conjuntivo e muscular apresentam muitas organelas como \_\_\_\_\_, pois precisam de \_\_\_\_\_ mais intensa para manter seu metabolismo acelerado.

- Mitocôndrias e síntese energética.
- Ribossomos e síntese enzimática.
- Lisossomos e síntese proteica.
- Proteassomas e síntese energética.
- Peroxisomos e síntese proteica.

**2.** Em uma célula saudável, todas as organelas desempenham seu papel em dependência umas das outras. Se retirarmos os lisossomos e ribossomos desta célula, o que aconteceria?

- a) Será prejudicado o fornecimento de sódio e potássio.
- b) Será prejudicada a eliminação de peróxido de hidrogênio.
- c) Serão prejudicados o fornecimento de energia e a produção de proteínas.
- d) Serão prejudicados o armazenamento de lipídios e a produção de enzimas.
- e) Serão prejudicados a digestão celular e a produção de proteínas.

**3.** A insulina começa a ser fabricada \_\_\_\_\_ em estruturas granulosas, será transferida para o interior de cisternas, onde será armazenada \_\_\_\_\_ e a energia para esses processos provém da \_\_\_\_\_.

- a) Retículo endoplasmático, complexo de Golgi e mitocôndrias.
- b) Lisossomos, complexo de Golgi e vesículas.
- c) Retículo endoplasmático, lisossomos e peroxissomos.
- d) Mitocôndrias, complexo de Golgi e retículo endoplasmático.
- e) Lisossomos, mitocôndrias e complexo de Golgi.

**4.** Em células eucariontes, o retículo endoplasmático atua em parceria com o complexo de Golgi. Assinale a alternativa que descreve a atuação destas organelas:

- a) Armazena os peptídeos da parede celular, produzidos no complexo de Golgi, que os processa antes da liberação.
- b) Sintetiza proteínas e as transfere para o complexo de

Golgi, que as concentra e as libera em vesículas que terão diferentes destinos nas células.

c) O retículo endoplasmático se associa ao complexo de Golgi e forma o acrossomo dos espermatozoides, efetuando a digestão da parede do óvulo.

d) Liberam proteínas digestivas nas vesículas que se associam aos lisossomos.

e) Produzem enzimas que irão atuar junto aos lisossomos.

**5.** A ação de alguns antibióticos pode ser específica em determinadas organelas. Se a ação for nos ribossomos, qual será a consequência?

a) Morte da bactéria por inibir a síntese de proteínas.

b) Paralisação da ação bacteriana por ação enzimática.

c) Nada irá acontecer, pois os ribossomos não estão envolvidos em sínteses metabólicas.

d) Irá ocorrer a alteração do DNA da bactéria.

e) Irá impedir a recombinação gênica de um vírus.

**6.** Defina sistema de endomembranas e cite três exemplos:

**7.** As organelas celulares desempenham muitas funções e, de acordo com a atividade do órgão, algumas podem estar em maior quantidade. No caso do tecido adiposo pardo ou multilocular, do tecido ósseo e do fígado, quais organelas estão em destaque?

# Referências

DE ROBERTIS, E. M. F.; HIB, J. **Bases da biologia celular e molecular**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

ENGELKIRK, Paul G.; DUBEN-ENGELKIRK, Janet. **Microbiologia para as ciências da saúde**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, José. **Biologia celular e molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

MARZZOCO, Anita; TORRES, Bayardo Baptista. **Bioquímica básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

MÉDICOS SEM FRONTEIRAS. **OMS - Cólera**. 2013. Disponível em: <<http://www.msf.org.br/o-que-fazemos/atividades-medicas/colera>>. Acesso em: 20 jun. 2015.

# Núcleo celular e fundamentos genéticos

## Convite ao estudo

Prezado aluno, seja bem-vindo! Estamos na última unidade de Ciências Moleculares e Celulares. Nas seções anteriores, enfocamos a relação das células com agentes que poderiam causar danos e modificar seu funcionamento, impedindo a origem e continuidade da vida. Para finalizar, iremos falar dos processos que as células usam para se replicar e transmitir suas características, com destaque para o núcleo e seus componentes, como o DNA, mostrando como ocorre sua formação e possíveis alterações. As questões genéticas foram inseridas no mundo das ciências pelo monge Gregor Mendel, em 1865, com seus experimentos em ervilhas, efetuando cruzamentos entre elas. Os resultados de tais estudos deram origem às leis de Mendel (herança biológica), que definem como as características genéticas podem ocorrer e a atuação destas na formação do indivíduo (fenótipo e genótipo).

Quando falamos em núcleo celular, já relacionamos com central de informações de uma célula, mas você sabe do que é formado o material genético? Como ele se replica e quais as propriedades estruturais e fisiológicas de um organismo? Todas essas informações você encontrará no decorrer da unidade. Para esta seção enfocaremos o núcleo celular e suas funções.

Qual o significado da palavra fenótipo? Está relacionada às características morfológicas, fisiológicas e comportamentais de cada indivíduo, com o passar dos anos o fenótipo pode ser alterado, pois envelhecemos e algumas características se modificam, como a pele, por exemplo. Mas o fenótipo não é o único a compor um ser vivo, está associado ao genótipo. Modificações gênicas causam mudanças na formação dos seres vivos.

Desde que a vida surgiu ocorrem alterações genéticas,

iremos estudar algumas causas nesta unidade. Com certeza você já leu ou assistiu à história do Corcunda de Notre Dame, do escritor Victor Hugo, publicado pela primeira vez em 1831, em que o personagem principal é um homem com deformidades hereditárias. Naquela época, pessoas que possuísem qualquer alteração genética eram consideradas monstros e muitos eram sacrificados ao nascer. As alterações muitas vezes se refletem na imagem corporal, em formação de órgãos, deficiências neurológicas e motoras. De acordo com o cromossomo afetado ou a informação genética emitida pelo DNA, as transformações orgânicas podem ser drásticas. No decorrer da unidade, você encontrará muitos exemplos sobre as alterações genéticas e como essa condição se desenvolve, quais as consequências ao organismo, e casos em que, mesmo com problemas genéticos indivíduos, conseguem ter uma vida plena e feliz.

#### **Competência a ser desenvolvida:**

Conhecer a estrutura e funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo, bem como as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos. Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.

#### **Objetivos:**

- Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.
- Conhecer os eventos de transcrição e tradução do código genético. Caracterizar os fatores reguladores e os eventos do ciclo celular e meiose, suas finalidades e importância.
- Analisar e interpretar os diferentes padrões de herança para melhor compreensão das patologias humanas de bases genéticas.
- Identificar a origem das cromossomopatias e classificar as anomalias cromossômicas numéricas e estruturais.
- Reconhecer os fatores reguladores e os eventos da diferenciação e morte celulares.
- Compreender os diferentes padrões de herança e os modelos de herança pouco usuais.

# Seção 4.1

## Ácidos nucleicos, armazenamento e transmissão da informação genética

### Diálogo aberto

Caro aluno, para compreender plenamente esta unidade, recorde os conceitos apresentados anteriormente, quando falamos da origem e formação celular, das reações químicas que as células realizam, a importância das proteínas, carboidratos, lipídios e sais minerais na formação de todas as estruturas celulares, a relação das organelas com as funções celulares, todos os aspectos destes conceitos podemos analisar com as disfunções causadas por agentes tóxicos, biológicos, químicos e físicos. Agora, iremos finalizar com a apresentação do núcleo e suas funções, com destaque para sua constituição e ação, e novamente falaremos da importância das proteínas, mas voltadas para a formação do DNA.

Nas células eucariontes, o núcleo se assemelha, possuindo estruturas como a carioteca repleta de um material filamentososo, que se trata da cromatina, ainda apresenta o nucléolo e um fluido chamado cariolinfa. A carioteca é um envelope nuclear que protege o material nuclear, é composta por duas membranas, a parte interna chamada de cisterna perinuclear e a parte externa com ribossomos aderidos, estão perto do retículo endoplasmático e possuem canais que fazem a comunicação entre o citosol e o núcleo. As membranas são sustentadas por filamentos intermediários e na superfície interna se encontram com a lâmina nuclear, composta por proteínas chamadas lâminas, que fazem parte dos filamentos intermediários.



### Reflita

A constituição de ácidos nucleicos se dá por polímeros formados de nucleotídeos, lembrando a aparência de um colar de pérolas, no qual o cordão é a ligação covalente entre as pérolas que representam os nucleotídeos.

Dentro da carioteca temos a cromatina, que comanda as instruções para as funções celulares, composta pelos ácidos nucleicos DNA e RNA. O RNA, apesar de sintetizado e processado no núcleo, pode ser encontrado também no citoplasma celular.

As instruções são como receitas para a síntese de proteínas, portanto, os genes (moléculas de DNA), que são associados às proteínas, formam os cromossomos. Tais moléculas são a fonte da nossa existência e nosso funcionamento, coordenam o que ocorre nas células e, conseqüentemente, em todo o organismo, sendo responsáveis por características como a cor dos olhos e cabelos, sua altura e pela predisposição a doenças, pois a replicação do DNA precisa seguir a receita original de acordo com esse DNA, que na verdade apenas possui a informação de como fazer as proteínas, mas são os ribossomos citoplasmáticos (retículo endoplasmático) que funcionam como verdadeiros copiadores, sintetizando-as. A ponte entre o que está escrito no DNA e como isso vai virar proteína nos ribossomos é feita pelo RNA, que faz uma cópia do DNA e serve como molde para as próximas células, que irão formar um organismo.



### Lembre-se

Células eucariontes são complexas, formadas por um sistema de endomembranas, com organelas organizadas, e o núcleo celular costuma ficar no centro das células, no entanto, podem aparecer na parte basal em algumas células.

Alterações na formação cromossômica ou na informação genética (nas cópias) trazem modificações na constituição de um organismo. Mutações gênicas podem ocorrer em todos os seres compostos por ácidos nucleicos.

No entanto, com o passar dos séculos, a medicina nos deu muitas respostas a problemas de malformação gênica, mas para sua reflexão segue uma situação do mundo moderno: No ano de 1999, dona Rose esperava a chegada de seu primeiro filho. Como toda gestante de uma cidade grande, participou das consultas de pré-natal, fez os exames solicitados e descobriu, ainda durante a gravidez, que seu filho nasceria com polidactilia, anomalia que se

define pelo aumento no número de dedos, isto é, o indivíduo terá mais de cinco dedos, que podem ser nas mãos (sendo chamado de quirodáctilos) ou nos pés (chamado de pododáctilos). Para a família foi um susto, mas o tempo restante de gestação permitiu que entendessem e aceitassem, pois uma criança com alterações genéticas pode ter uma vida plena e feliz, e essa alteração poderia ser corrigida com cirurgia. Caro aluno, mediante conceitos sobre a transmissão das informações genéticas para formação da cópia de DNA, relacione as alterações genéticas com a morfologia, fisiologia e comportamento de um indivíduo com alterações genéticas.

