



**BIO**  
*biologia*

---

Vanyton  Leandro  
**Biologia**

# Índice

## APOSTILA DE BIOLOGIA VOLUME 1

- 03 **Aula 01**  
Água, sais e carboidratos
- 28 **Aula 02**  
Lipídios e proteínas
- 47 **Aula 03**  
Vitaminas e ácidos nucleicos
- 71 **Aula 04**  
Membrana plasmática
- 89 **Aula 05**  
Citoplasma
- 108 **Aula 06**  
- Ciclo celular  
- Mitose  
- Câncer



#### Introdução:

Desde o início dos seus estudos em química, que você aprendeu que a matéria é formada por **átomos**. Os átomos (elementos químicos) se organizam para formar as **moléculas**, que por sua vez se unem para formar as **células**. As células são detalhadamente estudadas na biologia, em especial, em uma área denominada de citologia.

*Aí você pode se perguntar: e quem estuda as moléculas?*

Moléculas são estudadas pela **BIOQUÍMICA**, que é uma área que transita entre a biologia e a química.

Como foi dito, os átomos podem se associar formando as moléculas, mas também podem se dissociar, formando os **íons**. Moléculas e íons são encontrados formando as substâncias (compostos químicos), que podem ser subdivididas em dois grupos:

- substâncias inorgânicas;
- substâncias orgânicas;

Então, podemos concluir, que a **bioquímica é o ramo da ciência que estuda a estrutura e funcionamento das moléculas e íons**.

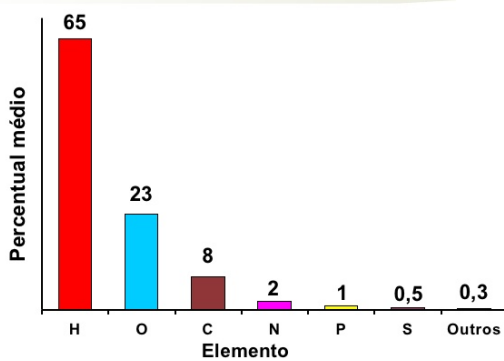
Mas antes de estudarmos essas substâncias, vamos entender quais são os principais elementos químicos que as formam.

#### • ELEMENTOS QUÍMICOS:

##### Nos seres vivos:

Dos mais de cem tipos diferentes de elementos químicos existentes, pouco mais de vinte são encontrados na formação da matéria viva e os mais predominantes são: carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio. Esses quatro elementos são os mais abundantes nos seres vivos, constituindo 95% ou mais de sua massa. Outros elementos, como fósforo, enxofre, cálcio, sódio, potássio, etc. completam o restante da massa, como mostra o **gráfico 1.1**.

#### Elementos químicos nos seres vivos



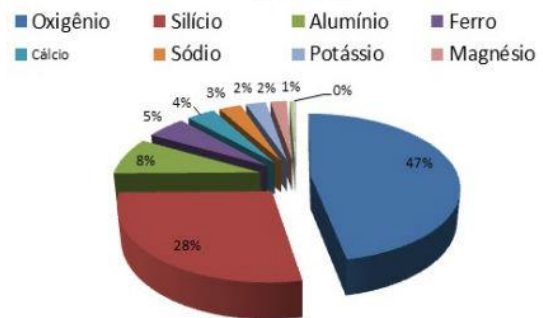
**Gráfico 1.1.** Carbono, Hidrogênio, Oxigênio e Nitrogênio somam 98% de todos os elementos químicos que compõem os seres vivos, sendo que o mais abundante é o hidrogênio (65%), seguido do oxigênio (23%) e do carbono (8%).

##### No Planeta Terra:

O elemento químico mais abundante na superfície da Terra é o **oxigênio (O)**. Ele compõe 47% da massa da crosta terrestre, da água e da atmosfera da Terra. Em segundo lugar vem o **silício (Si)**, que compõe 28%

dela, sendo encontrado em praticamente todas as rochas, areias, barros e solos. O silício não é encontrado isolado na natureza, mas combina-se, por exemplo, com o oxigênio para formar a sílica ( $\text{SiO}_2$  - dióxido de silício). Combina-se também com outros elementos para formar principalmente o quartzo, os asbestos, a zeolita e a mica. Outros elementos abundantes na terra são: alumínio, cálcio, ferro e magnésio. Observe no **gráfico 1.2** a abundância dos principais elementos presentes na crosta terrestre.

#### Principais Elementos Abundantes na Crosta Terrestre



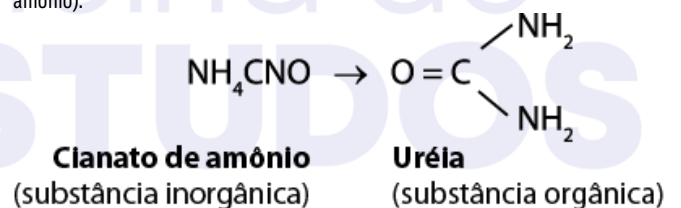
**Gráfico 1.2.** Em ordem decrescente, os elementos mais abundantes da crosta terrestre são: oxigênio, silício, alumínio, ferro e cálcio.

#### • SUBSTÂNCIAS INORGÂNICAS X ORGÂNICAS

As substâncias naturais podem ser classificadas em orgânicas e inorgânicas. As substâncias orgânicas são formadas a partir dos arranjos do elemento químico carbono. Substâncias inorgânicas são todas aquelas que não são orgânicas, como os minerais, por exemplo.

No processo de fotossíntese ocorre, nos seres produtores (como plantas e algas), uma série de reações químicas que transformam, através da energia solar, substâncias inorgânicas (água e gás carbônico), em orgânicas (glicose), produzindo o alimento necessário para a sobrevivência deste elo trófico. Já na respiração celular, moléculas orgânicas são degradadas, dando origem a moléculas inorgânicas e ao ATP, moeda energética dos seres vivos.

Para os químicos antigos, as substâncias orgânicas eram provenientes de fontes animais ou vegetais, e as substâncias inorgânicas seriam aquelas de procedência mineral. Por isso, durante muitos anos, acreditava-se que entre a química orgânica e a química inorgânica existia uma barreira intransponível. Essa barreira foi quebrada devido à ureia, que é uma substância de origem animal que pode ser produzida em laboratório (**Figura 1.1**). O fato foi comprovado no princípio do século XIX, quando o químico alemão Friedrich A. Wöhler conseguiu sintetizar a ureia. O processo ficou conhecido como Síntese de Wöhler e consistiu na produção de ureia (produto orgânico) a partir de substâncias inorgânicas (o cianato de amônio).



**Figura 1.1.** Síntese da ureia, molécula orgânica, a partir do cianato de amônio, uma molécula inorgânica.

As substâncias inorgânicas são: água e sais minerais. As orgânicas são: carboidratos, lipídios, proteínas, vitaminas e ácidos nucleicos (figura 1.2). A água é a molécula mais abundante em todos os seres vivos, compondo mais de 70% da massa corporal de plantas e animais. Já a molécula orgânica mais abundante nos organismos é a proteína, compondo cerca de 10% da massa corpórea, como se observa no gráfico 1.3.

*Observação: se um vertebrado terrestre vive na água ou no ambiente terrestre, seus fluidos corporais são praticamente os mesmos, ou seja, durante a conquista do ambiente terrestre, a seleção natural conservou a composição dos fluidos corporais.*

## Bioquímica: Composição dos Seres Vivos

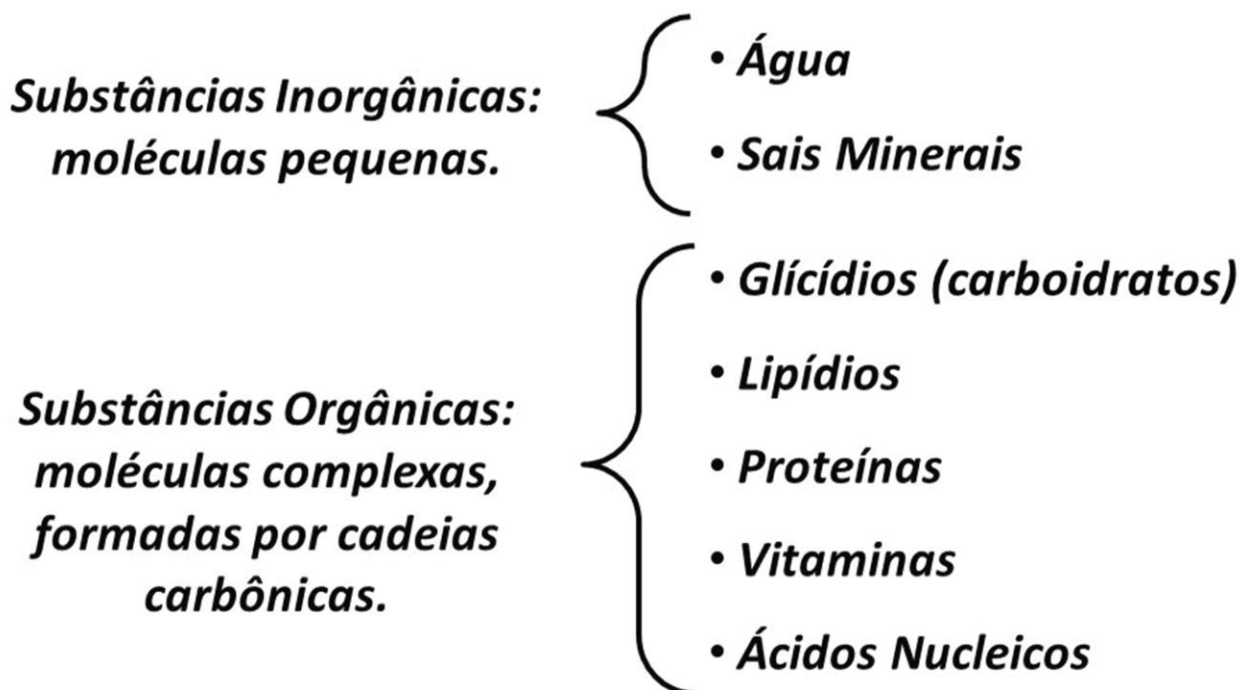


Figura 1.2. Esquema representativo das moléculas orgânicas e inorgânicas.

**Gráfico 1.3.** Composição bioquímica dos seres vivos. Observe que aproximadamente 80% do corpo dos organismos vivos são formados por água, sendo a molécula mais abundante, seguida das proteínas (10%) e Lipídios (5%).

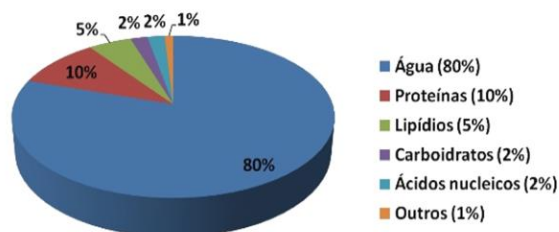
### • O QUE É METABOLISMO?

Nos seres vivos, os átomos, as moléculas e os íons, além de fazerem parte das estruturas que compõem o organismo, também participam de diversas reações químicas que ocorrem no ser vivo. Dentro de um organismo vivo, a todo momento, ocorrem inúmeras reações indispensáveis à manutenção da vida. Essas reações podem ocorrer no intuito de formar novas moléculas, ou através da sua quebra, para que se possa liberar energia. Bom, esse conjunto de reações, sejam de construção ou de quebra, são chamadas de **metabolismo** (do grego *metabolé*, mudança, transformação).

O metabolismo é constituído por dois conjuntos de reações, denominados de *anabolismo* e *catabolismo*.

O **anabolismo** relaciona-se com a síntese de compostos orgânicos estruturais e funcionais, tais como proteínas de membrana, enzimas e hormônios. Essas reações são fundamentais para o desenvolvimento de um organismo e para reparar danos nas células (Figura 1.4).

Proporção aproximada dos componentes químicos no corpo dos seres vivos



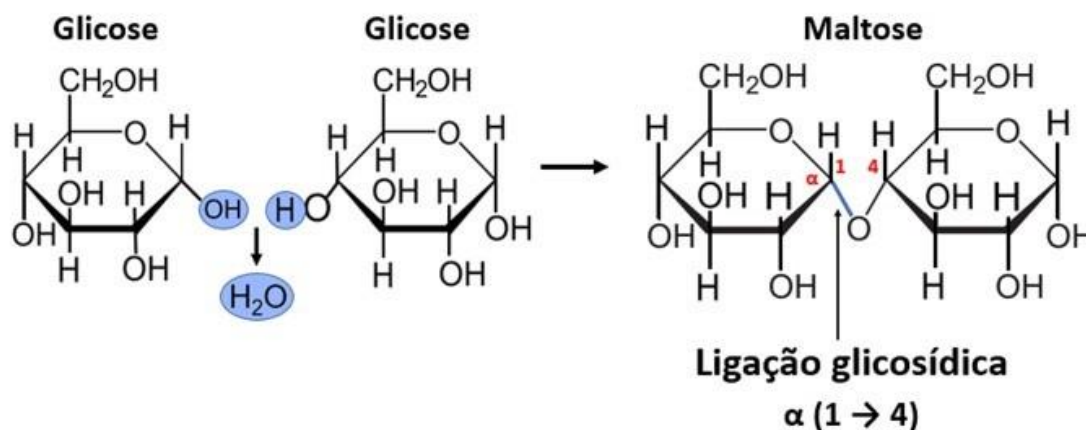


Figura 1.4. exemplo de reação anabólica: duas moléculas de glicose se unem para formar a maltose.

O **catabolismo**, por sua vez, envolve algumas reações que têm por função degradar substâncias orgânicas para obtenção de ATP, ou seja, para conseguir energia (Figura 1.5). Diferentemente do anabolismo, o catabolismo atua fornecendo energia para que importantes atividades possam ser realizadas, tais como a movimentação, respiração, controle da temperatura e ação do nosso sistema nervoso.

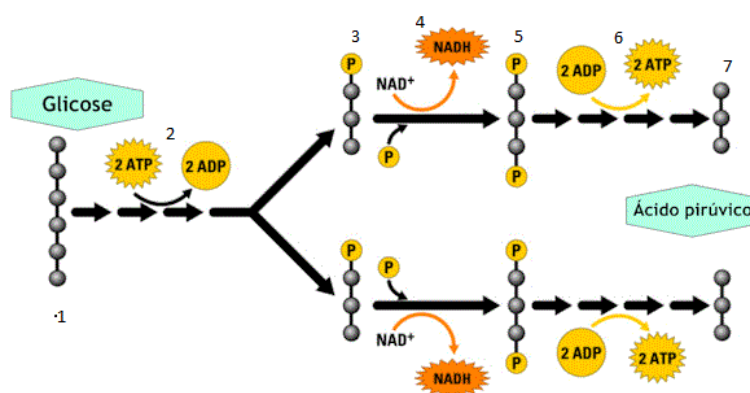


Figura 1.5. exemplo de reação catabólica: molécula de glicólise é catalisada para a formação de dois ácidos pirúvicos. Esta reação ocorre no citosol celular e é chamada de glicólise.

É importante destacar que o anabolismo necessita de energia para acontecer. Isso significa que o catabolismo tem influência direta sobre o anabolismo, pois atua fornecendo energia para a síntese de biomoléculas.

**Observação 1:** o anabolismo também é chamado de **metabolismo plástico** ou **metabolismo de construção**.

**Observação 2:** as reações anabólicas são, em geral, **endergônicas** (endotérmicas – absorvem calor do meio), uma vez que a quantidade de energia contida nos produtos finais é maior que a existente nos reagentes. Já as reações catabólicas são **exergônicas** (exotérmicas- liberam calor para o meio), uma vez que a quantidade de energia contida nos produtos finais é menor que a existente nos reagentes.

## 2. Estudo da água:

A água é uma importante molécula biológica, uma vez que tem a capacidade de dissolver diversas partículas orgânicas e inorgânicas. É, como já dito anteriormente, a molécula mais abundante dos seres vivos. A água é, por isso, considerada o **solvente biológico ideal** (solvente universal).

A capacidade **solvente** inclui íons (ex.:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ), carboidratos e muitos aminoácidos. Sua incapacidade para dissolver algumas substâncias como lipídios e alguns aminoácidos não chega a ser desvantajoso, pois permite com isso a **formação de estruturas supramoleculares** (como as membranas biológicas) e numerosos processos bioquímicos (como **dobramentos proteicos**). Nela estão dissolvidas ou suspensas as moléculas e partículas necessárias para o bom funcionamento celular.

Devido ao seu poder de dissolução, a água é o principal meio de transporte de partículas, nutrientes, hormônios, íons, entre outros. Dessa forma, reagentes e produtos de reações metabólicas, assim como produtos de excreção, dependem da água para o **transporte** no interior das células e entre as células.

As estruturas biológicas precisam estar constantemente se ligando e se desligando, em um fluxo dinâmico, para a manutenção do equilíbrio corporal. Por isso, anticorpos e antígenos, enzimas e substratos,

hormônios e receptores, precisam interagir por ligações fracas. A força e a especificidade das interações fracas dependem do meio onde ocorrem, sendo que a maioria das **interações biológicas** ocorrem na água.

Resumindo, a água tem algumas funções bem definidas:

- Atua como solvente de substâncias polares
- Formação de estruturas supramoleculares
- Meio para o dobramento proteico adequado
- Transporte de fluidos no meio intracelular e extracelular
- Meio para a formação de interações biológicas (hormônios-receptores; Antígenos-anticorpo...)

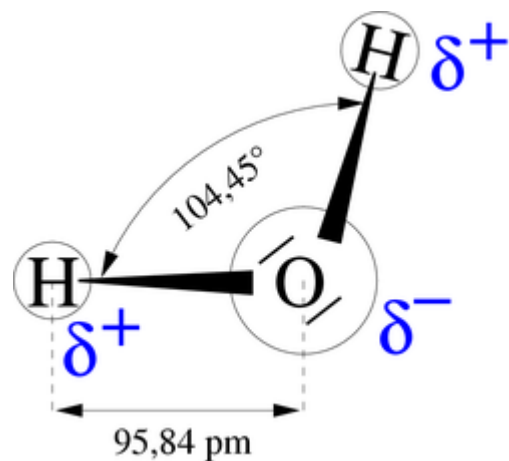
### (2.1) A QUÍMICA DA ÁGUA:

A água é composta por dois elementos químicos: o hidrogênio e o oxigênio. Para formar uma molécula dessa substância são necessários dois átomos de hidrogênio e apenas um de oxigênio, que se ligam por **ligações covalentes** (H-O-H) em busca de estabilidade. Nesse tipo de ligação, ocorre o compartilhamento dos elétrons dos átomos.

Após o estabelecimento das ligações covalentes, sobram dois pares de elétrons livres no átomo de oxigênio, que formam uma espécie de nuvem de elétrons, capazes de repelir estas ligações. Com isso a ligação

covalente da água forma um ângulo de aproximadamente  $104,5^\circ$ , o que caracteriza uma **geometria angular** (Figura 2.1).

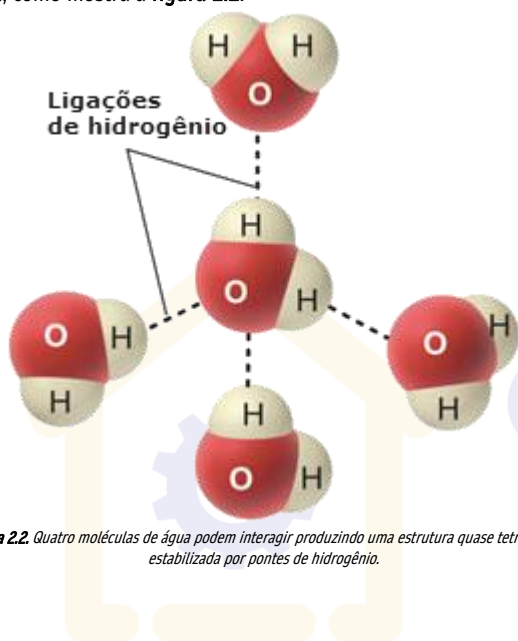
Observa-se que, ao interagirem, o átomo de oxigênio atrai de maneira mais intensa os elétrons do que o hidrogênio, o que gera uma carga parcial positiva no hidrogênio e uma negativa no oxigênio. Ou seja, a água é uma molécula **polar** (Figura 2.1). É a polaridade que garante algumas importantes propriedades da água, tais como seu ponto de fusão e ebulição, além da capacidade de dissolver substâncias.



**Figura 2.1.** A água apresenta geometria angular, pois o par de elétrons livres presentes no átomo de oxigênio “empurram” as ligações covalentes, formando um ângulo de  $104,45^\circ$ . Note que o comprimento da ligação covalente é de  $95,84 \text{ pm}$ . O fato de a molécula ter geometria angular, faz com que adquira um polo positivo, nos átomos de hidrogênio, e um polo negativo, no átomo de oxigênio. A polaridade é uma importante propriedade da molécula de água.

Ao se aproximarem, as moléculas de água interagem, pois a carga elétrica parcial positiva do hidrogênio de uma molécula atrai a carga elétrica parcial negativa do oxigênio de outra molécula de água adjacente, resultando em uma atração eletrostática denominada **ponte de hidrogênio**.

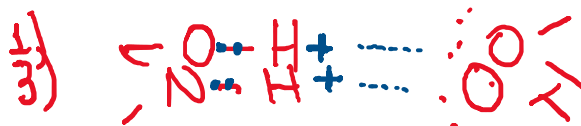
Quatro moléculas de água podem interagir produzindo uma estrutura quase tetraédrica estabilizada por **pontes de hidrogênio**. Isso é possível graças à atração que os átomos de oxigênio de uma molécula exercem sobre os hidrogênios de outras. No estado líquido, essas ligações rompem-se e refazem-se rapidamente, provocando o deslocamento de moléculas e garantindo a fluidez da água; no estado sólido, percebemos ligações mais duráveis; e no estado gasoso, a molécula encontra-se isolada, como mostra a **figura 2.2**.



**Figura 2.2.** Quatro moléculas de água podem interagir produzindo uma estrutura quase tetraédrica estabilizada por pontes de hidrogênio.

*Observação: As ligações de hidrogênio, antigamente chamadas de pontes de hidrogênio, são ligações que podem ser consideradas fortes, se comparadas com outras forças intermoleculares (Forças de Van der Waals, Dipolo-dipolo; Dipolo-induzido...), ou fracas se comparadas com qualquer força intramolecular (covalente, iônica, ou metálica).*

*Observação: condições para a formação de pontes de hidrogênio: Hidrogênio ligado por ligação covalente com átomos de alta eletronegatividade (nitrogênio e oxigênio). átomo com elétrons livres (nitrogênio e oxigênio). Perceba que as pontes de hidrogênio não são exclusivas da molécula de água, estando também presente em proteínas e ácidos nucleicos.*



## (2.2) A BIOLOGIA DA ÁGUA

### Propriedades:

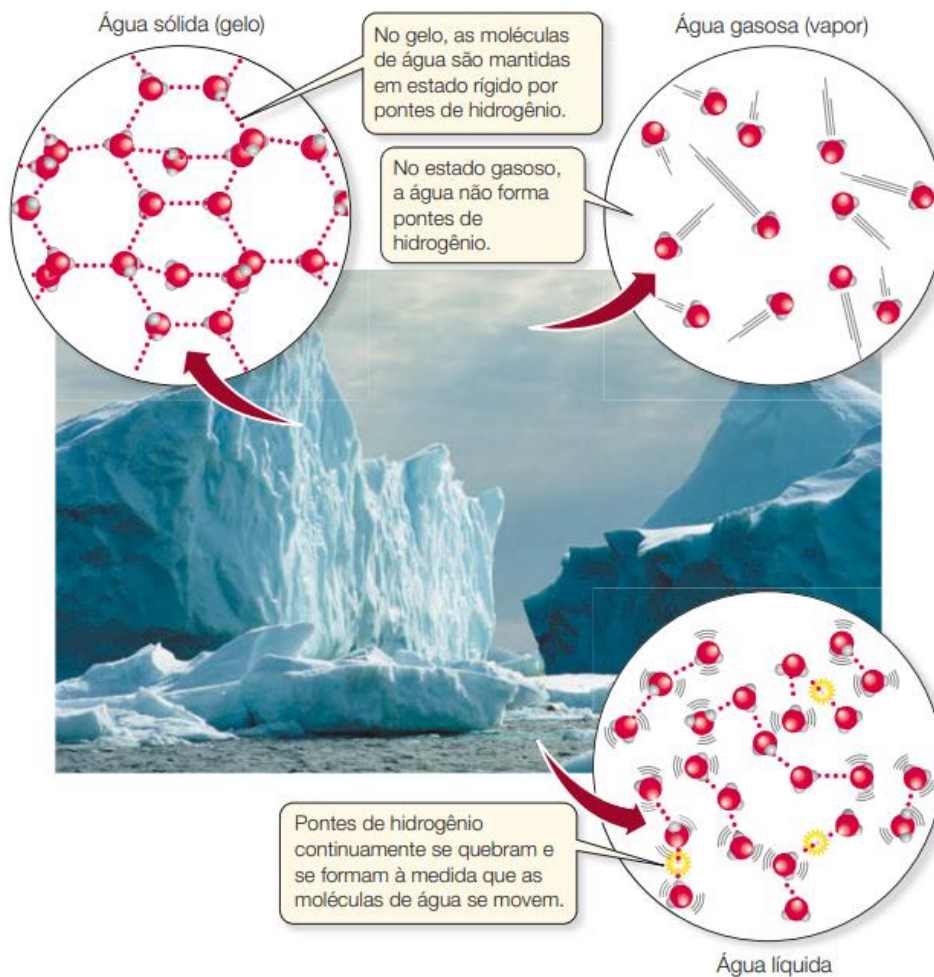
Vamos examinar as propriedades da água que contribuem para o Planeta Terra ser um ambiente apropriado para a vida, que são:

- Coesão e capilaridade;
- Adesão e solubilidade;
- Alto calor específico

- solubilidade,
- tensão superficial,
- densidade anômala,
- calor específico,
- calor latente,
- capilaridade.

### a) coesão e capilaridade:

**Coesão** é a propriedade pela qual a água atrai uma outra molécula de água, por pontes de hidrogênio. Logo, quando as moléculas de água apresentarem alto grau de compactação, apresentarão estado físico sólido; quando a compactação for baixa, as moléculas ficarão distantes, caracterizando o estado físico gasoso. Quando as moléculas estiverem menos compactadas que o sólido e mais compactadas que o estado gasoso, estará no estado líquido (**figura 2.3**). Moléculas pequenas e de baixo peso molecular (PM) tendem a ser gasosas a  $25^\circ \text{C}$  e  $1 \text{ ATM}$  de pressão. Por exemplo, a amônia (PM = 17), o nitrogênio (PM = 28) e o oxigênio (PM = 32), são gases. Mas a água, que tem peso molecular 18, sendo mais leve do que os exemplos citados, apresenta-se no estado líquido. Isso acontece por conta das muitas pontes de hidrogênio realizadas pela molécula de água.



**Figura 2.3.** Observe a disposição das moléculas de água em diferentes fases. No estado sólido, percebemos ligações mais duráveis; No estado líquido, essas ligações rompem-se e refazem-se rapidamente, provocando o deslocamento de moléculas e garantindo a fluidez da água; e no estado gasoso, a molécula encontra-se isolada.

**Capilaridade** é o fenômeno físico em virtude do qual um líquido sobe ou desce por uma passagem estreita, que pode ser um tubo capilar, o espaço situado entre as fibras de um tecido ou um material poroso qualquer. Decorre das forças que atuam na superfície de contato entre um líquido e um vapor, especialmente. Se a atração entre as moléculas do líquido é fraca, como no caso da água, ele sobe pelas paredes do tubo, molhando-o. Se a atração é forte, como no mercúrio, ele desce pelo tubo e não o molha. Nos tubos estreitos, em que há maior tensão superficial, o líquido sobe mais que em tubos mais largos.

Entre os fenômenos que se devem à capilaridade estão a ascensão da água subterrânea até a superfície, a formação de bolhas e gotas, a atração e repulsão de corpos que flutuam sobre uma superfície líquida e outros.

#### Tensão coesão de Dixon:

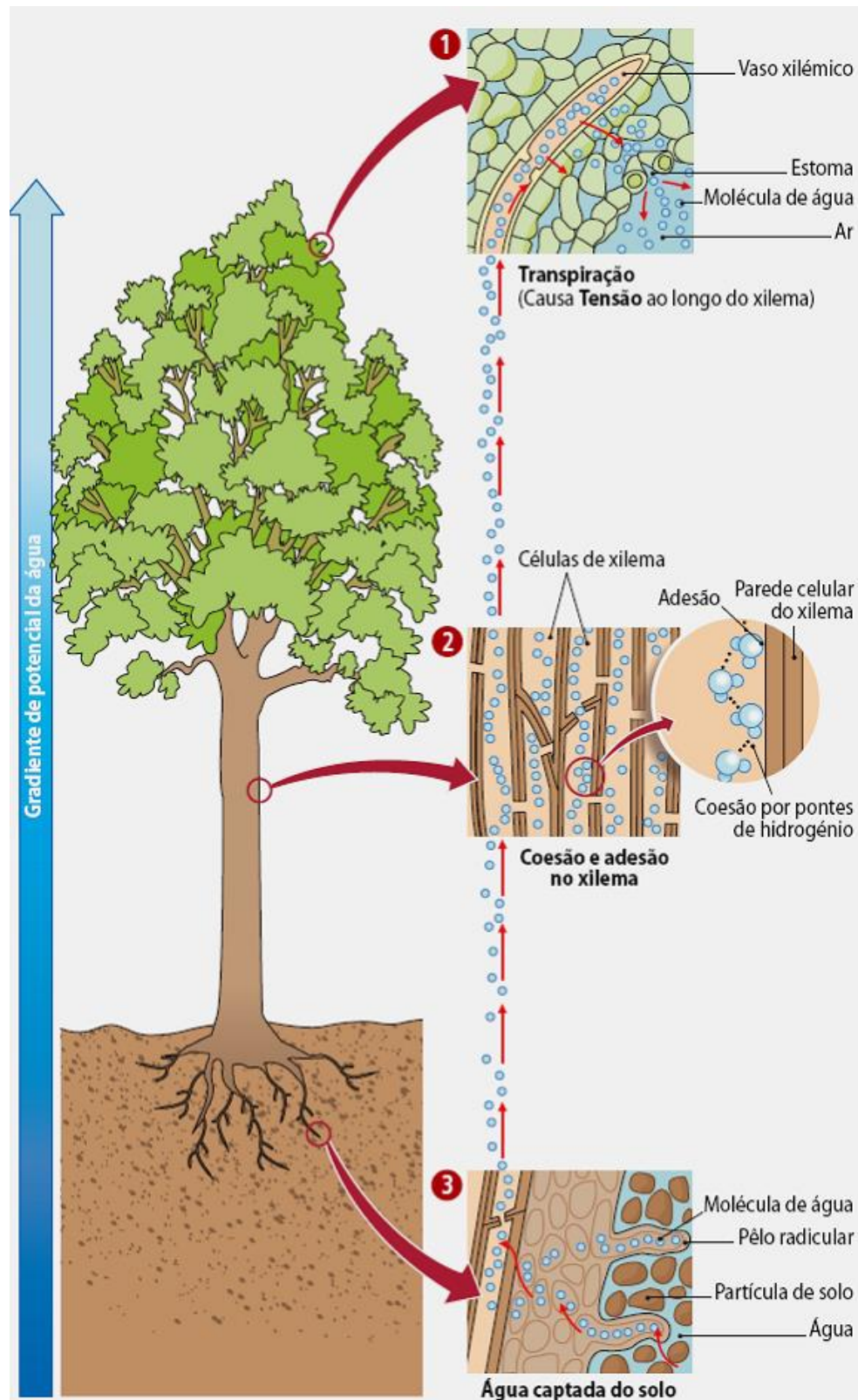
Capilaridade é o fenômeno físico em virtude do qual um líquido sobe ou desce por uma passagem estreita, que pode ser um tubo capilar, o espaço situado entre as fibras de um tecido ou um material poroso qualquer. Decorre das forças que atuam na superfície de contato entre um líquido e um vapor, especialmente. Se a atração entre as moléculas do líquido é fraca, como no caso da água, ele sobe pelas paredes do tubo, molhando-o. Se a atração é forte, como no mercúrio, ele desce pelo tubo e não o molha. Nos tubos estreitos, em que há maior tensão superficial, o líquido sobe mais que em tubos mais largos.

Entre os fenômenos que se devem à capilaridade estão a ascensão da água subterrânea até a superfície, a formação de bolhas e gotas, a atração e repulsão de corpos que flutuam sobre uma superfície líquida e outros.

#### Tensão-Coesão de Dixon:

A teoria da tensão-coesão proposta por Dixon, explica como é possível ocorrer a movimentação da água do solo até as folhas, desafiando a gravidade e outras leis da física (**figura. 2.4**).

Ao ser absorvida através dos pelos absorventes da raiz, a água passa pelo cilindro vascular e chega ao xilema, vaso responsável pela condução da água até as folhas. Uma força de sucção é gerada pelo processo de transpiração das folhas, atraindo água para cima. As moléculas de água passam, então, a se ligar por pontes de hidrogênio com moléculas da parede do xilema (adesão) e, sequencialmente, uma molécula de água vai se ligando a outra por coesão, fazendo com que uma coluna de água se desloque da raiz até as folhas. Perceba que este deslocamento caracteriza a capilaridade da água pelos vasos xilemáticos.

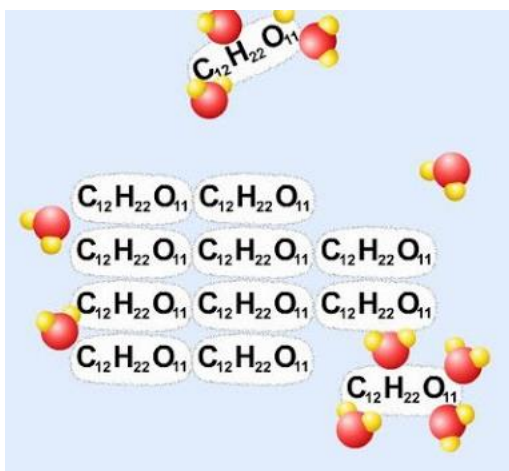


**Figura 2.4.** Teoria da tensão coesão de Dixon. (1) A o transpirar, as folhas geram uma força de sucção (tensão) ao longo do xilema. (2) As moléculas de água se ligam por adesão à parede do xilema e, em seguida, passam a atrair outras moléculas de água por coesão. (3) as moléculas de água são atraídas do solo para o xilema.

#### b) Adesão e Solubilidade:

**Adesão** é a propriedade pela qual a água atrai outra molécula polar diferente da água. Por exemplo, quando água e açúcar se misturam, a molécula de açúcar (polar) será envolvida por várias moléculas de água, que formam uma **camada de solvatação**. Nesta atração, o polo positivo do açúcar será atraído pelo oxigênio negativo da água, enquanto o polo negativo do açúcar será atraído pelo hidrogênio positivo da água (Figura 2.5). Como os lipídios não têm polaridade, não são envolvidos por moléculas de água.





**Figura 2.5.** A molécula de sacarose (açúcar da cana-de-açúcar) é envolvida por moléculas de água (interações dipolo-dipolo), que formam uma camada de solvatação. Isso é possível por se tratarem de duas moléculas polares. Assim, o açúcar se dissolve na água.

A água é um excelente solvente porque é capaz de dissolver uma enorme quantidade de substâncias. As substâncias que se dissolvem são chamadas solutos e ao serem misturadas com o solvente formam uma solução. Essa propriedade é muito importante para os seres vivos porque estes absorvem nutrientes (como o cálcio, o magnésio, etc) dissolvidos na água que bebem.

Nas plantas, os sais minerais só são absorvidos do solo pelas raízes depois que forem dissolvidas em água. No plasma sanguíneo estão dissolvidas outras substâncias como as vitaminas e a glicose, onde a água serve como transporte dessas para o resto do corpo. Na urina a água atua transportando substâncias “ruins”, como ureia e ácido úrico, que devem ser eliminadas do corpo.

A membrana plasmática é composta por lipídios, moléculas apolares, justamente para delimitar os espaços intra e extracelulares. Caso a composição das membranas biológicas fosse predominantemente de açúcares, ácidos nucleicos, ou proteínas isoladas, a água iria dissolver as membranas e, por consequência, as unidades celulares não seriam possíveis.

### A água é um importante meio para reações químicas:

É no meio aquoso que ocorrem todas as reações químicas dos seres vivos. Mas o que a água faz para facilitar essas reações? o raciocínio baseia-se na cinética química. A água separa as moléculas umas das outras, atraindo-as para perto de si por adesão. Essas moléculas separadas terão mais liberdade para se moverem. Quanto maior a mobilidade das partículas, maior a probabilidade de realizarem um choque efetivo, o que acaba por promover a reação química.

**Observação 1:** A água não é um catalisador. Apenas facilita as reações químicas, mas não as catalisa.

**Observação 2:** A maior parte da água encontra-se no meio intracelular

**Observação 3:** Coesão é a atração entre duas moléculas de água. Adesão é a atração entre uma molécula de água e outra molécula polar diferente da água.

### c) Calor específico:

Como Já foi explicado, a molécula de água se liga a quatro outras moléculas de água por ligações de hidrogênio, uma força intermolecular forte. Isso faz com que a água fique bastante aprisionada e com dificuldade de se mover. Analogamente, imagine que você vai participar de uma corrida, mas que seus braços e suas pernas estão amarrados. É claro que a sua locomoção será limitada, não é mesmo? Mas o que isso tem a ver com calor específico, Vanylton?

O calor específico ou capacidade térmica da água é a quantidade de calor que é preciso para elevar em 1°C a temperatura de 1g de uma substância. Como a variação de temperatura está relacionada com o grau de agitação molecular, concluímos que é difícil variar a temperatura da água, justamente por conta do aprisionamento que te expliquei. Você fornece

calor pra quebrar a primeira ligação de hidrogênio, depois fornece mais calor pra quebrar a segunda, ainda mais calor para quebrar a terceira ligação, insiste em aquecer até quebrar a quarta ligação para, só aí, a água mudar sua temperatura. Percebeu porque não é fácil mudar a temperatura da água?