## Não pode faltar

### 4.1.1 Núcleo celular

Nas células eucariontes, geralmente, o núcleo acompanha a forma da célula e fica na região central, por exemplo, se a célula for esférica, o núcleo também será esférico, se a célula for alongada como as células musculares, o núcleo acompanhará essa forma.

O núcleo é a central de informações celulares, foi exemplificado inicialmente por Franz Bauer no ano de 1802, depois, em 1831, foi descrito com maiores detalhes pelo botânico Robert Brown. O núcleo possui o material genético do organismo e proteínas com a função de regular a expressão gênica, sendo processos de transcrição e processamento de RNA mensageiro. Outro destaque do núcleo são os nucléolos envolvidos na produção de ribossomos. A carioteca é formada por duas membranas lipoproteicas, perfurada por poros, que permitem o intercâmbio de macromoléculas. Essa estrutura de membrana desaparece nas fases de divisão celular, assim o conteúdo do núcleo fica solto no citoplasma, pronto para os processos de divisão, que veremos no decorrer da seção.



**Pesquise mais**

Para saber mais sobre a carioteca e os canais de comunicação, leia o capítulo 8 do livro: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Biologia celular e molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

São chamados de ácidos nucleicos as moléculas ácidas presentes no núcleo, sendo definições para DNA (ácido desoxirribonucleico) e

RNA (ácido ribonucleico). A estrutura do DNA foi explicada por James Watson e Francis Crick, em 1952, com o modelo da dupla hélice.

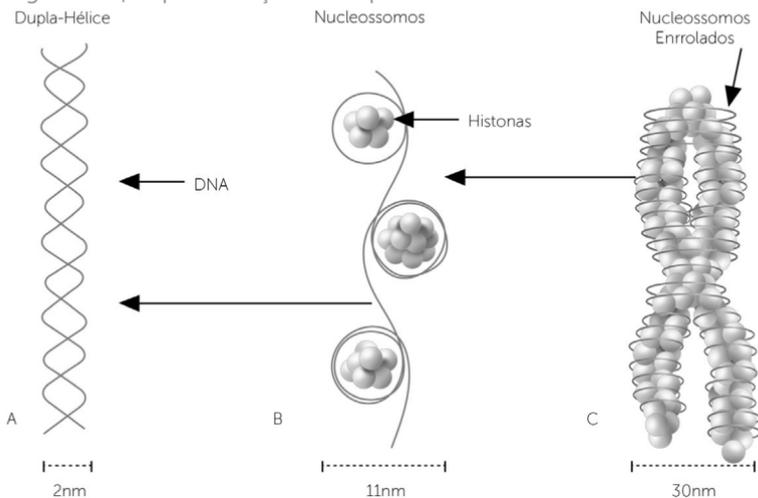
O DNA se apresenta como uma longa estrutura ramificada, composta por muitos nucleotídeos, sendo que cada nucleotídeo é formado por três componentes: uma base nitrogenada, que são adenina (A), timina (T), citosina (C), guanina (G) e uracila (U), mais um açúcar desoxirribose (DNA) ou ribose (RNA) e um grupo fosfato responsável pela acidez dos ácidos nucleicos; essas bases conseguem se ligar umas às outras por pontes de hidrogênio. A leitura do código genético contido no DNA é efetuada em grupos de três nucleotídeos, os códon, correspondentes a uma sequência de três bases nitrogenadas consecutivas (trinca) do RNA mensageiro, e anticódon, corresponde a uma sequência de três bases nitrogenadas (trinca) do RNA transportador, associando-se a uma trinca do RNA mensageiro quando este está ligado ao ribossomo, durante a etapa de tradução do processo de síntese proteica.

Nas células dos seres humanos, o DNA se encontra na forma de dupla fita, enquanto o RNA se apresenta na forma de fita simples. A ligação das bases é um processo específico no qual T só pareia com A, C com G, G com C e U com A, e A pareia com T ou U no caso de RNA.

A informação genética de cada cromossomo é chamada de genoma. Nas células humanas, temos 46 cromossomos, que são finíssimos filamentos enovelados, formando uma dupla hélice de DNA, também possuem proteínas que estruturam os cromossomos, são as proteínas histonas e as não histônicas. Ao conjunto da dupla hélice de DNA e proteínas damos o nome de nucleossomo, que é a unidade fundamental da cromatina.

A cromatina se apresenta de duas formas: a ativa, que é expressa pela transcrição contínua do RNA, e a inativa, que não tem a transcrição de RNA. O DNA é empacotado na cromatina para diminuir o tamanho e permitir maior controle dos genes por parte da célula. Grande parte da cromatina é localizada na periferia do núcleo, pois uma das principais proteínas associadas com a heterocromatina liga-se a uma proteína da membrana nuclear interna. São conhecidos dois tipos de cromatina: eucromatina, que consiste em DNA ativo, e heterocromatina, que consiste em DNA inativo.

Figura 4.1 | Representação de dupla hélice do DNA



Fonte: <<http://www.ufv.br/dbg/genetica/cap10.htm>>. Acesso em: 4 jul. 2015

Entre os ácidos nucleicos ocorrem diferenças: no filamento de DNA temos Purinas (adenina e guanina) e Pirimidinas (timina e citosina); no filamento de RNA temos Purinas (adenina e guanina) e Pirimidinas (uracila e citosina), sendo assim, a sequência dos nucleotídeos mantém a diferença entre os genes de DNA e dos códon e anticódon no filamento de RNA.

Os cromossomos na espécie humana estão em pares, sendo chamados de cromossomos homólogos. As células com esses cromossomos são chamadas de diploides e quando um ser vivo apresenta apenas um conjunto de cromossomos é chamado de haploide. Nos seres humanos, esse tipo de célula está presente nos gametas.

Cromossomos homólogos possuem ligações para as mesmas proteínas, essa condição é chamada de loco gênico, e para definir a ocupação por proteínas na mesma posição nos cromossomos homólogos falamos em genes alelos.

#### 4.1.2 Informações genéticas

A duplicação do DNA ocorre com o rompimento das bases de hidrogênio, assim os nucleotídeos livres são atraídos pelas bases do DNA, na parte onde as cadeias estão separadas, na sequência de emparelhamento das cadeias de DNA aberto ocorre a união

dos nucleotídeos entre si e a formação de duas novas cadeias complementares que se enrolam em torno das originais.

Você sabe como as informações genéticas se caracterizam? Com base nas ligações específicas de DNA, destacando quatro propriedades: diversidade de estrutura, habilidade de se replicar, mutabilidade e tradução em forma de função.

O código genético se refere à receita bioquímica para fabricação de moléculas de proteína que constitui os genes, esse código é um sistema de símbolos que armazena a informação, assim, com o conhecimento do código é possível obter a informação para ser traduzida.

Para ocorrer a transformação da informação serão necessárias duas etapas, a transcrição e a tradução, sendo que a tradução está relacionada com as informações para a síntese de proteínas escrita na sequência de nucleotídeos do DNA. De acordo com essa sequência, a célula produz uma determinada proteína.



### Assimile

Para ocorrer a formação de uma molécula de RNA, um filamento de DNA deve servir de molde para que ocorra a transcrição.

A transcrição genética ocorre com o processo de síntese de um RNA a partir de um DNA, assim o DNA transcreve suas mensagens genéticas para as moléculas de RNA. São produzidos três tipos de RNA (mensageiro, ribossômico e transportador), somente o RNAm contém as informações do código genético, mas os RNAt e RNAr são fundamentais para a síntese proteica de todos os tipos de células.

Você sabe em qual região do cromossomo ocorre a transcrição? Em regiões do cromossomo com cromatinas ativas menos condensadas, existem três enzimas envolvidas no reconhecimento da região do DNA que será transcrita, são elas: RNA polimerase I, RNA polimerase II e RNA polimerase III.

Por fim, é necessária a regulação gênica, que determina o uso da informação codificada no gene, regulando em que momento e locais a informação deve ser traduzida. Alterações podem causar desarranjos nas formações celulares.



## Faça você mesmo

Agora que você já conhece os tipos de RNA, caracterize os que participam da síntese de proteínas em uma célula.

Resposta: São três os tipos que participam da síntese de proteínas, sendo o RNA mensageiro responsável por copiar as informações do DNA e levá-las até o citoplasma associado aos ribossomos, já o RNA transportador é responsável por levar os aminoácidos livres até os ribossomos, e por fim, o RNA ribossômico que se associa a proteínas para construir os ribossomos.

As mutações gênicas acontecem com a alteração na sequência de nucleotídeos, ocorrendo remoção, adição ou substituição de bases. Isso pode acarretar a transformação da molécula de RNAm, e assim alterar a proteína produzida, afetando também o fenótipo. Já as mutações cromossômicas afetam partes ou todo o cromossomo, podendo acarretar alterações estruturais ou no número de cromossomos. Tais mutações ocorrem devido ao erro no processo de duplicação do DNA.

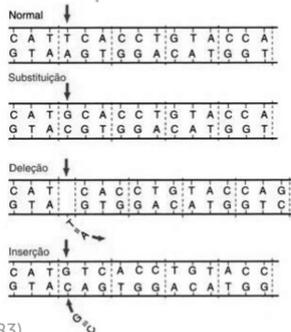
Assim, as mutações podem trazer prejuízos, mas também podem levar um organismo a evoluir de acordo com os fatores ambientais. Como exemplo de danos, podemos citar o albinismo, que é causado por uma mutação na enzima tirosinase que transforma o aminoácido tirozina em pigmento da pele.



## Refleta

A formação dos ribossomos tem início no nucléolo, pois os RNAr, uma vez produzidos, associam-se a proteínas para construir os grânulos de ribossomo.

Figura 4.2 | Sequência de mutações



Fonte: Nussbaum (2008, p. 183).



## Exemplificando

Uma cadeia de RNA foi produzida tendo como molde a hélice superior da molécula de DNA (sequência: ATA CCG TAT, AUA). Qual a sequência de bases deste RNA?

Resposta: a sequência de RNA será TAT GGC ATA e UAU GGC AUA, no RNA a timina será substituída por uracila.

## Sem medo de errar

Caro aluno, agora que os conceitos da seção foram apresentados e com seus conhecimentos sobre o mundo da genética, podemos analisar a situação-problema apresentada no *Diálogo aberto*, na qual o filho de dona Rosa nasceu com uma mutação genética.