A água tem um elevado calor específico, o que significa dizer, que ela consegue aumentar ou diminuir bastante sua temperatura sem mudar de estado físico, mas por outro lado isso demora mais a acontecer, se comparado com outras substâncias. Por exemplo, ao visitar a praia, percebemos que, durante o dia, a temperatura da água é inferior à temperatura da areia. A partir da tabela abaixo, podemos reparar que o calor específico da areia é bem menor que o da água, logo, a quantidade de energia necessária para aquecer a areia é menor e, por isso, seu aquecimento ocorre mais rápido. Durante a noite, a areia também perde energia mais facilmente que a água, esfriando-se mais rapidamente. Observe na tabela abaixo, o valor do calor específico de alguns materiais.

MATERIAL	CALOR ESPECÍFICO (cal/g.°C)
Acetona	0,52
Areia	0,2
Água	1
Cobre	0,09
Etanol	0,59
Ferro	0,11
Ouro	0,03
Prata	0,05
Alumínio	0,22

Podemos ainda citar como exemplo o ato de colocar café quente em um copo de alumínio. Percebemos que rapidamente o alumínio aquece-se, chegando à mesma temperatura do café. Isso ocorre porque o calor específico do alumínio é pequeno.

*Qual é a relevância do elevado calor específico da água para a vida na Terra?*

Uma grande quantidade de água pode absorver e armazenar imensas quantidades de calor do sol durante o dia e durante o verão, aquecendo apenas poucos graus. À noite e durante o inverno, o esfriamento gradual da água pode aquecer o ar. Essa capacidade da água serve para moderar as temperaturas do ar no litoral. O elevado calor específico da água também tende a estabilizar a temperatura dos oceanos, criando um ambiente favorável para a vida marinha. Portanto, devido ao elevado calor específico, a água que cobre a maior parte da Terra mantém as flutuações da temperatura na terra e na água dentro dos limites que permitem a vida.

Além disso, como os organismos são constituídos principalmente de água, são mais aptos a resistir a mudanças em sua própria temperatura do que se fossem constituídos de líquidos com menor calor específico. Nossa temperatura média é de 37 graus celsius, porém, quando temos uma infecção por vírus ou bactérias, por exemplo, nossa temperatura tende a aumentar, caracterizando. Um quadro de febre. Se a temperatura se elevasse facilmente para 41 graus, nossas proteínas desnaturariam, por conta da quebra das suas pontes de hidrogênio, e nós morreríamos. Porém, não é fácil variar a temperatura do nosso corpo para temperaturas tão elevadas, justamente por sermos formados 70% a 80% por água.

### d) Alto calor latente de vaporização

O calor latente representa a quantidade de calor necessária para que a substância mude de estado físico. O calor latente de vaporização e de

solidificação da água são muito elevados de modo que evita que ela congele ou evapore muito rapidamente.

O elevado calor latente de vaporização da água torna a sudorese (eliminação do suor) um mecanismo importante na manutenção da temperatura corporal de alguns animais. Quando o dia está muito quente, suamos mais. Pela evaporação do suor eliminado, liberamos o calor excedente no corpo. Isso também ocorre quando corremos, dançamos ou praticamos outros exercícios físicos.

A sensação térmica é controlada por dois fatores: umidade e vento. Em locais de alta umidade, como em Manaus, por ter alta concentração de água na atmosfera, a evaporação do suor diminui, a pele não resfria e a sensação térmica é de um local mais quente. Já em Juazeiro do Norte, interior do Ceará, por ser um local seco, o suor evapora com mais facilidade, resfriando a pele. Ou seja, uma temperatura de 35 graus Celsius em Manaus, gera uma sensação térmica muito mais desconfortável do que em Juazeiro do Norte. Em locais ventilados, também se tem uma maior velocidade de evaporação do suor e, conseqüentemente, menor sensação térmica. Este é o mecanismo de utilização de ventiladores em dias quentes.

#### e) Tensão superficial:

A tensão superficial é uma propriedade física que resulta da força de atração entre as moléculas de água internas a um corpo d'água com as moléculas da superfície. Nas moléculas internas, como as forças são em todas as direções elas se anulam, já na superfície as forças de coesão puxam para os lados e para baixo, desse modo, fazem com que a superfície fique como uma película elástica. Por exemplo: um inseto consegue caminhar sobre a água por causa da tensão superficial (figura 2.6)

Figura 2.6. Um inseto é capaz de pousar sem afundar sobre uma superfície líquida, por conta da elevada



tensão superficial entre as moléculas de água.

#### Observação:

O detergente quebra a tensão superficial da água, certo? Isso também acontece nos pulmões. As células pulmonares chamadas de pneumócitos tipo II produzem uma substância detergente chamada de surfactante, que diminui a tensão superficial da água, permitindo uma melhor difusão de oxigênio para o sangue. Recém nascidos prematuros podem ter uma diminuição na produção desse surfactante, por isso, apresentam uma dificuldade respiratória chamada de síndrome da membrana hialina ou síndrome da angústia respiratória do Recém-nascido.

#### f) Densidade anômala:

A água é uma das poucas substâncias menos densas em forma sólida do que na forma líquida. Em outras palavras, um sólido normalmente afunda no líquido, enquanto o gelo flutua em água líquida. Enquanto outros materiais se contraem e se tornam mais densos quando solidificam, a água se expande.

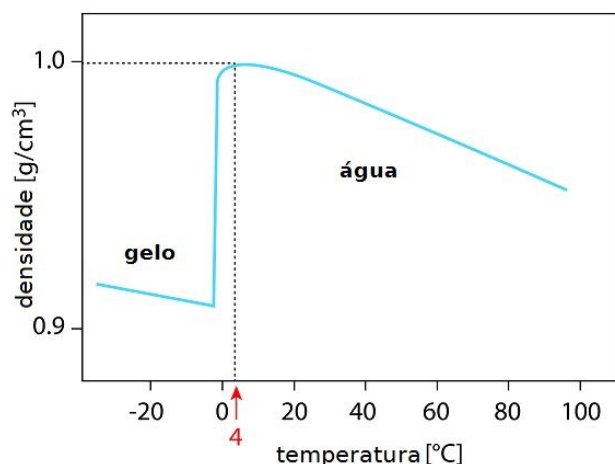
O motivo desse comportamento exótico é, outra vez, a ligação de hidrogênio. Em temperaturas acima de 4°C, a água se comporta como os

outros líquidos, expandindo ao aquecer e contraindo ao esfriar. À medida que a temperatura diminui de 4°C para 0°C, a água começa a congelar, pois suas moléculas, cada vez mais, se movem lentamente para quebrar as ligações de hidrogênio. A 0°C as moléculas ficam presas em uma estrutura cristalina, com cada molécula de água unida por ligações de hidrogênio a quatro outras moléculas. As ligações de hidrogênio mantêm as moléculas "ao alcance do braço", a uma distância suficiente para tornar o gelo cerca de 10% menos denso (10% menos moléculas para igual volume) do que a água líquida a 4°C.

Quando o gelo absorve calor suficiente para que sua temperatura suba acima de 0°C, as ligações de hidrogênio entre as moléculas são rompidas. À medida que o cristal se desfaz, o gelo derrete, e as moléculas ficam livres para se adensarem. A água alcança sua maior densidade a 4°C e então começa a expandir à medida que as moléculas se movem mais rapidamente. Mesmo na água líquida, muitas moléculas estão conectadas por ligações de hidrogênio, embora apenas transitoriamente: as ligações de hidrogênio constantemente se rompem e se refazem.

A habilidade do gelo de flutuar devido a sua menor densidade é um fator importante na adequação do ambiente para vida. Se o gelo afundasse, então todos os açudes, lagos e até oceanos acabariam congelando; com isso, a vida como a conhecemos seria impossível na Terra. Durante o verão, apenas as poucas polegadas superiores do oceano degelariam. Em vez disso, quando grandes corpos aquáticos esfriam, o gelo flutuante isola a água líquida abaixo, evitando que ela congele e permitindo a vida sob a superfície congelada.

Além de isolar a água abaixo, o gelo também fornece um sólido habitat para alguns animais, como ursos polares e focas. Muitos cientistas estão preocupados que esses corpos de gelo estejam correndo o risco de desaparecer. O aquecimento global, causado pelos gases de dióxido de carbono e outros gases "estufa" na atmosfera, tem tido um grande efeito nos ambientes gelados ao redor do globo. No Ártico, a temperatura média do ar aumentou em 1,4 °C desde 1961. Esse aumento de temperatura afetou o equilíbrio sazonal entre o gelo do mar Ártico e a água líquida; agora o gelo se forma mais tarde no ano, descongela antes e cobre uma área menor. A velocidade em que o gelo do mar Ártico e das geleiras está desaparecendo impõe um desafio extremo aos animais que dependem do gelo para sua sobrevivência.



Observe que em baixas temperaturas a água encontra-se no estado sólido (gelo) e, nesse estado, sua densidade é reduzida. Porém, quando a água está sob maiores temperaturas, passa para o estado líquido, o que implica em um aumento de densidade.

#### (2.3) VARIAÇÃO DO TEOR DE ÁGUA

A taxa de água varia de maneira direta em relação à atividade metabólica, ou seja, quanto maior a atividade metabólica de uma célula, um tecido ou um órgão, maior deverá ser a taxa de água nessas estruturas. De um modo geral, a taxa de água em um mesmo organismo varia de maneira inversa em relação à idade, ou seja, quanto maior a idade, menor será a taxa de água. Na espécie humana, por exemplo, a

massa corporal de um feto de três meses é constituída por aproximadamente 94% de água; num recém-nascido, a taxa de água é de aproximadamente 70%, e, num indivíduo adulto, corresponde a cerca de 65%.

O teor de água também varia entre espécies. Uma água-viva, por exemplo, possui maior taxa de água corpórea do que um vegetal.

Entre tecidos de um mesmo organismo também ocorre variação no teor de água. Analise a tabela:

Quantidade de água em porcentagens do peso total em alguns órgãos humanos	
Encéfalo de embrião	92,0
Músculos	83,4
Cérebro	77,8
Pulmões	70,9
Coração	70,9
Ossos	48,2
Dentina	12,0

De um modo geral:

Tecidos: Nervoso (83%) > Muscular (80%) > Ósseo (20%) > Adiposo (15%)

Porém, o tecido nervoso branco (substância branca), possui menos água do que o muscular. E o Tecido ósseo sem medula é menos hidratado do que o adiposo.

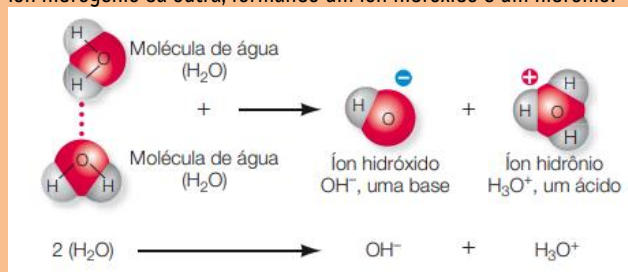
#### (2.4) ABSORÇÃO DA ÁGUA

Em condições normais, os humanos absorvem quase 9% da água e dos íons contidos no alimento ingerido. A água é absorvida por mecanismo de osmose, se deslocando conforme a osmolaridade do conteúdo intestinal. Ocorre pouquíssima absorção de água no duodeno. Ocorre absorção de água no intestino delgado, sendo que o **jejuno** é mais ativo que o íleo nesse processo. Porém o **intestino grosso** é a porção do sistema digestório responsável pela maior parte da absorção da água, o que determina a consistência do bolo fecal.

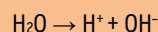
#### LEITURA DE APROFUNDAMENTO:

##### A ÁGUA É UM ÁCIDO FRACO

A molécula de água possui uma pequena, mas significativa tendência a se ionizar a um íon hidróxido (OH<sup>-</sup>) e um íon hidrogênio. Duas moléculas de água participam nesta reação. Uma das duas moléculas “captura” um íon hidrogênio da outra, formando um íon hidróxido e um hidrônio:



O íon hidrônio é, de fato, um íon hidrogênio ligado a uma molécula de água. Para simplificar, os bioquímicos tendem a usar uma representação modificada da ionização da água:



A ionização da água é importante para todas as criaturas vivas. Este fato pode ser surpreendente, já que somente cerca de uma molécula de água em 500 milhões é ionizada em um dado período. Mas ficaremos menos surpresos se pensarmos na abundância nos organismos vivos e na natureza reativa do H<sup>+</sup>, produzido por ionização.

Fonte: Vida, A ciência da vida - Volume 1: célula e hereditariedade. 8 Edição

### 3. Estudo dos sais minerais:

Como foi visto, os sais minerais representam uma pequena parcela da massa dos seres vivos (em média de 1 a 5%). Os minerais podem ser encontrados na matéria viva sob a forma insolúvel, imobilizados em estruturas esqueléticas (exoesqueleto de artrópode, como os crustáceos; estruturas ósseas e dentes), como também sob a forma solúvel, dissolvidos na água (água mineral) e dissociados em íons.

As plantas absorvem os minerais do solo junto à água pelas raízes, formando o que se chama de seiva bruta, que é transportada para as folhas através de um vaso de condução chamado de xilema ou lenho. Já os animais obtêm esses elementos através da ingestão, principalmente de água mineral.

#### Observação:

**Macronutrientes:** grande necessidade de ingestão diária (Mais de 100 mg/dia - Cálcio, fósforo, enxofre, potássio, sódio, cloro e magnésio).

**Micronutrientes:** pequena necessidade de ingestão diária. (Menos de 20mg/dia - Ferro e Zinco)

**obs:** o ferro em grávidas é um macronutriente!

Vamos agora estudar os principais elementos minerais dos seres vivos:

#### (3.1) Sódio (Na<sup>+</sup>):

A forma de maior estabilidade do sódio é o Na<sup>+</sup> (cátion monovalente), cátion mais abundante no meio extracelular dos animais. É essencial para a geração e condução dos **impulsos nervosos** (junto ao potássio - K<sup>+</sup>) e para a manutenção do **equilíbrio osmótico** do organismo. Uma das principais fontes desse elemento para o nosso organismo é o cloreto de sódio (NaCl), também conhecido por sal de cozinha, muito utilizado como tempero em nossa culinária.

#### Equilíbrio osmótico:

Osmose é a passagem de água de um meio menos concentrado (hipotônico) para um meio mais concentrado (hipertônico). É por essa razão que, ao se ingerir grandes quantidades de sal de cozinha (NaCl), o sangue fica hipertônico e os tecidos hipotônicos. Por consequência, os tecidos irão desidratar, explicando a sede que se tem, ao ingerir grandes quantidades de sal.

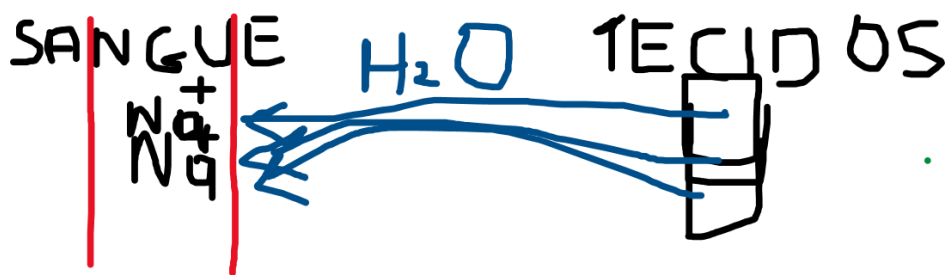


Figura: A ingestão de grandes quantidades de sódio, desidratam os tecidos e causam sede.

Outro raciocínio interessante é relacionar a osmolaridade do sódio com a pressão arterial. Ora, se, ao ingerir grandes quantidades de sódio, o sangue fica hipertônico e atrai água, diz-se que está havendo um aumento de volemia (volume sanguíneo), o que vai aumentar a força que o sangue exerce sobre as paredes das artérias, ou seja, aumentará a **pressão arterial**. É por essa razão que pessoas hipertensas precisam reduzir o consumo de sal. Para estes pacientes, além de dietas hipossódicas, foram criados medicamentos que impedem a absorção intestinal de sódio, aumentando a eliminação desse mineral pelas fezes.

Para cada 9 g de sal ingeridos, o organismo retém um litro de água, ou seja, essa água fica circulando, sem ser eliminada. Caso essa quantidade de água esteja em excesso, haverá a sua eliminação pelo sistema urinário. Se a velocidade de eliminação dessa água não acompanhar a velocidade de retenção, haverá aumento do fluxo hídrico no organismo, o que acarretará aumento da pressão arterial. Uma importante situação que gera esse quadro de aumento de pressão é a disfunção renal, no qual a água não será eliminada e passará a se acumular no interior dos vasos sanguíneos, gerando aumento da pressão arterial em indivíduos nefropatas.

Para as pessoas saudáveis, a dose máxima de sal recomendada pelo Ministério da Saúde é de 5 g por dia (2.000 mg de sódio). Os brasileiros, no entanto, consomem em média cerca de 10 gramas, o dobro do recomendado, sem contar o sal dos alimentos ingeridos fora de casa. Lembre-se que 1g de sal é a quantidade existente em cada um daqueles pacotinhos servidos nos bares e restaurantes. Vale lembrar que é obrigatório por lei a adição de iodo ao sal de cozinha destinado a consumo alimentar.

Mas aí surge uma dúvida: por que salgar a carne? A estratégia é manter um ambiente hipertônico em relação ao citoplasma de bactérias que possam decompor esse alimento. Isto levará as bactérias à desidratação e morte, mantendo a qualidade do alimento por mais tempo. A carne de sol, ou de charque, no seu preparo, recebe grandes quantidades de sal, justamente pra

que não haja a contaminação por bactérias. Aí você se pergunta? Se a carne está hipertônica, logo ela vai ficar bastante hidratada, então por que a carne que se consome é tão seca? A resposta é simples: a água irá evaporar!

#### Se liga!!!

Osmose é uma propriedade coligativa, ou seja, não depende da natureza química das substâncias. A partir deste raciocínio pode-se concluir que a substituição de sal por açúcar causaria o mesmo efeito de variação de osmolaridade. Prova disto é que, quando você ingere doce, também desidrata os tecidos, tendo bastante sede. E é por essa mesma razão que pacientes diabéticos não tratados, por terem grandes concentrações de glicose no sangue, também serão hipertensos.

Vale ressaltar, ainda com o olhar da química, que o sal que ingerimos interfere duas vezes mais na osmolaridade do que o açúcar, pois ao adicionar no sangue uma quantidade X de NaCl, após a sua dissociação, teremos 2 partículas gerando osmose, o sódio e o cloreto (gerando uma pressão osmótica 2X). Já no caso a adição de açúcar (sacarose), não haverá dissociação e a pressão osmótica gerada será menor.

O Na<sup>+</sup> é absorvido ao longo de todo o intestino, a velocidade efetiva de absorção é mais alta no jejuno, sempre com gasto de ATP, ou seja, através de um transporte ativo. Existem dois mecanismos de absorção de sódio. O primeiro é através da proteína transportadora de glicose dependente de sódio, no qual, por transporte ativo secundário, o sódio é absorvido junto à glicose (por isso a importância de se tomar soro - com sal e açúcar - para reidratação). Outro mecanismo é através da proteína de membrana NHE3, que absorve o sódio junto com íons hidrogênios.

#### (3.2) Potássio (K<sup>+</sup>):

O potássio é o cátion mais abundante nos vegetais. Nos animais transmite sinais elétricos entre nossos neurônios e músculos e atua na manutenção do **equilíbrio hídrico**. Ao contrário dos íons Na<sup>+</sup>, a concentração dos íons K<sup>+</sup> é maior no meio intracelular. O potássio atua ainda como cofator em reações de síntese proteica e respiração celular

aeróbica. Caso haja uma carência de potássio, a respiração aeróbica será afetada e o organismo tenderá a realizar respirações anaeróbicas, como a fermentação láctica, dessa forma haverá acúmulo de ácido láctico no organismo, gerando as câimbras. Como a banana é rica em potássio, sugere-se o seu consumo antes de atividades físicas, com a intenção de se evitar as câimbras. Carnes, leite e outros tipos de frutas também são ricos em potássio.

#### Leitura de aprofundamento:

Você sabe como funciona o processo de execução pela injeção letal e quais são as substâncias utilizadas para que a morte de um condenado aconteça?

O Protocolo de Chapman conta com um trio de drogas poderosas, sendo que cada uma é individualmente letal em sua dose separada e mais ainda quando são utilizadas juntas. O processo começa com a administração de tiopentato de sódio. Este barbitúrico de ação rápida é normalmente usado como anestésico para induzir comas e faz com que o condenado fique inconsciente em dez segundos, em média.

Em seguida, 100 mg de brometo de pancurônio são injetados. Esta droga é um relaxante muscular não despolarizante que bloqueia a ação de um receptor muscular específico que, por sua vez, impede a contração das fibras. Esse efeito paralisa o diafragma e os pulmões, cessando a respiração do condenado.

Feito isso, o preso ainda recebe uma injeção de 100 mEq (miliequivalente) de **cloreto de potássio**. O potássio é um eletrólito utilizado pelos nossos corpos para ajudar a transmitir sinais elétricos entre nossos neurônios e músculos. Com essa quantidade, a substância provoca um desequilíbrio, induzindo à parada cardíaca.

Uma vez que os registros de assistolia (ausência de ritmo cardíaco) no eletrocardiograma são verificados, o médico então inspeciona o condenado e declara o horário oficial da morte.

#### (3.3) Cloreto (Cl<sup>-</sup>):

O íon cloreto também apresenta importância no **equilíbrio osmótico**, assim como o sódio e o potássio. Fala-se que o

cloreto é o íon negativo (ânion) mais abundante nos seres vivos. Outra função desse ânion é sua participação na **formação do HCl** (ácido clorídrico), componente do suco gástrico de alguns animais, desempenhando a função de conversão do pepsinogênio (inativo) em pepsina (ativa), enzima responsável pela digestão de proteínas. O sal de cozinha é uma importante fonte de cloreto para o nosso organismo.

O íon cloreto tem relação com uma importante patologia, chamada de **fibrose cística** ou mucoviscidose. A fibrose cística (FC) é uma doença genética autossômico-recessiva, cujas manifestações clínicas resultam da disfunção de uma proteína denominada *cystic fibrosis transmembrane conductance regulator* (CFTR). A disfunção da proteína CFTR diminui a permeabilidade da membrana celular ao cloreto, trazendo dificuldades ao transporte e à secreção deste íon. Consequentemente, a concentração de cloretos na membrana apical das células epiteliais se eleva. Cada órgão que depende da proteína CFTR - pulmões, pâncreas, intestino, glândulas sudoríparas e vasos deferentes - expressa esta disfunção de maneira diferente, de acordo com a sensibilidade de cada um deles ao déficit funcional.

A obstrução dos ductos pancreáticos pela secreção mais viscosa impede que as enzimas digestivas sejam lançadas no intestino. O paciente tem má absorção de nutrientes e não ganha peso, apesar de se alimentar bem. Apresenta também maior número de evacuações diárias e elimina fezes volumosas, com odor forte e gordurosas. Essa obstrução por secreção mais espessa também pode acometer os ductos biliares. A bile retida no fígado favorece a instalação de um processo inflamatório. Entretanto, o aparelho respiratório é a área mais delicada da doença. O pulmão produz muco espesso que pode ficar retido nas vias aéreas e ser invadido por bactérias. Outros sintomas são tosse com secreção produtiva, pneumonias de repetição, bronquite crônica. A alteração do transporte iônico nas glândulas sudoríparas compromete a reabsorção de cloreto. Níveis aumentados de cloreto ajudam a reter água e sódio o que deixa o suor mais salgado.

### (3.4) Iodo (I<sup>-</sup>):

Esse elemento é fundamental na constituição de hormônios tireoidianos, produzidos pela glândula tireoide. Essa glândula localiza-se na base do pescoço (na frente da traqueia) e produz os hormônios T3 (triiodotironina) e T4 (tetraiodotiroxina ou tiroxina), que estimulam as reações do metabolismo em todo o corpo (metabolismo geral). No interior da tireoide existem diversas estruturas chamadas de folículos tireoideanos. Cada folículo possui, no seu interior, um coloide rico no aminoácido

tirosina (tireoglobulina). Ao absorver iodo dos capilares sanguíneos adjacentes, ocorre a reação do iodo com tireoglobulinas, formando os hormônios T3 (triiodotironina) e T4 (tetraiodotiroxina). A carência de Iodo acarreta a diminuição desses hormônios, quadro chamado de hipotireoidismo. Como um dos sintomas dessa patologia é o aumento da tireoide (bócio), fala-se então em bócio carencial ou endêmico.

### (3.5) Cálcio (Ca<sup>2+</sup>):

O cálcio está presente na natureza na forma de sal insolúvel, ou na forma iônica. Na forma de sal insolúvel possui a função de dar rigidez ao esqueleto dos animais, seja internamente (ossos e dentes), ou externamente (conchas de moluscos, revestimento de crustáceos, casca de ovos, etc.).

O cálcio também está presente em formações chamadas de estalactites e estalagmites, na forma de carbonato de cálcio. São as formações minerais mais fáceis de serem encontradas em cavernas. As **estalactites** pendem do teto na forma de cones pontudos. Já as **estalagmites** têm aspecto parecido, mas crescem no sentido contrário, do chão para cima.

No corpo humano, o cálcio é o mineral mais abundante, constituindo cerca de 1,5% do total da nossa massa corporal, e a maior parte dele é encontrada nos ossos sob a forma de **fosfato de cálcio (apatita)**, mas também forma a estrutura dos dentes, na forma de hidroxiapatita (Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub>). Além da função estrutural, o cálcio atua na **coagulação do sangue** (como cofator ativador da tromboplastina), **contração muscular** (se ligando a troponina C e permitindo, assim, o deslizamento da actina sobre a miosina no processo de contração) e **sinapses nervosas** (promovendo a exocitose das vesículas sinápticas, liberadoras de neurotransmissores). Outra função do cálcio, junto ao magnésio, é o controle da permeabilidade das membranas, pois eles atuam como se fossem chaves, abrindo e fechando os proteicos de membrana. A abertura destes canais se dá quando se tem baixa concentração destes íons, e o seu fechamento, quando se tem elevadas concentrações.

Quando ingerimos alimentos ricos em cálcio, tais como leite e seus derivados, realizamos a sua absorção em todo o segmento intestinal, mas, em especial, à nível de jejuno e íleo. A absorção de cálcio intestinal é estimulada pela Vitamina D, que é ativada nos rins pelo hormônio paratormônio (PTH). Uma vez absorvido, esse cálcio precisa se ligar aos ossos, o que é feito pela ação da calbindina (proteína fixadora de cálcio - CaBP). Mas nem todo o cálcio absorvido é fixado, pois parte do cálcio fica circulando no sangue. Em

condições normais, os níveis de cálcio no sangue (calcemia) mantêm-se dentro de uma estreita margem que oscila entre os 8,5 e os 10 mg/100 ml. É muito importante que a calcemia se mantenha nestes níveis, em equilíbrio (homeostase), já que tanto a sua diminuição como o seu aumento pode comprometer a atividade de diferentes tecidos e provocar várias alterações. É por isso que existe um sofisticado sistema de controle, no qual participam os hormônios paratormônio (PTH) e a calcitonina.

O **PTH** é sintetizado pelas glândulas paratireoideas, em situações de hipocalcemia (diminuição das taxas de cálcio no sangue), para estimular a ação dos osteoclastos, células ósseas capazes de reabsorver o cálcio estocado nos ossos e eliminá-los na corrente sanguínea. Esse processo é catalisado pela enzima fosfatase ácida. Já a **calcitonina** é sintetizada pelas células parafoliculares da tireoide em uma situação contrária, de hipercalcemia (aumento das taxas de cálcio no sangue). Esse hormônio estimula outras células ósseas chamadas de osteoblastos, que removem o cálcio sanguíneo, depositando-o nos ossos, sob ação da enzima fosfatase alcalina (básica) e da calbindina.

A carência de cálcio na infância, decorrente de uma baixa ingestão de vitamina D, pode comprometer a formação normal dos ossos, caracterizando um quadro conhecido por raquitismo. Nos adultos, a sua carência pode causar osteomalácia e ainda está relacionado com a osteoporose.

O excesso de cálcio circulante pode gerar o seu acúmulo nos cálices renais, que, na forma de oxalato de cálcio, gera precipitados que causam intensas dores, a chamada "pedra nos rins" ou nefrolitíase.

Como foi falado, o cálcio está relacionado com a contração muscular. Nos músculos esses íons ficam armazenados no meio intracelular em organelas chamadas de retículo endoplasmático liso (ou retículo sarcoplasmático). No meio externo a essas organelas, encontra-se o citosol, com os sarcômeros (formados pelas proteínas actina e miosina), que são as unidades da contração muscular. Para haver a contração, esse cálcio tem que ser eliminado do retículo sarcoplasmático para o citosol, onde atua gerando a contração.

Para que o músculo relaxe, esse cálcio precisa retornar para o retículo, o que só ocorre de forma ativa, ou seja, com gasto de ATP. Quando ocorre a morte do organismo, obviamente, ele não estará mais produzindo ATP (energia). Então, como esse cálcio vai retornar para o retículo sarcoplasmático? Na verdade, ele não retorna! Se acumula no citosol e o músculo permanece contraído, evento que chamados de rigidez cadavérica ou *rigor mortis*.

### Leitura de aprofundamento!

Os **dentes** são estruturas mineralizadas que têm a função de triturar o alimento, facilitando a ação das enzimas digestivas e diminuindo o atrito do alimento sobre a camada mucosa não-queratinizada do restante do tubo digestivo. É um tecido vivo formado pela invaginação do epitélio da boca no tecido conjuntivo subjacente.

O epitélio forma a porção mais externa do dente, chamada de **esmalte**, que é totalmente

mineralizada (cerca de 95% formada de hidroxiapatita) e tem a função de fornecer resistência ao dente. A hidroxiapatita é um hidrofosfato de cálcio -  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  - sendo pouco solúvel e se dissolvendo facilmente em ácido. Bactérias que causam a deterioração dos dentes utilizam a matéria orgânica acumulada e realizam a fermentação láctica (anaeróbia) com produção de ácido láctico e consequente desgaste dentário. A saliva é uma secreção rica em oxigênio, logo é capaz de matar as bactérias anaeróbias existentes na

boca, porém durante o sono a produção de saliva é diminuída, gerando o mau hálito ao acordar. O elemento flúor, na forma do íon fluoreto ( $\text{F}^-$ ) reage com a hidroxiapatita e forma a apatita fluoretada -  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$  - que é menos solúvel e mais resistente à deterioração por ácidos do que a hidroxiapatita. O esmalte não apresenta células nervosas não gerando dor. O tecido conjuntivo forma as porções mais internas dos dentes, a dentina e a polpa dental.

### (3.6) Ferro:

O ferro, por ser um metal de transição, pode ser encontrado na natureza na sua forma reduzida  $\text{Fe}^{+2}$  (íon ferroso) ou oxidada  $\text{Fe}^{+3}$  (íon férrico). Nos animais encontramos o íon ferroso (chamado de ferro heme, ou ferro orgânico) compondo a hemoglobina e mioglobina (responsável pelo transporte de gases), os citocromos (carreadores de elétrons das mitocôndrias, no processo de fosforilação oxidativa da respiração celular) e a ferritina (proteínas encontradas no fígado com a função de armazenar ferro). Nas plantas o ferro apresenta-se na sua forma férrica (oxidada, não heme, ou inorgânico), em moléculas como os citocromos e a ferridoxina, presentes na membrana interna dos cloroplastos, que atuam na fase clara da fotossíntese como carreadores de elétrons. Quando ingerimos alimentos de origem vegetal ricos em íon férrico  $\text{Fe}^{+3}$ , não somos capazes de absorver este mineral nesta forma oxidada, precisando reduzi-lo ao íon ferroso  $\text{Fe}^{+2}$  para que possamos utilizá-lo na composição das nossas hemoglobinas e citocromos. É por isso que ingerimos laranja quando comemos feijoadada, pois essa fruta é rica em vitamina C, uma molécula antioxidante, ou seja, que doa elétrons para a redução do íon férrico à íon ferroso. Quando nos alimentamos de carne (principalmente a carne vermelha), estamos ingerindo diretamente o  $\text{Fe}^{+2}$ , sem haver a necessidade da referida conversão.



Outra função do ferro está relacionada a síntese de DNA, que, pra sua formação é necessário um pleno funcionamento da enzima **ribonucleotídeo redutase**. Esta enzima catalisa a transformação de ribonucleotídeos em desoxiribonucleotídeo que é essencial para a síntese de DNA. Esta enzima é estabilizada por um centro de ferro não-heme e, sem ele, ela perde totalmente sua função impedindo qualquer célula de se multiplicar. Este mecanismo é evidenciado principalmente na replicação bacteriana. Pesquisas demonstram que um ambiente pobre em ferro limita a proliferação bacteriana já que o ferro é um fator essencial na replicação.



**Observação:** segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), como a Anemia Ferropriva é muito comum, orienta-se que os alimentos sejam preparados em **panelas de ferro**, principalmente em comunidades mais carentes. O Ferro da panela é o Ferro metálico ( $\text{Fe}^0$ ), que ao entrar no nosso corpo se oxida à íon férrico ( $\text{Fe}^{+3}$ ), principalmente por conta da acidez do estômago, que produz ácido clorídrico (HCl). O íon férrico não pode ser absorvido, mas, ao entrar em contato com antioxidantes da dieta, converte-se em íon ferroso, que pode ser absorvido. Na impossibilidade de usar uma panela de ferro, recomenda-se a adição de prego ao alimento, pelo mesmo raciocínio descrito.

### (3.7) Fósforo:

O fósforo está presente nos ossos sob a forma de fosfato de cálcio,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  e, na forma de íon fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), participa da formação dos nucleotídeos (como o ATP, ADP, AMP), que se unem para formar as moléculas dos ácidos nucleicos (DNA e RNA). O fósforo também é fundamental para a composição das membranas biológicas das células, que são possuem fosfolípidos. Leite e derivados, carnes, peixes e cereais são alimentos ricos em fósforo. Os carreadores intermediários de elétrons, NAD e FAD, também possuem fósforo na sua composição.

**Obs:** O NAD é formado pela união de dois nucleotídeos e, um deles, apresenta na base nitrogenada a presença da nicotinamida, que é a

*vitamina B3. No caso do FAD, quem está presente é a vitamina B2 (riboflavina)*

### (3.8) Magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ )

O magnésio tem a função de unir as subunidades ribossômicas produzidas pelo nucléolo, participa das reações de fosforilação que sintetizam o ATP e ainda atua na formação de algumas enzimas. Nas plantas, entra na constituição das moléculas de clorofila, substância responsável pela absorção da luz necessária à realização da fotossíntese.

### (9) Flúor ( $\text{F}^-$ ):

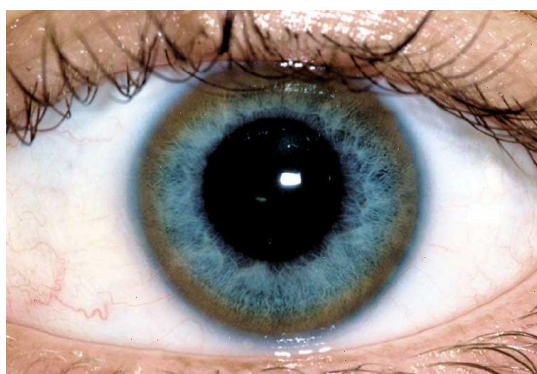
O flúor é importante para a formação dos ossos e do esmalte dos dentes, por isso é adicionado aos cremes dentais. É encontrado na água e em peixes. Em regiões onde o teor de flúor na água destinada ao

consumo da população é baixo, deve-se adicioná-lo à água potável nas estações de tratamento (fluoretação) para reduzir a incidência da cárie dental. O excesso de flúor, entretanto, acarreta a fluorose, doença que provoca lesões ósseas e manchas nos dentes.

#### (10) Cobre (Cu)

O cobre, na sua forma iônica ( $\text{Cu}^{++}$ ), faz parte da molécula de hemocianina, pigmento respiratório de cor azul, encontrado no sangue de alguns animais (crustáceos e moluscos, por exemplo), cuja função é fazer o transporte de oxigênio no organismo.

Uma patologia relacionada com o cobre é a Doença de Wilson. A doença de Wilson é um distúrbio geneticamente determinado do metabolismo do mineral cobre. Esta condição cursa com graus variáveis de envolvimento neurológico, psiquiátrico, hematológico ou hepático. Vale ressaltar que o grau de envolvimento, os órgãos acometidos e a idade de início dos sintomas (que geralmente vai dos três aos 60 anos de idade) são muito variáveis, mesmo em indivíduos de uma mesma família. Decorre da ausência da enzima chamada de ceruloplasmina, responsável pelo metabolismo do cobre. A sua ausência faz com que haja acúmulo de cobre nos tecidos, em especial no tecido nervoso, justificando os sintomas citados. A deposição de cobre sobre a córnea ocular, faz com que se forme uma estrutura em forma de anel, chamada de anel de Kayser-Fleischer.

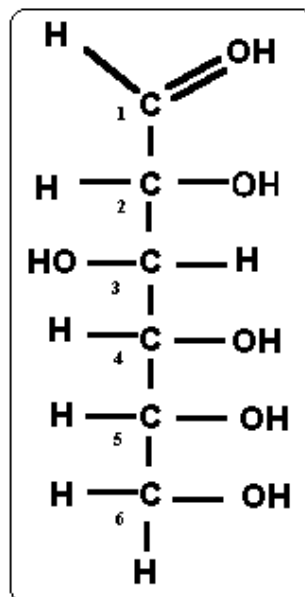


Observe o a deposição de cobre periféricamente sobre a córnea. O anel formado chama-se anel de Kayser-Fleischer.

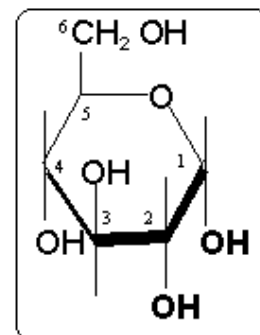
#### 4. Carboidratos:

Os glicídios, também chamados de açúcares, sacarídeos, carboidratos ou hidratos de carbono, são moléculas orgânicas constituídas fundamentalmente por átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio. Em algumas delas encontra-se também o nitrogênio.

### GLICOSE



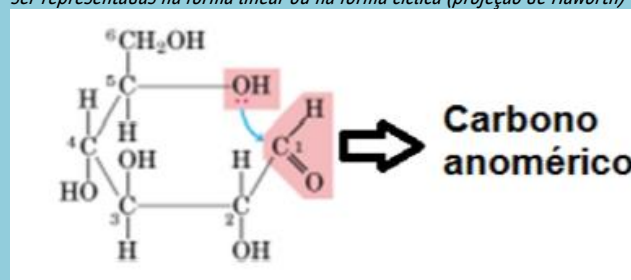
forma linear



forma cíclica

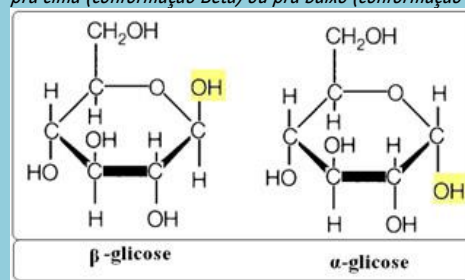
Observe que a glicose pode apresentar conformação linear ou cíclica (estrutura de Haworth)

**Observação 1:** observe que os glicídios são moléculas orgânicas de função mista, uma vez que possuem as funções álcool e aldeído (poliidroxialdeído) ou álcool e cetona (poliidroxicetona). A glicose, por exemplo, é um poliidroxialdeído, enquanto a frutose é um poliidroxicetona. Veja ainda que essas moléculas podem ser representadas na forma linear ou na forma cíclica (projeção de Haworth)



**Observação 2:** Observe que existe um carbono na molécula que se liga ao oxigênio(O) e ao grupo funcional. Esse carbono é o mais reativo da molécula, sendo chamado de carbono anomérico.

**Observação 3:** note ainda que a hidroxila ligada ao carbono anomérico pode estar pra cima (conformação Beta) ou pra baixo (conformação alfa)



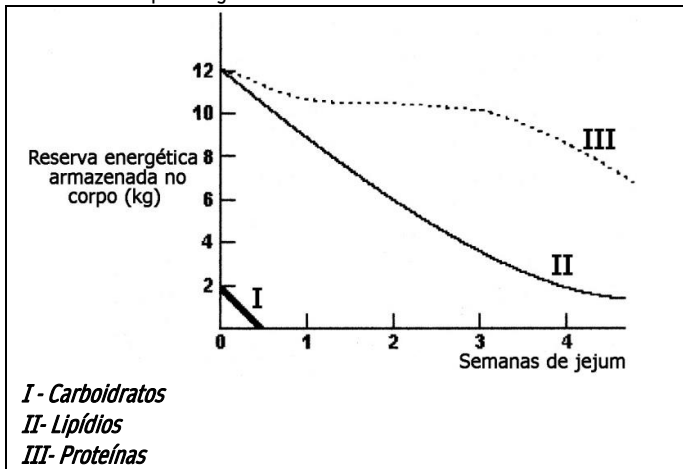
A denominação hidratos de carbono deve-se ao fato de átomos de hidrogênio e de oxigênio ocorrerem, nas moléculas de muitos glicídios, na proporção de 2:1, sendo sua fórmula geral, como veremos adiante,  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$ . Ao usar o termo açúcar, lembramos imediatamente do sabor doce, mas nem todos os açúcares são adocicados.

**Observação:** a batata inglesa tem amido, que é um açúcar, porém não tem sabor adocicado. Por isso, os cientistas preferem usar o termo glicídio, em detrimento da palavra açúcar, para evitar mal-entendidos.

#### (4.1) Funções dos carboidratos:

a) Função energética:

Os glicídios constituem a principal **fonte de energia** para os seres vivos. São os nutrientes utilizados como fonte primária de energia. Estão presentes em diversos tipos de alimentos, como o mel, que contém glicose; a cana-de-açúcar, rica em sacarose (açúcar de cana), o leite contém o açúcar lactose; os frutos adocicados contêm frutose e glicose, entre outros tipos de glicídios.



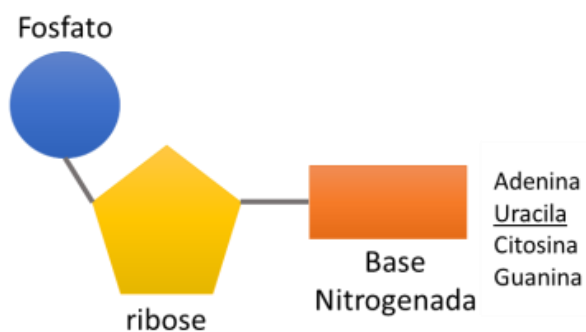
b) Estrutural ou plástica:

Além de ter função energética, os glicídios exercem uma função plástica (estrutural), pois participam da constituição corporal dos seres

c) Composição do material genético:

Outro papel importante dos carboidratos é participar da estrutura dos ácidos nucleicos (RNA e DNA). Essas substâncias comandam as atividades celulares e transmitem as instruções hereditárias ao longo das gerações. No DNA o açúcar encontrado é a desoxirribose, enquanto no RNA é a ribose.

### Nucleotídeo de RNA



d) Composição de nucleotídeos e nucleosídeos:

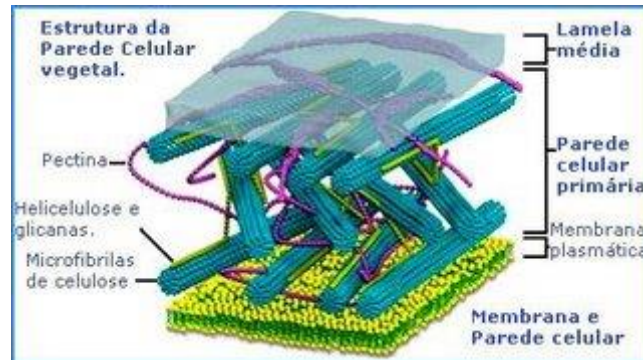
O nucleotídeo ATP (trifosfatoadenosina), a principal substância envolvida nos processos energéticos celulares, também apresenta um carboidrato ribose em sua constituição. O nucleosídeo adenosina também possui o açúcar ribose.

A adenosina é um nucleosídeo formado pela união de uma adenina e uma **ribose**. É uma purina endógena sintetizada da degradação de aminoácidos como metionina, treonina, valina e isoleucina assim como o AMP (um outro nucleosídeo). Entre suas funções, a adenosina, ao se ligar nos receptores A3 do cérebro, nos dão a sensação de sono. A cafeína, por sua vez, compete com esses nucleosídeos pelos receptores A3. Por isso que a cafeína "tira o sono". O detalhe é que a adenosina também tem função de aliviar a nossa ansiedade, logo, tomar café excessivamente pode lhe deixar tenso e ansioso.

#### (4.2) Classificação dos carboidratos:

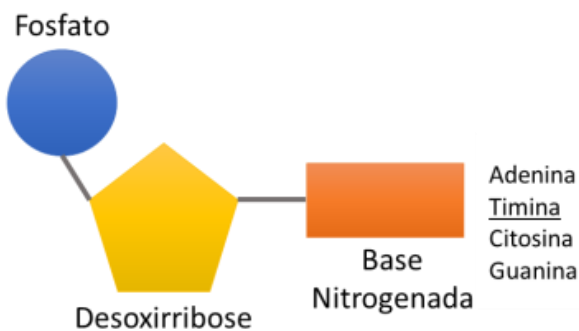
De acordo com a complexidade de suas moléculas, os carboidratos podem ser classificados em monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos.

vivos. A celulose, que forma a parede das células vegetais e dá sustentação ao corpo das plantas, é um exemplo de glicídio com função estrutural. Outro exemplo é a quitina, que constitui a parede celular dos fungos e o exoesqueleto dos artrópodes (insetos, aranhas, camarões etc.).



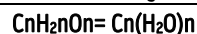
Se você observar com calma esse esquema, notará que a parede celular vegetal, realmente, é constituída por celulose. Porém, ligadas por pontes de hidrogênio à celulose estão as moléculas de hemicelulose. Outro polissacarídeo presente na parede vegetal são as pectinas ácidas e básica, que também atuam unindo as unidades celulósicas.

### Nucleotídeo de DNA



a) Monossacarídeos ou oses:

São os carboidratos mais simples. Suas moléculas não precisam sofrer hidrólise para serem absorvidas pelas células. Nelas há um pequeno número de átomos de carbono. Com algumas exceções, obedecem à seguinte fórmula geral: em que n pode variar de 3 a 7.



Isso significa que um monossacarídeo com 6 átomos de carbono tem sempre 12 átomos de hidrogênio e 6 átomos de oxigênio em sua molécula.

Conforme o número de átomos de carbono presente nas moléculas, os monossacarídeos podem ser subdivididos em trioses, tetroses, pentoses, hexoses e heptoses.

Veja a tabela a seguir:

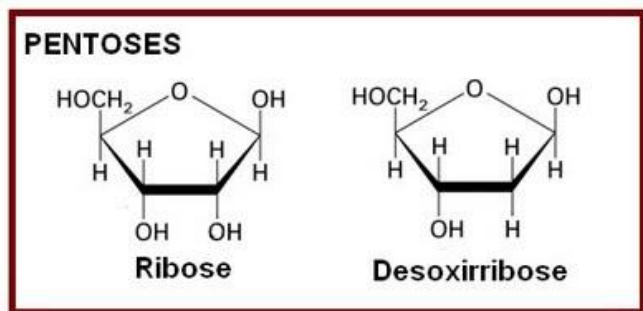
Número de C	Nomenclatura	Exemplos
3c	Triose	Galactose e diidroxicetona
4c	Tetose	Eritrose



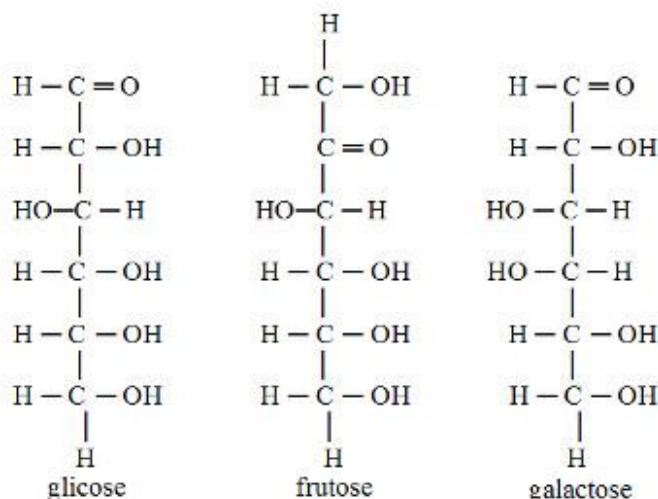
5c	Pentose	Ribose, desoxirribose e Ribulose
6c	Hexose	Glicose, frutose e galactose
7c	Heptose	Sedoeptulose

Entre os monossacarídeos de maior importância para os seres vivos, estão as pentoses e as hexoses. As pentoses porque entram na constituição dos ácidos nucleicos (RNA e DNA) e do ATP; e as hexoses porque exercem um importante papel energético.

Entre as pentoses, destacam-se a ribose (C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>) e a desoxirribose (C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O<sub>4</sub>).



Entre as hexoses, destacam-se a glicose, a frutose e a galactose. Todas elas têm importante função energética.



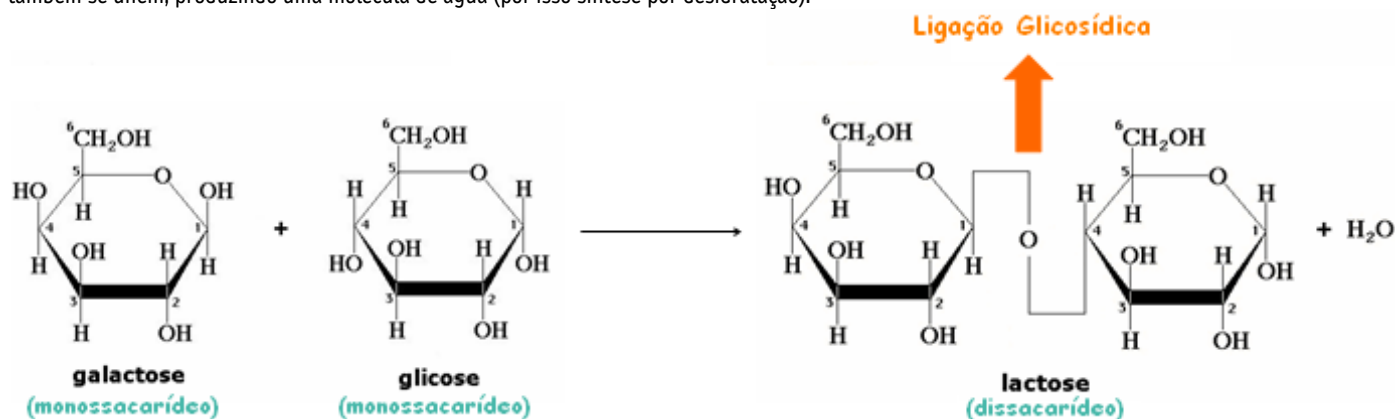
Observe que as três têm a mesma fórmula molecular (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>), mas diferem na fórmula estrutural. A glicose e a frutose, por exemplo, são isômero de função. A glicose e a galactose são isômeros ópticos.

As hexoses, especialmente a glicose, são utilizadas para a obtenção de energia por meio das reações químicas da respiração celular, sendo portanto, reservas primárias de energia. As ligações covalentes que estão presentes na molécula de glicose "guardam" energia que é liberada no momento da sua quebra. Parte dessa energia é liberada na forma de ATP, moeda energética fundamental para as funções vitais, outra parte irradia para o meio sob a forma de calor (nenhuma reação tem rendimento de 100%... Lembra de máquinas térmicas, da física? É o mesmo raciocínio).

b) Oligossacarídeos:

São carboidratos resultantes da união de poucos (2 a 10) monossacarídeos. Conforme o número de monossacarídeos que se ligam, podem ser classificados em dissacarídeos (união de dois monossacarídeos), trissacarídeos (união de três monossacarídeos) e assim por diante. Os dissacarídeos são os mais importantes!

A reação de formação de um dissacarídeo é uma **síntese por desidratação**: um dos monossacarídeos perde um hidrogênio (—H), o outro perde uma hidroxila (—OH) e eles se unem por meio de uma **ligação glicosídica** originando o dissacarídeo; simultaneamente, o hidrogênio e a hidroxila liberados também se unem, produzindo uma molécula de água (por isso síntese por desidratação).



*Observação: note que a ligação se deu entre o carbono 1 (mais reativo, chamado de anomérico) e o carbono 4. Logo, formou-se uma ligação glicosídica 1-4.*

São exemplos de dissacarídeos a maltose, a sacarose e a lactose.

A **maltose** resulta da união de duas unidades de glicose. É encontrada em alguns vegetais (cereais) e também provém da digestão química do amido que ocorre no tubo digestório de muitos animais, em

especial na boca (pela ação da enzima amilase salivar) e no intestino (pela ação da amilase pancreática).

*Obs: na verdade o amido é inicialmente quebrado em um oligossacarídeo chamado de dextrina, para depois ser convertido em maltose.*

A maltose tem importante papel energético, uma vez que sua hidrólise no tubo digestório dos animais fornece moléculas de glicose, que, então, são absorvidas por transporte ativo e utilizadas como fonte de energia pelas células.

A sacarose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), também conhecida como açúcar de mesa, é um tipo de glicídio formado por uma molécula de glicose e uma de frutose produzida pela planta ao realizar o processo de fotossíntese. É amplamente distribuída entre as plantas superiores. Encontra-se na cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) e na beterraba (*Beta vulgaris*), sendo que o suco da primeira, a garapa, contém de 15-20% e o da segunda de 14-18% de sacarose. É doce e a sua fermentação por leveduras é muito utilizada comercialmente.

#### Curiosidade!

O Brasil produz açúcar a partir da cana-de-açúcar, devido a sua alta concentração de sacarose (15% a 20%) e também as condições climáticas favoráveis ao plantio. A Rússia, maior importadora de açúcar brasileiro, extraía toda a sua produção a partir da beterraba (14% a 18% de sacarose), mas devido ao preço exorbitante de sua produção optou por importar açúcar brasileiro.

A hidrólise da sacarose no tubo digestório dos animais, em presença da **enzima sucrase** (invertase, sacarase), fornece as hexoses glicose e frutose, que são absorvidas e utilizadas como fonte de energia. Vale lembrar que a frutose é o principal açúcar usado pelos espermatozoides no batimento dos seus flagelos, logo podemos relacionar os níveis de ingestão de sacarose com a potência dos espermatozoides!

A lactose é o açúcar presente no leite e seus derivados. É um dissacarídeo composto por dois monossacarídeos: a glicose e a galactose. É o único glicídio do leite e é exclusiva desse alimento porque apenas é produzida nas glândulas mamárias dos mamíferos: no leite humano representa cerca de 7,2% e no leite de vaca cerca de 4,7%. Seu sabor é levemente doce e as leveduras não a fermentam, mas podem ser adaptadas para fazê-lo. Lactobacilos a transformam numa função mista de ácido carboxílico e álcool, que formam o ácido láctico.

#### Intolerância à lactose x alergia ao leite

A lactose quando ingerida sofre uma digestão por meio de uma enzima chamada **lactase**, produzida no intestino delgado. Ela é responsável por quebrar a lactose em glicose e galactose, para serem absorvidas pelo intestino delgado. Quando não ocorre esse processo, ocorre acúmulo desses açúcares no intestino. Esses serão fermentados pelas bactérias intestinais, o que acarretará a eliminação de gases, que causaram alguns sintomas como diarreia, flatulência, dores de barriga e inchaço no abdômen. Essa intolerância pode ser genética ou surgir em decorrência de outras situações, como: cirurgia intestinal, infecções do intestino delgado causadas por vírus ou bactérias, que podem afetar as células do revestimento do intestino (geralmente em crianças), e doenças intestinais, como a doença celíaca.

A intensidade dos sintomas dependerá da quantidade de lactose ingerida e da quantidade de lactose que seu organismo tolera. Algumas pessoas são mais tolerantes do que outras, por isso alguns queijos, leites com baixo teor de lactose, iogurtes e leite fermentados podem ser consumidos por portadores do distúrbio, sem sentir sintomas muito severos da doença. O diagnóstico é determinado através dos sintomas citados e de exames clínicos.

Diferente da intolerância à lactose, a **alergia à proteína do leite** afeta em torno de 2% e 7,5% de crianças e é definida como uma reação adversa contra antígenos do leite de vaca.

Na alergia ao leite, o sistema imunológico identifica as proteínas do leite de vaca como um agente agressor, o que ocasiona diarreia, gases, cólicas, distensão abdominal, lesões na pele, dificuldade de respirar, pequeno sangramento intestinal, entre outros. Esses sintomas mais comuns aparecem nos primeiros meses de vida e podem se desenvolver até os 3 anos de idade, diminuindo ou não com o passar dos anos.

#### c) Polissacarídeos:

São os carboidratos mais complexos. Suas macromoléculas resultam da união de muitas unidades de monossacarídeos. Embora sejam formadas pela união de centenas ou mesmo milhares de monossacarídeos essas moléculas **não** apresentam sabor adocicado.

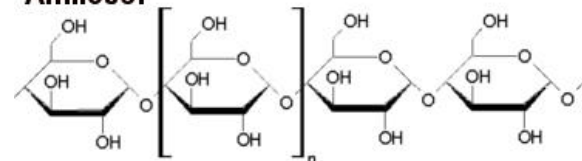
Exemplos de polissacarídeos bem conhecidos são o amido (monômero é a glicose), o glicogênio, (monômero também é a glicose), a celulose, (monômero é a glicose) e a quitina, (monômero é a N-acetilglucosamina).

#### Amido:

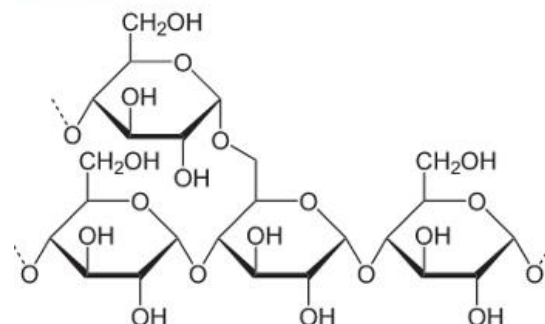
Amido é um carboidrato constituído principalmente de glicose com ligações glicosídicas alfa. Este polissacarídeo é produzido pelas plantas verdes servindo como reservatório de energia nos vegetais e algas. É o mais comum carboidrato na alimentação humana e é encontrado em grande quantidade em alimentos, como batatas, arroz e trigo.

O grão de amido é uma mistura de dois polissacarídeos, amilose e amilopectina, polímeros de glicose. A **Amilose** é uma macromolécula que confere ao amido sua estrutura helicoidal (linear). A **amilopectina** é menos hidrossolúvel que a amilose e dão ao amido uma estrutura ramificada. A amilopectina constitui, aproximadamente, 80% dos polissacarídeos existentes no grão de amido.

#### Amilose:



#### Amilopectina:



O amido é sintetizado em organelas denominadas plastídeos: cromoplastos das folhas e amiloplastos de órgãos de reserva, a partir da polimerização da glicose, resultante da fotossíntese.

Na digestão o amido é decomposto por reações de hidrólise em carboidratos menores. Essa hidrólise é efetuada pelas enzimas amilases existentes na saliva e suco pancreático.

A enzima **α-amilase** rompe as ligações glicosídicas da amilose originando dextrinas (uma mistura de oligossacarídeos). A enzima **β-amilase** "quebra" as dextrinas originando maltose pura.

**Amido**



**α-amilase**

**Dextrinas**



**β-amilase**

**Maltose**

O amido é encontrado nas sementes, caules e raízes de várias plantas como trigo, mandioca, arroz, milho, feijão, batata, entre outras. O amido, além da função nutritiva (fonte de glicose) tem outras funções tais como: tratamento da catapora (maizena), preparação de colas,

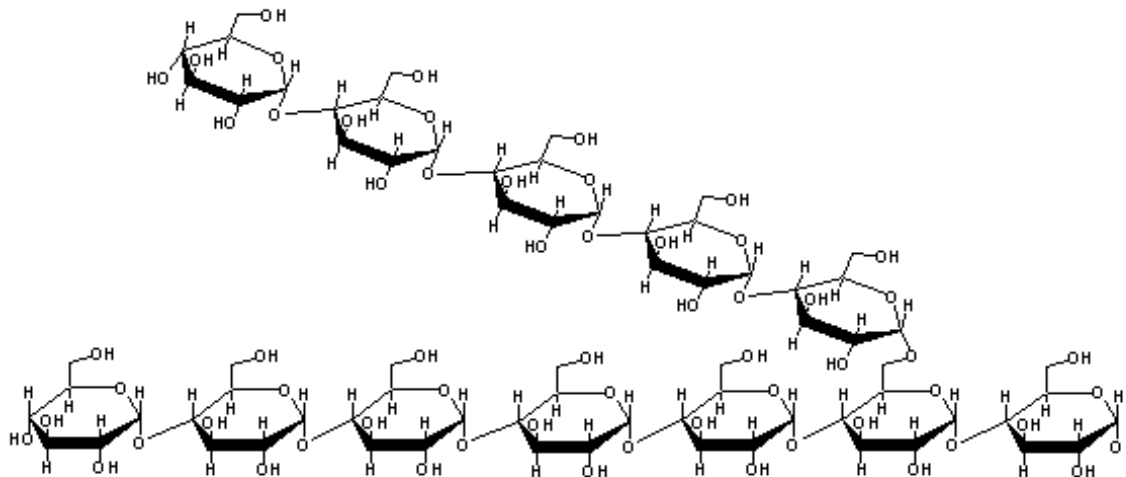
gomas utilizadas em lavanderia e fabricação de papel e tecidos, além de fabricação de xaropes e adoçantes.

**Glicogênio:**

O glicogênio resulta da união de unidades de glicose por ligações alfa. É o material de reserva dos animais e dos fungos).

organismo, por exemplo, o glicogênio é encontrado nas células do fígado e nas células musculares. O processo de formação do glicogênio tem o nome de **glicogênese**. Quando se faz necessário, o glicogênio é "quebrado" e convertido em moléculas de glicose. Esse desdobraimento do glicogênio em glicose denomina-se **glicogenólise**.

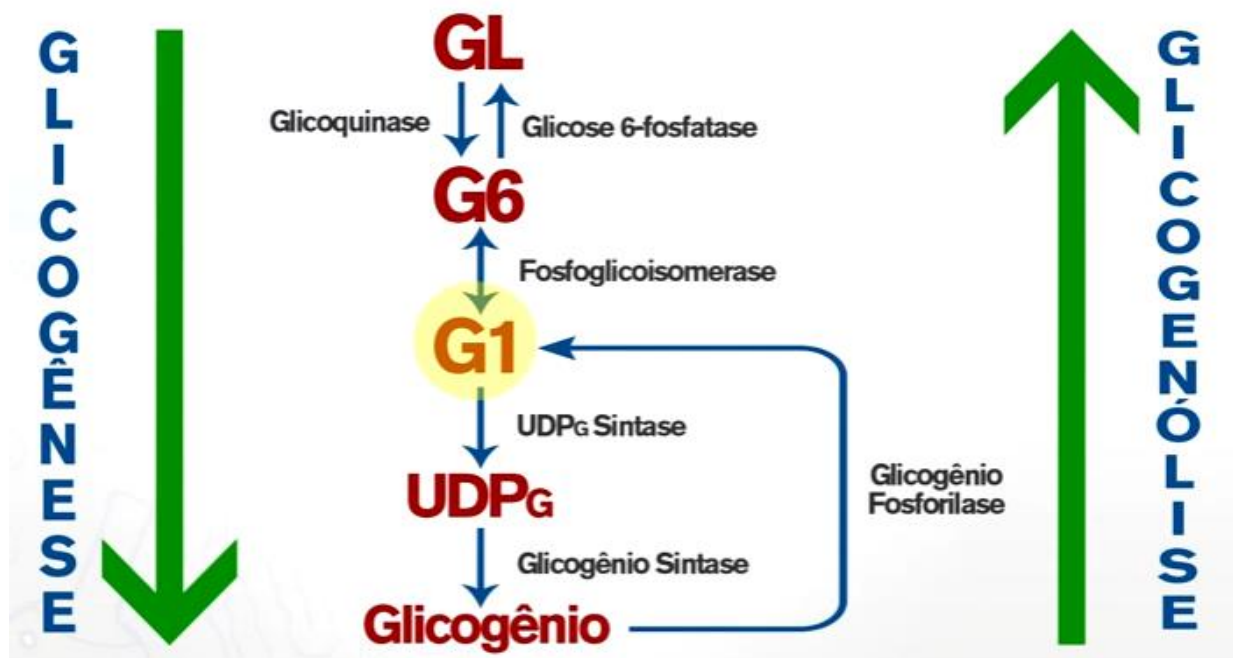
Estruturalmente, suas moléculas têm estrutura similar à da amilopectina, diferindo desta por serem maiores, mais ramificadas e mais compactas.



Qual a diferença do glicogênio que é armazenado no fígado para o que é armazenado no músculo?

Quando estamos em um estado de hiperglicemia, a glicose é absorvida pelos músculos e pelo fígado, formando os glicogênios musculares e hepáticos, respectivamente. Quando nosso corpo se encontra em um estado de hipoglicemia, apenas o glicogênio hepático é hidrolisado para equilibrar os nossos índices glicêmicos, o muscular não sofre alteração. Isso ocorre no intuito de que não haja falta de glicose para o músculo, pois em uma situação de necessidade energética esse órgão não pode falhar.

A glicogênese e glicogenólise utilizam as seguintes etapas enzimáticas. Observe:



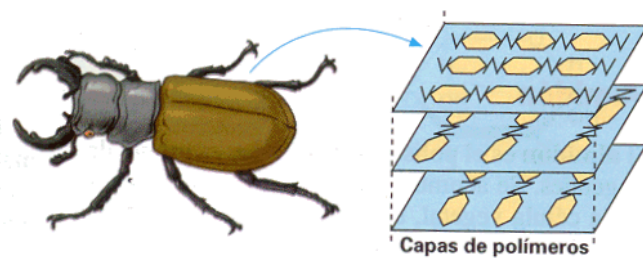
GL - Glicose / G6 - Glicose 6-fosfato / G1- Glicose 1-fosfato / UDPg - Uracil-difosfato-glicose /

Na glicogenólise o glicogênio deve ser hidrolisado em glicose. A última etapa para que esse processo seja concluído com sucesso é a conversão de G6 em GL. Para isso, necessita-se da enzima glicose 6-fosfatase. O fígado possui todas essas enzimas, logo é capaz de formar glicose e eliminá-la na corrente sanguínea em situações de hipoglicemia, regulando a glicemia. Já o músculo não possui a enzima glicose 6-fosfatase. Portanto, não consegue formar glicose, estagnando na formação da G6. Essa G6 não consegue sair do citoplasma das células musculares, acumulando-se no interior dos músculos e gerando ATP apenas pra esse órgão.

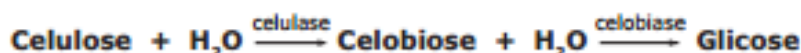
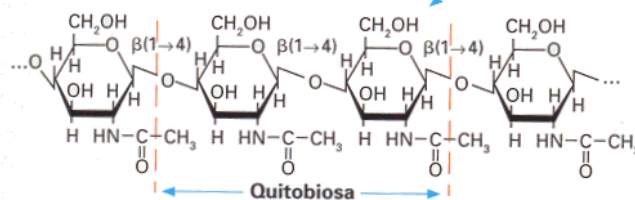
**Celulose:**

A celulose possui moléculas filamentosas, altamente resistentes. São o principal componente da parede celular das células vegetais (função estrutural). Assim como o amido e o glicogênio, uma molécula de celulose também consiste na união de milhares de moléculas de glicose, mas com configuração beta. É o carboidrato mais abundante na natureza.

A celulose é uma importante fonte de alimento para muitos animais herbívoros, como os ruminantes, por exemplo, vacas, cabras etc. Porém, como ocorre no nosso organismo, os ruminantes não produzem as enzimas necessárias para a digestão da celulose. Entretanto, no estômago desses animais, vivem e proliferam certas espécies de micro-organismos (bactérias, protozoários) que são capazes de produzir e de liberar as enzimas celulase e celobiase, permitindo, assim, que, no tubo digestório desses animais, haja o desdobramento da celulose em moléculas de glicose, que, então, são absorvidas e utilizadas como fonte de energia. Para esses animais, a celulose é um importante alimento energético. A digestão completa da celulose, à semelhança do que acontece com a digestão do amido, é feita em duas etapas. Veja o esquema a seguir:



(Tomado de Biologia 2 - Santillana)



As moléculas de celulose também não são digeridas pela nossa espécie, mas, ao contrário dos ruminantes, não possuímos no tubo digestório microorganismos que nos ajudem a digeri-las. Apesar disso, ingerir alimentos ricos em fibras de celulose é importante para a saúde, pois as fibras (como a celulose é chamada) dão volume e consistência ao bolo alimentar, ativando os movimentos intestinais. Além de absorver e eliminar substâncias indesejadas ou em excesso, como toxinas e colesterol.

#### Quitina:

A quitina é um polissacarídeo nitrogenado constituído pela união de milhares de moléculas de N-acetilglucosamina. É duro, resistente e insolúvel em água, sendo o principal componente da parede celular dos fungos e do exoesqueleto dos artrópodes. Está presente também na rádula dos moluscos (lembrar que os bivalves são moluscos sem rádula), no bico dos cefalópodes, na concha dos foraminíferos (protistas com pseudópodos reticulados) e nas cerdas dos anelídeos.

A quitina poderá substituir futuramente os produtos que empregam plásticos, pois os plásticos tem uma meia-vida muito longa (acima de 300 anos), ao contrário da quitina que é biodegradável, além de apresentar a possibilidade de ser empregado na construção civil como material de extrema resistência à pressão. Até ao momento não foi possível a síntese industrial (in vitro) somente a síntese em laboratório (in vivo).

Outros polissacarídeos:

#### Ácido hialurônico:

É um polímero formado pelo ácido glucurônico e a N-acetilglucosamina. De textura viscosa, existe no líquido sinovial, humor vítreo e na matriz (substância intercelular) dos tecidos conjuntivos, sendo uma importante glicosaminoglicana (GAG) na constituição da articulação. Esta molécula é a única GAG não sulfatada. Como método terapêutico, pode ser obtido a partir de animais ou a partir da fermentação de bactérias. Este último tem grandes vantagens, uma vez que permite a sua produção em escala industrial e, por não possuir proteínas animais, não provoca reações alérgicas, sendo portanto a forma mais utilizada.

#### Sulfato de condroitina:

Atuante em mecanismos de sustentação, aparece no tecido conjuntivo, principalmente nas cartilagens. Ácido condroitinossulfúrico é um dos ácidos que compõe a substância intercelular, responsável pela fixação entre as células, dando assim firmeza aos tecidos. É também um cimento celular, assim como o ácido hialurônico.

#### Heparina:

A heparina é um polissacarídeo sulfatado pertencente à família dos glicosaminoglicanos. É composta por unidades dissacarídeas repetidas compostas por ácido urônico e um açúcar aminado. Possui ação farmacológica atuando como medicamento anticoagulante utilizado em várias patologias. É produzida pelos mastócitos (tipo de célula do tecido conjuntivo propriamente dito) e pelos basófilos (um tipo de leucócito).



Oficina de  
**ESTUDOS**

# Metas de sala



## QUESTÃO 01

O fenômeno da capilaridade permite que, em plantas de pequeno porte, a seiva bruta (água e sais minerais dissolvidos) suba pelos vasos condutores até as folhas. A capilaridade depende de algumas características da água, entre elas

- a) a tensão superficial, que permite a formação de uma película que prende a água aos vasos e, assim, faz com que ela suba contra a gravidade.
- b) o calor específico, que permite a evaporação da água e, assim, aumenta a pressão interna que estimula a subida da água das raízes às folhas.
- c) a coesão e a adesão, que garantem a união entre as moléculas de água e destas com as paredes dos vasos, permitindo que a água suba pelos finos vasos condutores.
- d) a polaridade, que permite que a água se una às paredes dos vasos, provocando uma variação na pressão que permite sua subida até as folhas.
- e) a capacidade de dissolver substâncias, pois, com os sais minerais dissolvidos, a pressão aumenta e ela consegue percorrer os vasos a pequenas distâncias.



## QUESTÃO 02

(Vanylton Matias – H2)

Uma nova droga promete ajudar pessoas com hipertensão, doenças cardiovasculares e renais a equilibrar seus níveis de sódio na corrente sanguínea. Ainda em teste, o remédio é feito com o composto *Tenapanor*<sup>®</sup>, que impede a atuação do transportador NHE3 na membrana gastrointestinal, responsável pela maior parte da receptação do sódio no organismo. Assim, reduz as taxas do elemento no sangue e na urina, fazendo com que ele fique no intestino e seja eliminado nas fezes. E o melhor, sem que seja preciso modificar a dieta.

<http://oglobo.globo.com/sociedade/saude/nova-droga-promete-reduzir-absorcao-de-sodio-pelo-organismo-11864194#ixzz4KbztlwL>

O *Tenapanor*<sup>®</sup> auxilia na redução da pressão arterial uma vez que o sódio, ao permanecer no intestino

- a) reage indiretamente com o endotélio dos vasos sanguíneos.
- b) Junta-se ao potássio para atuarem na osmolaridade sanguínea.
- c) concentra-se no meio intracelular e, por consequência, atua reduzindo a pressão arterial.
- d) tem sua eliminação nas fezes aumentada, o que pode causar oscilações na pressão arterial.
- e) torna o sangue hipotônico e com isso diminui a reabsorção de água para os vasos sanguíneos.



## QUESTÃO 03

Anemia ferropriva é um tipo de anemia decorrente da privação, deficiência, de ferro dentro do organismo, levando a uma diminuição da produção, tamanho e teor de hemoglobina dos glóbulos vermelhos, hemácias. O ferro é essencial para a produção dos glóbulos vermelhos, e seus níveis baixos no sangue comprometem toda cascata de produção das hemácias. Dentro dos glóbulos vermelhos, existe uma proteína chamada hemoglobina que tem na sua estrutura bioquímica a presença de moléculas de ferro e de cobalto (o cobalto está presente na vitamina B12). A hemoglobina é a responsável pelo transporte do oxigênio que respiramos até todas as células do corpo humano.

Fonte: <http://www.minhavidade.com.br/saude/temas/anemiaferropriva>. Acesso em 26 abr. 2015. (com adaptações)

Sobre causas, consequências e tratamento da patologia descrita acima é possível afirmar que:

- a) A deficiência de ferro na alimentação é a causa mais frequente de anemia ferropriva no mundo, principalmente em adultos jovens.
- b) A cirurgia bariátrica que retira parte do estômago e do intestino para redução do peso, afeta a absorção do ferro e pode causar anemia ferropriva.

- c) A informação popular de que cozinhar em panela de ferro auxilia no combate à anemia ferropriva é um mito, pois o ferro contido na panela é intransferível ao alimento.
- d) A anemia ferropriva está relacionada com a diminuição do transporte de gases dissolvidos no plasma sanguíneo
- e) Além da anemia ferropriva, a anemia falciforme e perniciosa, também podem ser tratadas através da ingestão de alimentos ricos em ferro.