As mutações gênicas são determinadas pela permuta, adição ou remoção de nucleotídeos, quando por adição ou remoção de bases, altera, portanto, o código genético, definindo uma nova sequência de bases que, conseqüentemente, poderá alterar o tipo de aminoácido incluído na cadeia proteica, tendo a proteína outra função ou mesmo inativação da expressão fenotípica. Por permuta, ocorre a troca de uma base nitrogenada purina (adenina e guanina) por outra purina, ou de uma pirimidina (citosina e timina) por outra pirimidina, esse processo é denominado de transversão. No caso da polidactilia, ocorre a modificação da informação para síntese de uma determinada proteína, sendo uma anomalia resultante da manifestação de um alelo autossômico e dominante. As alterações na síntese das proteínas fundamentais para formação da organogênese dos vertebrados, especialmente para constituição dos dedos dos membros inferior e superior, são comprometidas e não ocorre a inibição do crescimento dos dedos. Assim, o indivíduo terá um número maior de dedos, que podem ser nas mãos e pés.

Essa mutação não afeta outros órgãos e a única consequência está relacionada à estética (fenótipo), assim, a remoção por cirurgia dos dedos extras é a forma de tratamento, no entanto, os descendentes deste indivíduo nascerão com o gene mutante e poderão desenvolver os sintomas. Assim, no mundo atual, o filho de dona Rosa poderá retirar os dedos extras e ter uma vida plena e feliz, mesmo com uma mutação genética.



## Atenção

Existem dois tipos de ácidos nucleicos sendo o DNA (ácido desoxirribonucleico) e o RNA (ácido ribonucleico), que são formados por três componentes: pentoses, bases nitrogenadas e fosfato, a esse conjunto damos o nome de nucleotídeo.



## Lembre-se

A formação dos ácidos nucleicos é constituída por macromoléculas proteicas que formaram os genes, que são responsáveis pelo armazenamento, transmissão e tradução das informações genéticas.

## Avançando na prática

### Pratique mais!

#### Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

#### DNA - Chave do conhecimento

1. Competência de fundamentos da área	Conhecer a estrutura e as funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo, bem como as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos. Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.
2. Objetivos de aprendizagem	Compreender a ação dos ácidos nucleicos e identificar a origem das mutações a partir dos erros na tradução e transcrição.
3. Conteúdos relacionados	Origem e formação celular, reações bioquímicas que regulam o metabolismo. Formação de proteínas e enzimas a partir de aminoácidos.
4. Descrição da SP	No ano de 2014, uma atriz norte-americana revelou ao mundo que a partir de um exame de DNA identificou a predisposição genética para desenvolver um câncer de mama. Especialistas em genética sublinharam que os testes de DNA são altamente eficazes para determinar a existência de alguns tipos de doenças raras e hereditárias. Relacione quais informações esses exames identificam e qual é a relação com a tradução e transcrição.
5. Resolução da SP	Para resolver a questão, você deve avaliar a duplicação do DNA e formação de mutações.



## Lembre-se

A informação usada pelas células passa por duas etapas na transferência de informação.



## Faça você mesmo

Em uma molécula de DNA, o aminoácido arginina é codificado por TCT. Mediante essa informação, determine o anticódon correspondente.

Resposta: a sequência correspondente será UCU.

## Faça valer a pena

**1.** Para formação dos nucleotídeos são necessários três componentes, entre eles estão as bases nitrogenadas, que se organizam aos pares com ligantes específicos. Para o DNA, a adenina se liga à:

- a) Timina.
- b) Guanina.
- c) Uracila.
- d) Citosina.
- e) Ademina.

**2.** A cromatina presente no núcleo celular é representada por duas regiões. Determine qual região representa um segmento cromossômico menos condensado, com alta transcrição gênica:

- a) Heterocromatina.
- b) Eucromatina.
- c) Cromossomo.
- d) Cromatina.
- e) Nucleotídeo.

**3.** Os ácidos nucleicos são formados por um conjunto de três componentes, bases nitrogenadas, pentoses e fosfatos, ligados por pontes de hidrogênio. Ao conjunto desses três compostos damos o nome de:

- a) Cromossomos.
- b) Cromatina.
- c) Eucromatina.
- d) Ácidos Graxos.
- e) Nucleotídeos.

**4.** As bases nitrogenadas possuem ligações específicas, e entre DNA e RNA ocorrem diferenças entre as ligações. No RNA a adenina de uma fita simples de nucleotídeos irá se parear com qual base nitrogenada?

a) Adenina.

d) Uracila.

b) Timina.

e) Citosina.

c) Guanina.

**5.** Para ocorrer a transmissão das informações genéticas, os genes devem seguir sempre a mesma receita, evitando mutações. Qual o processo que ocorre com a síntese de polipeptídios em que a sequência de aminoácidos é determinada pela sequência de códons do RNA mensageiro?

a) Tradução.

d) Duplicação.

b) Replicação.

e) Condensação.

c) Transcrição.

**6.** No núcleo celular ocorre a existência de dois ácidos nucleicos. Descreva a constituição desses ácidos:

**7.** Entre os dois tipos de ácidos nucleicos, o RNA possui três versões envolvidas em processos fundamentais. Relate quais são esses RNA e suas funções:

# Seção 4.2

## Ciclo celular

### Diálogo aberto

Olá! Caro aluno, vamos continuar nossos estudos sobre a genética, avançando nas questões que envolvem a multiplicação celular. Mas para absorver com plenitude esta seção, vamos recordar os conceitos de núcleo celular, onde se encontra o material genético, isto é, os ácidos nucleicos, que chamamos de DNA (ácido desoxirribonucleico) e RNA (ácido ribonucleico). As informações contidas nestas estruturas são como receitas que devem ser retransmitidas, garantindo as características genotípicas e fenotípicas de cada espécie. No caso dos seres humanos (células eucariontes), temos 46 cromossomos nas células somáticas e 23 nas células germinativas.

Para que ocorra a vida de um organismo pluricelular, são necessários crescimento e multiplicação. Nas células eucariontes, ocorrem dois tipos de divisão celular, a mitose nas células somáticas, o que irá resultar em duas células-filhas, cada uma com 46 cromossomos e genes idênticos aos da célula-mãe; e a meiose que só acontece nas células germinativas e irá resultar na formação dos gametas (células reprodutivas), com apenas 23 cromossomos.



### Lembre-se

Organismos pluricelulares são formados por células eucariontes, com sistema de organelas membranosas e não membranosas que possuem funções bem definidas e organizadas.

Assim, nossa seção enfocará a divisão celular e suas fases, caso ocorra erro na fabricação das células-filhas, alterações genéticas podem acontecer, e muitas com graves consequências para a formação e desenvolvimento da vida do organismo.



## Atenção

O cariótipo corresponde ao conjunto cromossômico em relação ao número e morfologia dos cromossomos.

Como falamos na seção anterior, as mutações e alterações genéticas que afetam indivíduos estão presentes desde a Antiguidade e até nos dias atuais ainda podem causar preconceito e dificuldade para a inclusão desses indivíduos na sociedade. No entanto, atitudes para inclusão social estão cada vez mais em destaque. Para compreender melhor, analise o caso de Matheus: A síndrome de Down é uma alteração genética que causa características físicas semelhantes nos portadores, que são propensos a algumas doenças, possuem deficiência intelectual, mas boa comunicação, são sensíveis e se interessam em aprender. Com as questões envolvendo inclusão social, muitas empresas se abrem à contratação de jovens com síndrome de Down. Matheus está entre esses corajosos, que apesar das dificuldades, buscam a transição do mundo infantil para o adulto. Caro aluno, analise como ocorre a alteração que leva à síndrome de Down e destaque os sintomas genótipos e fenotípicos dessa alteração.

## Não pode faltar

### 4.2.1 Etapas do Ciclo Celular

Como vimos, a formação dos seres vivos pluricelulares é um processo complexo e que passa por muitas fases. Uma célula se origina da divisão de outra já existente, que precisa crescer e se multiplicar para ocorrer a formação dos tecidos (diferenciações) e, consequentemente, dos órgãos e do organismo como um todo. Assim, a reprodução celular se baseia em divisão binária, esse processo garante que as características de cada espécie de ser vivo se mantenham no decorrer do tempo. Para os seres procariontes, a divisão celular é simples, consiste em duplicação do DNA, formando dois nucleoides; em seguida, ocorre o estrangulamento na região central da célula, dividindo-a em duas partes, cada uma com seu material genético. Já para as células eucariontes, o processo é sofisticado, com várias etapas até a formação das células-filhas idênticas às células-mães.

Mas você já pensou sobre como as células eucariontes efetuam sua multiplicação? Por um processo chamado ciclo celular, fundamental para o desenvolvimento normal e reposição celular dos organismos; esse ciclo compreende duas etapas: interfase seguida de um período divisional.

Na interfase, ocorre a organização celular que está em constante atividade, produzindo substâncias, realizando processos químicos e físicos e desempenhando suas funções, pois as células precisam crescer para ocorrer a divisão. A interfase compreende três períodos: G1, S e G2, em que G significa “*gap*” (palavra em inglês que define intervalo) e S significa síntese.

No entanto, o que quer dizer G1? Compreende o período que mais sofre variação de tempo, pois, de acordo com o organismo e fatores extracelulares, trata-se da fase em que as células estão crescendo. As células animais possuem três características: podem se apresentar em células que se dividem constantemente, que só se dividem com estímulos e as que se diferenciam e não se dividem.

Para as células que só se dividem por estímulos pode ocorrer um período chamado G0 (G-zero), estado de dormência, mesmo estando saudáveis. Isso ocorre porque tais células não possuem fatores de crescimento, tendo metabolismo e síntese baixos. Alguns tecidos para suas divisões celulares e se diferenciam, não mais se dividem, como exemplo temos os neurônios, que permanecem indeterminadamente em período G0.

Portanto, na fase G1, as células crescem, se diferenciam e efetuam suas funções como as reações biológicas, químicas e físicas necessárias para a permanência da vida. Como vimos nas seções anteriores, os sinais necessários para indicar quando uma célula deve entrar em divisão são desencadeados por substâncias extracelulares sinalizadoras.

Em seguida da fase G1 a célula passa para fase S, na qual ocorrerá a síntese, que proporcionará a duplicação do DNA em réplicas idênticas. Esse processo é chamado de replicação. Nessa fase também se observa a formação de mais um par de centríolos. Muitas enzimas estão envolvidas no processo de duplicação do DNA, um exemplo são as DNA-polimerases (enzima muito importante

na manutenção correta da duplicação, conferindo a ligação das bases). Após essa fase, a célula entra em G<sub>2</sub>, que antecede a mitose e tem papel fundamental na conferência e reparação genômica; os cromossomos sofrem um processo de condensação que os encurtam e engrossam sua espessura, facilitando o momento de segregação para as células-filhas. Outro ponto de destaque nesse período é a síntese de proteínas não histônicas e a formação de um complexo proteico citoplasmático chamado complexo ciclina-Cdk, que é responsável pela entrada da célula em mitose.