## QUESTÃO 04

Os carboidratos são as principais fontes de energia de uma célula, além de fazerem parte da composição de ácidos nucleicos e da parede celular. Uma dieta com consumo adequado de carboidratos, além de prover energia para o corpo, ainda proporciona um efeito de "preservação das proteínas", pois

- a) os carboidratos, armazenados sob a forma de gordura corpórea, constituem uma barreira protetora das proteínas armazenadas nos músculos.
- b) se as reservas de carboidratos estiverem reduzidas, vias metabólicas sintetizarão glicose a partir de proteínas.
- c) as enzimas que quebram os carboidratos interrompem a ação de outras enzimas que desnaturam proteínas.
- d) o nitrogênio presente nos aminoácidos das proteínas não pode ser inativado em presença de carboidratos.
- e) a energia liberada pela quebra de carboidratos desnatura enzimas que degradam proteínas.



## QUESTÃO 05

A bile é um fluido líquido produzido pelo fígado a partir do colesterol e atua com auxiliar na digestão dos alimentos. Recomenda-se uma dieta rica em fibras para pessoas com altos níveis de colesterol no sangue. A relação que existe entre a dieta rica em fibras e a diminuição dos níveis de colesterol no organismo é que

- a) as fibras aumentam o peristaltismo intestinal, acelerando a absorção de colesterol e, conseqüentemente, de bile.
- b) ao se misturar com as fibras, a bile será eliminada nas fezes, levando a uma maior degradação de colesterol para a reposição da bile perdida.
- c) as fibras, por não serem digeridas no organismo humano, aumentam o volume do bolo fecal, empurrando mecanicamente o colesterol para as fezes.
- d) as fibras, ao chegarem no intestino delgado, são capazes de atrair quimicamente as moléculas de colesterol, se misturando a elas e as eliminando junto as fezes.
- e) quanto maior a quantidade de fibras circulantes no trato digestório, maior será a produção do hormônio colecistocinina, fundamental para a conversão de colesterol em bile.

## METAS PROPOSTAS:

### Nível Calouro:



## QUESTÃO 06

A água tem uma importância fundamental na vida dos organismos vivos. Cerca de 70% da massa de nosso corpo é constituída por água. Essa substância participa de inúmeras reações químicas nos seres vivos onde as células produzem substâncias necessárias à vida. O consumo diário de água é imprescindível para o funcionamento adequado de nosso corpo.

Com relação à água e a sua importância, podemos afirmar que

- a) são chamados compostos hidrofóbicos aqueles capazes de serem dissolvidos em água.
- b) à medida que avançamos em idade, a porcentagem de água em nosso corpo aumenta.

- c) a água tem o importante papel de auxiliar na manutenção da temperatura corporal.  
 d) os músculos e os ossos apresentam, em sua composição a mesma porcentagem de água.  
 e) as ligações de hidrogênio entre as moléculas de água não afetam suas propriedades.

### QUESTÃO 07

*A água é uma substância de grande importância para os seres vivos: cerca de três quartos da superfície terrestre são cobertos por água. Ela representa cerca de 75% das substâncias que compõem o corpo dos seres vivos. A perda de 20% de água corpórea (desidratação) pode levar à morte e uma perda de apenas 10% já causa problemas graves. A água também funciona como um moderador de temperatura e é indispensável ao metabolismo celular.*

Assinale a alternativa que se refere CORRETAMENTE a uma propriedade da água.

- a) A água pura é aquela constituída de sais minerais, como o sódio, o zinco e o magnésio.  
 b) A capilaridade da água impede que plantas transportem até as folhas os líquidos que retiram do solo.  
 c) Em clima seco a evaporação da água é mais lenta.  
 d) A passagem da água do estado sólido para o estado líquido denomina-se evaporação.  
 e) Um mosquito pousa sobre a superfície líquida da água de um rio, porque suas moléculas são fortemente coesas.

### QUESTÃO 08

Em uma aula de campo, alunos do Núcleo PVA passeando na beira da lagoa, repararam que havia vários insetos caminhando sobre a superfície da água. O motivo daquele fenômeno foi discutido pelo grupo, que chegou a conclusão de que os insetos não afundavam, porque

- a) as patas dos insetos estabelecem uma reação hidrofóbica  
 b) a água é uma substância apolar e forma uma reação química com a superfície das patas dos insetos.  
 c) as pontes de hidrogênio são extremamente instáveis, tornando-se uma superfície sólida para os insetos.  
 d) as patas dos insetos estabelecem uma reação hidrofílica.  
 e) a tensão superficial da água consegue suportar o peso do inseto.

### QUESTÃO 09

(Enem PPL) Os distúrbios por deficiência de iodo (DDI) são fenômenos naturais e permanentes amplamente distribuídos em várias regiões do mundo. Populações que vivem em áreas deficientes em iodo têm o risco de apresentar os distúrbios causados por essa deficiência, cujos impactos sobre os níveis de desenvolvimento humano, social e econômico são muito graves. No Brasil, vigora uma lei que obriga os produtores de sal de cozinha a incluírem em seu produto certa quantidade de iodeto de potássio.

Essa inclusão visa prevenir problemas em qual glândula humana?

- a) Hipófise.  
 b) Tireoide.  
 c) Pâncreas.  
 d) Suprarrenal.  
 e) Paratireoide.

### QUESTÃO 10

Os seres vivos são formados, quimicamente, por dois grandes grupos de compostos: orgânicos e inorgânicos. Os minerais, inorgânicos, desempenham funções importantíssimas para o ser vivo e a deficiência de alguns deles, no corpo humano, pode causar diversas doenças e prejuízos à saúde. O mineral, que é responsável pela constituição da hemoglobina e está relacionado ao transporte do O<sub>2</sub> pelo sangue, cuja deficiência pode causar a doença conhecida como anemia, é o

- a) fósforo.

- b) iodo.  
 c) sódio.  
 d) potássio.  
 e) ferro.

### QUESTÃO 11

Os adubos inorgânicos industrializados, conhecidos pela sigla NPK, contêm sais de três elementos químicos: nitrogênio, fósforo e potássio. Qual das alternativas indica as principais razões pelas quais esses elementos são indispensáveis à vida de uma planta?

- a) Nitrogênio - É constituinte de ácidos nucleicos e proteínas; Fósforo - É constituinte de ácidos nucleicos e proteínas; Potássio - É constituinte de ácidos nucleicos, glicídios e proteínas.  
 b) Nitrogênio - Atua no equilíbrio osmótico e na permeabilidade celular; Fósforo - É constituinte de ácidos nucleicos; Potássio - Atua no equilíbrio osmótico e na permeabilidade celular.  
 c) Nitrogênio - É constituinte de ácidos nucleicos e proteínas; Fósforo - É constituinte de ácidos nucleicos; Potássio - Atua no equilíbrio osmótico e na permeabilidade celular.  
 d) Nitrogênio - É constituinte de ácidos nucleicos, glicídios e proteínas; Fósforo - Atua no equilíbrio osmótico e na permeabilidade celular; Potássio - É constituinte de proteínas.  
 e) Nitrogênio - É constituinte de glicídios; Fósforo - É constituinte de ácidos nucleicos e proteínas; Potássio - Atua no equilíbrio osmótico e na permeabilidade celular.

### QUESTÃO 12

O estudo do transporte e regulação do íon cálcio no coração tem-se estendido e o projeto "Transporte de cálcio em miócitos ventriculares de ratos durante o desenvolvimento pós-natal" é um exemplo disso.

Sendo um íon responsável pela contração do músculo cardíaco, há fortes indicações de que muitas doenças que levam a insuficiências nas funções do coração, como hipertensão arterial, isquemia miocárdica, hipertrofia e distúrbio de ritmo, estão ligadas a alterações no transporte de cálcio.

Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/1999/03/01/dentro-do-coracao/>>. Acesso em: 11/10/2017 (Adaptado).

O texto refere-se a um elemento mineral que

- a) é responsável pela contração do músculo cardíaco porque promove os deslizamentos dos miofilamentos delgados de miosina sobre os miofilamentos espessos de actina.  
 b) é devolvido para o retículo endoplasmático liso sem gasto de energia, durante o processo de relaxamento muscular.  
 c) atua na contração dos miócitos, na coagulação sanguínea e na transmissão do impulso nervoso.  
 d) terá seus níveis aumentados na corrente sanguínea, caso haja uma redução da concentração de paratormônio,  
 e) tem seu transporte, em miócitos ventriculares de ratos, durante o desenvolvimento pós-natal, através do tonoplasto.

### QUESTÃO 13

Durante a caminhada dos escoteiros, o gasto energético foi grande. Estavam avisados de que o passeio seria cansativo, por isso, muitos levaram barrinhas de cereais, mas alguns não tinham levado nada e precisaram utilizar suas próprias reservas de energia. Essa reserva estava armazenada em seu organismo, na forma de

- a) glicerídeo.  
 b) vitamina.  
 c) esteroide.  
 d) proteína.  
 e) glicogênio.



## QUESTÃO 14

### História e variações do cuscuz

O kuz-kuz ou alcuzcuz nasceu na África Setentrional. Inicialmente, feito pelos mouros com arroz ou sorgo, o prato se espalhou pelo mundo no século XVI, sendo feito com milho americano. No Brasil, a iguaria foi trazida pelos portugueses na fase Colonial. Estava presente apenas nas mesas das famílias mais pobres e era a base da alimentação dos negros. Em São Paulo e Minas Gerais, o prato se transformou em uma refeição mais substancial, recheado com camarão, peixe ou frango e molho de tomate. No Nordeste, a massa de milho feita com fubá é temperada com sal, cozida no vapor e umedecida com leite de coco com ou sem açúcar.

Fonte: [www.mundolusiada.com.br/.../gas015\\_jun08](http://www.mundolusiada.com.br/.../gas015_jun08).

Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna.  
Delícias da culinária da nossa terra, o cuscuz feito de milho é rico em

- a) amido.
- b) carotenoide.
- c) cera.

- d) glicogênio.
- e) lipídio.



## QUESTÃO 15

(Vanylton Matias) Os carboidratos normalmente são famosos pelo seu potencial energético, sendo visto erroneamente como o “vilão da alimentação moderna”. O que não se sabe é que nem todo carboidrato tem função energética e, por isso, não estão relacionados com o aumento da obesidade. Algumas moléculas desse grupo, chamadas de fibras alimentares, inclusive, nem são digeridas pelos seres humanos e executam a função de aumentar o volume do bolo fecal, melhorando o funcionamento intestinal e eliminando o excesso de gordura e substâncias tóxicas. O carboidrato descrito no texto é o(a)

- a) amido.
- b) celulose.
- c) glicogênio.
- d) quitina
- e) glicose

### Nível Veterano:



## QUESTÃO 16

Os seres vivos possuem composições químicas diferentes da composição do meio onde vivem (gráfico a seguir). Os elementos presentes nos seres vivos se organizam, desde níveis mais simples e específicos até os níveis mais complexos e gerais.

Gráfico 1

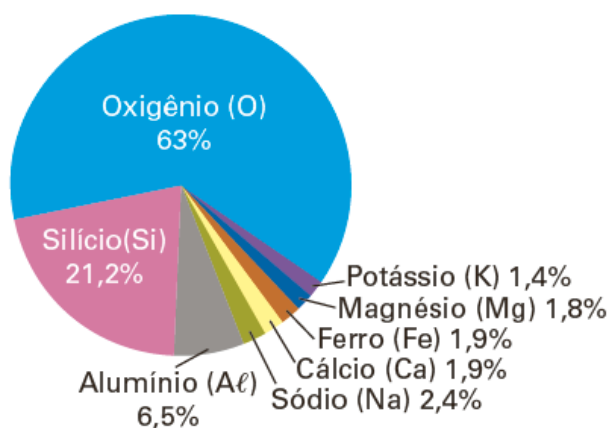
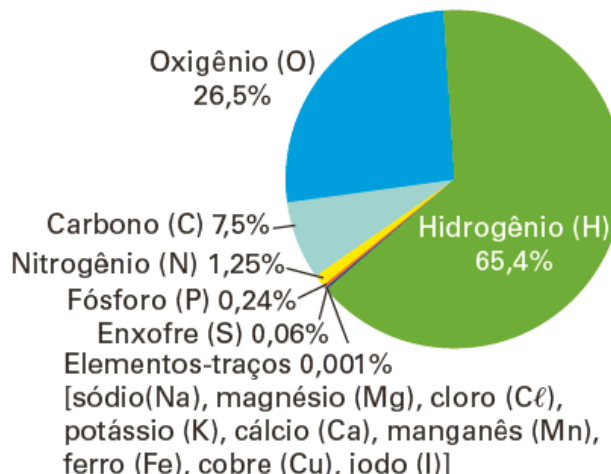


Gráfico 2



Assinale a opção que identifica o gráfico que representa a composição química média e a ordem crescente dos níveis de organização dos seres vivos.

- a) Gráfico 1, molécula, célula, tecido, órgão, organismo, população e comunidade.
- b) Gráfico 1, molécula, célula, órgão, tecido, organismo, população e comunidade.
- c) Gráfico 2, molécula, célula, órgão, tecido, organismo, população e comunidade.
- d) Gráfico 2, molécula, célula, tecido, órgão, organismo, comunidade e população.
- e) Gráfico 2, molécula, célula, tecido, órgão, organismo, população e comunidade.



## QUESTÃO 17

(Vanylton Matias - H2) Dois alunos do Núcleo PVA fizeram um experimento, a fim de discutirem sobre as propriedades da água. Para isso, utilizaram os seguintes materiais: detergente, água, purpurina e um recipiente transparente grande e seguiram o seguinte passo-a-passo:

- 1º Colocaram a água em um recipiente transparente para melhor visualização do experimento;
- 2º Colocaram a purpurina aos poucos;
- 3º Pingaram o detergente no lugar onde há maior quantidade de purpurina.

Os alunos observaram que antes de colocar o detergente a purpurina se acumulou na superfície e que, após pingarem o detergente, a purpurina afundou. Esse fenômeno deveu-se a

- a) oscilação da pressão interna da água entre os passos dois e três.
- b) quebra do calor específico da água após o contato com a purpurina.
- c) variação da densidade da água após o terceiro passo do experimento.
- d) coesão, propriedade específica da água que atuou como solvente da purpurina.
- e) ação surfactante do detergente, que quebrou a tensão entre as moléculas superficiais da água.



### QUESTÃO 18

(Vanylton Matias -H14)

O osso é um tecido conjuntivo mineralizado cuja homeostase está sob a influência de diversos fatores sistêmicos e locais. Entre os fatores sistêmicos, sabe-se que o estrógeno é um hormônio que inibe a reabsorção óssea e, por essa razão, tem sido amplamente utilizado no tratamento e na prevenção da osteoporose. De acordo com os dados da literatura, o estrógeno atua na via RANK/RANKL/OPG, inibindo a formação de osteoclastos. Também tem sido mostrado que o estrógeno promove a apoptose de osteoclastos e, assim, diminui a reabsorção óssea. Esse hormônio também reduz a reabsorção óssea inibindo proteases produzidas por osteoclastos. Se o estrógeno age diretamente em osteoclastos, ou indiretamente por meio dos osteoblastos, ainda é controverso. Porém, pode-se concluir que o estrógeno inibe a reabsorção óssea agindo em vias relacionadas à formação, à atividade e à sobrevivência dos osteoclastos.

*Revista de Odontologia da UNESP. 2007; ISSN 1807-2577 - Mecanismos celulares e moleculares do estrógeno na reabsorção óssea - Ana Paula de Souza FALONIA, Paulo Sérgio CERRIB*

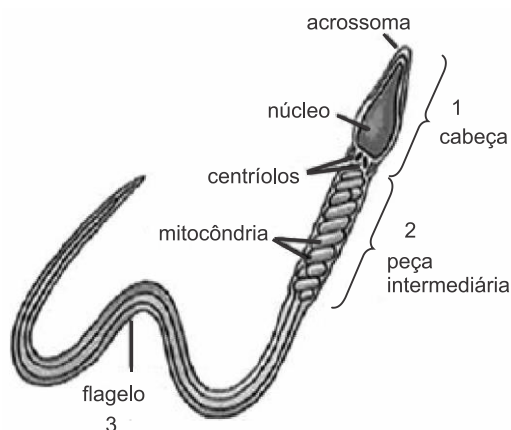
A leitura do texto permite concluir que, na osteoporose, o equilíbrio do cálcio

- a) será mantido caso o indivíduo ingira alimentos ricos em vitamina D.
- b) será desregulado por conta da diminuição dos níveis de estrógeno.
- c) será recuperado após a ingestão de proteases dos osteoclastos.
- d) será desfeito, devido a redução no número de osteoclastos.
- e) será interferido pela inatividade dos osteoblastos.



### QUESTÃO 19

As principais substâncias que compõem o sêmen humano são enzimas, ácido cítrico, íons (cálcio, zinco, e magnésio), frutose, ácido ascórbico e prostaglandinas, essas últimas de natureza lipídica. Tais compostos desempenham papel específico na reprodução, possibilitando o sucesso da célula apresentada abaixo.



Owen, D. H.; Katz, D. F. A Review of the Physical and Chemical Properties of Human Semen and the Formulation of a Semen Simulant. *Journal of Andrology* Vol. 26, p. 459–469, 2005. Disponível em <<http://www.brasilescola.com>>. Acesso em: 02 set. 2015.

Nessa célula, a substância que será utilizada na estrutura 2, permitindo a movimentação de 3, é um(a):

- a) lipídio.

- b) proteína.
- c) vitamina.
- d) carboidrato.
- e) ácidos nucleicos



### QUESTÃO 20

(ENEM) A água apresenta propriedades físico-químicas que a coloca em posição de destaque como substância essencial à vida. Dentre essas, destacam-se as propriedades térmicas biologicamente muito importantes, por exemplo, o elevado valor de calor latente de vaporização. Esse calor latente refere-se à quantidade de calor que deve ser adicionada a um líquido em seu ponto de ebulição, por unidade de massa, para convertê-lo em vapor na mesma temperatura, que no caso da água é igual a 540 calorias por grama. A propriedade físico-química mencionada no texto confere à água a capacidade de

- a) servir como doador de elétrons no processo de fotossíntese.
- b) funcionar como regulador térmico para os organismos vivos.
- c) agir como solvente universal nos tecidos animais e vegetais.
- d) transportar os íons de ferro e magnésio nos tecidos vegetais.
- e) funcionar como mantenedora do metabolismo nos organismos vivos.



### QUESTÃO 21

Paulo, aluno do Núcleo PVA, guardou na geladeira do cursinho água do mar, no intuito de realizar um experimento. Rebeca, desatenta, confundiu a garrafa de água de Paulo e acabou ingerindo uma grande quantidade deste líquido. Sabendo que a água ingerida tem uma concentração de sais três vezes maior que a do sangue, Rebeca terá como consequência fisiológica

- a) apenas a desidratação dos tecidos.
- b) apenas a diminuição do volume do sangue.
- c) apenas o aumento do volume do sangue.
- d) a desidratação dos tecidos e aumento do volume sanguíneo.
- e) a desidratação dos tecidos e diminuição do volume sanguíneo.



### QUESTÃO 22

Um dos ingredientes mais típicos da culinária brasileira, a carne-seca tem quase a idade do Brasil. O primeiro registro nacional é do século 16, no estado do Ceará. De lá, a carne prensada sob o sol forte se espalhou pelo país e virou marca da culinária gaúcha, onde ganhou o nome espanhol, charque. Ela é conhecida também como carne-do-ceará ou jabá, tem uma salga mais forte que a carne-de-sol. É seca também ao sol e ao vento ou através de estufas apropriadas e contém apenas 10% de água. Colocada em água para dessalgar, perde grande parte de suas substâncias nutritivas. É muito utilizada, principalmente no Nordeste do Brasil. No Sudeste, entra no preparo da feijoada.

O processo de desidratação descrito no texto, tem como objetivo principal

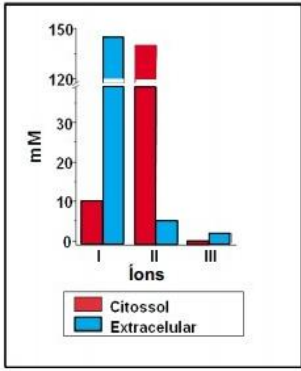
- a) aumentar sua digestibilidade.
- b) evitar o pouso de insetos sobre a carne
- c) facilitar o seu transporte a longas distâncias.
- d) diminuir o pH das células e preservar a carne.
- e) evitar a instalação de microrganismos patogênicos.



### QUESTÃO 23

Os sais minerais são de importância vital para o bom funcionamento de diversos processos fisiológicos, sendo necessária a reposição da concentração de cada íon para que seja mantida a homeostasia do organismo. O gráfico e a tabela abaixo mostram a concentração e algumas atividades biológicas de três íons em seres humanos.





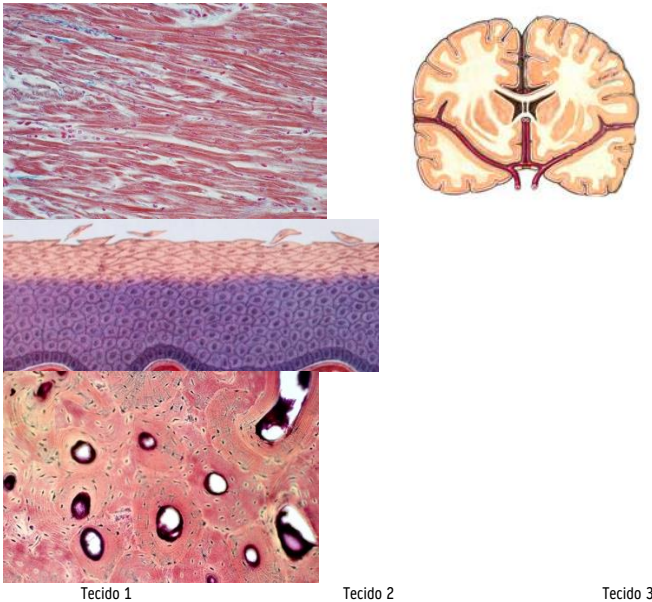
Atividade Biológica	Íon envolvido
Condução nervosa	I, II
Contração muscular	III
Coagulação	III

Analisando o gráfico e a tabela acima, pode-se afirmar que os íons representados por I, II e III são respectivamente:

- $Ca^{+2}$ ,  $Na^+$  e  $K^+$
- $Na^+$ ,  $K^+$  e  $Ca^{+2}$
- $K^+$ ,  $Ca^{+2}$  e  $Na^+$
- $K^+$ ,  $Na^+$  e  $Ca^{+2}$
- $Na^+$ ,  $Ca^{+2}$  e  $K^+$

### QUESTÃO 24

(Vanylton Matias) As imagens abaixo representam diferentes tecidos corporais:



A análise das imagens permite concluir que

- o tecido 2 regenera-se mais rapidamente que o tecido 3.
- o tecido 1 é mais hidratado do que a porção central do tecido 2.
- o tecido 3 é mais metabólico que a porção externa do tecido 2.
- o tecido 4, quando dotado de medula, é mais hidratado do que o tecido 1.
- o do tecido 2, independente da sua porção, tem mais água do que o tecido 1.

### QUESTÃO 25

Existe uma busca incessante dos cientistas por água em outros planetas. Isso se justifica porque ela se encontra relacionada aos processos vitais dos seres vivos. Todos os seres vivos do nosso planeta são formados por células, constituídas de organelas, que, por sua vez, mantêm as células vivas utilizando inúmeros tipos de substâncias. Uma delas é a água. Assinale a alternativa correta quanto à relação da água com os seres vivos.

- A proporção de água nos seres vivos é a mesma, independentemente da espécie.
- A água, quando quebrada, permite que os átomos de hidrogênio e oxigênio se adicionem a outras substâncias em reações químicas no interior das células de organismos vivos.

- A água é um dos constituintes fundamentais da célula, pois as moléculas são exclusivamente solúveis em meio aquoso.
- O oxigênio presente na molécula de água permite a oxigenação do meio aquoso, facilitando os processos de respiração dos seres vivos.
- O hidrogênio presente na molécula de água, como elemento solvente, permite reações bioquímicas importantes para a formação de moléculas orgânicas.

### QUESTÃO 26

As principais reservas de energia dos mamíferos são, em primeiro lugar, as gorduras e, em segundo lugar, um tipo de açúcar, o glicogênio. O glicogênio, porém, tem uma vantagem para o organismo em relação às gorduras. Essa vantagem está associada ao fato de o glicogênio apresentar, no organismo, maior capacidade de

- sofrer hidrólise
- ser compactado
- produzir energia
- solubilizar-se em água
- sedimentar no sangue

### QUESTÃO 27

(Vanylton Matias) Durante o exercício físico, o calor gerado pelo metabolismo aumenta a temperatura do corpo. O sistema nervoso detecta esse aumento de temperatura e desencadeia a liberação de suor, constituído principalmente de água. A água presente no suor carrega eletrólitos dissolvidos e esfria o corpo ao evaporar, por isso deve ser reposta para a manutenção da homeostase do organismo e para o funcionamento normal dos órgãos, dos tecidos e das células.

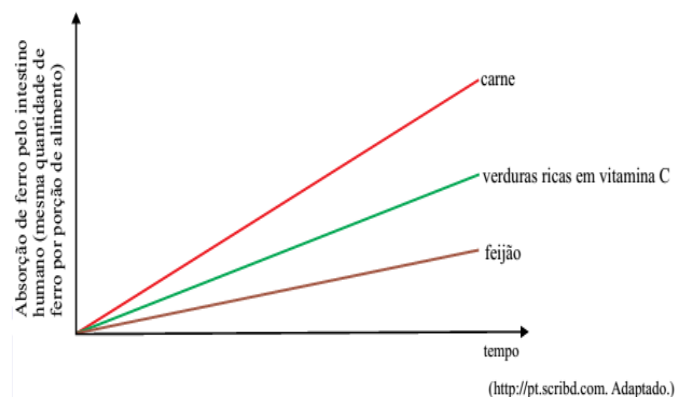
A necessidade de ingestão de água durante um exercício físico se dá por que

- os rins excretam o excesso de água presente no organismo.
- o corpo perde água proveniente de fluidos extra e intracelulares.
- o hormônio antidiurético impede a absorção de água nos túbulos renais.
- A hiper-hidratação é fundamental para que ocorra a diluição dos eletrólitos
- o organismo desidrata devido o aquecimento e pela ação dos hormônios da tireoide.

### QUESTÃO 28

Analisar as frases e o gráfico abaixo:

- Nas carnes e vísceras, o ferro é encontrado na forma  $Fe^{2+}$ .
- Nos vegetais, o ferro é encontrado na forma mais oxidada,  $Fe^{3+}$ .
- A vitamina C é capaz de reduzir o ferro da forma  $Fe^{3+}$  para a forma  $Fe^{2+}$ .



As afirmações e o gráfico justificam o hábito do brasileiro de consumir laranja junto com a feijoada, pois

- o ferro ingerido no feijão sofre redução pela ação da vitamina C presente na laranja.
- a carne contida na feijoada é rica em ferro, que tem sua absorção aumentada pela propriedades da laranja.
- ao se misturar feijão com laranja, ocorrerá a ativação das enzimas digestivas

- do intestino delgado.
- d) Nas carnes e vísceras, o ferro é encontrado na forma reduzida, necessitando da laranja para realizar sua oxidação.
- e) A vitamina C presente na laranja atua como antioxidante, fazendo com que os íons férricos sejam absorvidos por todo o trato digestório.

### QUESTÃO 29

Existem vários tipos diferentes de carboidratos: monossacarídeos - como a glicose e a frutose - dissacarídeos - como a sacarose - e polissacarídeos, como o amido e a celulose. Quando essas moléculas são ingeridas, elas têm destinos diferentes no organismo. O destino de uma molécula de celulose presente nas fibras encontradas no tomate ingerido por uma pessoa, numa refeição, é

- a) servir de matéria-prima para a síntese da glicose.
- b) ser eliminada pelas fezes, sem sofrer alteração no tubo digestório.
- c) ser “desmontada” no tubo digestório, fornecendo energia para as células.
- d) entrar nas células e ser utilizada pelos ribossomos na síntese de proteínas.
- e) entrar nas células e ser “queimada” nas mitocôndrias, liberando energia para o organismo.

### QUESTÃO 30

A ingestão diária de leite pode causar perturbações digestivas em milhões de brasileiros que apresentam intolerância a esse alimento, a qual é provocada pela deficiência de lactase no adulto, uma condição determinada geneticamente e de prevalência significativa no Brasil. Sobre o carboidrato em questão, afirma-se corretamente que

- a) a lactase, assim como outras enzimas intestinais, tem sua atividade ótima em pH menor que 7.
- b) a lactase é uma enzima que age sobre a lactose, quebrando-a em duas moléculas, sendo uma de maltose e outra de galactose.
- c) a lactose, presente no leite de vaca, de soja e de cabra, bem como outros carboidratos de origem animal representam uma importante fonte de energia na dieta humana.
- d) a lactose é um oligossacarídeo presente, exclusivamente, no leite de mamíferos e a ausência da enzima lactase é a causa da alergia que muitas pessoas têm à proteína do leite.
- e) o efeito simultâneo da desnutrição e das infecções intestinais pode resultar em deficiência secundária de lactase, aumentando ainda mais o número de pessoas com intolerância à lactose.

### QUESTÃO 31

(ENEM) A produção de biocombustíveis é resultado direto do fomento a pesquisas científicas em biotecnologia que ocorreu no Brasil nas últimas décadas. A escolha do vegetal a ser usado considera, entre outros aspectos, a produtividade da matéria-prima em termos de rendimento e custos associados. O etanol é produzido a partir da fermentação de carboidratos e quanto mais simples a molécula de glicídio, mais eficiente é o processo.

Etanol de quê? *Revista Pesquisa Fapesp*, 28 nov. 2007 (adaptado).

O vegetal que apresenta maior eficiência no processo da produção do etanol é

- a) o milho, pois apresenta sementes com alto teor de amido.
- b) a mandioca, pois apresenta raízes com alto teor de celulose.
- c) a soja, pois apresenta sementes com alto teor de glicogênio.
- d) o feijão, pois apresenta sementes com alto teor de quitina.
- e) a cana-de-açúcar, pois apresenta colmos com alto teor de sacarose.

### QUESTÃO 32

Louco por um saleiro, sal foi uma das primeiras palavras que o garoto aprendeu a falar, antes de completar 1 ano de idade. Quando conseguiu caminhar com as próprias pernas, passou a revirar os armários da cozinha em busca de tudo que fosse salgado e, sempre que podia, atacava o saleiro. Aos 3 anos e meio, por causa da suspeita de puberdade precoce, o menino foi internado num hospital.

(Fonte: Christante, L. Sede de sal. *Revista Unesp Ciência*, n.17, 2011.)

O apetite por sal da criança, cujo relato tornou-se clássico na história da Medicina, era causado por um desequilíbrio endócrino. Após a sua morte, descobriu-se que a criança apresentava uma deficiência na produção de:

- a) aldosterona pelas glândulas adrenais.
- b) insulina pelo pâncreas.
- c) tiroxina pela tireoide.
- d) vasopressina pelo hipotálamo.
- e) somatotrofina pela hipófise.

### QUESTÃO 33

A tabela a seguir apresenta a quantidade dos minerais cálcio e ferro em alguns alimentos.

Alimento (100g)	Cálcio (mg)	Ferro (mg)
Carne de boi magra assada	9	3,20
Couve manteiga	330	2,20
Milho verde em conserva	6	0,80
Pepino cru	10	0,23
Queijo prato	1023	0,78
Rosbife	16	4,20

Fonte: FROTA Pessoa, O. *Os caminhos da vida - Manual do professor*. Ed. Scipione, 2001, pp.37-9.

Assinale a alternativa que apresenta, respectivamente, os alimentos mais importantes na prevenção de anemia e osteoporose.

- a) carne de boi magra assada e couve manteiga.
- b) milho verde em conserva e queijo prato.
- c) queijo prato e couve manteiga.
- d) rosbife e queijo prato.
- e) pepino cru e rosbife.

### QUESTÃO 34

Alguns metais são imprescindíveis para o bom funcionamento do organismo humano. Os denominados oligoelementos, normalmente são encontrados em pequenas quantidades e, quando presentes em excesso, podem ser prejudiciais à saúde.

A Doença de Wilson, por exemplo, é caracterizada pelo acúmulo de um metal não prateado, que, se liberado na corrente sanguínea, pode resultar na formação de um anel de coloração escura no olho do indivíduo.

Assinale a alternativa que indica, respectivamente, o metal e o órgão do portador da Doença de Wilson onde ele se acumula antes de ser liberado para a corrente sanguínea.

- a) Bronze e rim.
- b) Cobre e fígado.
- c) Ferro e baço.
- d) Ouro e baço.
- e) Zinco e fígado.

### QUESTÃO 35

A intolerância à lactose pode causar grande desconforto aos seus portadores e provocar quadros de diarreia. Com relação à intolerância à lactose, é correto afirmar que

- a) o leite de cabra é o alimento indicado para substituir o leite de vaca.
- b) se trata de uma alergia desenvolvida pela ingestão de proteínas presentes nos alimentos que contêm leite de vaca.
- c) se desenvolve somente em recém-nascidos e perdura pela vida inteira do indivíduo.
- d) alguns pacientes podem tolerar pequenas quantidades de lactose presentes nos alimentos.
- e) é uma patologia causada pelo aumento da absorção da lactose, açúcar do leite.



## QUESTÃO 36

### Risco de diabetes tipo 2 associado a gene dos Neandertais

Uma variante do gene SLC16A11 aumenta o risco de diabetes entre os latino-americanos. As análises indicaram que a versão de maior risco dessa variante foi herdada dos Neandertais. As pessoas que apresentam a variação SLC16A11 em um dos alelos, são 25% mais propensas a desenvolver o diabetes, já aquelas que herdaram de ambos os pais, essa probabilidade sobe para 50%.

Disponível em: <[www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/12/131225\\_neandertal\\_1k.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/12/131225_neandertal_1k.shtml)>. Acesso em: 26 mar. 2014. (Adaptado)

Em humanos, a doença que pode se desenvolver pela presença da variante do gene SLC16A11 tem como um dos sinais clínicos a produção de corpos cetônicos. Isso ocorre porque a glicose, mesmo presente no sangue, não é plenamente utilizada pelo organismo que interpreta essa situação metabólica como um estado de jejum. Assim, é ativada uma via metabólica capaz de ofertar mais açúcar no sangue por meio da

- gliconeogênese.
- lipogênese.
- glicogênese.
- desnaturação proteica.
- fosforilação oxidativa.



## QUESTÃO 37

A quitina é um polissacarídeo formado por várias moléculas de glicose e por grupo amina. Ela pode ser encontrada na natureza na parede celular dos fungos e em alguns animais. Dentre os animais dos quais podemos encontrar quitina, estão os

- crustáceos, esponjas e peixes.
- artrópodes, equinodermos e nematoides.
- insetos, nematoides e anfioxos.
- aracnídeos, moluscos e anelídeos.
- equinodermos, mamíferos e aves.



## QUESTÃO 38

Bebidas de diversas marcas chamadas de energético possuem substâncias estimulantes como a taurina e a cafeína. A cafeína também está presente em vários refrigerantes, como, por exemplo, os de cola. O quadro abaixo mostra alguns valores da concentração de algumas substâncias presentes em duas marcas de energéticos e em dois refrigerantes de cola. Os valores em gramas, referentes a porções de 200 ml, são todos hipotéticos, assim como as bebidas.

BEBIDA	CARBOIDRATO	SÓDIO	CAFEÍNA
Energético 1	18,4	100	500
Energético 2	20	60	350
Refrigerante de cola	21	28	3
Refrigerante de cola dietético	0	100	3

Se colocarmos as bebidas em ordem da que confere mais energia para a que confere menos energia, teremos

- refrigerante de cola, energético 2, energético 1, refrigerante de cola dietético.
- energético 1, energético 2, refrigerante de cola, refrigerante de cola dietético.
- energético 2, energético 1, refrigerante de cola, refrigerante de cola dietético.
- refrigerante de cola dietético, refrigerante de cola, energético 2, energético 1.
- refrigerante de cola, energético 1, energético 2, refrigerante de cola dietético.

### Nível Ninja:



## QUESTÃO 39

Outro produto muito utilizado na alimentação é o amido. As principais fontes de amido são o trigo, a batata, o arroz e a mandioca. Botanicamente, as fontes de

amido utilizadas são oriundas de partes específicas de cada um desses vegetais. Assinale a alternativa que indica, correta e respectivamente, a parte do trigo, da batata, do arroz e da mandioca de onde é extraído o amido.

- Semente, caule, semente e raiz.
- Fruto, raiz, fruto e raiz.
- Fruto, tubérculo, semente e caule subterrâneo.
- Drupa, raiz, fruto e raiz.
- Semente, caule, sicônio e tubérculo.



## QUESTÃO 40

(Vanylton Matias) Os alunos do Núcleo PVA resolveram plantar arroz na área verde do referido cursinho. No intuito de viabilizar alternativas de manejo da cultura do arroz irrigado foram avaliados diferentes sistemas de manejo da palha de azevém e da aplicação da adubação de base em relação à concentração de nutrientes na solução do solo. A incorporação da palha de azevém aumenta a concentração de potássio na lâmina de água e contribui para a percolação dos nutrientes: cálcio, magnésio, manganês, sódio e zinco no perfil.

Após leitura do texto, conclui-se que o sistema de manejo da palha de azevém está relacionado, indiretamente,

- com a metalização do xilema
- com a absorção de sódio pelas raízes
- com uma maior produção de clorofila
- com a diminuição da abertura dos estômatos
- com a menor produção de seiva elaborada

### METAS DE SALA

- 01 - C
- 02 - E
- 03 - B
- 04 - B
- 05 - B

### METAS PROPOSTAS

- 06 - C
- 07 - E
- 08 - E
- 09 - B
- 10 - E
- 11 - C
- 12 - C
- 13 - E
- 14 - S
- 15 - B
- 16 - E
- 17 - E
- 18 - B
- 19 - D
- 20 - B
- 21 - D
- 22 - E
- 23 - B
- 24 - B
- 25 - A
- 26 - A
- 27 - B
- 28 - A
- 29 - B
- 30 - E
- 31 - E
- 32 - A
- 33 - D
- 34 - B
- 35 - D
- 36 - A
- 37 - D
- 38 - A
- 39 - A
- 40 - C

### LIPÍDIOS:

#### 1. Introdução:

Lipídios são compostos orgânicos com baixa solubilidade em água e alta solubilidade em solventes orgânicos apolares. Essa é a definição mais atual e mais utilizada para essas moléculas. A palavra lipídio vem do grego *lipos*, "gordura", e *idios*, "comum à natureza de".

Os lipídios apresentam uma variedade de formas e funções. Mesmo sendo grandes, os lipídios não têm tamanho suficiente para serem consideradas macromoléculas e, além disso, são a única classe de grandes moléculas biológicas que **não incluem polímeros verdadeiros**.

**Observação:** A palavra *polímero* vem do grego *poli*, que significa "muitas", e *meros*, "partes". Isso porque as macromoléculas desses compostos originam-se através da ligação de várias unidades de moléculas pequenas, denominadas de *monômeros*.

Você já deve ter observado que óleos e gorduras não se misturam à água. Isso porque os lipídios são apolares, isto é, destituídos de carga elétrica, por isso, eles não têm afinidade pelas moléculas polarizadas da água (lembrar que "*semelhante dissolve semelhante*"). O caráter apolar dos lipídios se deve ao fato dessas moléculas, mesmo não possuindo uma identidade química definida, apresentarem predomínio de longas cadeias hidrocarbonadas ou de anéis benzênicos, que são compostos apolares. A maioria dos lipídios possuem os **ácidos graxos** como unidades fundamentais da sua composição.

#### Se liga!!!

##### Quem fornece mais calorias?

- Gorduras, 1 grama libera aproximadamente 9 Calorias.
- Carboidratos, 1 grama libera aproximadamente 4,5 Calorias.
- Proteínas, 1 grama libera aproximadamente 4,5 Calorias.
- Álcool, 1 grama libera aproximadamente 7 Calorias.

##### Conclusão:

A gordura é mais calórica do que os carboidratos, por isso é utilizada como fonte secundária de energia, sendo armazenada principalmente na hipoderme (abaixo da pele). Se fossemos armazenar na hipoderme carboidratos, para acumular a mesma quantidade de energia teríamos mais que o dobro do nosso peso! Por outro lado, é melhor que os carboidratos sejam nossa fonte primária de energia, uma vez que seu metabolismo é mais fácil do que o das gorduras.

Também é vantajoso armazenar lipídios ao invés de carboidratos porque os lipídios são apolares e não precisam transportar a água de solvatação. Já os carboidratos (amido e glicogênio), por possuírem muitos grupos hidroxila (-OH), atraem moléculas de água, o que aumentam o seu peso. Por conta da água de solvatação, o glicogênio teria massa cerca de 6 vezes maior que a massa da gordura.

#### Perguntas do Whats app:

- Vanylton, quando ingerimos carboidratos, uma parte dele é metabolizada através da respiração celular, certo? O que acontece se eu comer carboidrato em excesso?
- Ótima pergunta! caso a quantidade de carboidratos ingerida seja maior do que a necessária para a obtenção de energia, haverá o

armazenamento hepático deste excesso na forma de glicogênio. O fígado é capaz de armazenar até 400 gramas de glicogênio.

- Vanylton, e se eu ingerir uma quantidade de carboidratos maior do que os 400g de glicogênio que o fígado é capaz de armazenar?

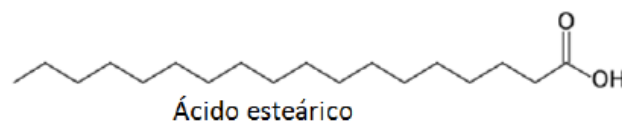
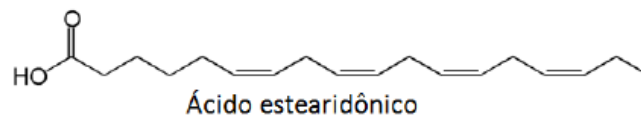
- Neste caso, haverá a lipogênese. O excesso de glicose será quebrada em ácido pirúvico (glicólise) e formará Acetil-Coa. O Acetil-Coa, devido ao excesso, ao invés de entrar no ciclo de Krebs para produção de energia, irá se transformar em ácidos graxos, que se ligarão ao glicerol e formarão gordura. Ou seja, se você comer muito carboidrato, você irá engordar.

#### (1) Ácidos graxos:

São ácidos orgânicos monocarboxílicos, ou seja, que apresentam um único grupo carboxila (polar e hidrofílico), ligado a uma longa cadeia hidrocarbonada (apolar e hidrofóbica), saturada ou insaturada. Como a porção hidrocarbonada é muito mais longa do que o grupo ácido, a parte apolar da molécula irá prevalecer e a molécula de ácido graxo terá característica predominantemente **apolar**.

**Observação:** mesmo sendo predominantemente apolar, os ácidos graxos são classificados como moléculas **anfipáticas**, pois possuem uma porção apolar e outra polar.

Como nas células vivas dos animais e vegetais os ácidos graxos são produzidos a partir da combinação de acetilcoenzima A, a estrutura destas moléculas, geralmente, contém número par de átomos de carbono. Mas existem também ácidos graxos ímpares, apesar de mais raros. Na natureza a maior ocorrência é de ácidos graxos com cadeia de números pares de átomos de carbono, de 4 a 36.



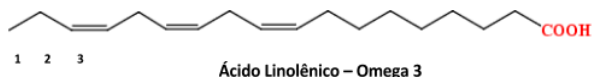
Exemplo de dois ácidos graxos: ácido estearidônico, dotado de 18 átomos de carbono e de 4 insaturações, e ácido esteárico, que também possui 18 átomos de carbono, mas apresenta cadeia saturada.

#### a) b) Ácidos graxos essenciais:

##### Ômega 3:

Compostos conhecidos por **ômega 3** são ácidos graxos poli-insaturados (apresentam várias duplas ligações entre átomos de carbono) que apresentam a primeira dupla ligação a partir do terceiro carbono a contar da extremidade oposta do grupamento carboxílico (a extremidade onde está o grupamento metil). São exemplos de compostos dessa natureza o ácido linolênico, encontrado em óleos vegetais de soja e de canola, e os ácidos docosahexanoico (DHA) e eicosapentanoico (EPA), encontrados em óleos de peixes marinhos de águas frias, como o salmão, a sardinha, a truta e a cavala. Esses ácidos são considerados ácidos graxos essenciais, uma vez que não são produzidos pelo organismo (de

forma endógena), precisando ser ingeridos na dieta. Os ácidos da família ômega 3 ajudam a diminuir os altos níveis de colesterol e triglicerídeos no sangue, possuindo também função anti-inflamatória.



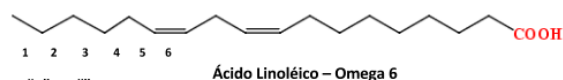
### Ômega 6:

Quase tão populares quanto o ômega 3, compostos conhecidos como ômega 6 constituem uma família de ácidos graxos insaturados que possuem uma instauração no sexto carbono a partir da posição metil. Os efeitos biológicos dos compostos da família ômega 6 estão vinculados à sua possibilidade de conversão em compostos chamados eicosanoides (prostaglandinas, leucotrienos e tromboxanos), os quais se ligam quimicamente a um grande número de receptores encontrados no organismo.

O ômega 6 é um outro ácido graxo essencial e pode ser encontrado em óleos vegetais como óleo de girassol, de milho de canola e de soja. São exemplos de ácidos graxos pertencentes à família ômega 6:

**Ácido linoleico:** confere resistência e permeabilidade aos vasos sanguíneos.

**Ácido araquidônico:** é precursor das prostaglandinas, que possuem diversas funções: inflamatória, gastroprotetora, entre outras; também é importante na composição das membranas celulares.



### Se liga!!!

Como o ácido araquidônico atua em processos inflamatórios?

1. Após uma lesão celular, ocorrerá a ruptura da membrana plasmática, que liberará **fosfolipídios**;
2. A enzima **fosfolipase** irá metabolizar os fosfolipídios, gerando como produto o ácido araquidônico (um tipo de ômega 6);
3. O ácido araquidônico irá sofrer hidrólise pela ação da enzima **ciclo-oxigenase (COX)**, gerando como produto os eicosanoides, como a **prostaglandina**.
4. As prostaglandinas têm a capacidade de gerar a dilatação dos vasos sanguíneos, aumentando a permeabilidade dos capilares.
5. Como consequência da ação das prostaglandinas, haverá: dor, calor, rubor, edema e perda da função do órgão acometido (Esses são os 5 sinais cardinais da **inflamação**).

Então o ácido araquidônico é ruim, já que ele causa inflamação?

Não! A inflamação é algo positivo, pois limita a função de um órgão, "avisando" ao organismo que houve uma lesão. Porém, para aliviar os sintomas, pode-se tomar medicamentos capazes de inibir a enzima ciclo-oxigenase, diminuindo a inflamação. Os medicamentos que têm esse mecanismo de ação são chamados de anti-inflamatórios, como o paracetamol, dipirona, ácido acetilsalicílico (AAS) e diclofenacos.

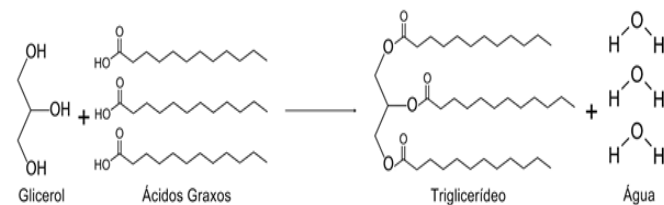
**Observação:** O ácido graxo conhecido por ômega 9 não é essencial, pois pode ser sintetizado pelo organismo humano. O curioso é que o ômega 9 só será sintetizado se os compostos ômega 3 e ômega 6 já estiverem presentes no organismo. O ômega 9 também pode ser encontrado em óleos, destacando-se as amêndoas e o gergelim.

### (2) Classificação dos lipídios:

Os principais tipos de lipídios são: **glicerídeos**, representados pelos óleos e gorduras de origem vegetal e animal; **ceras**, produzidas por abelhas e por plantas como a carnaúba; **carotenoides**, pigmentos amarelos e vermelhos de certas plantas (tomate, cenoura etc.); **fosfolipídios**, principais constituintes das membranas celulares; **esteroides**, representados pelo colesterol e por hormônios animais. Em geral, não existem moléculas de ácidos graxos livres no interior das células; elas estão quase sempre combinadas com glicerol, constituindo glicerídeos.

#### 2.1) Glicerídeos:

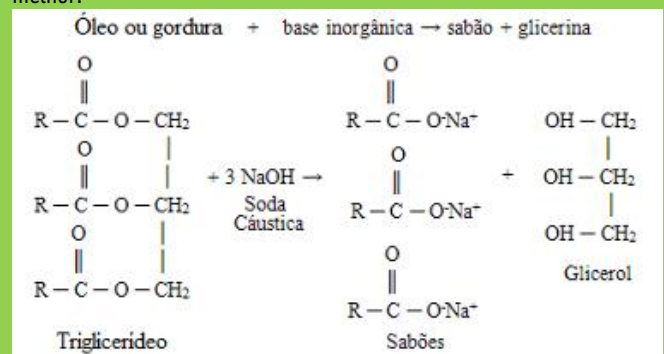
Os glicerídeos, também chamados de gorduras neutras, são ésteres orgânicos que resultam da associação de ácidos graxos com o álcool glicerol (glicerina). Conforme a molécula do glicerol se liga a uma, a duas ou a três moléculas de ácidos graxos, os glicerídeos podem ser classificados, respectivamente, em monoglicerídeos, diglicerídeos e triglicerídeos (os mais importantes). Vale ressaltar que toda vez que uma molécula de ácido graxo se liga ao glicerol, há a formação de uma molécula de água (síntese por desidratação ou reação de condensação).



### Perguntas do whats app:

- Vanylton, e se um ácido graxo (que é um ácido orgânico) reagir com uma base inorgânica, como o NaOH, por exemplo. O que acontece?

- Essa sua pergunta é de quem está ligada no ENEM! Kkk... A reação entre um ácido graxo e base inorgânica dará origem aos sabões, que são sais de ácidos graxos. Não se esqueça que: ácido orgânico + base = sal / ácido orgânico + álcool = éster. Analisa a imagem abaixo, que vc vai entender melhor:



Os glicerídeos são encontrados na natureza na forma de óleos e gorduras. Glicerídeos saturados (sem duplas ligações na cadeia carbônica) são sólidos à temperatura ambiente e constituem as **gorduras** (banha de porco, gordura de coco, etc.). Já os glicerídeos insaturados são líquidos e constituem os **óleos** (de soja, de amendoim, de milho, de fígado de bacalhau, etc.). Os óleos e as gorduras, muito utilizados em nossa alimentação, são importantes porque atuam com o material de reserva energética e são a segunda fonte de energia para o organismo (lembre-se de que, em condições normais, a primeira fonte de energia são os carboidratos). Os óleos são armazenados principalmente em vegetais (sementes e frutos), enquanto as gorduras são reservas energéticas principalmente dos animais.

Em muitos animais, inclusive no homem, existem células denominadas de adipócitos, especializadas em armazenar gorduras. Tais células são encontradas em maior quantidade no tecido adiposo da tela subcutânea (hipoderme), localizada logo abaixo da derme. As gorduras aí armazenadas, além de constituírem importante reserva energética, exercem outras funções, como proteção mecânica para os órgãos internos, especialmente os ossos, uma vez que funcionam como amortecedores dos impactos ou choques mecânicos. Outra função também desempenhada por essas gorduras é a de isolante térmico. Por serem maus condutores de calor, os lipídios impedem a perda excessiva de calor a través da pele e, assim, ajudam na manutenção da temperatura corporal.

É bom lembrar, entretanto, que o excesso de triglicérides (gordura) na nossa corrente sanguínea é prejudicial ao organismo, uma vez que aumenta a probabilidade de formação de ateromas (placas de gordura nas paredes das artérias) e, conseqüentemente, o risco de ocorrência de

doenças cardiovasculares, infartos e acidentes vasculares cerebrais (AVCs). Quando em altas taxas na corrente sanguínea, os triglicérides depositam-se sobre as paredes das artérias que, então, tornam-se mais estreitas, dificultando a passagem do sangue, podendo causar hipertensão (aumento da pressão arterial) e aumentar a probabilidade de ocorrência de doenças cardiovasculares, como o infarto do miocárdio.

#### Se liga!

##### Gorduras Trans:

Uma curiosidade interessante sobre os glicerídeos é relativa à fabricação das margarinas vegetais, bastante utilizadas atualmente em substituição à manteiga. Se você ler atentamente o rótulo de uma margarina, deverá encontrar a seguinte inscrição: "Fabricada com óleos vegetais hidrogenados". O que isso significa? Simplesmente que, por meio de uma reação química em que se adicionou hidrogênio aos óleos vegetais (hidrogenação), estes se tornaram sólidos e com a consistência pastosa à temperatura ambiente. Estudos recentes mostraram que o processo de hidrogenação dos óleos vegetais produz não só gorduras saturadas, mas também gorduras insaturadas com ligações duplas trans. Essas gorduras trans podem contribuir mais que as gorduras saturadas para a aterosclerose e outros problemas. Como as gorduras trans são especialmente comuns em guloseimas e alimentos processados, o órgão americano USDA exige que os rótulos nutricionais incluam informações sobre o conteúdo de gorduras trans. Algumas cidades americanas e, até o presente momento, dois países – Dinamarca e Suíça – baniram o uso de gorduras trans em restaurantes.

#### Perguntas do whatsapp:

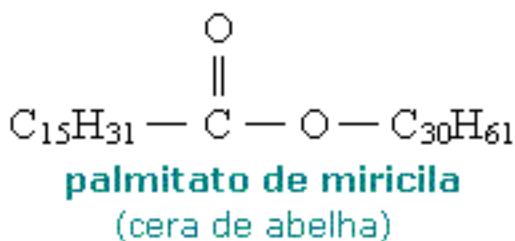
- Vanylton, pq quando eu esqueço um pedaço de carne em cima da mesa, a gordura fica com gosto rançoso e mal cheiro?

- Excelente pergunta! Quando a gordura, que é um éster orgânico, é deixada em contato com o ar, pode haver a hidrólise das ligações éster. A consequência dessa reação será a formação de ácidos graxos livres, que podem apresentar cheiro forte. Pode também ocorrer a oxidação das ligações duplas, formando aldeídos e ácidos carboxílicos de cadeia curta, que, por serem voláteis também vão causar um mau cheiro.

#### 2.2) Cerídeos:

As ceras são constituídas por uma molécula de álcool de cadeia muito longa, como o álcool cetílico ( $C_{16}H_{33}OH$ ), unida a uma ou mais moléculas de ácidos graxos. Diferentemente dos glicerídeos o álcool presente não é o glicerol.

O fato de as ceras serem extremamente insolúveis em água faz com que elas sejam muito úteis a plantas e a animais. As folhas de muitas plantas têm a superfície recoberta de cera (cutícula foliar), o que as torna impermeáveis, impedindo a perda de água por transpiração. As ceras também podem estar presentes no revestimento corporal dos animais, produzidas, em mamíferos, pelas glândulas sebáceas. As abelhas, por sua vez, estes podem utilizar a cera como material de construção de moradias. O cerúmen produzido pelos nossos ouvidos, que tem função protetora contra a entrada de corpos estranhos, também pertence ao grupo dos cerídeos.

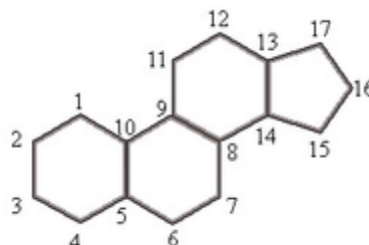


Muitas aves possuem uma glândula chamada de uropigiana, capaz de impermeabilizar e impedir que as aves encharquem ao entrar em contato com a água. Outra função dessa cera é a de atuar como um isolante

térmico. Caso as aves aquáticas entrem em contato com substâncias como o petróleo ou detergentes, poderão ter sua cera impermeabilizante removida, o que causará o seu afogamento (já que essas substâncias diminuem a tensão superficial da água) ou sua morte por hipotermia.

#### 2.3) Esteroides:

São um grande grupo de compostos solúveis em gordura (lipossolúveis), que têm uma estrutura básica de 17 átomos de carbono dispostos em quatro anéis ligados entre si. Todos os esteroides apresentam em comum a estrutura química denominada ciclopentanoperidrofenantreno.



##### Estrutura do ciclopentanoperidrofenantreno

Alguns esteroides são hormônios (por exemplo, a testosterona, o hormônio sexual masculino) e outros são vitaminas (por exemplo, a vitamina D. O **colesterol**, que para os químicos é um álcool complexo, é outro exemplo de esteroide.

##### Colesterol:

O colesterol faz parte da estrutura das membranas celulares animais, sendo também um reagente de partida para a biossíntese de vários hormônios (cortisol, aldosterona, testosterona, progesterona etc.), dos sais biliares e da vitamina D (que após ser metabolizada no organismo, também tem função hormonal).

O colesterol é uma substância útil ao organismo, sendo, inclusive, produzido pelo nosso fígado (colesterol endógeno) e utilizado na produção dos sais biliares. A síntese de sais biliares inicia após o estímulo do hormônio secretina, que leva à conversão de colesterol em ácido cólico e, em seguida, em sais de colato (também chamados de sais biliares). Esses sais são armazenados na vesícula biliar e, após a ação do hormônio colecistocinina, são eliminados (através do canal colédoco) no duodeno, onde se misturam aos lipídios e os emulsificam, facilitando a digestão desta molécula orgânica pelas enzimas lipases.

Quando presente em altas taxas, o colesterol pode ser maléfico ao organismo. Por exemplo, sua deposição nas paredes dos vasos sanguíneos dificultam a passagem do sangue, provocando a hipertensão arterial (pressão alta) e, conseqüentemente, o aumento da probabilidade de ocorrência de doenças cardiovasculares, como a trombose e o infarto. Vale ressaltar que 90% do colesterol presente no organismo animal é de origem endógena e a apenas 10% é obtido nos alimentos (exógeno).

O colesterol é transportado pelas **lipoproteínas plasmáticas**: LDL e HDL. O LDL transporta colesterol para diversos tecidos e também para as artérias, onde pode ser depositado, formando placas que dificultam a circulação do sangue, daí a denominação "mau colesterol". Já o HDL faz exatamente o contrário, isto é, transporta colesterol das artérias principalmente para o fígado, onde ele é inativado e excretado como sais biliares, justificando o termo "bom colesterol".

*Obs: O colesterol não está presente nas membranas vegetais e bacterianas!*

#### 2.4) Carotenoides:

São lipídios pigmentados (coloridos), vermelhos ou amarelos, de consistência oleosa. Estão presentes nas células vegetais, como na cenoura, tomate e beterraba, nas quais desempenham papel importante no processo de fotossíntese. São importantes também para muitos animais. Por exemplo, a molécula de betacaroteno, um carotenoide alaranjado presente na cenoura e em outros vegetais, é matéria-prima para a produção da vitamina A, essencial a muitos animais. Essa vitamina

é importante, por exemplo, para nossa visão, pois é precursora do retinal, uma substância sensível à luz presente na retina dos olhos dos vertebrados. e)

## 2.5) Lipídios compostos:

Os lipídios compostos, ou complexos, são aqueles que possuem, além dos átomos de C, H e O, um outro átomo, como o nitrogênio, o fósforo e o enxofre. São exemplos de lipídios compostos: lipoproteínas, fosfolipídios e esfingomielina.

### a) Lipoproteínas:

Lipoproteínas são formadas pela associação de lipídios com proteínas. São compostos por 50% a 90% de lipídios e sua principal função é realizar o transporte plasmático de colesterol. Para a execução desta função, são conhecidos três tipos de lipoproteínas:

VLDL: lipoproteína de densidade muito baixa

LDL: lipoproteína de densidade baixa

HDL: lipoproteína de densidade alta

O VLDL e o LDL têm a função de transportar o colesterol do fígado para os tecidos corporais, circulando sempre pela periferia dos vasos sanguíneos, próximo ao endotélio. Por essa razão, ao serem oxidados, se depositam sobre o endotélio dos vasos sanguíneos e formam as chamadas **estrias de gordura**. Ao passar dos anos, os macrófagos habitantes da camada média dos vasos sanguíneos, passam a fagocitar esses lipídios (macrófagos espumosos), gerando o acúmulo de colesterol na túnica média arterial, que passa a ser chamada de **placa de ateroma** (o que caracteriza o quadro de aterosclerose). Esta placa de gordura irá enrijecer os vasos e obstruir a passagem do fluxo sanguíneo, causando a hipertensão arterial. As principais consequências da hipertensão são:

**Embolia:** as placas podem se soltar e circular pela corrente sanguínea, passando a ser chamadas de **êmbolo**. Se um êmbolo obstruir um vaso de menor calibre, será dado início a um quadro de embolia.

**Trombose:** após o deslocamento do êmbolo, a região de onde ele foi eliminado sofrerá uma lesão, e, após a coagulação e reparo desta área lesionada, será formado um trombo, que, se evoluir, poderá originar um quadro de trombose.

**Isquemia:** como a placa de ateroma obstrui a passagem de sangue, a perfusão dos tecidos será diminuída. A essa diminuição de fluxo sanguíneo dá-se o nome de isquemia.

**Infarto:** Se a falta de oxigênio (hipóxia) for prolongada, poderá haver a morte do tecido, caracterizando um infarto. Esse fenômeno é comum nas artérias coronárias que irrigam o coração e nos vasos que irrigam o

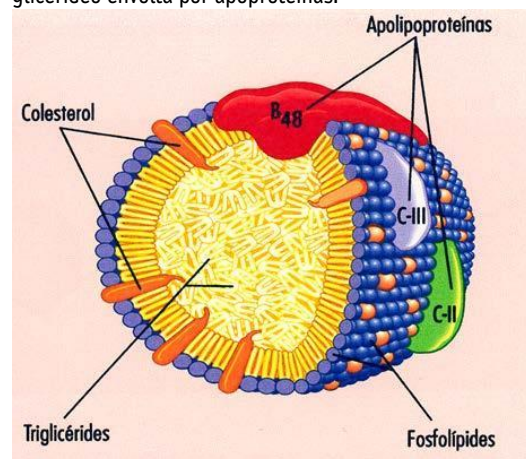
cérebro, levando, respectivamente, ao Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) e ao Acidente Vascular Cerebral (AVC).

**Aneurismas:** a obstrução do fluxo sanguíneo ocasionará um aumento da pressão sobre o endotélio, podendo levar a uma dilatação anormal do vaso. Essa situação é denominada de aneurisma.

Devido aos mecanismos citados, o LDL é “chamado de mau colesterol”.

O HDL, por sua vez, circula pela região central dos vasos sanguíneos, distante do endotélio vascular. Por essa razão é capaz de transportar o excesso de do sangue para o fígado, onde é metabolizado para a síntese de sais biliares. Por atuar na “limpeza” do sangue, essa lipoproteína é chamada de “bom colesterol”.

Observação: Os **quilomícrons** são as lipoproteínas que transportam na circulação os lipídios da dieta absorvidos pelo intestino delgado. Os lipídios absorvidos são transportados através dos vasos linfáticos, na forma de quilomícrons. Essas lipoproteínas são estruturas grandes, maiores do que o HDL, LDL e VLDL, e são formadas por uma gota de glicérideo envolta por apoproteínas.

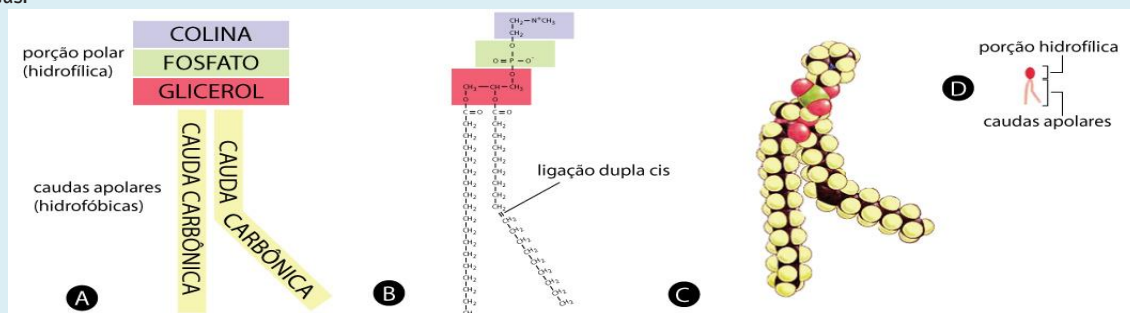


### Se liga:

- a) As gorduras saturadas aumentam a produção de LDL (mau colesterol);
- b) Óleos poli-insaturados, como óleos de peixe, diminuem a produção de HDL (bom colesterol) e LDL (mau colesterol);
- c) Óleos monoinsaturados, como o azeite de oliva e óleo de castanha, aumentam o HDL (bom colesterol) e diminuem o LDL (mau colesterol);

## Fosfolipídios:

As membranas biológicas são constituídas por fosfolipídios. Nos fosfolipídios há apenas duas moléculas de ácidos graxos - de natureza apolar - ligadas ao glicerol. O terceiro componente que se liga ao glicerol é um grupo fosfato que, por sua vez, pode estar ligado a outras moléculas orgânicas. Assim, cada fosfolipídio contém uma porção hidrofóbica - representada pelos ácidos graxos - e uma porção hidrofílica - correspondente ao grupo fosfato e às moléculas a ele associadas.



Estrutura molecular de um fosfolipídio (fosfatidilcolina). As caudas apolares (cadeias carbônicas) ligam-se a dois átomos de carbono do glicerol, enquanto o terceiro carbono do glicerol liga-se a um grupo fosfato e à colina, formando a porção hidrofílica da molécula. Note a presença de uma dupla ligação em uma das caudas carbônicas, ocasionando um dobramento da molécula.

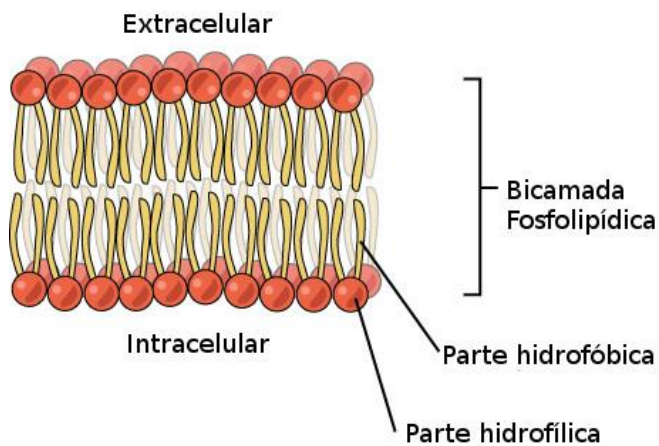
Nas células, os fosfolípidos das membranas biológicas (membrana plasmática e de muitas organelas) dispõem-se formando bicamadas. As porções hidrofílicas ficam em contato com a água dos meios interno e externo celular, enquanto as hidrofóbicas situam-se internamente na membrana.

Então, são estruturas feitas a partir dos fosfolípidos:

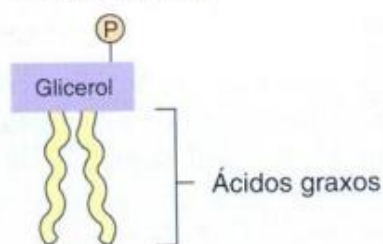
-**Bicamada fosfolipídica:** dupla camada de fosfolípidos arranjadas de forma que suas caudas hidrofóbicas ficam entre as duas camadas da molécula que é hidrofílicas (fosfato).

-**Micela:** pequena gotícula de fosfolípidos, arranjadas de forma que o interior é preenchido com caudas hidrofóbicas de ácidos graxos. Importante na digestão e absorção de gorduras no trato digestório.

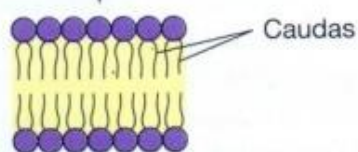
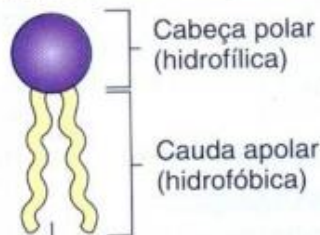
-**Lipossomo:** esfera oca, com paredes constituídas de uma bicamada de fosfolípidos, deixando uma cavidade central com conteúdo aquoso que pode carregar moléculas solúveis em água, como muitos tipos de medicamentos.



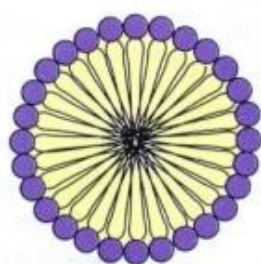
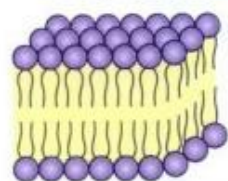
(a) Estrutura de um fosfolípido



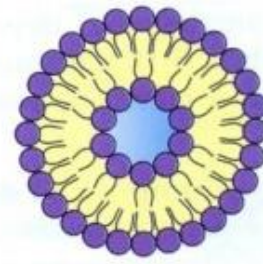
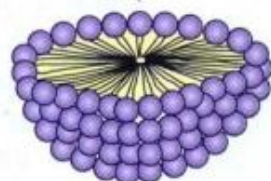
(b) Estruturas feitas a partir de fosfolípidos



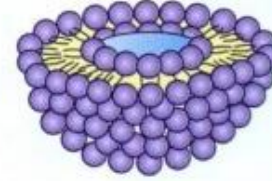
Bicamada fosfolipídica



Micela



Lipossomo



## PROTEÍNAS:

### 1. Introdução:

As proteínas foram descobertas no século XIX através de estudos realizados principalmente com sangue e ovos. Na época, um dos materiais orgânicos mais estudados eram as claras de ovo de aves, que são chamadas de albumina. O fato de a clara do ovo se solidificar quando exposta ao aquecimento deixava os cientistas muito intrigados, assim como também acontecia com outras substâncias encontradas no leite e no sangue. Essas substâncias foram chamadas de albuminóides por terem características muito parecidas com o albumina. Após anos de pesquisas, foram descobrindo que havia muitos outros compostos albuminóides em nosso corpo.

Proteínas são macromoléculas orgânicas (polímeros) constituídas pela união de **aminoácidos** (monômeros). As proteínas estão presentes

em todos os seres vivos e participam de, praticamente, todos os processos celulares, desempenhando um vasto conjunto de funções no organismo. As proteínas diferem entre si fundamentalmente na sua sequência, tipos e número de aminoácidos, que são determinados pela sua sequência genética, ou seja, para que duas proteínas sejam iguais, devem apresentar o mesmo número, os mesmos tipos e a mesma sequência de aminoácidos.

### 2. Funções das proteínas:

As proteínas desempenham inúmeras funções no organismo, sendo a molécula de maior importância biológica.

#### a) Enzimática:

a. muitos tipos diferentes de enzimas são essenciais para o funcionamento dos processos químicos: as enzimas digestivas



decompõem os alimentos nos nutrientes que os constituem, enquanto as enzimas celulares catalisam e regulam os processos metabólicos.

b. "Toda enzima é uma proteína, mas nem toda proteína é uma enzima". A única exceção é a ribozima que é uma enzima não proteica, já que se trata de uma molécula de RNA.

b) **Transporte:**

a. atuam como transportadores de muitos outros nutrientes e moléculas.

b. A albumina, por exemplo, é a principal transportadora plasmática de bilirrubina, de hormônios lipídicos e de fármacos ácidos.

c. Outra forma de transportar substâncias é através das membranas celulares, como a proteína carreadora de hexoses chamada de GLUT.

c) **Hormonal:**

a. alguns hormônios são proteínas (insulina, glucagon, somatotrofina...).

b. Para o tratamento de Diabetes Mellitus, por exemplo, não se faz o uso oral da insulina, pois, por ser um hormônio proteico, este seria digerido pelas enzimas gástricas.

d) **Imunitária:**

a. os anticorpos são proteínas sintetizadas pelos linfócitos B e plasmócitos.

b. atuam na defesa do organismo contra agentes invasores.

e) **Tamponamento:**

a. as proteínas ajudam a manter o equilíbrio ácido-base, ao receberem e liberarem íons de hidrogênio na corrente sanguínea.

f) **Fonte energética:**

a. proteínas são utilizadas como fonte energética, em casos de insuficiência de energia. São a terceira reserva de energia do corpo.

g) **Contrátil:**

a. A proteína a actina, por exemplo, desliza sobre a miosina no processo de contração muscular, sendo classificada como uma proteína contrátil.

b. A miosina, que também é importante na contração muscular, não tem a capacidade de se contrair, não sendo exatamente uma proteína contrátil. Por essa razão, para alguns autores, são classificadas como proteínas motoras, pois são capazes de movimentar a actina no processo de contração.

h) **Estrutural:**

a. Como a elastina e o colágeno, que constituem a pele, e a queratina, que forma os pelos.

i) **Nutricional:**

a. A Albumina, o glúten e a caseína (proteína do leite) são importantes fontes nutritivas para o organismo.

j) **Coagulação sanguínea:**

a. A coagulação sanguínea é resultado de uma série de reações químicas que culminam com a formação do coágulo, isto é, o endurecimento do sangue. Dessas reações participam várias substâncias, e, entre elas, algumas são proteínas, como a tromboplastina, a protrombina e o fibrinogênio.

**Se liga!!!**

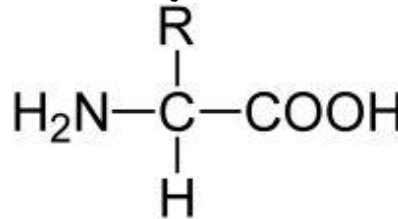
**Doença Celíaca:**

A doença celíaca é uma desordem sistêmica autoimune, desencadeada pela ingestão de glúten. É caracterizada pela inflamação crônica da mucosa do intestino delgado que pode resultar na atrofia das vilosidades intestinais, diminuindo a capacidade de absorção de nutrientes. O glúten é uma proteína que está presente nos seguintes alimentos: trigo, aveia, centeio, cevada e malte. A doença celíaca ocorre em pessoas com tendência genética à doença. Geralmente aparece na infância, nas crianças com idade entre 1 e 3 anos, mas pode surgir em qualquer idade, inclusive nas pessoas adultas.

**3. Estudo dos aminoácidos:**

Os aminoácidos são moléculas orgânicas formadas por átomos de carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O) e nitrogênio (N), sendo que alguns podem conter enxofre em sua composição, como a metionina e a

cisteína. Esses compostos se ligam para formar a molécula de aminoácido da seguinte forma:

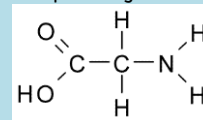


A molécula de aminoácido é formada por um carbono central ligado covalentemente a um grupo amina, a uma carboxila, a um átomo de hidrogênio e a um radical, que muda a depender do tipo de aminoácido.

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, chamado de carbono alfa. A esse mesmo carbono também é ligado um radical, genericamente chamado de R. esse radical varia de acordo com o aminoácido, ou seja, cada um dos 20 aminoácidos existentes contém seu próprio radical, que pode variar de um simples átomo de hidrogênio (H), como é o caso da glicina, para grupos bem mais complexos.

**Se liga!!!**

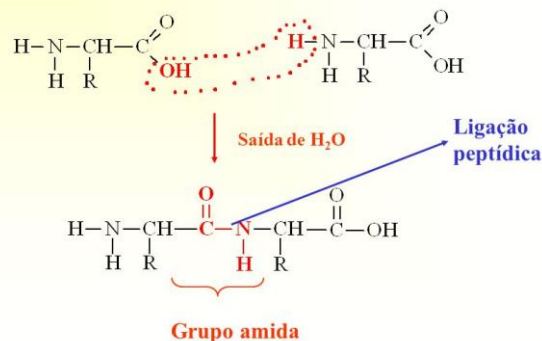
A glicina é o único aminoácido que não apresenta carbono quiral, uma vez que se liga a dois átomos idênticos de hidrogênio.