### Refleta

Todos os organismos (jovens e adultos) passam por divisões celulares que permanecem por toda vida, pois esse processo, além de possibilitar a formação de órgãos, é também responsável pela reposição de células danificadas e mortas.

Lembrando que todas as organelas devem ser duplicadas. E para finalizar o período de G<sub>2</sub>, a célula passa para a etapa de divisão, que se for para originar células somáticas (não reprodutivas) ocorrerá por meio do processo de mitose, mas em caso de formação de células germinativas (reprodutoras – espermatozoide ou óvulo) teremos o processo de meiose.

Para ocorrer a formação de duas células-filhas, o material genético deve ser repartido igualmente, o que corresponde à mitose, e depois separado, o que corresponde à citocinese.

Como a mitose passa por alguns eventos característicos, para melhor efeito didático a explicaremos em quatro fases:

1. **Prófase:** nesta fase os cromossomos já estão bem condensados, os nucléolos se desfazem e seu conteúdo fica solto, condensa-se em filamentos pareados, chamadas de cromátides-irmãs; o fuso mitótico irá se formar mediante os microtúbulos do citoesqueleto. Em torno do núcleo, a carioteca desaparece e os cromossomos seguem para a região mediana da célula. Ao redor dos centríolos existem fibras que irão originar o áster, que será o polo do fuso mitótico. Durante a prófase, os dois ásteres migram para polos opostos sobre a superfície do envelope nuclear, sinalizando o início da montagem do fuso.

2. **Metáfase:** nesta fase os cromossomos atingem o grau necessário de condensação e migram para a região equatorial da célula, formando a placa metafásica. Os movimentos dos cromossomos são proporcionados devido aos microtúbulos do fuso e proteínas motoras que se localizam próximas aos cinetócoros, que são estruturas proteicas presentes na região do centrômero. Assim, o alinhamento dos cromossomos e das cromátides-irmãs deve estar correto, garantindo que as células-filhas recebam material genético em perfeitas condições. Em alguns momentos do ciclo celular ocorre a necessidade de verificar se possuem danos nas moléculas de DNA e posição dos cromossomos durante a divisão celular. Esses pontos do ciclo celular são chamados de pontos de checagem, na metáfase ocorrem pontos de checagem.

3. **Anáfase:** nesta fase ocorre a quebra do equilíbrio da placa metafásica e a migração das cromátides para os polos. A partir deste ponto as cromátides passam a ser chamadas de cromossomos-filhos. A característica básica desta fase é o encurtamento das fibras do fuso, por perda de dímeros de moléculas de tubulinas, assim os cromossomos são puxados para os polos da célula.

4. **Telófase:** nesta fase os cromossomos-filhos chegam aos polos e as fibras do fuso desaparecem, o núcleo é reconstituído e se inicia a divisão citoplasmática, mas o destaque dessa fase é a reorganização do nucléolo e o retorno da carioteca, mas isso só é possível devido à inativação do complexo ciclina-Cdk. Organelas como o retículo endoplasmático são fundamentais na constituição do sistema de membranas nesta etapa.



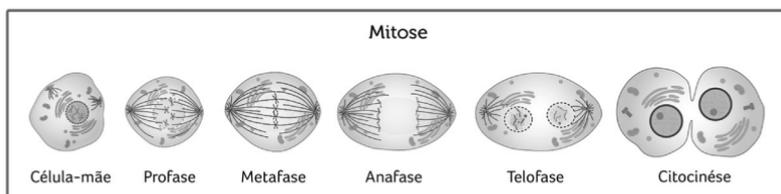
### Assimile

Para ocorrer o ciclo celular, as proteínas denominadas quinases, dependentes de ciclina, atuam na fosforilação de outras proteínas durante a divisão celular.

Para que a separação da célula ocorra, temos a citocinese, que se inicia no final da telófase. É o processo pelo qual a célula é estrangulada na parte equatorial devido à atuação de filamentos de miosina e actina que formam um anel contrátil. Como se inicia na periferia em direção ao centro, é chamado de citocinese centrípeta. Nas células vegetais, o processo se diferencia com a formação de uma placa celular na

região equatorial e a separação se inicia do centro para a periferia, sendo denominada centrífuga. Essas diferenças ocorrem devido à presença de parede celular nas células vegetais.

Figura 4.3 | Fases da mitose



Fonte: <<http://www.knoow.net/ciencterravida/biologia/mitose.htm>>. Acesso em: 11 jul. 2015.



### Pesquise mais

Para saber mais sobre o processo de mitose, analise o capítulo 9 do livro: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Biologia celular e molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

Leia também o artigo *Mitose como fator prognóstico para biópsia de linfonodo sentinela em melanoma fino*. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0365-05962011000700028&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0365-05962011000700028&script=sci_arttext)>. Acesso em: 11 jul. 2015.

## 4.2.2 Meiose: reprodução sexuada

Para ocorrer a reprodução sexuada com a mistura dos genes de dois indivíduos, é necessário que o processo de divisão meiótica seja duplo, isto é, duas divisões consecutivas para tornar células diploides ( $2n$ ) em haploides ( $n$ ). Para melhorar a compreensão, o processo é dividido em quatro fases, como na mitose, lembrando que temos a meiose I e meiose II com quatro fases cada.

Na primeira fase de divisão, ocorre a diminuição do número de cromossomos, por isso essa etapa é chamada de reducional. Já na segunda fase, chamada de equacional, o número de cromossomos se mantém.

As duas etapas possuem subfases dentro das etapas, a prófase I, por exemplo, possui cinco fases, e nos seres humanos essa fase é longa:

1. Leptóteno: nesta fase a cromatina começa a se condensar, portanto, é marcada pela espiralização dos cromossomos, já duplicados na interfase.
2. Zigóteno: pareamento dos cromossomos homólogos, sendo esse denominado de sinapse.
3. Paquíteno: a condensação chega ao seu ponto máximo, as quatro cromátides se ligam, formando estruturas denominadas bivalentes ou tétrades. Momento em que ocorre o *crossing-over*, isto é, troca de segmentos (permutação de genes) entre cromossomos homólogos; esse processo é muito importante para diversidade das espécies.
4. Diplóteno: começo da separação dos homólogos, no entanto, a característica marcante desta fase é a formação de quiasmas, que aparecem quando os cromossomos ainda emparelhados cruzam-se em certos pontos.
5. Diacinese: finalização da prófase I, o emparelhamento dos homólogos vai se desfazendo, as cromátides vão se afastando e, se possuem quiasmas, esses vão para as extremidades, processo chamado de terminalização dos quiasmas. A carioteca (envoltório membranoso nuclear) desaparece temporariamente.

Metáfase I: nesta fase as fibras do fuso se ligam aos cromossomos, que ficam agrupados na região equatorial da célula.

Anáfase I: encurtamento das fibras do fuso, deslocando os cromossomos homólogos para os polos opostos da célula. Nesta fase não há separação do centrômero (ponto de ligação das cromátides-irmãs em um cromossomo), as cromátides-irmãs migram juntas para o mesmo polo celular.

Telófase I: esta fase se inicia com a chegada dos cromossomos nos polos, assim irá ocorrer a desespiralização desses, retornando ao aspecto filamentosos, havendo também o reaparecimento do nucléolo bem como da carioteca e divisão do citoplasma (citocinese), originando duas células haploides. No entanto, cada cromossomo possui duas cromátides, uma vez que não houve divisão dos centrômeros.

Antes do início da meiose II, ocorre um espaço de tempo chamado intercinese. Não ocorre duplicação de cromossomos, portanto, sem a fase S, a inibição dessa duplicação é devido ao complexo ciclina-Cdk, que também controla os estímulos para divisão meiótica. Essa segunda divisão é mais simples e se assemelha à mitose, sendo constituída por prófase II, metáfase II, anáfase II e telófase II.

A meiose, portanto, está relacionada à diversidade das espécies, pois a mistura de cromossomos maternos e paternos e a troca de genes com a permuta aumentam a variabilidade genética dos indivíduos.

A meiose é caracterizada como processo principal da gametogênese, isto é, processo pelo qual os gametas são formados em organismos com reprodução sexuada. Nos animais, a gametogênese ocorre nas gônadas (órgãos que também são responsáveis pela produção de hormônios sexuais), sendo dividida em espermatogênese, que é a gametogênese masculina, e ovogênese, que é a feminina.

Apesar dos processos de correção de danos efetuados pela célula, durante os processos de divisão celular podem ocorrer modificações que irão interferir no número ou na estrutura dos cromossomos, criando as mutações cromossômicas, sendo numéricas quando o dano está relacionado ao número de cromossomos resultantes da divisão, ou estruturais quando afetam a forma dos cromossomos.

Com relação às alterações numéricas, podemos classificá-las em aneuploidias (erros na divisão celular), caracterizadas pelo aumento ou perda de cromossomos, e euploidias (ocorrem na duplicação cromossômica), nas quais se observa o aumento ou perda em um lote cromossômico. Referente às mutações estruturais, são formadas a partir da perda de pedaços de cromossomos, possibilitando novas combinações.



### Exemplificando

A mitose, como processo primordial de multiplicação celular, passa por algumas fases, em que as organelas e estruturas citoplasmáticas efetuam importantes papéis, os microtúbulos são exemplos dessa importância. Se alguma substância, como a colchicina, impedisse a sua formação em células em divisão, qual é a quantidade de cromossomos depois deste tratamento?

Resposta: como ocorre a inibição da formação do fuso mitótico, impedindo a separação dos cromossomos que permanecem na etapa da metáfase, a célula pode voltar à interfase com o dobro de cromossomos da célula inicial, portanto, 8.



### Faça você mesmo

Na meiose observamos duas fases, I e II. Em qual fase ocorre a divisão do centrômero e a migração das cromátides-irmãs?

Resposta: a meiose passa por duas fases, pois precisa reduzir o número de cromossomos. A separação destes irá acontecer na Anáfase II.

## Sem medo de errar

Prezado aluno, mediante os conceitos adquiridos na seção, podemos voltar à situação-problema exposta no *Diálogo aberto*, em que conhecemos Matheus, um jovem trabalhador com síndrome de Down. Apesar da mutação genética que causa limitações, ele conseguiu ser inserido no mercado de trabalho, situação que há cem anos jamais seria sequer pensada.