Lembre-se da química: "carbono quiral é um átomo de carbono que apresenta quatro ligantes diferentes".

Os aminoácidos se unem através de ligações peptídicas para formar as proteínas. A ligação peptídica se dá pela reação da hidroxila ligada ao grupo carboxila com o hidrogênio do grupo amina. Nesse processo, libera-se uma molécula de água, ou seja, trata-se de uma **síntese por desidratação**. Vale observar que após a reação, forma-se um grupo amida, no qual se pode encontrar a ligação peptídica.

**A LIGAÇÃO PEPTÍDICA**



São encontrados na natureza cerca de 20 tipos de aminoácidos, dispostos de forma a criarem uma grande quantidade de proteínas diferentes.

Ao contrário das plantas, os animais não conseguem sintetizar todos os aminoácidos de que necessitam para viver. Os aminoácidos que o organismo não é capaz de sintetizar por si próprio são denominados **aminoácidos essenciais** e devem ser obtidos pelo consumo de alimentos que contenham proteínas, as quais são transformadas em aminoácidos

durante a digestão. Um detalhe importante é que todos esses aminoácidos essenciais são obtidos em abundância no arroz com feijão, alimentação típica dos brasileiros. São aminoácidos essenciais:

Nome	Símbolos
Fenilalanina	Phe ou F
Valina	Val ou V
Triptofano	Trp ou W
Treonina	Thr ou T
Lisina	Lys ou K
Leucina	Leu ou L
Isoleucina	Ile ou I
Metionina	Met ou M

**Se liga!!!**

**Aminoácidos semiessenciais:** alguns aminoácidos não essenciais (por exemplo, arginina, cisteína e tirosina) são chamados semi-essenciais ou aminoácidos condicionalmente essenciais porque tendem a diminuir durante a infância ou em condições de saúde, como doença, lesão ou após cirurgia. Nesses casos, o organismo não conseguirá sintetizá-los.

Os aminoácidos que são produzidos pelo organismo são chamados de **naturais** ou não-essenciais. A síntese pode ocorrer de duas formas: **transaminação:** é uma reação caracterizada pela transferência de um grupo amina de um aminoácido para um cetoácido, para formar um novo aminoácido e um novo ácido  $\alpha$ -cetônico. As enzimas são chamadas de transaminases ou de aminotransferases.



a partir de outros aminoácidos por reação de **amidiação**, na qual depende da presença de um grupo  $NH_3$  ou depende apenas da **disponibilidade** de um aminoácido no corpo.

**Se liga!!!**

O valor biológico das proteínas dietéticas é determinado pelo seu teor de aminoácidos essenciais:

**Proteínas de Alto Valor Biológico (AVB) ou completas** - proteínas que contêm todos os aminoácidos essenciais em quantidades suficientes para fazer a síntese das proteínas; derivadas de alimentos animais (exceto gelatina - proteína incompleta);

**Proteínas de Baixo Valor Biológico ou Incompletas** - alimentos aos quais falta um ou mais aminoácidos essenciais; normalmente as proteínas vegetais são incompletas mas as combinações de proteínas vegetais criam misturas de proteínas AVB.

**4. Estrutura das proteínas:**

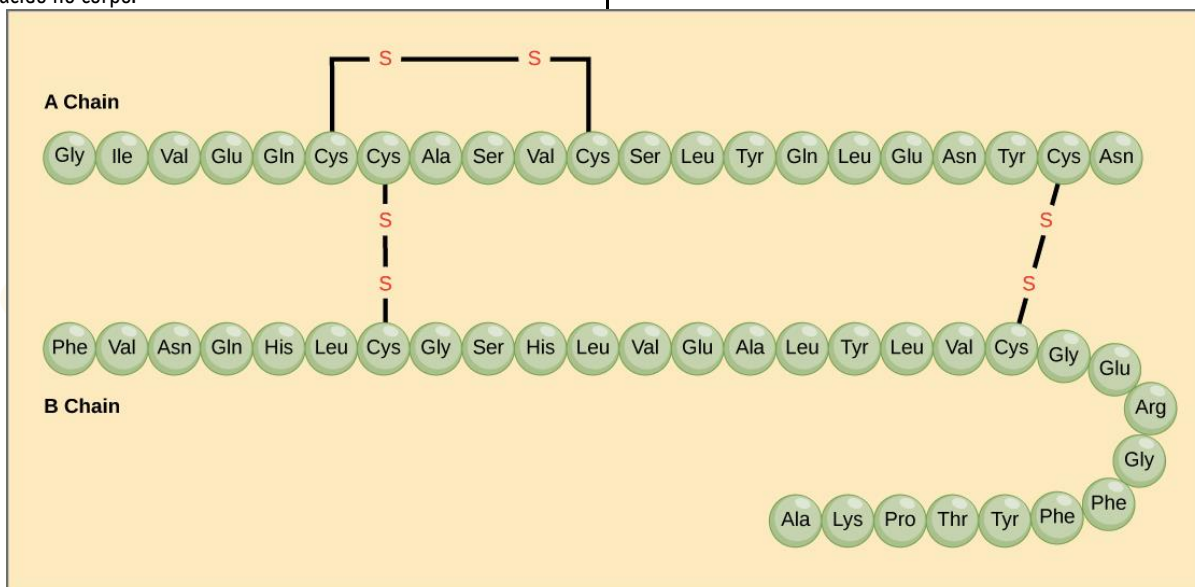
Os comprimentos das cadeias polipeptídicas nas proteínas variam consideravelmente. Enquanto algumas proteínas são formadas por uma única cadeia polipeptídica, outras, possuem dois ou mais polipeptídeos associados de forma não-covalente.

CARACTERÍSTICAS MOLECULARES DE ALGUMAS PROTEÍNAS			
	MM	Nº de resíduos	Nº de cadeias
Citocromo c	13.000	104	1
Ribonuclease	13.700	124	1
Lisozima	13.930	129	1
Mioglobina	16.890	153	1
Quimotripsina	21.600	241	3
Hemoglobina	64.500	574	4
Albumina do soro	68.500	609	1
Hexoquinase	102.000	972	2
Glutamina sintetase	619.000	5.628	12

As proteínas se organizam em 4 grupos estruturais:

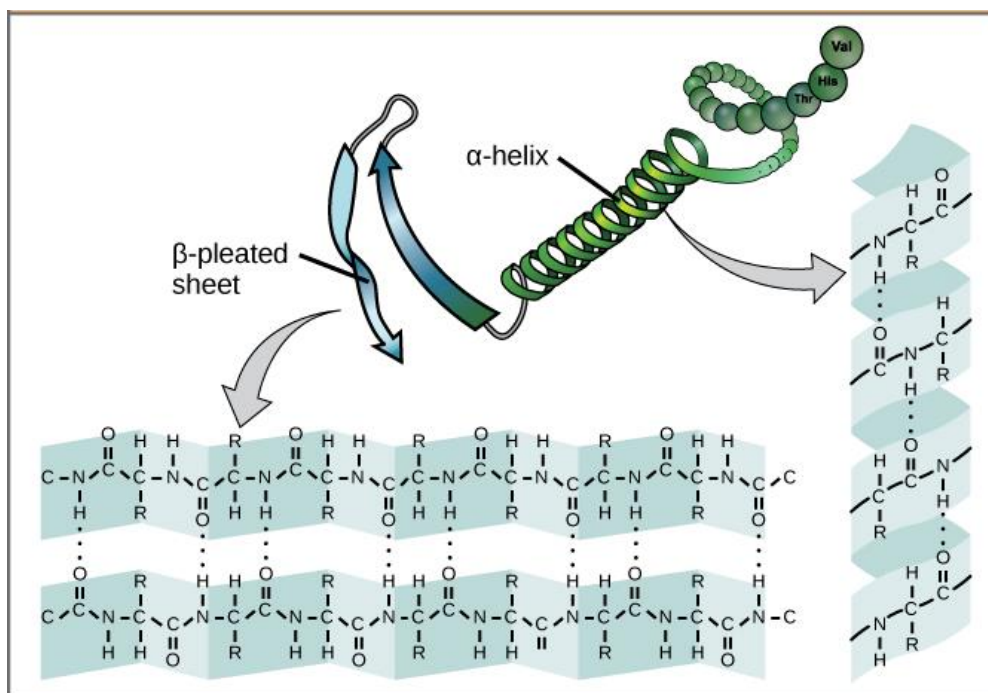
**Estrutura primária:**

A estrutura primária é o nível mais simples da estrutura de uma proteína, sendo uma sequência de aminoácidos em uma cadeia polipeptídica. Por exemplo, o hormônio insulina tem duas cadeias polipeptídicas, A e B, representadas no diagrama abaixo (a molécula de insulina mostrada aqui é insulina de vaca, embora sua estrutura seja semelhante à insulina humana). Cada cadeia tem seu próprio conjunto de aminoácidos, reunidos em uma ordem particular. Observe que a sequência da cadeia A começa com a glicina no N-terminal e acaba com asparagina no C-terminal e é diferente da sequência da cadeia B.



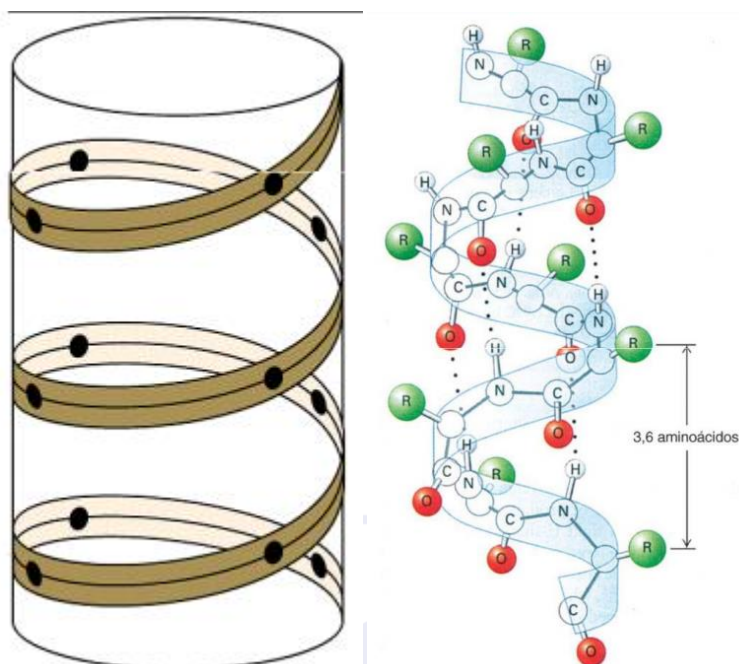
### Estrutura secundária:

A estrutura secundária é o próximo nível de estrutura da proteína. Refere-se às estruturas dobradas sobre si mesmas que se formam em um polipeptídeo, devido às interações entre os átomos da espinha dorsal. A espinha dorsal refere-se apenas à cadeia polipeptídica que não é dos grupos R, logo, o que quero te dizer é que a estrutura secundária não envolve átomos do grupo R. Os tipos mais comuns de estruturas secundárias são a  $\alpha$ -hélice e a folha- $\beta$  pregueada. As formas de ambas as estruturas são mantidas por ligações de hidrogênio, que se formam entre o oxigênio da carbonila de um aminoácido e o hidrogênio do grupo amino de outro.



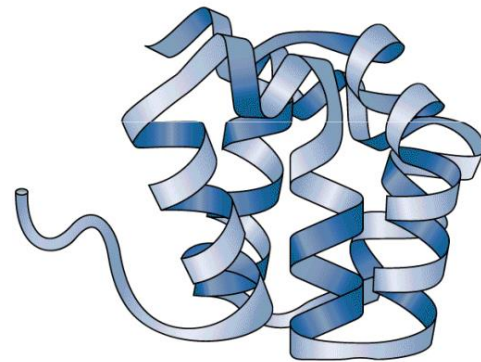
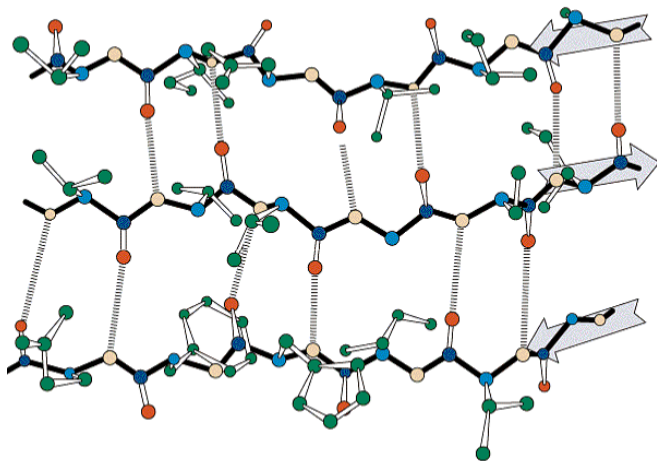
### Alfa-Hélice

Numa  $\alpha$ -hélice, a carbonila (C=O) de um aminoácido tem hidrogênio H ligado ao grupo (N-H) de outro aminoácido que está quatro posições depois na cadeia. (Por ex., a carbonila do aminoácido 1 formaria uma ligação de hidrogênio com o N-H do aminoácido 5). Este padrão de ligação leva a cadeia polipeptídica a uma estrutura helicoidal que se assemelha a uma fita enrolada, sendo que cada volta da hélice contém 3,6 aminoácidos. Os grupos R dos aminoácidos se fixam na parte externa da  $\alpha$ -hélice, onde eles estão livres para interagir.



### Beta-folha:

Numa folha- $\beta$  pregueada, dois ou mais segmentos de uma cadeia polipeptídica se alinham uns próximos aos outros, formando uma estrutura parecida com uma folha dobrada, mantida por ligações de hidrogênio. As ligações de hidrogênio se formam entre os grupos carbonila e amino da espinha dorsal, enquanto os grupos R se estendem acima e abaixo do plano da folha. As fitas de uma folha- $\beta$  pregueada podem ser paralelas, apontando para a mesma direção (o que significa que seus terminais N- e C- são correspondentes), ou antiparalelas, apontando para direções opostas (ou seja, o terminal N- de uma fita fica próximo ao terminal C- da outra).



### Estrutura terciária:

A estrutura geral tridimensional de um polipeptídeo é chamada de sua estrutura terciária. A estrutura terciária é principalmente resultante das interações entre os grupos R dos aminoácidos que compõem a proteína.

Interações de grupo R que contribuem para a estrutura terciária incluem ligações de hidrogênio, ligações iônicas, interações dipolo-dipolo, ligação iônica e forças de dispersão London – basicamente, toda a gama de ligações não covalentes. Por exemplo, grupos de R com cargas iguais repelem-se uns aos outros, enquanto aqueles com cargas opostas podem formar uma ligação iônica. Da mesma forma, grupos de R polares podem formar ligações de hidrogênio e outras interações dipolo-dipolo. Também importante para a estrutura terciária são as interações hidrofóbicas, nas quais aminoácidos não polares, grupos hidrofóbicos R juntam-se no interior da proteína, deixando aminoácidos hidrofílicos no exterior para interagir com as moléculas de água do entorno.

Por fim, existe um tipo especial de ligação covalente que pode contribuir para a estrutura terciária: a ligação dissulfeto. As ligações dissulfeto, ligações covalentes entre as cadeias laterais de cisteínas contendo enxofre, são muito mais fortes que os outros tipos de ligações que contribuem para a estrutura terciária. Elas atuam como "pinos moleculares de segurança", mantendo partes específicas do polipeptídeo firmemente presas uma à outra.

### Estrutura quaternária:

Muitas proteínas são constituídas por uma cadeia única de polipeptídeos e têm apenas três níveis de estrutura. No entanto, algumas proteínas são constituídas por várias cadeias polipeptídicas, também conhecidas como subunidades. Quando estas subunidades se juntam, dão à proteína sua estrutura quaternária.

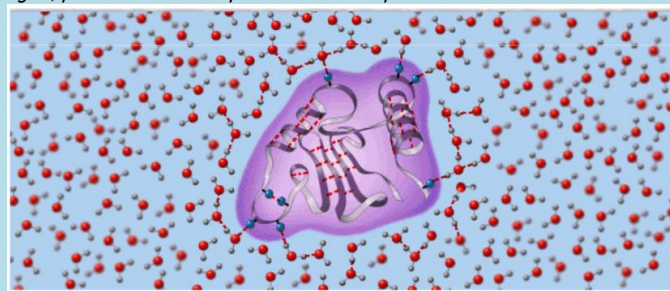
O principal exemplo de proteína quaternária é a hemoglobina, que tem a função de transportar o oxigênio no sangue. Esta é composta por quatro subunidades, duas de cada um dos tipos  $\alpha$  e  $\beta$ . Outro exemplo é a DNA polimerase, uma enzima que sintetiza novas cadeias de DNA e é composta por dez subunidades.

Em geral, os mesmos tipos de interações que contribuem para a estrutura terciária (principalmente interações fracas, como ligações de hidrogênio e forças de dispersão de London) também mantêm as subunidades juntas para formar a estrutura quaternária.

#### Se liga!!!

#### Efeitos da Água no Dobramento das Proteínas:

A água forma uma "caixa" que mantém a proteína dobrada. Isso ocorre porque as pontes de hidrogênio mantêm as moléculas de água juntas. A água repele as cadeias laterais de aminoácidos apolares, forçando-os para o interior da proteína. As cadeias laterais polares interagem com a água, permanecendo na parte externa da proteína.



#### Observação:

#### Proteínas fibrosas x globulares:

As proteínas podem ser classificadas em globulares e fibrosas. Nas proteínas globulares, as cadeias polipeptídicas apresentam-se enoveladas formando glóbulos arredondados. Nas proteínas fibrosas, as cadeias apresentam-se torcidas formando fibras semelhantes às de uma corda. Um exemplo de proteína globular é a albumina do ovo. Um exemplo de proteína fibrosa é a queratina, o constituinte básico de cabelos e unhas.

#### 5. Proteínas chaperonas:

Ao longo da evolução, as células incorporaram mecanismos bastante eficientes para evitar que erros na transmissão da informação genética se propaguem na replicação, na transcrição e na tradução. Ainda assim, com todo esse cuidado de assegurar que a sequência de aminoácidos esteja correta, ainda é possível que uma proteína não consiga desempenhar suas funções por erro no enovelamento. Na verdade, uma quantidade significativa de proteínas precisa de ajuda para atingir a configuração terciária correta. Essa ajuda é fornecida por uma família de proteínas que, além de auxiliar o enovelamento proteico, encaminha a

proteína à destruição, caso não seja possível atingir a configuração correta.

Essas proteínas são chamadas de chaperonas e constituem uma família de muitas proteínas diferentes com função semelhante: elas usam energia da hidrólise de ATP para desenovelar proteínas, possibilitando novo enovelamento, dessa vez na forma correta ou no lugar correto. Exemplo: HSP 70 e HSP 104.

#### Observação:

Chaperons são aqueles meninos que ajudavam os nobres renascentistas a vestir as roupas complicadas e colocar as perucas enormes, ou também eram acompanhantes que saíam com as moças quando elas saíam com algum rapaz, para evitar que fizessem sexo. Geralmente as chaperonas eram mulheres mais velhas. Essa prática era bastante comum nos EUA.

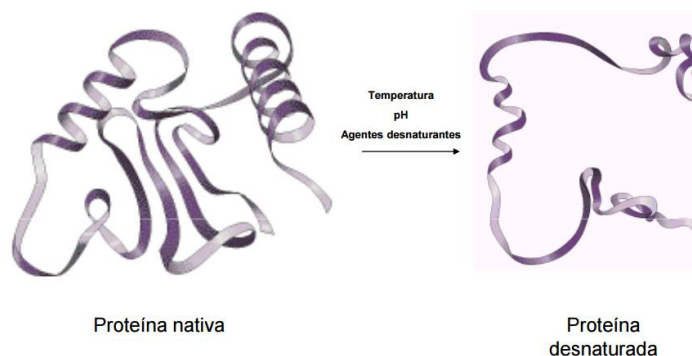
#### 6. Desnaturação proteica:

Cada proteína tem sua própria forma. Se a temperatura ou o pH do ambiente de uma proteína são alterados, ou se ela é exposta a substâncias químicas, essas interações podem ser interrompidas, fazendo com que a proteína perca sua estrutura tridimensional e torne-se uma sequência de caracteres não estruturada de aminoácidos. Quando uma proteína perde sua estrutura de ordem superior, mas não sua sequência primária, é chamada de desnaturada. As proteínas desnaturadas são geralmente não funcionais.

Em algumas proteínas, a desnaturação pode ser revertida. Contudo que a estrutura primária do polipeptídeo ainda esteja intacta (os aminoácidos não se separaram), ela pode ser capaz de redobrar-se em sua forma funcional se for devolvida ao seu ambiente normal. Outras vezes, no entanto, a desnaturação é permanente. Um exemplo de desnaturação irreversível de proteína é quando um ovo é frito. A proteína albumina da clara do ovo torna-se opaca e sólida pela desnaturação provocada pelo calor do fogão e não retornará ao seu estado original de ovo cru, mesmo quando esfriar.

Pesquisadores descobriram que algumas proteínas podem reenovelar após a desnaturação, mesmo quando estão isoladas num tubo de ensaio. Uma vez que essas proteínas podem, por si mesmas, ir de não estruturadas a reenoveladas, suas sequências de aminoácidos devem conter toda a informação necessária para o seu reenovelamento. No entanto, nem todas as proteínas são capazes desse truque, e parece ser mais complicado entender o modo como as proteínas se enovela normalmente numa célula. Muitas proteínas não se enovelam sozinhas, mas precisam da assistência de uma proteína chaperone (chaperoninas).

#### Desnaturação de Proteínas



**Se** Quem é mais nutritivo, o ovo cru ou cozido? **liga!!!**  
**Resposta:** os dois têm a mesma capacidade nutritiva, uma vez que possuem a mesma quantidade de aminoácidos, porém em níveis estruturais distintos.

#### 7. Patologias relacionadas com as proteínas:

##### kwashiorkor

kwashiorkor ou **desnutrição intermediária** é um tipo de doença decorrente da falta de proteínas, geralmente associado com elevado

consumo de carboidratos (arroz, batata, milho, salgadinhos, doces...). Seu nome foi originado de um dos idiomas de Gana, país da África, e significa "mal do filho mais velho", pois costuma ocorrer quando a criança era desmamada e alimentada com muito carboidrato e pouca proteína. A OMS recomenda a inclusão de feijão, soja e outros grãos na dieta. Como sintomas, incluem-se: descoloração dos cabelos (sinal da bandeira positivo); abdômen distendido (edema); pele ressecada;

##### Marasmo

**Marasmo ou Desnutrição seca** é uma forma crônica de desnutrição, na qual a deficiência primariamente de carboidratos e lipídios, em estágios avançados, é caracterizada por perda muscular e falta de gordura subcutânea. O marasmo ocorre quando o indivíduo não segue uma dieta mínima de nutrientes (carboidratos, lipídios e proteínas). Entre os principais sintomas cita-se: peso corporal menor que 60% do ideal para a idade; inchaço de membros (por falta de potássio e magnésio); musculatura reduzida e fome constante;



Na figura da esquerda observa-se uma criança com Marasmo, caquética, devido a degradação da musculatura esquelética. Na figura da direita, uma criança com kwashiorkor apresenta-se edemaciada pela desnutrição proteica.

#### 8. Prions:

Prions são moléculas proteicas que possuem propriedades infectantes. Tais partículas se distinguem de vírus e bactérias comuns por serem desprovidos de carga genética.

Existe um gene, denominado *prnp*, que é responsável pela síntese da proteína príon celular (PrPc). Na sua forma normal e saudável, essa proteína, além de participar do processo de diferenciação neural, ela defende os neurônios de condições que podem levar à sua destruição. Uma mutação do gene *prnp* provoca a formação defeituosa da PrPc, que se transforma em príon. Essa molécula proteica infectante é capaz, ainda, de alterar a forma de outras proteínas saudáveis, que, a partir daí, também adquirem um comportamento priônico. Os prions podem até mesmo produzir réplicas de si mesmos, por mecanismos ainda desconhecidos.

As doenças provocadas por prions não têm cura e são frequentemente classificadas como encefalopatias espongiformes, devido ao aspecto esponjoso que o **cérebro** adquire com a infecção. A mais conhecida dessas doenças é a **Encefalopatia Espongiforme Bovina (EEB)**, conhecida popularmente como **mal da vaca louca**. Essa doença é evolutiva e provoca a degeneração dos neurônios de bovinos, que passam a apresentar comportamentos anormais e morrem dentro de pouco tempo.

Outros exemplos de doenças causadas por prions:

- **Kuru** – doença de evolução rápida, que, entre outros danos, provoca perda da coordenação muscular (ataxia) e tremores. Os indivíduos infectados podem morrer em até 1 ano após o surgimento da doença.
- **Síndrome de Gerstmann-Straussler-Scheinker** – síndrome hereditária rara, de evolução lenta e progressiva, cujos sintomas são

ataxia, perda da coordenação motora, degeneração do cerebelo e dificuldade de locomoção. Os portadores da doença começam a desenvolver os sintomas entre os 35 e 60 anos de idade; estima-se que a sobrevivência desses indivíduos seja de 5 anos, contados após o aparecimento dos sintomas.

c) **Insônia Familiar Fatal** - trata-se de um distúrbio do sono hereditário, caracterizado principalmente pela incapacidade de dormir. Os sintomas aparecem, em geral, a partir dos 40 anos de idade, sendo eles, falta de atenção, perda da coordenação motora, taquicardia, sudorese, entre outros. Tais sintomas evoluem rapidamente para turvação da consciência, demência e morte.

▪ **Síndrome de Alpers** - doença congênita progressiva, cujos sintomas podem surgir ainda no primeiro dia de vida da criança. O desenvolvimento lento, ataques apopléticos frequentes, perda das capacidades muscular e intelectual e dureza dos membros são alguns dos sintomas da doença. relaciona-se com alterações nas mitocôndrias.

▪ **Doença de Creutzfeldt-Jakob (DCJ)** - é causada por um príon que tipicamente infecta bovinos, causando a encefalopatia espongiforme bovina e é transmitida através da carne infectada.

▪ **Scrapie** - é uma das chamadas encefalopatias espongiformes transmissíveis e atinge especificamente os ovinos e os caprinos.

## 9. Enzimas:

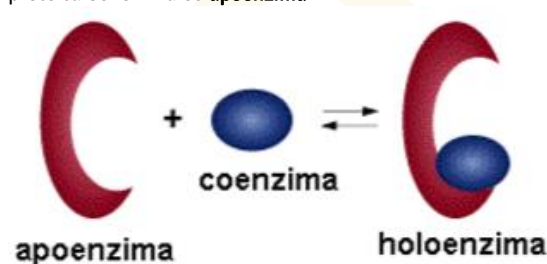
Enzimas são catalisadores biológicos, ou seja, substâncias orgânicas que atuam como catalisadores nas reações do metabolismo. Como qualquer catalisador, as enzimas agem diminuindo a energia de ativação, isto é, a quantidade de energia necessária para dar início a uma reação. Desse modo, os catalisadores aceleram as reações químicas. Assim, as reações do metabolismo se tornam mais rápidas graças à ação das enzimas. As enzimas podem aumentar a velocidade de uma reação por um fator de até 10<sup>17</sup> vezes mais do que a reação não catalisada.

### Se liga!!!

moléculas de água são meios reacionais e não catalisadores de reações. Até porque, pra catalisar, tem que ser enzima e "toda enzima é uma proteína"... Como água não é proteína, não catalisa reação nenhuma...

A nomenclatura das enzimas costuma utilizar o nome do substrato enzimático (proteína, lipídio etc.) acrescido do sufixo "ase". Para nos referirmos a enzimas que digerem proteínas, por exemplo, falamos em proteases; enzimas que digerem lipídios são lipases. Pode-se também acrescentar o sufixo -ase ao radical do nome do tipo da reação: oxirredução --> oxirredutases; Desidrogenação --> Desidrogenases. Algumas enzimas são conhecidas por nomes consagrados pelo uso e que não obedecem às regras vistas anteriormente. É o caso, por exemplo, da amilase salivar, que também é conhecida por ptialina.

Em diversos casos, uma substância de natureza não proteica precisa se ligar a uma enzima para que a mesma possa exercer sua ação catalisadora. Tais substâncias são conhecidas por **cofatores ou coenzimas**. Os cofatores são íons inorgânicos, geralmente metálicos, enquanto as coenzimas são moléculas orgânicas, quase sempre derivadas de uma vitamina. Os cofatores e as coenzimas são essenciais para o funcionamento das enzimas. Essas enzimas que precisam dos cofatores ou coenzimas são conhecidas por **holoenzimas** e a sua parte proteica denomina-se **apoenzima**.



**Observação:** As enzimas são produzidas no interior das células. Muitas permanecem no meio intracelular, onde exercem sua ação catalisadora; outras, entretanto, são eliminadas para o meio extracelular, onde exercerão sua ação. Assim, conforme exerçam sua ação dentro ou fora

das células, as enzimas podem ser classificadas como **endoenzimas** ou **exoenzimas**, respectivamente.

### a) Propriedade das enzimas:

As enzimas apresentam duas propriedades fundamentais:

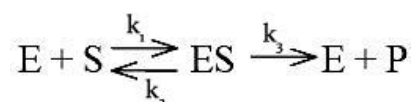
**Especificidade:** pelo fato de as enzimas serem específicas para cada tipo de substrato. São considerados "substratos" as substâncias sobre as quais agem as enzimas.



**Observação 1:** As **isozimas** ou **isoenzimas** são enzimas que diferem na sequência de aminoácidos, mas que catalisam a mesma reação química.

**Observação 2:** As enzimas se encaixam nos seus substratos de forma específica. A esse fenômeno chama-se de **modelo chave-fechadura**.

**Reversibilidade:** porque algumas reações enzimáticas são **reversíveis**, isto é, podem ocorrer nos dois sentidos. Nesse caso, a mesma enzima atua como catalisador nos dois sentidos da reação, obedecendo à equação de Michaelis ou equação geral das enzimas.



*Equação de Michaelis - E = Enzima; S = Substrato; ES = Complexo enzima-substrato; P = produto.*

### b) Inibição enzimática:

Muitas vezes as enzimas são produzidas na sua forma inativa. Essas enzimas inativas são chamadas genericamente de proenzimas ou zimogênios. As proenzimas ainda não têm participação ativa nas reações químicas, isto é, não são capazes de agir como catalisadores. Entretanto, podem ser ativadas por outras substâncias, chamadas genericamente de ativadores enzimáticos. Isso ocorre, por exemplo, no nosso estômago, onde o pepsinogênio (enzima inativa) é ativado pelo HCl (ácido clorídrico) do suco gástrico, transformando-se em pepsina (enzima ativa). Nesse exemplo, o ativador enzimático é o HCl do suco gástrico.

A atividade das enzimas pode ser reduzida por diversos tipos de substâncias químicas, num processo que recebe o nome de **inibição enzimática**. Na inibição enzimática, a substância inibidora forma ligações químicas com as enzimas, de modo a interferir na sua atividade catalítica. De acordo com a estabilidade da ligação entre o inibidor e a enzima, a inibição enzimática pode ser de dois tipos: **reversível** e **irreversível**.

Na **inibição reversível**, as moléculas do inibidor e as moléculas da enzima se unem por ligações não covalentes, que, por serem mais instáveis, podem ser rompidas, fazendo com que a enzima retome a sua atividade posteriormente. A inibição reversível é subdividida em 2 classes:

• **Inibição competitiva** - os inibidores competitivos são substâncias que concorrem diretamente com o substrato específico da enzima, ligando-se ao sítio ativo. As moléculas desses inibidores têm uma estrutura muito parecida com a do substrato da enzima e, por isso, se unem reversivelmente às enzimas, formando um complexo enzima-inibidor muito semelhante ao complexo enzima-substrato, que inativa a catálise da enzima. Por não haver a formação do complexo-substrato, a atividade catalítica da enzima é inibida enquanto existir o complexo enzima-inibidor. A enzima se ligará ao inibidor enquanto a sua

concentração for maior que a do substrato. Muitos medicamentos atuam através desse processo, por isso que devem ser utilizados na dosagem correta. Gases como o oxigênio e gás carbônico também ligam-se à hemoglobina de forma reversível.

- **Inibição não competitiva** – a substância inibidora pode ligar-se tanto à enzima quanto ao complexo enzima-substrato, mas num sítio de ligação diferente do sítio ativo. Nesse caso, a ligação do inibidor com a enzima não atrapalha a ligação do substrato, mas gera uma alteração que impede a formação do produto da reação.

Já na **inibição irreversível**, a atividade enzimática é inativada definitivamente. Nesse tipo de inibição, a substância inibidora se une à enzima por **ligações covalentes** (mais estáveis), o que altera o grupo funcional da enzima necessário para sua atividade catalítica, tornando-a inativa de forma permanente. Um bom exemplo de inibidor irreversível é o íon cianeto (CN<sup>-</sup>), que se une à enzima citocromo-oxidase, enzima muito importante no processo de **respiração celular**, levando à sua inativação definitiva. Com essa enzima inativada, a célula deixa de realizar a respiração e morre.

Vários **antibióticos** combatem infecções por bactérias através da inibição irreversível de enzimas desses microrganismos. A penicilina, por exemplo, inibe a atividade da enzima transpeptidase, indispensável à formação da parede celular bacteriana. Com a inativação dessa enzima, a **bactéria** não tem como fabricar a parede celular, o que impede a sua reprodução. As células animais, por sua vez, não utilizam essa enzima em seu metabolismo, por isso, a **penicilina** não causa mal ao organismo

Atinge-se um ponto no qual novos aumentos não provocarão elevação na velocidade. Ao ser alcançada a velocidade máxima, a enzima encontra-se saturada e não pode atuar mais rapidamente. Todas as moléculas da enzima encontram-se em atividade. Por isso que devemos tomar os medicamentos na dosagem prescrita pelo médico, uma vez que as superdosagens não terão efeito benéfico, já que as enzimas que o metabolizam já atingiram o ponto de saturação. Porém haverá efeitos deletérios a alguns órgãos, como o fígado. Não compensa, não é mesmo?!

#### - Efeito da Temperatura

Sabe-se que a velocidade das reações químicas aumenta com a elevação da temperatura. Todavia, nas reações catalisadas por enzimas, a velocidade tende a diminuir quando a temperatura passa de 40 °C. Isso ocorre porque temperaturas elevadas alteram a estrutura secundária, terciária e até quaternária da molécula da enzima, afetando sua configuração espacial. Em temperaturas superiores a 70 °C as reações enzimáticas cessam para os humanos, pois deve ocorrer desnaturação da enzima.

Existe, portanto, uma temperatura na qual a atividade da enzima é máxima, a **temperatura ótima**. Nos animais homeotermos, cuja temperatura corporal é constante, a temperatura ótima está entre 35 °C e 40 °C. Nos poiquilotermos, de temperatura variável, as enzimas atuam em temperatura de 25 °C, aproximadamente.

As enzimas não se tornam inativas pelo congelamento. A velocidade das reações diminui com a queda da temperatura, podendo mesmo cessar. Porém, a atividade catalítica reaparece, quando a temperatura se eleva a valores normais. A diminuição da atividade enzimática e da taxa metabólica em baixas temperaturas é útil para o congelamento de sêmen e de embriões, para a conservação de órgãos para transplantes ou para a preservação de órgãos durante a realização de cirurgias.

#### - Efeito do pH

As enzimas têm um pH ótimo no qual sua atividade biológica é máxima. Em valores abaixo (mais ácido) ou acima (mais básico) desse pH, a atividade biológica diminui porque a estrutura tridimensional da enzima se altera. O pH ótimo varia de enzima para enzima.

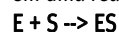
enzima	pH ótimo
pepsina	2,0
tripsina	8,5
ptialina	6,8

humano (exceto em situações de alergia). Outro exemplo é o tratamento da AIDS, que inclui medicamentos inibidores das proteases, enzimas responsáveis pela produção de novos vírus.

#### c) Fatores que Modificam a Ação Enzimática

##### - Efeito da Concentração do Substrato:

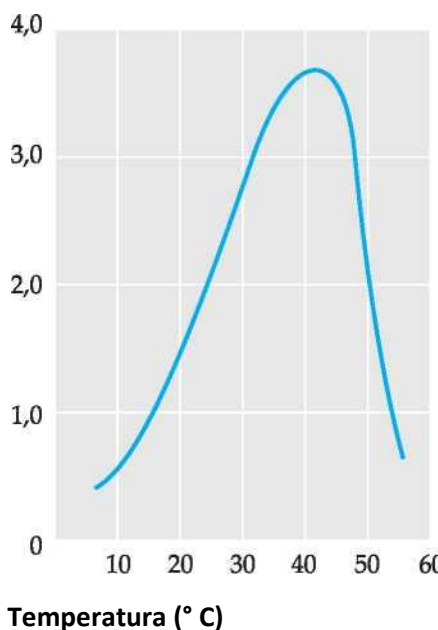
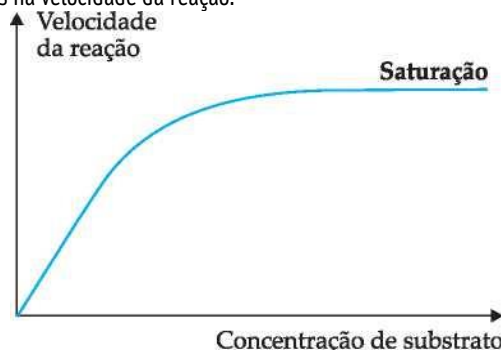
A enzima *E* combina-se com o substrato *S*, formando um complexo *ES*, em uma reação rápida:



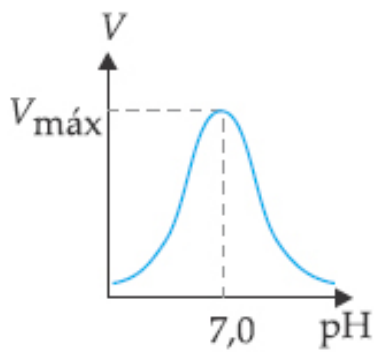
Em uma reação mais lenta, o complexo *ES* se desfaz, originando o produto *P* e liberando a enzima:



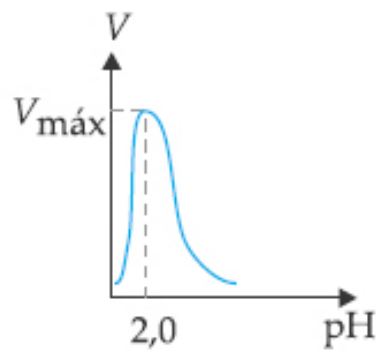
Se a concentração da enzima for constante, aumentos sucessivos na concentração do substrato são acompanhados por aumentos cada vez menores na velocidade da reação.



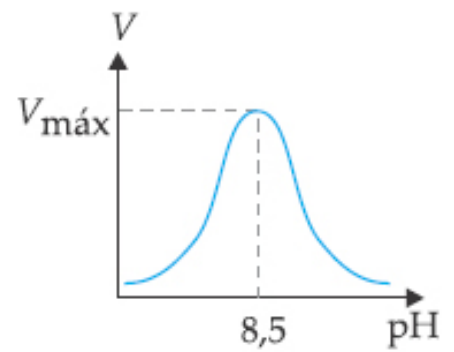
Os gráficos a seguir mostram como o fator pH influencia na atividade enzimática.



**Enzima:** ptialina  
**Substrato:** amido  
**pH ideal:** 7,0  
**Local de atuação:** boca



**Enzima:** pepsina  
**Substrato:** proteína  
**pH ideal:** 2,0  
**Local de atuação:** estômago



**Enzima:** lipase  
**Substrato:** lipídios  
**pH ideal:** 8,5  
**Local de atuação:** intestino



Oficina de  
**ESTUDOS**

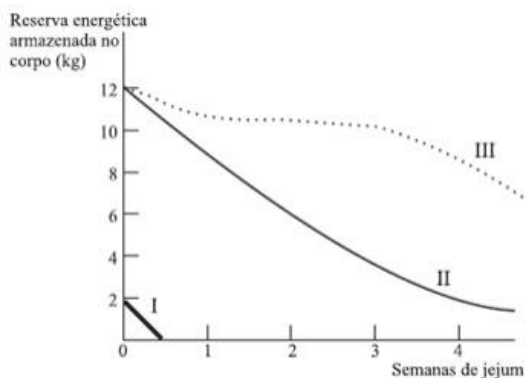


# Metas de sala



## QUESTÃO 01

Para se manter vivo, os organismos heterotróficos, como os animais, precisam ingerir moléculas orgânicas na sua dieta. No gráfico, as curvas I, II e III representam o consumo das principais reservas de energia no corpo de uma pessoa em privação alimentar.



A curva que se relaciona corretamente ao tipo de reserva que representa é:

- I - gordura; II - proteína; III - carboidrato.
- I - proteína; II - gordura; III - carboidrato.
- I - proteína; II - carboidrato; III - gordura.
- I - carboidrato; II - proteína; III - gordura.
- I - carboidrato; II - gordura; III - proteína.



## QUESTÃO 02

Um exame antidoping confirmou que Ben Johnson, corredor dos 100 metros, utilizou, nos Jogos Olímpicos de 1988, a substância estanozolol, um tipo de esteroide proibido em competições por ter efeito anabolizante na musculatura. A substância utilizada pelo atleta é um tipo de

- proteína, que acelera o metabolismo das fibras musculares.
- lipídio, que estimula a síntese proteica nas fibras musculares.
- lipídio, que aumenta a síntese de LDL e melhora a atividade cardíaca.
- ácido nucleico, que ativa os genes responsáveis pela força muscular.
- proteína, que favorece a retenção de água utilizada no metabolismo muscular.



## QUESTÃO 03

### Ecossistema de uma dieta pobre

Pesquisa feita na UNESP, em Botucatu, dividiu ratas grávidas em dois grupos. O primeiro grupo recebeu dieta com 17% de proteínas e o segundo recebeu dieta com apenas 6% de proteínas. No segundo grupo, os filhotes desmamados (com 3 semanas) apresentaram maior expressão dos genes produtores de lactase e adultos (com 16 semanas) apresentavam grande atividade de sacarase. Além disso, ambos apresentavam grande atividade do transportador de glicose pela membrana das células intestinais, conhecido como SGLT1.

(Baseado em *Ciência Hoje-set. 2012*)

Segundo os resultados da pesquisa, uma alimentação pobre em proteínas tem como consequência

- maior obesidade porque resulta em maior absorção de glicídios.

- menor ação de genes porque leva à falta de aminoácidos para a produção de proteínas.
- dificuldade de reprodução celular, devido à dificuldade de duplicação de DNA.
- problemas no desenvolvimento, uma vez que a transcrição e a tradução de genes estará prejudicada.
- tendência a grande atividade metabólica com grande perda de energia.



## QUESTÃO 04

O alisamento do cabelo consiste na quebra, temporária ou permanente, das ligações químicas que mantêm a estrutura tridimensional da molécula de  $\alpha$ -queratina em sua forma rígida original. Estas são divididas em ligações fortes (pontes dissulfeto) e ligações fracas (pontes de hidrogênio, forças de Van der Waals e ligações iônicas). As forças fracas são quebradas no simples ato de molhar os cabelos que resultam da atração de cargas positivas e negativas. Existem os alisamentos temporários, que utilizam técnicas físico-químicas, como o secador e duram até a próxima lavagem. Necessitam que os cabelos sejam previamente molhados, para que ocorra a quebra das pontes de hidrogênio no processo de hidrólise da queratina, permitindo, assim, a abertura temporária de sua estrutura helicoidal. Com isso, o fio fica liso. A desidratação rápida com o secador mantém a forma lisa da haste. A aplicação da prancha quente molda as células da cutícula (escamas), como se as achatasse paralelamente à haste. O fio adquire aspecto liso e brilhante, por refletir mais a luz incidente. Os alisamentos definitivos visam romper as pontes dissulfeto da  $\alpha$ -queratina que utilizam reações químicas de redução.

Disponível em: <[http://rspdermato.med.br/images/online/artigo\\_cuidadoscabelos.pdf](http://rspdermato.med.br/images/online/artigo_cuidadoscabelos.pdf)>.  
Acesso em 09/11/11.

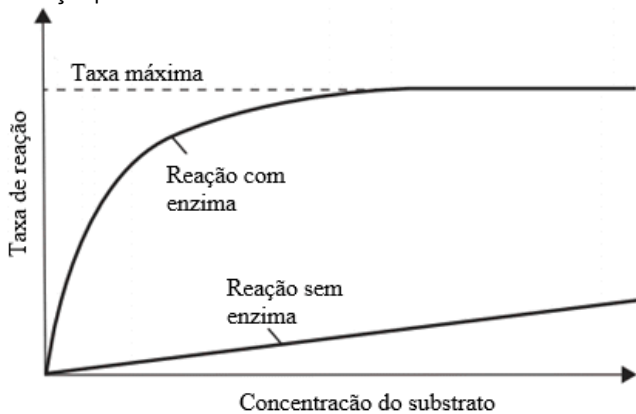
Existe hoje uma preocupação constante das pessoas com seus cabelos, na forma, aparência e cor, indicando estilo pessoal e características de elegância e irreverência. A respeito da proteína  $\alpha$ -queratina, responda corretamente:

- Devido à quebra e à formação de ligações não covalentes chamadas pontes dissulfeto em novas posições nessa proteína, esta muda definitivamente sua forma tridimensional.
- Devido à quebra de ligações covalentes chamadas pontes de hidrogênio na  $\alpha$ -queratina, o simples ato de molhar os cabelos causa um alisamento temporário na estrutura do fio.
- Por ser formada de grande quantidade do aminoácido cisteína que se unem por pontes dissulfeto, ao sofrerem quebra, determinam uma mudança temporária na estrutura do fio.
- A  $\alpha$ -queratina é assim denominada, pois é formada por uma cadeia polipeptídica que se arruma de forma helicoidal e através de suas várias cisteínas pode sofrer mudança permanente na sua estrutura.
- A proteína  $\alpha$ -queratina sofre redução durante o alisamento pela perda de elétrons na sua cadeia, resultando no rompimento das pontes dissulfeto e na mudança permanente na sua estrutura.



## QUESTÃO 05

O gráfico a seguir mostra como a concentração do substrato afeta a taxa de reação química.



O modo de ação das enzimas e a análise do gráfico permitem concluir que

- todas as moléculas de enzimas estão unidas às moléculas de substrato quando a reação catalisada atinge a taxa máxima.
- com uma mesma concentração de substrato, a taxa de reação com enzima é menor que a taxa de reação sem enzima.
- a reação sem enzima possui energia de ativação menor do que a reação com enzima.
- o aumento da taxa de reação com enzima é inversamente proporcional ao aumento da concentração do substrato.
- a concentração do substrato não interfere na taxa de reação com enzimas porque estas são inespecíficas.

# Metas propostas



## QUESTÃO 06

O homem cujo sangue ficou branco de tanta gordura.

Médicos tiveram de tirar todo o sangue do paciente e trocar pelo de um doador após gordura entupir filtros usados para tirar parte da gordura. De acordo com o relato do caso, publicado na revista *"Annals of Internal Medicine"*, o homem foi submetido imediatamente a um tratamento intensivo, onde os testes revelaram que seu sangue tinha síndrome de hiperviscosidade devido ao nível extremamente alto de triglicérides. Os triglicérides são um tipo de gordura que vem de alimentos como a manteiga e óleos, embora níveis elevados possam ter outras causas, como doenças genéticas, obesidade, uso de drogas ou álcool e cigarro em excesso.

Disponível em:

<http://www.google.com/amp/s/g1.globo.com/google/amp/ciencia-e-a-saude/noticia/2019/03/07/o-homem-cujo-sangue-ficou-branco-de-tanta-gordura.ghtml>

A substância responsável pela síndrome de hiperviscosidade também apresentam funções biológicas, pois

- são substâncias orgânicas que atuam como fator auxiliar em reações químicas catalisadas por enzimas.
- são substâncias inorgânicas que fornecem elementos químicos importantes como cálcio, fósforo, ferro e enxofre.
- são substâncias orgânicas, insolúveis em água, sendo encontrados nas membranas das células.
- são componentes fundamentais de todos os seres vivos, inclusive dos vírus, formando os genes, responsáveis pela herança biológica.
- são formados por centenas ou mesmo milhares de monossacarídeos interligados, sendo utilizados pela célula como fonte de energia.



## QUESTÃO 07

Acredita-se que 75% das mortes no mundo são causadas por doenças crônicas, como diabetes, câncer e complicações cardíacas (*Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*). A comida, sobretudo a industrializada, tem sido apontada como a principal causa dessas enfermidades. A molécula de colesterol, considerada prejudicial em grandes quantidades, e as moléculas constituintes dos lipídios considerados "bons" para a saúde, são, respectivamente,

- colesterol HDL; ácidos graxos insaturados.
- colesterol HDL; ácidos graxos saturados.
- colesterol HDL; ácidos graxos poli-insaturados.
- colesterol LDL; ácidos graxos saturados.
- colesterol LDL; ácidos graxos linoleico e oleico.



## QUESTÃO 08

A restrição excessiva de ingestão de colesterol pode levar a uma redução da quantidade de testosterona no sangue de um homem. Isso se deve ao fato de que o colesterol

- é fonte de energia para as células que sintetizam esse hormônio.
- é um lipídio necessário para a maturação dos espermatozoides, células produtoras desse hormônio.
- é um esteroide e é a partir dele que a testosterona é sintetizada.
- é responsável pelo transporte da testosterona até o sangue.
- é necessário para a absorção das moléculas que compõem a testosterona.



## QUESTÃO 09

O funcionamento dos organismos vivos depende de enzimas, as quais são essenciais às reações metabólicas celulares. Essas moléculas:

- possuem cadeias nucleotídicas com dobramentos tridimensionais que reconhecem o substrato numa reação do tipo chave-fechadura.
- diminuem a energia de ativação necessária à conversão dos reagentes em produtos.
- aumentam a velocidade das reações químicas quando submetidas a pH maior que 8,0 e menor que 6,0.
- são desnaturadas em temperaturas próximas de 0°C, paralisando as reações químicas metabólicas.
- são consumidas em reações metabólicas exotérmicas, mas não alteram o equilíbrio químico



## QUESTÃO 10

Algumas embalagens de alimentos apresentam no rótulo a informação

“contém glúten”, obrigatória por resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

O glúten apresenta, em sua composição, uma molécula que não deve ser consumida por portadores da doença celíaca, uma enfermidade autoimune crônica do intestino delgado.

Essa molécula do glúten, inadequada para os celíacos, é classificada como um

- a) lipídeo
- b) vitamina
- c) proteína
- d) carboidrato
- e) ácido nucleico

### QUESTÃO 11

A febre, quando alcança 40°C ou mais, é muito perigosa e pode provocar a morte do indivíduo. Um dos problemas do aumento da temperatura corporal é o seu efeito sobre proteínas do sistema nervoso central, pois

- a) aumenta a atividade das proteínas.
- b) desnatura as proteínas, inibindo a sua atividade.
- c) provoca o acúmulo de proteínas no retículo endoplasmático.
- d) induz a quebra das proteínas e, conseqüentemente, a sua inativação.
- e) modifica a sequência de aminoácidos das proteínas e, conseqüentemente, o seu funcionamento.

#### NÍVEL VETERANO

### QUESTÃO 12

As moléculas mais utilizadas pela maioria das células para os processos de conversão de energia e produção de ATP (trifosfato de adenosina) são os carboidratos. Em média, um ser humano adulto tem uma reserva energética na forma de carboidratos que dura um dia. Já a reserva de lipídeos pode durar um mês. O armazenamento de lipídeos é vantajoso sobre o de carboidratos pelo fato de os primeiros terem a característica de serem

- a) isolantes elétricos.
- b) pouco biodegradáveis.
- c) saturados de hidrogênios.
- d) majoritariamente hidrofóbicos.
- e) componentes das membranas.

### QUESTÃO 13

(Vanylton Matias) O colesterol é a molécula mais condecorada na biologia. Sua insolubilidade em água, propriedade que o torna útil nas membranas celulares, também o faz prejudicial. Treze prêmios Nobel foram dados a cientistas que dedicaram a maior parte das suas carreiras a ela. Entre os mais importantes estão o de 1928, quando o químico alemão Adolf Otto Reinhold Windaus recebeu o prêmio Nobel de Química pela descoberta da constituição dos esteróis, inclusive o colesterol, e suas relações com as vitaminas. A molécula orgânica citada no texto desempenha funções fisiológicas importantes, como a

- a) fabricação da vitamina D.
- b) síntese de sais biliares pela vesícula biliar.
- c) manutenção da parede celular das bactérias.
- d) formação dos hormônios sexuais e corticoides.
- e) composição das membranas celulares animais e vegetais.

### QUESTÃO 14

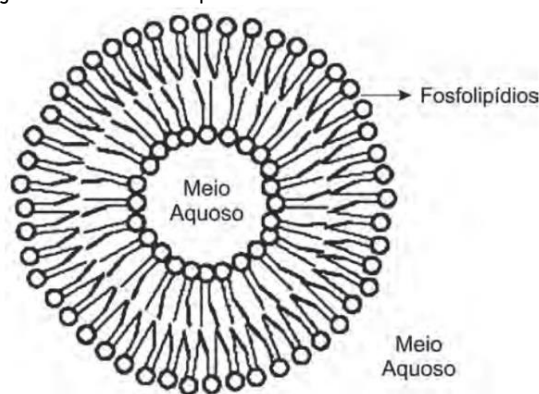
(ENEM) A condição física apresentada pelo personagem da tirinha é um fator de risco que pode desencadear doenças como



- a) anemia.
- b) beribéri.
- c) diabetes.
- d) escorbuto.
- e) fenilcetonúria.

### QUESTÃO 15

(ENEM) Quando colocados em água, os fosfolipídios tendem a formar lipossomos, estruturas formadas por uma bicamada lipídica, conforme mostrado na figura. Quando rompida, essa estrutura tende a se reorganizar em um novo lipossomo.



Esse arranjo característico se deve ao fato de os fosfolipídios apresentarem uma natureza

- a) polar, ou seja, serem inteiramente solúveis em água.
- b) apolar, ou seja, não serem solúveis em solução aquosa.
- c) anfotérica, ou seja, podem comportar-se como ácidos e bases.
- d) insaturada, ou seja, possuírem duplas ligações em sua estrutura.
- e) anfífilica, ou seja, possuírem uma parte hidrofílica e outra hidrofóbica.

### QUESTÃO 16

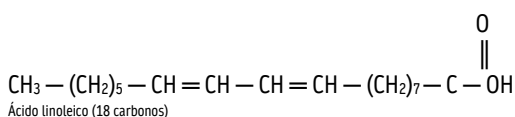
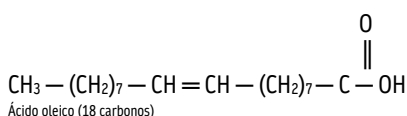
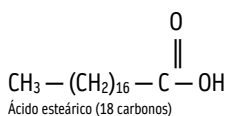
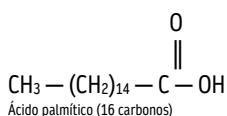
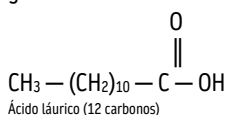
(Vanylton Matias) O aluno Samuel Mota, do Núcleo PVA, por ser um excelente educador físico, orientou o seu Professor de física, Gerônimo Neto, a diminuir a ingestão de alimentos ricos em carboidratos e gorduras. O professor Gerônimo, por também ser médico, tratou corretamente a sua obesidade ao

- a) fazer uma cirurgia bariátrica e, com isso, remover sua gordura corporal.
- b) realizar lipoaspiração abdominal, perdendo a gordura localizada responsável pela sua obesidade.
- c) ingerir medicamentos diuréticos, o que lhe levou a excretar o excesso de gordura corporal pela urina.
- d) realizar a dieta cetogênica, removendo completamente os carboidratos e lipídios da sua dieta alimentar.
- e) Tomar medicamentos que inibem a absorção intestinal de lipídios, associada à realização de atividade física.

### QUESTÃO 17

Ácidos graxos são ácidos carboxílicos com cadeias carbônicas lineares relativamente longas. Essas cadeias podem ser saturadas (não apresentam duplas ligações entre átomos de carbono) ou insaturadas

(apresentam duplas ligações entre átomos de carbono). Sabe-se que o ponto de fusão de um ácido graxo é tanto maior quanto maior sua massa molar e menor o seu grau de insaturação. Considere os seguintes ácidos graxos:



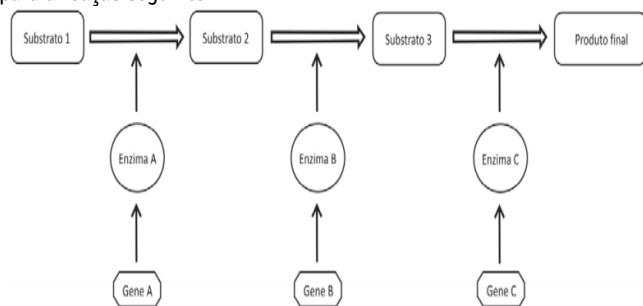
Dentre esses, o ácido que apresenta o maior ponto de fusão é o:

- láurico.
- palmítico.
- esteárico.
- oleico.
- linoleico.



### QUESTÃO 18

No esquema abaixo, está representada uma via metabólica; o produto de cada reação química, catalisada por uma enzima específica, é o substrato para a reação seguinte.



Num indivíduo que possua alelos mutantes que levem à perda de função do gene

- ocorrem falta do substrato 1 e acúmulo do substrato 2.
- não há síntese dos substratos 2 e 3.
- não há síntese do produto final.
- o fornecimento do substrato 2 não pode restabelecer a síntese do produto final.
- o fornecimento do substrato 2 pode restabelecer a síntese do produto final.



### QUESTÃO 19

Na indústria têxtil, é uma prática comum aplicar goma aos tecidos no início da produção, para torná-los mais resistentes. Esse produto, entretanto, precisa ser removido posteriormente, no processo de desengomagem. Nesse processo, os produtos têxteis são mergulhados em um banho aquoso com uma enzima do grupo das amilases. Os

gráficos nas figuras 1 e 2 representam a eficiência da atividade dessa enzima em diferentes valores de temperatura e pH.

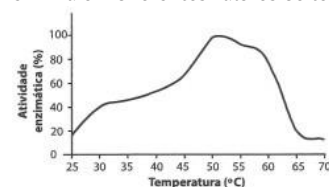


Figura 1

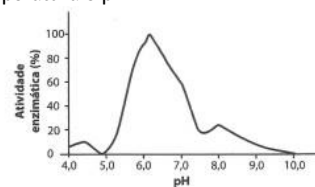


Figura 2

Com base nas informações apresentadas, está correto afirmar que, para se obter a máxima eficiência da ação da enzima no processo industrial citado no texto, seria necessário manter o banho aquoso de desengomagem a:

- 50°C e pH ácido, sendo que a enzima age especificamente sobre proteínas.
- 50°C e pH ácido, sendo que a enzima age especificamente sobre polissacarídeos.
- 50°C e pH básico, sendo que a enzima age especificamente sobre polissacarídeos.
- 70°C e pH ácido, sendo que a enzima age especificamente sobre polissacarídeos.
- 70°C e pH básico, sendo que a enzima age especificamente sobre proteínas.



### QUESTÃO 20

(ENEM) Há processos industriais que envolvem reações químicas na obtenção de diversos produtos ou bens consumidos pelo homem. Determinadas etapas de obtenção desses produtos empregam catalisadores químicos tradicionais, que têm sido, na medida do possível, substituídos por enzimas. Em processos industriais, uma das vantagens de se substituírem os catalisadores químicos tradicionais por enzimas decorre do fato de estas serem:

- consumidas durante o processo.
- compostos orgânicos e biodegradáveis.
- inespecíficas para os substratos.
- estáveis em variações de temperatura.
- substratos nas reações químicas.



### QUESTÃO 21

Para inibir a ação de uma enzima, pode-se fornecer à célula uma substância que ocupe o sítio ativo dessa enzima. Para isso, essa substância deve:

- estar na mesma concentração da enzima.
- ter a mesma estrutura espacial do substrato da enzima.
- recobrir toda a molécula da enzima.
- ter a mesma função biológica do substrato da enzima.
- promover a desnaturação dessa enzima.



### QUESTÃO 22

As proteínas são macromoléculas formadas por um conjunto de aminoácidos unidos entre si pelas ligações peptídicas. A sequência desses aminoácidos determina o tipo de proteína que será sintetizada, bem como sua forma funcional, o que permite atuarem, especificadamente, em diferentes vias metabólicas.

Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-proteina.htm>>. Acesso em: 17 de setembro de 2019.

Em um estado febril, a elevação da temperatura corpórea leva a uma perda das funções das proteínas por causar

- aceleração do metabolismo.
- quebra das ligações peptídicas.

- c) alteração da estrutura tridimensional.
- d) mudança no número de aminoácidos.
- e) conversão de proteínas em carboidratos.

### QUESTÃO 23

Um dos pratos mais apreciados pelos brasileiros é o tradicional arroz com feijão, uma combinação balanceada de diversos nutrientes importantes para a saúde humana. A combinação de arroz e feijão fornece todos os aminoácidos essenciais ao organismo. A tabela abaixo apresenta variações na quantidade de alguns aminoácidos essenciais por categorias de alimentos.

Aminoácidos essenciais	Categorias de alimentos				
	Milho	Arroz	Feijão	Soja	Verduras
Metionina	✓	↑↑	↓↓	↓↓	↓↓
Isoleucina	✓	✓	✓	✓	✓
Leucina	✓	✓	✓	✓	✓
Lisina	↓↓	↓↓	↑↑	↑↑	✓
Fenilalanina	✓	✓	✓	✓	✓
Treonina	↓↓	↓↓	↑↑	↑↑	✓
Triptofano	↓↓	✓	↓↓	✓	✓
Valina	✓	✓	✓	✓	✓

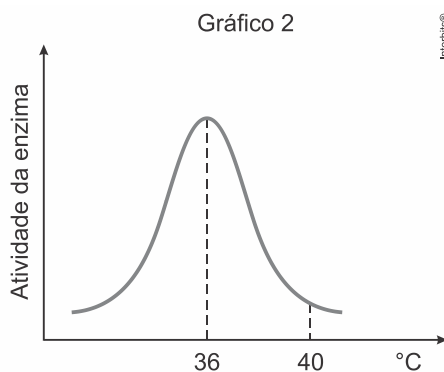
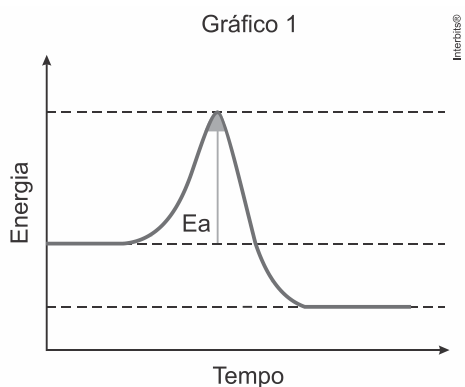
**LEGENDA**  
 ↑↑ alta quantidade do aminoácido presente no alimento  
 ↓↓ baixa quantidade do aminoácido presente no alimento  
 ✓ quantidade ideal do aminoácido presente no alimento

Considere uma época de escassez em que é necessário substituir o feijão do combinado “arroz e feijão” por outro alimento. Tendo como base as informações fornecidas, que alimento da tabela poderia ser escolhido?

- a) Milho
- b) Arroz
- c) Feijão
- d) Soja
- e) Verduras

### QUESTÃO 24

No interior de uma célula mantida a 40 °C ocorreu uma reação bioquímica enzimática exotérmica. O gráfico 1 mostra a energia de ativação (Ea) envolvida no processo e o gráfico 2 mostra a atividade da enzima que participa dessa reação, em relação à variação da temperatura.



Se essa reação bioquímica ocorrer com a célula mantida a 36°C a energia de ativação (Ea) indicada no gráfico 1 e a velocidade da reação serão, respectivamente,

- a) a mesma e a mesma.
- b) maior e menor.
- c) menor e menor.
- d) menor e maior.
- e) maior e maior.

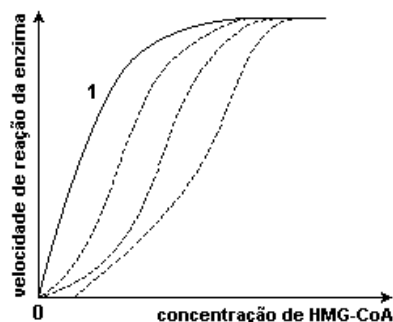
### QUESTÃO 25

Em abril de 2007, astrônomos suíços, portugueses e franceses descobriram um planeta semelhante à Terra fora do sistema solar, o Gliese 581c. A descoberta desse planeta representa um salto da ciência na busca pela vida extraterrestre, visto que os cientistas acreditam que há água líquida em sua superfície, onde as temperaturas variam entre 0 °C e 40 °C. Tais condições são muito propícias à existência de vida. A água na forma líquida e temperaturas entre 0 °C e 40 °C são propícias para a existência da vida tal como a conhecemos, pois essas condições

- a) são ideais para ação das enzimas
- b) permitem uma maior absorção de nutrientes
- c) aumentam a afinidade do oxigênio à hemoglobina.
- d) conferem ao organismo um equilíbrio térmico ideal.
- e) Inibem os radicais livres produzidos pelo metabolismo das células

### QUESTÃO 26

As estatinas, por seu grande êxito na prevenção da doença coronariana, estão entre os medicamentos mais prescritos no mundo. Essas substâncias atuam sobre a enzima que regula a síntese de colesterol pelo fígado, denominada, simplificada, de HMG-CoA redutase. Para testar a eficiência de vários derivados de estatinas, utilizou-se uma preparação de HMG-CoA redutase isolada de tecido hepático. A velocidade de reação dessa preparação enzimática foi medida em função de concentrações crescentes de seu substrato HMG-CoA, na ausência e na presença de uma concentração fixa de três derivados de estatina. Nesses experimentos, o pH, a temperatura, a concentração da enzima e a concentração dos co-fatores necessários foram sempre mantidos constantes. O gráfico a seguir representa os resultados encontrados; a curva 1 foi obtida na ausência de estatinas.



O mecanismo de ação das estatinas sobre a enzima HMG-CoA redutase hepática, como mostra o gráfico, é chamado de

- inibição alostérica.
- inibição reversível.
- inibição irreversível.
- inibição competitiva.
- inibição não competitiva.



### QUESTÃO 27

Uma prática corriqueira na preparação de comida é colocar um pouco de "leite" de mamão ou suco de abacaxi para amaciar a carne, substâncias ricas em proteases. Hoje em dia, os supermercados já vendem um amaciante de carne industrializado. Se o amaciante, natural ou industrializado, for adicionado durante o cozimento

- amaciará a carne normalmente, pois o seu efeito não está relacionado com a variação de temperatura.
- não amaciará a carne, pois as enzimas responsáveis por essa ação serão desnaturadas.
- deixará a carne ainda mais macia, pois em altas temperaturas ação das proteases é aumentada.
- terá a sua ação diminuída, pois apenas uma parte das enzimas conseguirá hidrolisar as proteínas da carne.
- mudará o sabor da carne, pois, ao se misturar com água quente, haverá a quebra das ligações peptídicas das suas proteínas.

#### NÍVEL NINJA



### QUESTÃO 28

(Vanylton Matias) A dieta Atkins, criada pelo cardiologista norte-americano Robert Atkins nos anos 1970, o método ficou conhecido como dieta da proteína por priorizar a ingestão desse nutriente, além de gorduras, enquanto limita severamente o consumo de carboidratos. Pela presença de gorduras na dieta, esta apresentará elevado valor calórico, mas, mesmo assim, levará ao emagrecimento, pois

- haverá queda dos níveis de insulina.
- a gordura será convertida em carboidratos.
- as proteínas ingeridas irão metabolizar a gordura.
- os lipídios são de difícil digestão e armazenamento.
- haverá a diminuição da conversão de gorduras em carboidratos.



### QUESTÃO 29

As gorduras, por serem utilizadas no metabolismo energético, sofrem as transformações seguintes:

I - Gordura → Ácidos graxos + Glicerol

II- Ácidos graxos + Glicerol → Acetil-coenzima A

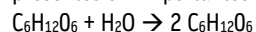
A acetilcoenzima A, por sua vez,

- sofre as reações da glicólise, convertendo-se em piruvato que se acumula nos músculos.
- Sofre as reações do ciclo de Krebs e da cadeia respiratória, convertendo-se em gás carbônico e água.
- Transforma-se em ácido lático, que se acumula nos músculos, causando a fadiga muscular.
- Transforma-se em glicogênio, que fica armazenado nos músculos e no fígado.
- É transportada até os lisossomos, onde é hidrolisada.



### QUESTÃO 30

A equação química abaixo representa a hidrólise de alguns dissacarídeos presentes em importantes fontes alimentares:



A tabela a seguir relaciona os resultados da velocidade inicial de reação dessa hidrólise, em função da concentração e da temperatura, obtidos em quatro experimentos, sob as seguintes condições:

- soluções de um desses dissacarídeos foram incubadas com quantidades iguais ora de suco gástrico, ora de suco intestinal rico em enterócitos;
- o tempo de reação e outros possíveis fatores interferentes foram mantidos constantes.

nº do experimento	valor da concentração do dissacarídeo	temperatura da reação (°C)	velocidade de reação (unidades arbitrárias)
I	X	0	0
	X	20	9,5
	X	40	25
	X	80	1
II	X	80	10
	2X	80	20
	3X	80	30
	4X	80	41
III	X	0	0
	X	20	0
	X	40	1
	X	80	10
IV	X	40	25
	2X	40	45
	3X	40	50
	4X	40	52

Os experimentos que podem corresponder à hidrólise enzimática ocorrida quando o dissacarídeo foi incubado com suco intestinal são os de números:

- I e II
- I e IV
- II e III
- II e IV
- III e IV

01 - E  
02 - B  
03 - A  
04 - D  
05 - A  
06 - C

07 - E  
08 - C  
09 - B  
10 - C  
11 - B  
12 - D

13 - D  
14 - C  
15 - E  
16 - E  
17 - C  
18 - C

19 - B  
20 - B  
21 - B  
22 - C  
23 - D  
24 - D

25 - A  
26 - D  
27 - B  
28 - A  
29 - B  
30 - B



### VITAMINAS:

#### 1. Introdução:

As vitaminas são moléculas orgânicas pequenas, indispensáveis, necessárias em pequenas doses de ingestão diária (micronutrientes, pois correspondem a menos de 1% das necessidades dietéticas diárias). São moléculas orgânicas especiais, pois, não possuem função de reserva energética, nem desempenham função estrutural.

Você vai perceber que estudaremos um grande número de vitaminas, mas que na prática elas vão apresentar apenas duas funções. Ou vão atuar como coenzimas (maioria - sendo fundamentais para a ação enzimática), ou como antioxidantes no combate aos radicais livres (vitaminas A, C e E, principalmente).

Os **radicais livres** são espécies químicas que perderam elétrons e que, por essa razão, retiram elétrons de outras moléculas, oxidando-as. Ao oxidar proteínas, os radicais livres estarão promovendo a morte celular e, conseqüentemente, o envelhecimento do organismo. Caso "roube" elétrons de moléculas de DNA poderá promover, por exemplo, mutações, que são a causa de diversos tipos de câncer. É por isso que a ingestão de vitaminas antioxidantes é tão importante.

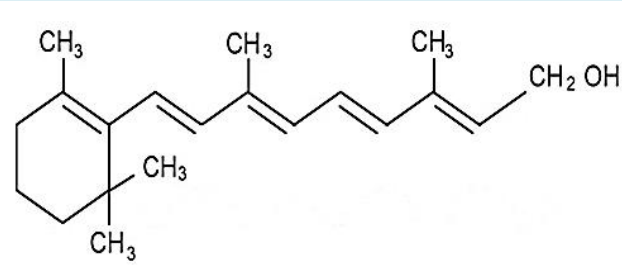
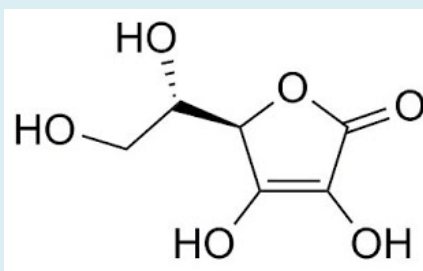
Durante os metabolismos energéticos são produzidos radicais livres, como, por exemplo, a água oxigenada (peróxido de hidrogênio -  $H_2O_2$ ) que forma uma classe de radicais livres denominada de **espécies ativas de oxigênio (EAO)**. Para combater esses radicais, as vitaminas doam seus elétrons pra essas espécies químicas, sofrendo oxidação. Essa ação antioxidante das vitaminas, é como se elas "dessem a vida", sacrificando-se, para salvar as demais moléculas que compõem o nosso corpo (como DNA e proteínas). As principais vitaminas antioxidantes são a A, C, E e algumas do complexo B.

Vale ressaltar que comer menores quantidades de alimentos, ou seja, estabelecer uma restrição calórica, irá diminuir a atividade respiratória de oxidação de moléculas orgânicas, diminuindo a produção de radicais livres relacionados ao envelhecimento e formação de câncer. Em outras palavras, uma alimentação adequada e com menores quantidades de calorias é uma excelente medida preventiva.

**Observação:** os radicais livres também realizam ações biológicas benéficas, tais como a sinalização de eventos celulares e utilização pelas células fagocíticas para a defesa do organismo contra bactérias e vírus.

As vitaminas possuem natureza química diversificada, pode ser:

- ácidos orgânicos: como a vitamina B9 (ácido fólico) e a vitamina C (ácido ascórbico)
- álcoois: como a vitamina A (Retinol)
- aminas: como a vitamina B1 (Tiamina)
- etc...



Estruturas moleculares, respectivamente, do ácido ascórbico e do retinol.

O nome vitamina, usado pela primeira vez por Casimir Funk (químico polonês), está diretamente relacionado com a descoberta dessas substâncias. Em 1911, Funk descobriu uma substância imprescindível para certos processos vitais. A análise química dessa substância revelou que ela era uma amina. Por isso, Funk passou a chamar tal substância de **vitamina** ("amina da vida"). Posteriormente, muitas outras substâncias com as mesmas propriedades daquela descoberta por Funk foram sendo descobertas. Entretanto, a análise química delas mostrou que nem todas possuem em sua estrutura molecular o grupamento amina. Por isso, a designação vitaminas para se referir a todas elas não é correta, mas, como foi consagrada pelo uso, é aceita e amplamente utilizada.

**Observação:** toda vitAMINA tem grupamento AMINA? NÃO!!! Todo AMINOácido tem grupamento amina? SIM!!!

A carência total de uma determinada vitamina no organismo constitui uma avitaminose, enquanto a carência parcial constitui uma hipovitaminose. As hipovitaminoses são mais comuns que as avitaminoses e, geralmente, têm como causa a deficiência nutricional na dieta (alimentação). Por outro lado, quando há excesso de determinada vitamina, fala-se em hipervitaminose. Em alguns casos, as hipervitaminoses também podem trazer perigo para o organismo. O excesso de vitamina D, por exemplo, pode determinar calcificações graves em certos órgãos.

As vitaminas, como regra geral, não sintetizadas por animais, necessitando serem ingeridas na dieta. As plantas, bactérias e fungos

unicelulares (leveduras), por sua vez, são capazes de produzi-las. As bactérias da microflora ou microbiota intestinal, por exemplo, são responsáveis por produzir importantes vitaminas para o organismo humano, tais como, a K, B1, B2, B8, B9 e B12. A relação ecológica estabelecida entre os humanos e as bactérias, neste caso, é chamada de **mutualismo**, pois ambos os indivíduos se beneficiam. Outro benefício é que essas bactérias indígenas não permitem que bactérias patogênicas se proliferem no organismo humano.