Nossa situação-problema enfoca as causas da mutação e em que momento da divisão celular ocorrem, e isso também responde pelas características marcantes dessa síndrome. Portanto, a síndrome de Down, ou trissomia do 21, caracteriza-se pela não disjunção dos cromossomos homólogos na anáfase I ou o não pareamento dos cromossomos na forma devida para os polos na anáfase II da meiose. Assim, um dos gametas irá receber dois cromossomos 21 enquanto o outro, nenhum.

As alterações fenotípicas dessa síndrome são: olhos oblíquos semelhantes aos dos orientais, rosto arredondado, mãos menores com dedos mais curtos, prega palmar única e orelhas pequenas, diminuição do tônus muscular responsável pela língua protusa e sulcada, dificuldades de locomoção, atraso na articulação da fala, comprometimento intelectual e possibilidade de doenças cardíacas. O genótipo (47 XY (+21)) da doença pode detectar qual das três anomalias relacionadas a essa síndrome o indivíduo possui, são elas: trissomia simples, translocação e mosaico.

Portanto, alterações na divisão celular causam danos à formação do organismo, afetando todo o desenvolvimento do indivíduo. No caso de Matheus, ele foi estimulado já na infância e conseguiu um desenvolvimento satisfatório dentro de sua condição especial.



### Atenção

A meiose nos seres humanos faz parte do processo de divisão celular que reduz à metade o número de cromossomos das células, originando células haploides, isto é, preparando os gametas para a fecundação; a junção de dois gametas haploides reconstituirá o número diploide da espécie humana.



### Lembre-se

O período S da interfase é marcado pela duplicação do DNA, já em G2 ocorre síntese de RNA e de proteínas essenciais para a mitose.

## Avançando na prática

### Pratique mais!

#### Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

#### Ciclo celular e o Câncer

1. Competência de fundamentos da área	Conhecer a estrutura e as funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo, bem como as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos. Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.
2. Objetivos de aprendizagem	Identificar e compreender as fases do ciclo celular.
3. Conteúdos relacionados	Origem e formação das células, tipos celulares, organelas e núcleo celular, com destaque para material genético.
4. Descrição da SP	Maria, uma professora de Ensino Fundamental de uma região rural do interior do Brasil, acaba de descobrir que está com câncer de pulmão. Maria começou a fumar na adolescência e hoje, aos 50 anos, abandonou o vício em decorrência da doença. Caro aluno, o câncer é uma doença que pode afetar vários órgãos e causar danos no ciclo celular das células, descreva como essa doença altera a divisão mitótica.
5. Resolução da SP	Para resolver a questão, analise as fases da mitose e os eventos de cada etapa.



## Lembre-se

As únicas células que não mantêm um ciclo de divisão celular constante são os neurônios e os músculos estriados (cardíacos e músculo esqueléticos), permanecendo na fase G<sub>0</sub> da interfase.



## Faça você mesmo

Nos seres vivos multicelulares, quais são as principais funções da divisão mitótica das células somáticas?

Resposta: as principais funções são crescimento, regeneração e renovação celular.

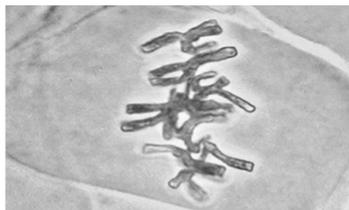
## Faça valer a pena

**1.** A mitose faz parte do ciclo celular em que ocorre a divisão das células somáticas. Referente aos processos mitóticos, é correto afirmar:

- a) Na mitose, ocorrem duas duplicações cromossômicas para cada divisão celular.
- b) Na mitose, os cromossomos migram somente para o polo apical da célula.
- c) Na mitose, as fases são: prófase-metáfase-anáfase-telófase.
- d) Na mitose, ocorre a formação dos gametas.
- e) Na mitose, a prófase permanece por um longo tempo.

**2.** A figura representa uma célula vegetal em divisão celular. Identifique qual o tipo de divisão e a fase em que se encontra:

Figura 4.4 | Célula vegetal em divisão celular



Fonte: <<http://www.es.eipvc.pt/biogeonet/mit.htm>>. Acesso em: 11 jul. 2015

- a) Mitose, fase metáfase.
- b) Meiose, fase anáfase I.
- c) Mitose, fase telófase.
- d) Meiose, fase paquíteno.
- e) Mitose, fase prófase.

**3.** No processo de divisão celular em células animais, temos a mitose e a meiose, que passam por vários eventos até o momento de separação citoplasmática da célula. Qual o nome deste processo?

- a) Telófase.
- b) Prófase.
- c) Anáfase.
- d) Citocinese.
- e) Metáfase.

**4.** A duplicação do DNA é o evento primordial para que ocorra a divisão celular, no entanto, só ocorre em uma determinada etapa. Em qual etapa ocorre essa duplicação?

- a) Interfase, fase G1.
- b) Mitose, fase prófase.
- c) Interfase, fase G2.
- d) Meiose, anáfase I.
- e) Interfase, fase S.

**5.** A meiose é o processo de divisão responsável pela formação dos gametas, é mais longo que a mitose e possui algumas particularidades, com relação à fase da prófase I, chamada diplóteno. Identifique a particularidade desta fase:

- a) Duplicação de cromossomos.
- b) Pareamento de cromossomos homólogos.
- c) Espiralização dos cromossomos.
- d) Formação de quiasmas.
- e) Migração dos cromossomos para os polos.

**6.** Defina as fases que compreendem o ciclo celular:

**7.** Nos seres humanos, ocorrem dois tipos de divisões celulares. Quando ocorre a meiose e quais eventos só acontecem neste processo?

## Seção 4.3

### Bases biológicas da hereditariedade e padrões de herança

#### Diálogo aberto

Olá! Vamos iniciar nossa seção de herança biológica, em que falaremos de Mendel, considerado o pai da genética. Suas observações foram fundamentais para os conhecimentos dos genes e como as características de cada indivíduo são transmitidas de pai para filho. Para darmos continuidade aos nossos estudos, vamos recordar a última seção, em que estudamos o ciclo celular e as divisões celulares que nos proporcionam a reprodução sexuada e a multiplicação celular, sendo mitose para células somáticas e meiose para os gametas.

A capacidade dos seres vivos de transmitir suas características é chamada de herança biológica, cada microrganismo, planta ou animal só produz indivíduos de sua espécie e a transmissão dos caracteres morfológicos, estruturais, fisiológicos, bioquímicos e até de comportamento ocorre de uma para outra geração, mantendo especificidades tanto benéficas como prejudiciais.



#### Lembre-se

Na espécie humana, a quantidade cromossômica total é de 46, sendo 23 provenientes do pai e 23 provenientes da mãe.

Nesta seção, enfocaremos as bases biológicas da hereditariedade e os padrões de herança, conceitos descobertos por Mendel e aprimorados com o decorrer do tempo e da evolução tecnológica. Mas você já se perguntou como ocorre a transferência de características aos descendentes na espécie humana? Podemos chamar de "receita" as informações guardadas no DNA, que serão transmitidas em forma de instruções para fabricar as características. Os ingredientes para a receita completa são provenientes de parte do óvulo e parte do espermatozoide, proporcionando a formação completa de um organismo. As informações e características

transmitidas muitas vezes são prejudiciais, podem estar associadas ao pai e à mãe ou somente a um dos progenitores, levando um indivíduo a desenvolver patologias, classificadas como influência da herança nos seres vivos. Tais descobertas podem ser classificadas como recentes e hoje sabemos que muitas doenças, antes sem causa aparente, são de origem hereditária.

Mas para melhor compreensão de problemas com fundo hereditário, analise o caso: Cesar, rapaz de 20 anos, trabalhador rural, sempre teve dificuldades para identificar as cores verde e vermelha, no entanto, por vergonha dos amigos e familiares, nunca procurou ajuda para entender seu problema. Com a possibilidade de voltar a estudar, se formar no Ensino Médio e ter a chance de um emprego melhor, superou a vergonha e procurou o Dr. Carlos, oftalmologista de uma cidade vizinha. Descobriu, então, ser portador de daltonismo, que se caracteriza pela perturbação da percepção visual, incapacitando a diferenciação de todas ou algumas cores. Prezado aluno, avalie a forma que essa doença se manifesta geneticamente e destaque sua relação com a herança biológica.



### Atenção

O DNA é o portador da informação genética, portanto, coordena o desenvolvimento e funcionamento dos seres vivos e também é responsável pela herança biológica.

## Não pode faltar

### 4.3.1 Conceitos Genéticos

Caro aluno, é importante recordarmos os conceitos de fenótipo e genótipo, pois usaremos tais expressões com frequência nesta seção, portanto, fenótipo se refere a quaisquer características de um indivíduo, morfológica, fisiológica ou comportamental. Já o genótipo se refere ao conjunto de genes de um indivíduo, sendo o genótipo que determina as características expressas pelo fenótipo.

Um fator de destaque é a capacidade do ambiente em influenciar o genótipo. Como exemplo, pense na exposição ao sol: pessoas com o mesmo genótipo podem apresentar cor de pele com diferenças devido ao sol, assim podemos classificar que

o fenótipo é o resultado do genótipo em interação com o meio ambiente.

Na espécie humana, composta por 46 cromossomos, para que ocorra a formação de um indivíduo com a herança genética materna e paterna, o processo de meiose reduz esse número cromossômico a 23, originando os gametas. Na fecundação irá ocorrer a junção de 23 cromossomos do pai e 23 da mãe, formando um conjunto de cromossomos homólogos, com células diploides, constituídos por genes, que são segmentos de DNA. Nos cromossomos, cada gene ocupa um local específico, que chamamos de *lócus gênico*. Os cromossomos possuem os genes alelos, isto é, atuam sobre a mesma característica com mais de uma possibilidade de expressão (dominante e recessivo) e ocupam a mesma posição nos cromossomos homólogos. Por exemplo, para cor de olhos cada homólogo terá um alelo para essas características, sendo um do pai, que transmitiria a cor escura (A), e um da mãe, que transmitiria a cor clara (a), formando um par "Aa", que determina a cor escura. Mas você sabe porque a cor escura prevaleceria nesta combinação? A cor escura irá prevalecer devido à dominância das características. Para compor o conjunto de fatores de um ser, os alelos podem ser heterozigotos, representados por características diferentes, como cor de olho claro da mãe e escuro do pai, e homozigoto quando possui características iguais do pai e da mãe. A manifestação das características está ainda vinculada à dominância do alelo, portanto, um gene dominante é aquele que mesmo só do pai ou da mãe irá determinar a característica, e o recessivo só se manifestará quando aparecer duplamente, pois na presença do dominante será inativado.



#### Assimile

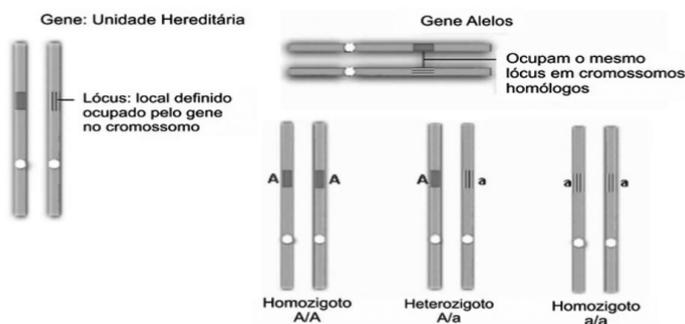
Os genes se localizam em posições bem definidas nos cromossomos.  
Os alelos podem ser heterozigotos ou homozigotos.

Os conceitos genéticos foram introduzidos no mundo das ciências graças aos estudos e experiências de um monge chamado Gregor Mendel, considerado o descobridor das leis da herança biológica. Mendel usou ervilhas para estudar os cruzamentos entre linhagens dessas plantas e concluiu seus estudos determinando as leis que controlam a hereditariedade, que são: lei da dominância, ou primeira

lei de Mendel, a lei da segregação, chamada também de segunda lei de Mendel, e a terceira lei, chamada de segregação independente, destacando que os experimentos mostraram o modo de transmissão dos genes de uma geração para outra. Essas leis se aplicam a todos os seres vivos que efetuam reprodução sexuada.

A conclusão sobre a existência dos genes alelos veio somente com as pesquisas de Walter S. Sutton, ele sugeriu que cada cromossomo possui um alelo. Com base nesta teoria, se explicaria o comportamento dos cromossomos na divisão reducional, confirmando as experiências de Mendel com a segregação dos alelos e a segregação independente de dois pares de genes.

Figura 4.5 | Representação de alelos



Fonte: <<http://educacao.globo.com/biologia/assunto/hereditariedade/conceitos-basicos-da-genetica.html>>. Acesso em: 18 jul. 2015

Mesmo com a transmissão das características de pai e mãe, nem todos os genes irão se manifestar, pois essa manifestação está vinculada a muitos fatores, entre os quais podemos destacar os genes dominantes e recessivos. Na definição das características de um novo indivíduo, esse fator é de importância vital. A definição de dominante ocorre quando um gene alelo tem predominância sobre o outro, manifestando sua característica, e o outro gene será recessivo, ficando inativo nesta condição. Quando os dois alelos são dominantes, irá ocorrer a codominância, isto é, com ativação das duas características, materna e paterna, formando um caráter intermediário em relação ao dos pais.



**Pesquise mais**

Para saber mais sobre os fatores de herança biológica, estude os capítulos 2, 3 e 4 do livro *Introdução à genética*. GRIFFITHS, A. J. et al.;

Nos seres humanos e em várias outras espécies, ocorre diferença entre os cromossomos de machos e fêmeas. Pares de cromossomos iguais são autossômicos, e diferentes, heterossômicos. Como exemplo de pares com diferença podemos destacar os cromossomos sexuais, nos quais o par de XY são diferentes e Y só ocorre nos machos.

Para obter informações sobre o histórico familiar, com intenção de mapear características herdadas, efetua-se um levantamento representado na forma de gráfico, chamado de heredograma ou árvore genealógica.



#### Refleta

Com as descobertas de Mendel, a medicina pôde avançar e, aliada à tecnologia, hoje se sabe que mais de 3 mil doenças humanas podem ser herdadas.

### 4.3.2 Hereditariedade dos cromossomos sexuais (X e Y)

Os cromossomos sexuais são responsáveis pela determinação do sexo do indivíduo: as células femininas apresentam dois cromossomos sexuais iguais, que são os cromossomos X, já as masculinas apresentam um cromossomo X e um Y, que só aparece no sexo masculino.

Na meiose das células masculinas teremos a formação de gametas X e Y, as fêmeas só formam cromossomos X. Nos cromossomos Y não se observa muitos genes, pois não possuem um alelo correspondente.

A herança das características ligadas ao cromossomo X é chamada de herança ligada ao sexo. Muitas doenças estão relacionadas a esse cromossomo, como a hemofilia que está ligada a um gene recessivo localizado no cromossomo X.

### 4.3.3 Herança dos grupos sanguíneos

Na herança ligada aos grupos sanguíneos, devemos considerar os conceitos de antígeno, pois as hemácias podem possuir em sua membrana dois tipos de antígenos, também chamados de aglutinogênios A e B, portanto, teremos quatro combinações. As hemácias do grupo A possuem apenas aglutinogênio A, do tipo B apenas aglutinogênio B, as do tipo AB, aglutinogênio A e B, as hemácias do grupo O não possuem aglutinogênios.

Ainda podemos encontrar anticorpos como aglutininas anti-A e anti-B no plasma sanguíneo. Portanto, um indivíduo tipo A não produz aglutinina Anti-A, mas pode produzir anti-B por não reconhecer esse fator.

Essas características são fundamentais em transfusões de sangue, sendo denominado receptor universal indivíduos do grupo AB, e doador universal os do grupo O.

A determinação da presença dos antígenos nas hemácias está relacionada a um gene situado em um locus específico, que possui três versões:  $I^A$ ,  $I^B$  e  $i$ , sendo alelos múltiplos.  $I^A$  determina a presença do antígeno A,  $I^B$  antígeno B, e  $i$  não determina antígenos.

Nas hemácias humanas ainda podemos encontrar antígenos MN, que não causam problemas de incompatibilidade e são relevantes em testes de paternidade, e os antígenos Rh, também chamados de fator Rh, que causam incompatibilidade. Como exemplo, podemos citar a doença hemolítica do recém-nascido, na qual as hemácias do recém-nascido são destruídas pelos anticorpos anti-Rh da mãe; para ocorrer essa doença, a mãe deve ser  $Rh^-$  e feto  $Rh^+$ . O primeiro filho nascido nestas condições irá sensibilizar a mãe na hora do nascimento e pode não desenvolver a doença, no entanto, se o segundo filho for  $Rh^+$ , sofrerá os efeitos.

### 4.3.4 Diferenças entre doenças genéticas e doenças hereditárias

Em muitas situações, ocorrem dúvidas sobre o que são doenças genéticas e doenças hereditárias, pois ambas estão relacionadas

aos genes. No entanto, as doenças genéticas ocorrem devido a um erro no material genético, que podem ter várias causas, como infecções, radiação, entre outros; o câncer pode ser genético, mas possui uma incidência herdada em torno de 10%.

As doenças herdadas estão relacionadas a características de genes, que são transmitidas de geração em geração, como famílias que possuem hipertensão, alergias e até mesmo obesidade. Dentre as doenças hereditárias estão as monogênicas, com alterações em um gene, sendo autossômicas recessivas, autossômicas dominantes e ligadas ao cromossomo X, como exemplo temos anemia falciforme, fibrose cística, fenilcetonúria etc.

Outra forma de manifestação de doenças herdadas são as poligênicas, também chamadas de multifatoriais, pois podem afetar vários genes. Como exemplo temos diabetes, mal de Alzheimer etc.

Doenças congênitas não necessariamente serão hereditárias, pois são aquelas que se manifestam no nascimento, sendo adquiridas durante o desenvolvimento embrionário ou no momento do parto.



### Exemplificando

Em uma experiência de cruzamento de características, a pelagem de dois coelhos está condicionada por dois pares de genes autossômicos localizados em cromossomos diferentes. O gene "B" determina a cor e seu alelo "b" é recessivo, determinando a cor branca. O gene "A" inibe a formação de cor e seu alelo "a" não está condicionado à inibição. O experimento consistiu no cruzamento de indivíduos BBaa com BbAa e descreve os resultados obtidos quanto ao fenótipo e genótipo.

Resposta:fenótipos esperados: 50% brancos e 50% coloridos. Genótipos esperados: 25% BBAa, 25% BBaa, 25% BbAa, 25% Bbaa.



### Faça você mesmo

Muitas doenças estão relacionadas à herança genética. Em observações feitas numa determinada família, concluiu-se que membros do sexo masculino, aparentados pela parte materna, apresentavam uma anomalia grave. Com base em seus conhecimentos e os conceitos apresentados, defina a qual gene essa doença está relacionada.

Resposta: como é de origem materna (feminina), está relacionada ao cromossomo X; como afeta somente os homens, o gene causador da doença é recessivo.

## Sem medo de errar

Prezado aluno, podemos retornar à situação-problema exposta no *Diálogo Aberto*, e concluir as razões que levaram Cesar ao daltonismo, uma doença que altera a percepção das cores, de base hereditária, condicionada por um gene recessivo “d” localizado no cromossomo X; o alelo “D” condiciona visão normal.

A representação desse alelo é feita no cromossomo X, para enfatizar seu caráter de herança ligada ao sexo, ficando  $X^D$  e  $X^d$ . Para o indivíduo normal  $X^D X^D$ , normal portador  $X^D X^d$  e daltônico  $X^d X^d$ . As mulheres raramente serão afetadas pelo daltonismo, pois possuem dois cromossomos X, mas serão portadoras e irão transmitir aos seus filhos o gene afetado. Para as mulheres, o fenótipo se desenvolverá se receberem do pai e da mãe o gene afetado, para os homens basta receber um gene X afetado recessivo para desenvolver o daltonismo.

Na consulta médica, Cesar foi submetido a testes como o Ishihara, entre outros, e diagnosticado com daltonismo com os sintomas de má percepção de cores, e o genótipo  $X^d Y$ , com o gene recessivo afetado. No entanto, pessoas com essa condição podem ter uma vida normal, adaptando-se e aprendendo a lidar com a dificuldade de distinguir cores.



### Atenção

Nas doenças ligadas ao cromossomo X, o homem sempre irá receber um único cromossomo X de sua mãe e nunca o transmitirá para seus filhos, somente para suas filhas.



### Lembre-se

As características genéticas, também chamadas de fenótipo, podem ser expressas de forma aparente, como cor dos olhos, e não aparentes, como tipo sanguíneo e condições como o daltonismo.

## Avançando na prática

### Pratique mais!

#### Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

#### Doenças herdadas

1. Competência de fundamentos da área	de	Conhecer a estrutura e as funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo, bem como as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos. Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.
2. Objetivos de aprendizagem	de	Compreender como são formadas e transmitidas as características genéticas.
3. Conteúdos relacionados		Origem celular, células eucariontes, membrana plasmática, organelas e núcleo celular, com destaque para material genético e ciclo celular.
4. Descrição da SP		A família de Luana se caracteriza pelo número de membros e por muitos desenvolverem colesterol alto, mesmo levando uma vida saudável, sem excessos alimentares e praticando atividade físicas. Luana tem 43 anos e não consegue baixar o nível de colesterol (LDL), em seu último exame o diagnóstico foi que está com níveis altos de colesterol no sangue, e por isso ela terá que tomar medicação por toda sua vida, pois o médico detectou que seu colesterol (LDL) alto é familiar. Analise as características herdadas dessa doença.
5. Resolução da SP		Caro aluno, para concluir essa situação-problema, reveja os conceitos de herança genética, cromossomos homólogos e seus alelos; para uma maior compreensão, analise o capítulo 2 do livro: GRIFFITHS, A. J. et al. <b>Introdução à genética</b> . 9. ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2009.



#### Lembre-se

A maioria dos distúrbios genéticos causa alterações na formação e na atuação das proteínas dos genes, resultando em funções deficientes ou ausentes.



#### Faça você mesmo

Na espécie humana, a formação de indivíduos ocorre com 46 cromossomos, divididos em 23 cromossomos paternos e 23 maternos.

Explique como ocorre a definição do sexo.

Resposta: O sexo é determinado pelos cromossomos sexuais, nas fêmeas XX e nos machos XY.

Se o óvulo for fecundado pelo cromossomo Y, o zigoto será macho, e se for fecundado pelo cromossomo X, será fêmea, portanto, a chance de nascimentos são 50% para machos e 50% para fêmeas.

### Faça valer a pena

**1.** A herança ligada ao sexo define as características alocadas nos cromossomos X e Y. No caso de uma mulher heterozigota com uma característica recessiva no cromossomo X, irá transmitir essa característica:

- a) Apenas às suas crianças do sexo masculino.
- b) Apenas às suas crianças do sexo feminino.
- c) Para metade de suas crianças.
- d) Um quarto de suas crianças.
- e) Para todas as suas crianças.

**2.** Os cromossomos homólogos possuem genes alelos dominantes. Defina o que são alelos dominantes:

- a) Genes que se manifestam em dose simples.
- b) Genes que se manifestam em dose dupla.
- c) Genes que não se manifestam para características.
- d) Genes que se manifestam em três versões diferentes para a mesma característica.
- e) Genes que só se manifestam condicionados a cromossomos sexuais.

**3.** Na união entre um homem negro e uma mulher negra,

com genes autossômicos para pigmentação, representados por: albinismo dd, cor branca aabb e cor negra AABB, nasceu um filho albino, que se casou com uma mulher branca e teve um filho. Qual o fenótipo para cor dessa criança?

- a) Albino.
- b) Mulato.
- c) Branco.
- d) Negro.
- e) Pardo.

**4.** Analise a situação: em um indivíduo heterozigoto, o fenótipo determinado por apenas um dos alelos se manifesta, para esse conceito se diz que esse alelo é dominante. Quando um caráter precisa que o alelo esteja em dose dupla (homozigose) para se manifestar, chama-se o alelo de recessivo. É correto afirmar:

- a) O alelo dominante é melhor adaptado que o recessivo.
- b) Um caráter como a presença de cinco dedos nas mãos é dominante, pois a maioria da população o possui.
- c) Na espécie humana, somente os genes que são recessivos causam doenças graves na população.
- d) Um alelo dominante pode ser raro em uma população, enquanto seu recessivo pode ser abundante.
- e) Somente os alelos dominantes determinam as características.

**5.** Em uma família com duas irmãs e um irmão, todos sem alterações para o fator coagulação sanguínea, as duas irmãs tiveram filhos que apresentaram tal problema e os filhos do irmão nunca apresentaram problemas de hemorragias. Mediante o texto e os seus conhecimentos, qual é a alternativa correta?

- a) Herança dominante ligada ao cromossomo Y.
- b) Herança dominante ligada ao cromossomo X.

- c) Herança recessiva ligada do cromossomo X.
- d) Herança ligada aos cromossomos autossomos.
- e) Herança ligada ao cromossomo Y.

**6.** Defina herança biológica:

**7.** Qual é a diferença entre fenótipo e genótipo?

# Seção 4.4

## Diferenciação celular e apoptose

### Diálogo aberto

Prezado aluno, esta seção será dedicada à finalização de nossos estudos em ciências moleculares e celulares. Para completarmos os conceitos aprendidos em toda a unidade, vamos lembrar os fatos marcantes, como a origem da vida que deu início aos nossos estudos, em que mostramos que as células são as unidades fundamentais para existência da vida, depois passamos a exemplificar como tais células surgiram e desenvolveram mecanismos para sobreviver e evoluir, diferenciando os seres unicelulares e pluricelulares, procariontes e eucariontes. Seguimos conceituando os mecanismos bioquímicos dos meios intracelular e extracelular, a importância das proteínas no desenvolvimento celular, e como tais células efetuam sua multiplicação e transmissão de características. Agora, iremos completar tais ensinamentos conceituando a forma que as células usam para se diferenciar e formar um organismo completo.

A formação do corpo dos seres pluricelulares está relacionada com a capacidade das células de se diferenciar. Após a fecundação dos gametas masculino e feminino, ocorre a formação do zigoto, célula totipotente, que possui todas as informações genéticas necessárias para as diferenciações e formações dos diversos tecidos e órgãos. No entanto, vale ressaltar que as diferenciações celulares se mantêm nos indivíduos adultos.

Para que o processo de diferenciação seja eficaz, são necessários outros mecanismos auxiliares, como a apoptose, que age eliminando as células que não são mais úteis, esse processo é essencial para manutenção da vida.



### Lembre-se

No desenvolvimento embrionário ocorre uma produção em excesso de células, que sofreram morte programada.

Se a diferenciação celular inicial, isto é, ainda no embrião for interrompida por agentes ambientais, como medicamentos, vírus, cigarro, álcool, entre outros, ocorrerá malformações no indivíduo que está sendo formado.

Para melhor entendimento, vamos estudar a seguinte situação. No ano de 2013, Julia, casada com Anibal, engravidou. No entanto, Anibal fazia uso do medicamento talidomida, devido à doença hanseníase que o afetava. Julia, por mais de uma vez, sentindo-se muito mal, tomou o medicamento por engano, e quando a criança nasceu não possuía os membros superiores totalmente desenvolvidos. Caro aluno, qual é a relação desse medicamento com a diferenciação celular e a malformação fetal?



### Refleta

Após a fecundação, o zigoto sofre sua primeira mitose, e depois outras, sucessivamente, aumentando o número de células somáticas.

## Não pode faltar

### 4.4.1 Da fecundação à diferenciação celular

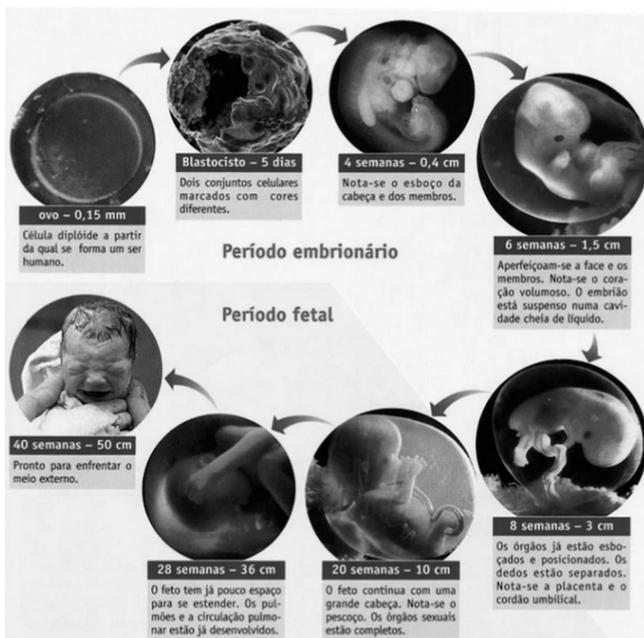
Para ocorrer a formação de um novo ser humano, é necessária a junção de 23 cromossomos masculinos e 23 femininos, dando origem a uma nova vida com 46 cromossomos. Após essa etapa começam as divisões mitóticas no zigoto, dando origem às fases embrionárias, que serão de segmentação que contempla o aumento no número de células por mitose, dividida em: mórula e blástula. Após, seguimos para a fase de gastrulação, em que ocorre o aumento de células e do volume delas, é neste momento que as diferenciações começam com a formação dos folhetos embrionários, que são: ectoderma, mesoderma e endoderma, sendo responsáveis pela formação dos diferentes tecidos do organismo; ao final desta fase, o embrião é chamado de gástrula. A última fase é a organogênese, em que irá ocorrer a diferenciação dos órgãos, sendo o primeiro estágio a neurulação, que originará o tubo neural que se diferenciará no sistema nervoso; nesta etapa o embrião é chamado de nêurula.

Alguns exemplos dos destinos de especializações celulares a partir dos folhetos: o ectoderma irá formar epitélios de revestimento de cavidades como anal e bucal, epiderme, glândulas, mucosas, todas as estruturas do sistema nervoso. O folheto mesoderma será responsável pela formação

da derme, músculos, cartilagens, ossos, sangue, medula óssea, órgão do sistema urinário etc. Já o folheto endoderma irá formar o epitélio de revestimento do aparelho digestório, órgãos como o fígado e o pâncreas, entre outros.

Caro aluno, quando falamos de diferenciação celular, nos referimos ao grau de especialização celular, já a potencialidade celular é definida como a capacidade de originar outras células, portanto, no caminho da formação de um novo indivíduo ocorrem processos como a potencialidade celular e a diferenciação. Quando a potencialidade é maior, a diferenciação é menor, e vice-versa, pois potencialidade é a capacidade de criar vários tipos de células e diferenciação é a capacidade de formar células específicas para uma determinada função. Para uma célula se tornar especializada, ela passa por uma sequência de eventos bioquímicos e morfológicos precedidos por síntese de RNAm e proteínas, assim a diferenciação está relacionada à expressão gênica e as células serão levadas a exercer somente uma atividade. Na seção de sinalizações celular, estudamos como as células atuam para se comunicar e exercer suas funções. A partir de sua especialização, iniciam-se as funções mediadas pela comunicação.

Figura 4.6 | Etapas de desenvolvimento embrionário



Fonte: <<http://educacao.globo.com/biologia/assunto/fisiologia-humana/embrilogia.html>>. Acesso em: 25 jul. 2015



A diferenciação é resultado de vários fatores gênicos, pois todas as células de um organismo possuem genes iguais, a diferença ocorre na ativação e inativação desses e para isso a transcrição proteica é fundamental.

No processo de diferenciação celular ocorrem dois mecanismos fundamentais, a transcrição e a pós-transcrição. Lembre-se de que o DNA exerce o controle das transcrições, a inativação ou ativação de um gene está relacionada, portanto, à disponibilidade do DNA para gerar os RNAm específicos, que precisarão de uma proteína ativadora de genes, também chamada de fatores de transcrição.

Da mesma forma que a ativação é fundamental para a diferenciação celular, a inativação também é importante, pois diminui a potencialização, deixando que as células se especializem. Essa perda ocorre devido à inativação gênica, que pode se expressar de várias formas, por exemplo, afetando a movimentação do RNAm para o citoplasma. Mas você já pensou quais os fatores que podem controlar a diferenciação celular? Se você se lembrou dos sinalizadores celulares, está de parabéns! Eles fazem parte do processo, mas os fatores que controlam esses mecanismos ocorrem extracelularmente e intracelularmente. Os fatores intrínsecos são do interior da célula e derivam do DNA, os fatores extrínsecos são os sinais celulares que têm origem em células vizinhas, matriz extracelular e agentes ambientais (como drogas, medicamentos, vírus, entre outros). Assim, as células deverão possuir a capacidade de responder aos fatores gênicos e aos estímulos extracelulares que irão coordenar suas diferenciações, destacando o papel primordial do RNAm e das proteínas na síntese de diferentes tipos celulares.

A diferenciação celular não está presente somente no desenvolvimento embrionário, mas prolonga-se pela vida adulta do organismo. Os órgãos, após o nascimento, continuam a completar sua diferenciação, por exemplo, o sistema nervoso só completa a mielinização dos axônios dos neurônios depois de dois anos. Outro exemplo são as glândulas mamárias que estacionam a diferenciação e só voltam a completar sua especialização no período de gestação e, após a lactação, voltam ao estado inativo.

A desprogramação nuclear é o processo de reversão da especialização

celular, isso é possível devido aos processos de ativação e inativação que podem retomar a potencialidade da célula, que contém todos os genes em seu núcleo (totipotente). Esse processo de desprogramação pode ser artificial ou natural. A regeneração do fígado é um exemplo de desprogramação nuclear natural, pois, ao reconstituir o órgão, as células voltam às origens embrionárias para depois se especializarem.

Após a formação dos tecidos e órgãos pode ocorrer a diferenciação de um tecido formado devido a agentes externos, como nas vias respiratórias em que o epitélio simples pseudoestratificado colunar ciliado se transforma em epitélio estratificado pavimentoso, em fumantes.

No processo de diferenciação celular, ocorre a formação de células que não serão necessárias, e você imagina como é feita a remoção do excesso dessas células que não são mais úteis? Pela morte celular programada ou apoptose, isto é, para que a diferenciação e formação dos órgãos ocorra corretamente, o processo de morte celular programada é fundamental, pois está relacionado à remoção/digestão das células ou parte de células, o produto deste processo é reaproveitado para novas células, assim ocorre a manutenção da homeostase na formação fisiológica dos tecidos, delimitando seu tamanho. Se compararmos ao processo de mitose, iremos perceber que é o oposto, no entanto, esse processo não ocorre somente na formação do organismo, ele se mantém no indivíduo adulto. Como exemplo podemos destacar os linfócitos T produzidos no Timo, que são destruídos antes de saírem do órgão, assim somente a quantidade necessária é enviada para defesa do organismo, evitando que tais células agissem contra os próprios órgãos.



#### Pesquise mais

Para mais esclarecimentos sobre o processo de diferenciação, não deixe de analisar o capítulo 11 do livro *Biologia celular e molecular*. JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Biologia celular e molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

Na apoptose, a membrana plasmática se mantém e o líquido intracelular não extravasa no citoplasma, causando inflamações, como ocorre na necrose. Outro destaque para esse processo são suas ações em células de crescimento desgovernado que causam problemas oncológicos, assim, se a morte celular programada não ocorrer, o acúmulo de células tumorais será maior. A apoptose se torna uma defesa natural para as células malignas.



## Exemplificando

Como a morte celular programada é muito vezes classificada como “suicídio”, defina de que maneira ocorre a formação dos dedos no feto humano e, caso a apoptose não ocorresse, como seria a aparência das mãos e pés?

Resposta: a morte celular programada é essencial para a formação dos dedos no feto, que inicialmente são fundidos como uma pá; as células que ficam entre os dedos recebem os sinais necessários para morrer. Caso isso não ocorresse, as mãos e os pés dos seres humanos seriam como os pés dos patos, com membrana entre os dedos.



## Faça você mesmo

As células multipotentes (células-tronco) são pouco diferenciadas e se dividem sucessivamente, como poderiam auxiliar na formação de algum tecido no indivíduo adulto?

Resposta: no organismo adulto, as células-tronco são consideradas fonte de renovação e regeneração, pois possuem informações gênicas para se diferenciar em diversas células especializadas, de acordo com o tecido necessário.

## Sem medo de errar

Prezado aluno, com os conceitos apresentados, vamos voltar à situação-problema apresentada no *Diálogo aberto*, na qual Julia, equivocadamente, ingeriu um medicamento chamado talidomida. Esse medicamento foi inserido na Europa no ano de 1957 como sedativo, sem muitos testes, e foi difundido por muitos países e ministrado para mulheres gestantes a fim de amenizar os enjoos; causou deformidades em muitas crianças, até ser proibido. No entanto, sua eficiência contra hanseníase e câncer permitiu que voltasse a ser vendido.

Os agentes teratogênicos podem produzir a morte celular, alterações no crescimento dos tecidos (hiperplasia, hipoplasia ou crescimento assincrônico), interferência na diferenciação celular ou em outros processos morfogenéticos. Assim, as ações desse medicamento causaram as deformidades nos membros superiores do filho de Julia, alterando a diferenciação e formação dos tecidos necessários para o desenvolvimento dos braços da criança.



## Lembre-se

Após a formação do zigoto, acontecem sucessivas mitoses para que ocorra a multiplicação celular e, conseqüentemente, a diferenciação celular.



## Atenção

Os agentes teratogênicos são todos os que podem causar danos ao feto durante a gestação.

## Avançando na prática

### Pratique mais!

#### Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

#### Crescimento celular descontrolado

1. Competência fundamentos da área	de	Conhecer a estrutura e as funções das moléculas biologicamente importantes ao organismo, bem como as transformações químicas realizadas pelas células nos seus processos metabólicos. Identificar e compreender os mecanismos da hereditariedade.
2. Objetivos aprendizagem	de	Identificar o processo de diferenciação celular e apoptose.
3. Conteúdos relacionados		Origem e formação das células, tipos celulares, organelas e núcleo celular, com destaque para material genético.
4. Descrição da SP		O caso de Dona Aparecida ganhou as páginas de jornais. Moradora do Acre, desenvolveu um cisto na região do pescoço em 2010 e esse vem crescendo desde então. Em 2014, ela procurou por ajuda e conseguiu agendar cirurgia no hospital regional para retirada do cisto, que segundo o especialista é benigno. Caro aluno, relacione a formação do cisto com a diferenciação celular e a apoptose.
5. Resolução da SP		Para desvendar a situação-problema, relembre os conceitos da seção, com destaque para o processo de diferenciação e morte celular programada.



## Lembre-se

Para a diferenciação celular ocorrerá a inativação de certos genes, tornando as células especializadas para determinado tecido.



## Faça você mesmo

Relate o que acontece com uma célula que perde o controle sobre o seu processo de diferenciação celular.

Resposta: a célula que perde o controle sobre seu processo de diferenciação entrará no processo de morte celular, ou grupos de genes que não deveriam estar funcionando passam a funcionar, podendo levar ao câncer.

## Faça valer a pena

**1.** Com a biotecnologia avançada, técnicas de multiplicação celular estão ficando constantes e são utilizadas para fins terapêuticos. Essas pesquisas usam células provenientes de qual fase embrionária?

- a) Nêurula.
- b) Gástrula.
- c) Blástula.
- d) Ectoderme.
- e) Mesoderme.

**2.** Qual é a característica importante que ocorre durante a gastrulação?

- a) Capacidade de originar qualquer tipo de célula e tecido.
- b) Capacidade de originar somente um tipo de célula.
- c) Nesta etapa as células são potencializadas.
- d) Nesta etapa as células estão sofrendo sucessivas mitoses.
- e) Nesta etapa as células estão sendo inativadas para diferenciação.

**3.** Os organismos sexuais pluricelulares passam por processos complexos para sua formação, em suas células carregam instruções para morte programada também chamada de ..... Esse processo é importante durante a ..... e a .....

- a) Mitose, embriogênese e apoptose.
- b) Apoptose, diferenciação celular e mitose.
- c) Diferenciação celular, apoptose e embriogênese.
- d) Apoptose, ovogênese e mitose.
- e) Apoptose, embriogênese e diferenciação celular.

**4.** A diferenciação celular ocorre para formação dos tecidos e órgãos, no entanto, em algumas situações, essa condição pode ser reversível. Assinale a alternativa correta:

- a) Células diferenciadas nunca voltam às origens embrionárias com alta potencialidade.
- b) Células diferenciadas voltam às origens embrionárias sempre.
- c) Células que passam por diferenciação sofrem ativação, podendo em determinado tempo sofrer inativação para especialização.
- d) Células com alta potencialidade nunca irão se diferenciar, mesmo sendo ativadas.
- e) Somente células germinativas sofrem diferenciação.

**5.** A palavra morte sempre desperta um sentimento de algo ruim, mas para células pode significar sobrevivência. Assinale a alternativa correta em relação à morte celular:

- a) Apoptose é sinônimo de necrose.
- b) Apoptose age somente na digestão celular.
- c) Apoptose é o processo de destruição de agentes infecciosos.
- d) Apoptose é o processo de morte celular programada fundamental no processo de diferenciação, eliminando as células desnecessárias.
- e) Apoptose ocorre para destruição de partículas no meio extracelular.

**6.** A diferenciação celular é fundamental para formação de seres pluricelulares. Explique como ocorre tal diferenciação:

**7.** O processo de morte celular é complementar no mecanismo de diferenciação celular. Defina tal relação:

# Referências

DE ROBERTIS, E. M. F.; HIB, J. **Bases da biologia celular e molecular**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

ENGELKIRK, Paul G.; DUBEN-ENGELKIRK, Janet. **Microbiologia para as ciências da saúde**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

GRIFFITHS, A. J. et al. **Introdução à genética**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, José. **Biologia celular e molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

MARZZOCO, Anita; TORRES, Bayardo Baptista. **Bioquímica básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

NUSSBAUM, Robert L. **Thompson & Thompson, genética médica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.







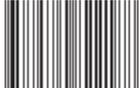








ISBN 978-85-8482-218-8



9 788584 822188 >