As bactérias indígenas são adquiridas no momento do nascimento, durante a passagem do feto pela vagina, uma vez que este órgão é rico nesses microorganismos. Inicialmente, as bactérias colonizam a pele do recém-nascido e, em seguida, se instalam em outras áreas, como o tubo digestivo.

#### Perguntas do whats app:

- Vanylton, e no caso do parto cesariano? O bebê não vai adquirir essas bactérias?
- Vai sim, porém, como o bebê não passa pela vagina, irá adquirir a microflora mais lentamente através do contato com a mãe, por exemplo, durante a amamentação.
- E isso não pode ser arriscado?
- Pode. A criança poderá ter problemas, como falta de vitaminas e infecções intestinais, por exemplo. Inclusive, o uso prolongado de antibióticos, em qualquer idade, pode matar as bactérias da microbiota, ocasionando esses mesmos problemas.

**Observação 1:** alguns animais são exceção à regra e acabam por ser capazes de fabricar suas próprias vitaminas. Os seres humanos, por exemplo, são capazes de sintetizar vitamina D na pele sob ação dos raios ultravioleta; e os ratos e as baleias, produzem vitamina C.

**Observação 2:** as bactérias da microflora também são chamadas de bactérias indígenas. A principal é a do gênero *Lactobacillus*, obtida através da ingestão de leite e derivados. Os alimentos que possuem esses microorganismos na sua constituição são chamados de probióticos e são importantes para a renovação da microbiota.

## 2. Classificação das vitaminas

As vitaminas são classificadas quanto à sua solubilidade em **hidrossolúveis** ou **lipossolúveis**, dependendo se são dissolvidas na água ou em lipídios, respectivamente. Nos seres humanos existem 13 vitaminas, das quais quatro são lipossolúveis (A, D, E e K) e nove são hidrossolúveis (as 8 vitaminas do complexo B e a vitamina C).

As **vitaminas hidrossolúveis** dissolvem-se facilmente na água e, em geral, são rapidamente excretadas pelo corpo, ao ponto de o débito urinário ser um indicador do consumo de vitaminas. Estas vitaminas são encontradas em alimentos ricos em água, como frutas, verduras e leveduras.

As **vitaminas lipossolúveis** são absorvidas no trato intestinal com a ajuda de lipídios. Estas vitaminas são mais facilmente armazenadas no corpo (no fígado, especialmente), pelo que é mais provável causarem hipervitaminose do que as proteínas hidrossolúveis. Como a absorção depende da presença de lipídios, pacientes com marasmo ou outros tipos de desnutrição lipídica podem apresentar hipovitaminoses. Vitaminas solúveis em lipídios são mais encontradas em alimentos oleosos e gordurosos, como óleo de soja, de milho e de canola; ou ricos em lipídios carotenoides, como beterraba e cenoura.

**Observação:** miúdos de carne, como fígado, coração e moela, são ricos em qualquer tipo de vitamina.

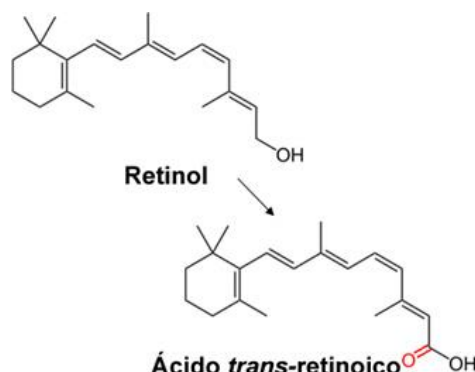
Dependendo da fonte alimentar, as vitaminas podem ser encontradas tanto na forma ativa, prontas para serem absorvidas e utilizadas pelo organismo, como também podem ser encontradas sob a forma de **provitaminas**, isto é, numa forma precursora, ainda não ativa, que precisa de ser transformada em nosso organismo para poder ser utilizada. O caroteno, por exemplo, encontrado nos vegetais, especialmente naqueles que possuem coloração amarela ou alaranjada (cenoura, mamão, laranja, etc.), é a provitamina A. Quando ingerimos

caroteno, no nosso organismo, ele é fragmentado em moléculas de vitamina A. Outro exemplo de provitamina é o ergosterol (provitamina D2) que, quando ingerido pelo ser humano, é absorvido e transformado, em nossa pele, em vitamina D2 ativa, por meio da ação dos raios ultravioleta do Sol. O mesmo acontece com o 7-deidrocolesterol (provitamina D3), um derivado do colesterol encontrado nas secreções das glândulas situadas na nossa pele que, por ação dos raios solares, transforma-se em vitamina D3 ativa.

### 2.1) Vitaminas lipossolúveis:

#### Vitamina A:

A **vitamina A**, também denominada **retinol** ou **axerofto**, é um álcool lipossolúvel encontrado na natureza na forma de betacaroteno. Ela é facilmente transformada no corpo humano em **ácido retinoico** (sua forma ativa), que pode estar em duas principais formas: ácido trans retinoico (*all-trans retinoic acid*- ATRA) e o ácido cis retinoico (*9-cis retinoic acid*- 9-cis RA).

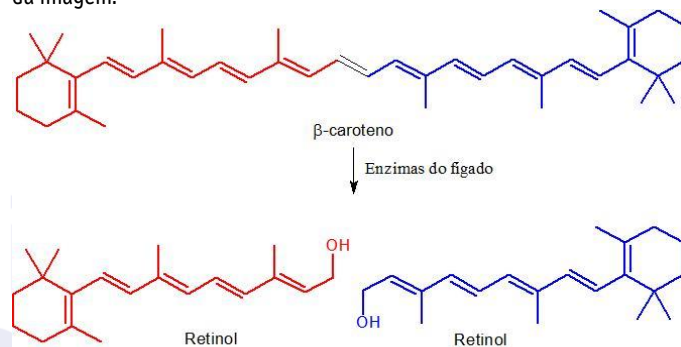


*Conversão do Retinol em ácido trans-retinoico, a forma ativa mais importante da vitamina A*

#### Funções:

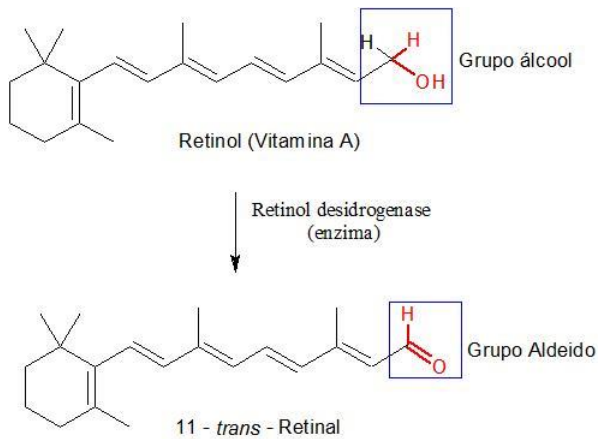
##### formação do pigmento visual:

Essa **vitamina** possui diversas funções, no entanto a principal está relacionada com a **visão**, pois o funcionamento dos cones e bastonetes, que são as células fotorreceptoras da retina, dependem da vitamina A. Após a quebra do betacaroteno, ingerido na alimentação, são formadas no fígado duas moléculas de retinol (vitamina A). Nas células fotorreceptoras haverá a oxidação do retinol originando o **retinal**, também chamado de aldeído da vitamina A. Nas membranas intracelulares das células fotorreceptoras, especialmente em uma região chamada de *macula lutea* (mancha amarela), haverá a ligação do retinal com a proteína **opsina**, e será formado o pigmento visual **rodopsina** (púrpura visual), capaz de emitir informação ao cérebro para a formação da imagem.



*clivagem hepática do betacaroteno, para formação da vitamina A (retinol).*





Oxidação do retinol e formação do retinal. Esta reação ocorre nas células fotorreceptoras da retina.

#### crescimento ósseo:

A vitamina A também está relacionada ao crescimento normal dos ossos<sup>a)</sup> em resposta a estímulos mecânicos, participando da atividade de osteoblastos e osteoclastos. A carência desta vitamina diminuirá a atividade dos osteoblastos interferindo na produção da matriz orgânica<sup>b)</sup> do osso e acelerando a ossificação do disco epifisal (cartilagem de crescimento), antecipando a parada do crescimento.

#### Integridade dos epitélios:

O tecido epitelial é bastante dinâmico, renovando-se constantemente. Para que as células epiteliais tenham um crescimento normal é necessário a presença da vitamina A, pois, na sua ausência, haverá atrofia do epitélio e formação de uma camada anormal de tecido, o que levará ao ressecamento das mucosas. Se este evento ocorrer na pele, receberá o nome de **xerodermia**, se for nos olhos, **xerofthalmia**. Não podemos esquecer também que existe o epitélio germinal, fundamental para a formação dos gametas, logo, caso haja ausência de vitamina A, a gametogênese e conseqüentemente a **fertilidade** do indivíduo será afetada.

#### Fontes:

A vitamina A é encontrada em alimentos de origem animal, como leite, ovos, fígado e sardinha; em vegetais folhosos de coloração verde-escura, como brócolis, couve, espinafre, entre outros; e em vegetais e frutos de cor amarelo-laranja, como laranja, mamão, pêssego e cenoura.



FÍGADO



GEMA DE OVO



VEGETAIS FOLHOSOS



CENOURA



ABÓBORA



AZEITE DE DENDÊ

#### Funções:

Após a ativação da vitamina D (seja a D2 ou D3), haverá o seu transporte plasmático até o fígado, onde ocorrerá a sua conversão em 25-hidroxicoalciferol (25D) e, em seguida, nos rins, em 1,25-diidroxicoalciferol (1,25D). É a 1,25D a responsável por agir como hormônio e exercer as funções da vitamina D no organismo.

No organismo sua absorção ocorre de forma semelhante à das gorduras, sendo que quando há anormalidades na absorção de lipídios, há também uma redução da absorção de vitamina A. Dietas pobres em lipídios, como ocorre em crianças que sofrem de desnutrição extrema (marasmo), estão relacionadas com a diminuição da absorção de vitaminas A, podendo causar diversas doenças carenciais, como: xerofthalmia, hemeralopia, sensibilidade à luz, xerodermia,

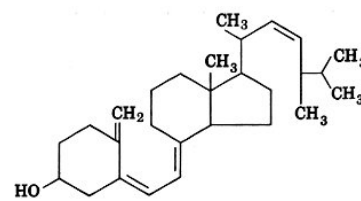
Já na situação inversa, quando o consumo de vitamina A é exagerado, ocorre uma intoxicação por esta vitamina, denominada de **hipervitaminose A**, surgindo sintomas como: pele seca, áspera e descamativa; dores nos ossos e articulações; cefaleia; queda dos fios de cabelo e Lesões no fígado.

#### Vitamina D

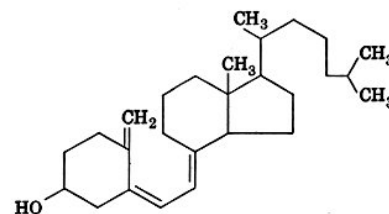
A vitamina D é um grupo de hormônios lipossolúveis derivados do colesterol que possui duas formas químicas principais:

**Vitamina D2 (ergocalciferol):** sintetizada a partir do ergosterol dos vegetais, que atua como provitamina D2. A conversão se dá pela ação da radiação ultravioleta.

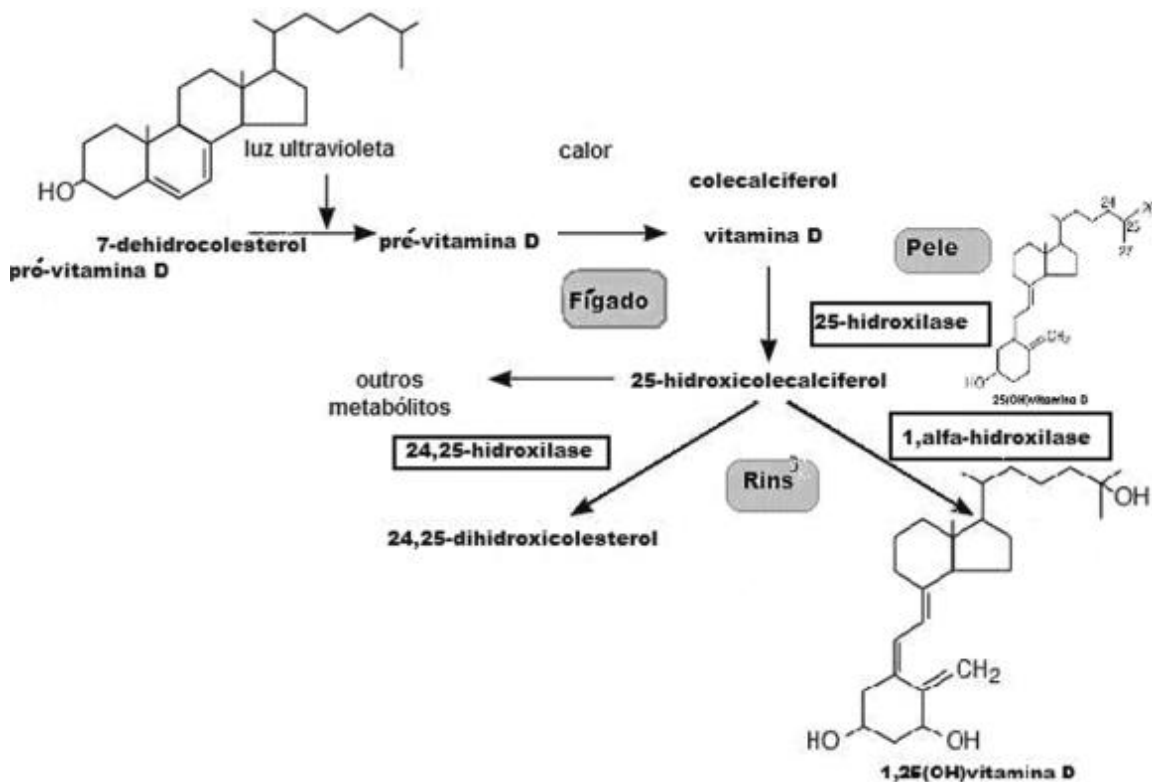
**Vitamina D3 (colecalfiferol ou 7-deidrocolesterol ativado):** sintetizada na pele humana a partir do 7-deidrocolesterol, que atua como provitamina D3. A conversão também se dá pela ação da radiação ultravioleta.



Fórmula estrutural plana da Vitamina D2 (ergocalciferol)



Fórmula estrutural plana da Vitamina D3 (Colecalfiferol)



A vitamina D, seja ela D2 ou D3, possui importante função na **absorção intestinal de cálcio e fósforo** e na **reabsorção renal** desses elementos. Como o cálcio é fundamental para a composição dos ossos e dentes, contração muscular, sinapses nervosas e coagulação do sangue, a ingestão de vitamina D é essencial para o organismo.

Outra função da vitamina D está relacionada com o estímulo das células do **sistema imune**, justificando o fato de banhos de sol serem importantes para o aumento da imunidade corporal. Antigamente, antes da descoberta dos antibióticos, os médicos receitavam banhos de sol para pacientes com tuberculose, acreditando que suas defesas orgânicas seriam aumentadas e, com isso, o combate à bactéria poderia ser mais eficiente. Em 2020, devido a pandemia causada pela COVID-19, a vitamina D foi muito utilizada como medida profilática contra essa virose, pois o aumento da imunidade pode fazer com que os sintomas desta doença sejam atenuados.

#### Fontes:

Existem raros alimentos que são naturalmente fontes de vitamina D. Sua ingestão provém de produtos fortificados como: leite, leite de soja e cereais. A dose recomendada por dia para crianças e adultos de até 50 anos é de 5 mg/dia (200 UI/dia), já em pessoas de 51 a 70 anos de idade, a dose aumenta para 10mg/dia (400 UI/dia) e, 15 mg/dia para idosos acima de 70 anos de idade. Dependendo do local que a pessoa more, há épocas do ano em que a exposição ao sol é insuficiente, sendo assim, a pessoa deve incluir boas fontes de vitamina D na sua dieta.

A **deficiência de vitamina D (hipovitaminose D)** pode ser consequência de uma dieta inadequada e de uma pequena exposição aos raios ultravioletas. Essa escassez pode resultar em diversas desordens nos ossos, como:

- **Raquitismo:** é uma doença infantil que se caracteriza por crescimento deficiente e anormalidades nos ossos longos. É comum acontecer em fetos, quando a mãe possui deficiência de vitamina D;
- **Osteomalácia:** esta desordem é exclusiva de adultos e caracteriza-se pela fraqueza muscular proximal e fragilidade óssea.
- **Osteoporose:** é quando há uma redução da massa óssea, sendo que os ossos passam a ser mais frágeis.

Casos de **hipervitaminose D** são muito raros. Quando ocorrem é devido à erros manufatureiros e industriais. A longa exposição ao sol não causa excesso dessa vitamina. Alguns dos sintomas causados pela intoxicação por vitamina D resultam da hipercalcemia causada pelo aumento da absorção intestinal de cálcio; pode causar também: pressão alta, perda de apetite, náuseas e vômito. Por conseguinte, há uma

excessiva produção de urina, sede elevada, fraqueza, nervosismo e, às vezes, insuficiência renal.

#### Vitamina E

A vitamina E, também chamada de tocoferol, é um poderoso antioxidante que atua protegendo os ácidos graxos insaturados, principalmente das membranas celulares, da oxidação e a sua dose diária necessária é de aproximadamente 10 mg. Estudos em ratos demonstraram que a carência desta vitamina está relacionada com a degeneração do epitélio germinativo e consequente perda da mobilidade dos espermatozoides, levando esses animais a esterilidade.

É encontrada em vários tipos de alimentos, como os óleos e as sementes de cereais, e é armazenada em grandes quantidades no tecido adiposo, por isso dificilmente alguém possui deficiência desta vitamina. Caso isso ocorra, em recém nascidos causa anemia e em adultos pode causar problemas neurológicos. Também está associada com a má absorção de gordura e pode causar prejuízos para o fígado, vesícula biliar e pâncreas. Peixes, ovos e carne (principalmente os miúdos) também são alimentos que possuem vitamina E na sua composição. O excesso de vitamina E não é tóxico ao organismo. Existem casos muito isolados de intoxicação por esta vitamina.

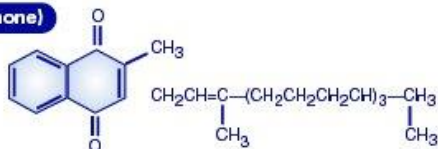
#### Vitamina K

A vitamina K é um grupo de vitaminas lipossolúveis, que foi descoberta no ano de 1929 por Henrik Dam em um estudo realizado com galinhas, observando-se hemorragia como sinal característico de uma dieta sem gorduras. No ano de 1935, foi relatado por este mesmo pesquisador que o sintoma era aliviado quando uma substância solúvel em gordura era ingerida, denominando-a de vitamina K ou vitamina da coagulação.

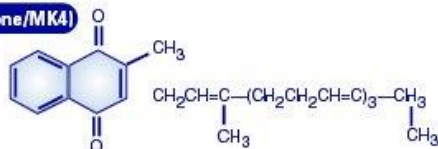
Esta vitamina é encontrada em vegetais, principalmente os verde-escuros, e em alimentos de origem animal. Suas diferentes formas são:

- Filoquinona (vitamina K1):** forma predominante encontrada nos vegetais, sendo as principais fontes, os óleos vegetais e as hortaliças;
- Dihidrofiloquinona (dK):** é formada no processo de hidrogenação de óleos vegetais;
- Menaquinona (vitamina K2):** esta é sintetizada por bactérias e pode variar de MK1 a MK13 e está presente em produtos de origem animal e fermentados;
- Menadiona (vitamina K3):** é um composto sintético que, no intestino, é convertido em K2.

**K<sub>1</sub> (Phylloquinone)**



**K<sub>2</sub> (Menatetronone/MK4)**



**K<sub>3</sub> (Menadione)**



e)

A absorção desta vitamina se dá no intestino delgado e seu transporte ocorre pelas vias linfáticas. Para que desempenhe normalmente seu papel necessita de um fluxo biliar e de suco pancreático normal, além de um nível de gordura adequado na dieta. Existem fatores que podem interferir na sua absorção, como: utilização de anticoagulantes cumarínicos e ingestão excessiva de vitaminas A e E.

A vitamina K atua na regulação de três processos fisiológicos:

- Coagulação sanguínea:** atua como coenzima junto à tromboplastina, na conversão de protrombina em trombina.
- Metabolismo ósseo:** Há evidências de que ela seja importante no desenvolvimento precoce do esqueleto e na manutenção do osso maduro sadio;
- Formação dos vasos sanguíneos.**

A deficiência dessa vitamina pode ocorrer em consequência de problemas na absorção intestinal, ou ingestão acidental de alguma substância antagonista da vitamina K (como os cumarínicos), ou, em raros casos, falta de vitamina K na alimentação. Seu resultado pode ser o risco de hemorragia, calcificação da cartilagem, má formação dos ossos ou depósito de sais de cálcio na parede das artérias.

## 2.2) Vitaminas hidrossolúveis:

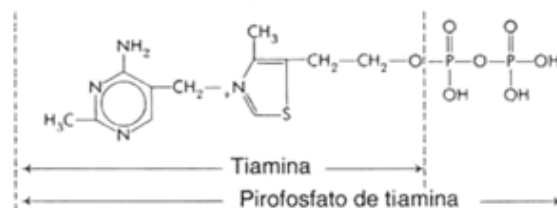
### Complexo B:

As vitaminas do complexo B estão, todas elas, relacionadas ao processo de respiração celular, onde atuam como coenzimas. A carência de qualquer vitamina do complexo B causará sintomas semelhantes, como dermatite (inflamação da pele) e neurite (inflamação dos nervos), devido a falha no processo de oxidação da glicose durante a respiração celular. Podem ser encontradas em vegetais folhosos e leveduras.

### VITAMINA B1 (Tiamina):

A vitamina B1, também chamada de **aneurina**, foi a primeira vitamina descoberta, em 1911. São necessários 1 a 2 mg de tiamina por dia, que podem ser encontradas principalmente nas leveduras, na cutícula de cereais (arroz, trigo, etc.), soja, feijão, fígado, peixes, ovos, leite e derivados. Quando obtida na alimentação, na forma de cloridrato de tiamina, sofre fosforilação, com duas moléculas de ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), e é ativada. Na forma ativa (chamada de TPP - pirofosfato de tiamina) atua como coenzima nas descarboxilases, enzimas de grande

importância nas reações da respiração celular feitas a partir da glicose. Por exemplo, é essencial a participação da TPP para que o ácido pirúvico se converta em Acetil-Coa e entre no ciclo de Krebs, fenômeno que envolve a perda de gás carbônico e, conseqüentemente, exige a presença da enzima descarboxilase.



**Observação:** mesmo sendo uma vitamina hidrossolúvel, a vitamina B1 fica armazenada no organismo, principalmente no fígado, no coração e nos rins.

Como o tecido nervoso é extremamente dependente da glicose como fonte de energia, a carência dessa vitamina provoca polineurite (inflamação generalizada dos nervos) e, em consequência disso, atrofia e paralisia dos músculos. Esse quadro clínico caracteriza a avitaminose conhecida por **beribéri** (do japonês “eu não posso, eu não posso”) ou shoshin (do cingalês “debilidade”).

Por essa razão, afirma-se que a vitamina B1 é a vitamina antiberibérica. No beribéri além da polineurite e da profunda fraqueza muscular, que impede, muitas vezes, o indivíduo de manter-se em pé sozinho, a pessoa apresenta ainda absorção defeituosa de alimentos no intestino, emagrecimento, anorexia (falta de apetite), crescimento retardado e insuficiência cardíaca com retardamento dos batimentos cardíacos (bradicardia).

### VITAMINA B2 (Riboflavina)

A riboflavina participa do metabolismo celular na forma de FAD (flavina-adenina-dinucleotídeo), transportando os hidrogênios e se associando a enzimas desidrogenases (flavoproteínas), que retiram hidrogênio das moléculas químicas. A necessidade diária de vitamina B2 na dieta varia de 0,5 a 2mg.

Contém uma molécula de ribose em sua constituição química, sendo facilmente encontrada em vários alimentos como leite e derivados, ovos, legumes, vegetais folhosos (couve, repolho, espinafre, etc.), fígado, levedura da cerveja, etc. Também é sintetizada em pequena quantidade pelas bactérias da nossa microbiota intestinal normal. Faz parte das citocromo-oxidases e citocromo-redutases, enzimas que também atuam nas reações da respiração celular. Essa vitamina tem importante papel no crescimento do organismo, e sua carência pode acarretar **queilite ou estomatite angular** (rachaduras e descamação no canto da boca), **queilose** (inflamação e rachadura dos lábios), **glossite** (inflamação da língua), **dermatite** (inflamação da epiderme da boca, do nariz e do saco escrotal) e **distúrbios oculares** (fotofobia e anormalidade da vascularização da córnea). A falta dessa vitamina provoca ainda perturbações digestivas, depressão nervosa, diminuição da vitalidade e predisposição para desordens mentais.

### VITAMINA B3 (Niacina, nicotinamida ou PP)

No início do século XX a niacina foi descoberta a partir de estudos com a folha de tabaco. Esta vitamina atua na composição de duas coenzimas importantes, o NAD (nicotinamida-adenina-dinucleotídeo) e o NADP (nicotinamida-adenina-dinucleotídeo-fosfato). A porção nicotinamida do NAD e do NADP se ligam e transportam os átomos de hidrogênio atuando como aceptores intermediários. Esses hidrogênios são removidos de moléculas orgânicas através de enzimas desidrogenases e são transportados na forma do íon hidreto (H<sup>-</sup>). Suas principais fontes são levedura da cerveja, carnes magras, ovos, fígado, peixes, leite e derivados. Diariamente são necessários de 5 a 20 mg desta vitamina, que também pode ser sintetizada pelo organismo

humano através do metabolismo do aminoácido triptofano e na presença da vitamina B6.

Sua carência no organismo causa a **pelagra**, doença grave que, se não tratada, pode culminar com a morte do indivíduo. A pelagra se caracteriza como uma dermatite intensa, com rachaduras dolorosas na pele e lesões das mucosas, em especial da mucosa intestinal, provocando diarreia e neurite grave do sistema nervoso central, o que pode levar à demência. Por causar dermatite, diarreia e demência, a pelagra também ficou conhecida como a “doença dos três D’s”. Por evitar a pelagra, a vitamina B3 também é conhecida por vitamina PP (Preventivo da Pelagra), vitamina antipelágrica ou ainda vitamina PPF, do inglês, *pellagra preventive factor*.

#### VITAMINA B5 (ácido pantotênico)

O ácido pantotênico ou vitamina B5 também participa do metabolismo energético. Estimula o crescimento e participa da síntese de lipídios e produção de hormônios, sendo **precursor da coenzima A**, uma coenzima relacionada à acetilização de moléculas orgânicas energéticas (carboidratos, lipídios e proteínas). É produzido a partir da união do ácido pantoico com o aminoácido alanina.

A vitamina B5 possui diversas fontes nutritivas vegetal e animal, tanto que o termo pantotênico significa “obtido a partir de qualquer coisa”. Por exemplo, é encontrado em carnes, ovos, frutas, miúdos de carne e verduras. São necessários 5 a 10 mg por dia. O excesso de ingestão pode causar diarreia e a carência pode estar relacionada com depressão, imunodepressão, distúrbios do sistema nervoso e da glândula adrenal.

#### VITAMINA B6 (Piridoxina)

A vitamina B6 pode ser encontrada na natureza em 3 formas inativas, que se convertem umas nas outras: piridoxina, piridoxamina e piridoxal. Essas formas moleculares são ativadas e formam o piridoxal-fosfato e a piridoxamina-fosfato, que atuam como coenzimas no metabolismo hepático dos aminoácidos, através dos processos de **transaminação** e **desaminação**. Por atuar na remoção de grupos amina dos aminoácidos, o processo de desaminação forma ácidos orgânicos, que são fundamentais para o ciclo de Krebs e, conseqüentemente, para a produção de energia. Ao desaminar aminoácidos também haverá a formação de amônia, uma molécula de alta toxicidade ao organismo, que através do ciclo hepático da ornitina, será convertida em ureia. A transaminação é o processo de síntese de aminoácidos naturais a partir de aminoácidos essenciais ingeridos na dieta.

A vitamina B6 é encontrada em carnes, cereais integrais, verduras e fígado. Na carência da vitamina B6 os principais sintomas apresentados são: **acrodinia**, que são dores nas extremidades do corpo que evoluem com perda da motricidade; **dermatite seborreica** na região do rosto e orelhas; aumento na produção de ureia, devido à diminuição da transaminação; fraqueza muscular; e cálculos renais.

#### VITAMINA B8 ou H (Biotina)

Biotina ou vitamina H são outras nomenclaturas dadas à vitamina B8. Ela é essencial ao organismo uma vez que atua no processamento de proteínas, carboidratos e gorduras. Ela foi primeiramente isolada a partir do ovo, atuando como um fator de crescimento. A produção de biotina pela flora bacteriana intestinal é suficiente para satisfazer as necessidades diárias.

A vitamina B8 pode ser encontrada em diversos alimentos, como no fígado, no ovo, frutas, leite, laranja, melão, abacaxi, banana, morango, melancia, abacate entre outros. Um organismo carente de biotina apresenta inflamações, furúnculos e sensibilidade na pele, além de perda de apetite, dores nos músculos, enjôos, problemas mentais, níveis elevados de colesterol no sangue e anemia. Um sintoma bastante típico da carência de B8 é a **alopecia** (queda de cabelos). Devido ao fato de o organismo não conseguir armazená-la, a biotina necessita de reposição diária e quando em excesso é expelida na urina.

Entre os benefícios da vitamina B8 ao organismo citam-se o fortalecimento das unhas, combate à queda de cabelo, renovação da pele e redução do colesterol.

#### VITAMINA B9 (ácido fólico)

A molécula de vitamina B9 é formada pela união de um ácido glutâmico, um PABA (ácido para-aminobenzoico) e uma pteridina. Por essa razão é chamada de ácido pteroilglutâmico, ou ácido fólico, porque sua presença foi demonstrada primeiramente nas folhas dos vegetais. As bactérias, caso haja fonte externa de PABA, são capazes de sintetizar a vitamina B9, que atua nesses microorganismos como um importante fator de crescimento. Esse conhecimento foi de extrema importância para a descoberta do antibiótico sulfanilamida que, por ser semelhante ao PABA, atua como um inibidor competitivo das enzimas produtoras de ácido fólico, impedindo a síntese de vitamina B9 e, conseqüentemente, a inibição do crescimento e multiplicação das bactérias. Esse medicamento deve ser utilizado apenas sob recomendação médica, uma vez que também pode interferir no metabolismo das bactérias da microbiota, que têm o importante papel de sintetizar vitamina B9 para o organismo humano.

Três funções principais da vitamina B9 para os seres humanos são: a de atuar como coenzima na síntese de ácidos nucleicos (DNA e RNA), síntese de alguns aminoácidos e, junto à vitamina B12, atuar na hematopoese (produção de hemácias). Diariamente é necessária a ingestão de pequenas quantidades desta vitamina, variando de 0,05mg a 0,8mg.

A hipovitaminose de B9 pode causar uma anemia megaloblástica parecida com a anemia perniciosa, diarreia e lesões gastrointestinais. Mulheres grávidas devem evitar exposição excessiva ao sol, pois estudos apontam que os raios ultravioletas destroem o ácido fólico da pele. Mulheres nessas condições também precisam aumentar a ingestão de ácido fólico, pois pequenas quantidades podem causar má formação nervosa do embrião. Duas situações que podem ocorrer são:

**Espinha bífida:** causada pelo mal fechamento da região inferior do tubo neural.

**Anencefalia:** causada pelo mal fechamento da região superior do tubo neural. A má formação do sistema nervoso é uma condição letal.



#### VITAMINA B12 (cianocobalamina)

A vitamina B12, também chamada de **cobalamina**, é um grupo de vitaminas caracterizadas por ser a única a possuir um elemento mineral na sua constituição, o **cobalto**. Essa vitamina está relacionada à formação das bases nitrogenadas e, conseqüentemente, à síntese do DNA. A cobalamina também participa, junto à vitamina B9, da formação das hemácias.

Seres representantes da microbiota intestinal são responsáveis por parte da síntese de vitamina B12 necessária ao organismo, sendo que o restante precisa ser ingerido na dieta para que se alcance quantidades maiores que 0,5mg por dia. É importante saber que vegetais e animais não sintetizam a vitamina B12, cabendo a síntese apenas a microrganismos como alguns fungos unicelulares. As principais fontes de cobalamina na dieta são principalmente as carnes e miúdos, que

devem ser ingeridas em quantidade suficiente para fornecer de 0,5 a 1,2 mg de vitamina B12 por dia.

A absorção de vitamina B12 no intestino necessita da presença do **fator intrínseco antianêmico** (FIA), produzido pelas células do estômago. Desta forma, caso haja lesões à mucosa intestinal, a síntese de FIA pode ser comprometida e a absorção de cobalamina pode ser cessada, levando o indivíduo a desenvolver um quadro de **anemia perniciosa ou de Addison**, já que, na carência de B12, a formação das hemácias será prejudicada.

### Vitamina C:

A **vitamina C**, também denominada **ácido ascórbico**, é uma molécula utilizada na hidroxilação de diversas reações químicas celulares. Ela é hidrossolúvel, ou seja, o organismo utiliza a quantidade que necessita e elimina o excedente. Possui coloração branca e é inodora. Quando submetida à altas temperaturas, por um longo período, é destruída.

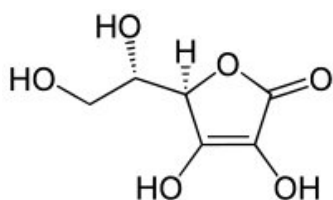


Figura: molécula de ácido ascórbico. Quimicamente tem fórmula molecular  $C_6H_8O_6$ .

Esta **vitamina** é encontrada em alimentos como frutas cítricas, morango, **tomate**, pimentão-doce, **brócolis**, **couve-flor**, batatas, entre outros. Suas funções no organismo são variadas: auxilia na resposta imunitária do organismo, participando da síntese de anticorpos; é fundamental na síntese de colágeno; atua como antioxidante e auxilia na utilização eficiente do ferro.

O **colágeno** é uma proteína fundamental para a composição dos tecidos conjuntivos e, na sua composição, possui o aminoácido 4-hidroxi-prolina, um aminoácido especial que não é codificado pelo código genético. A vitamina C atua como coenzima na transformação da prolina em 4-hidroxi-prolina, sendo, assim, fundamental para a síntese do colágeno. Após ser absorvida pelo organismo é oxidada e, por desidrogenação, se transforma em ácido deidroascórbico. Ao se oxidar, a vitamina C se sacrifica para proteger o colágeno e outras proteínas da oxidação. Por atuar na síntese de anticorpos, a vitamina C participa no aumento da imunidade, **não** tendo relação direta no tratamento de doenças virais.

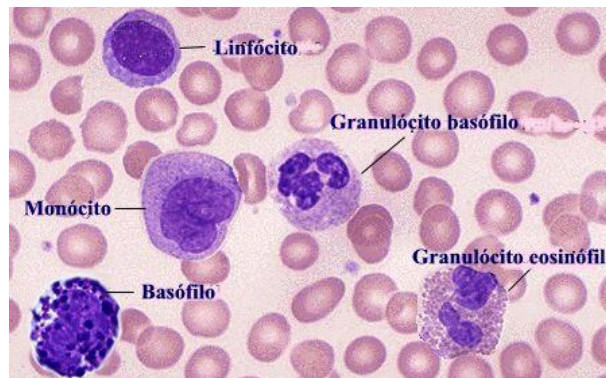
O resultado da falta prolongada de Vitamina C no organismo é a avitaminose denominada **escorbuto**, no qual os sintomas apresentados pelos indivíduos acometidos são: hemorragias gengivais, tumefação purulenta das gengivas, dores nas **articulações**, feridas que não cicatrizam e desestabilização dentária. Essa doença é rara atualmente, mas esteve muito presente em marinheiros que passavam vários dias em alto mar sem presença de frutas na sua dieta.

Até onde se sabe, a alta ingestão dessa vitamina não leva à efeitos colaterais, no entanto, altas doses por um longo período de tempo pode ter efeito laxativo.

## Ácidos Nucleicos

### 1. Introdução:

A descoberta do DNA ocorreu em 1869 e foi feita pelo bioquímico alemão Johann **Friedrich Miescher**. Miescher buscava determinar os componentes químicos do núcleo celular e usava os glóbulos brancos contidos no pus para suas pesquisas. Os glóbulos brancos eram um bom material pois são células que apresentam núcleos grandes e fáceis de serem isolados do citoplasma. Além disso, o pus era muito fácil de se conseguir em ataduras usadas em fermentos.



Note os núcleos volumosos (cor: roxo escuro) nos glóbulos brancos dessa imagem histológica

Analisando os núcleos, Miescher descobriu a presença de um composto de natureza ácida que era desconhecido até o momento. Esse composto era rico em fósforo e em nitrogênio, era desprovido de enxofre e resistente à ação da pepsina (enzima proteolítica - ou seja, não era uma proteína). Esse composto, que aparentemente era constituído de moléculas grandes, foi denominado, por Miescher, nucleína.

Em 1880, um outro pesquisador alemão, **Albrecht Kossel**, demonstrou que a nucleína continha bases nitrogenadas em sua estrutura, explicando o fato da nucleína ser rica em nitrogênio. Nove anos depois (1889), **Richard Altmann**, que era aluno de Miescher, obteve a nucleína com alto grau de pureza, comprovando sua natureza ácida e dando-lhe, então, o nome de **ácido nucleico**.

A partir daí, o material mais utilizado para estudo e obtenção do ácido nucleico passou a ser o timo de bezerro, cujo tecido apresenta células com núcleos grandes. Foi descoberto que a degradação do ácido nucleico do timo, chamado de ácido timonucleico, liberava quatro tipos de bases nitrogenadas:

- dois tipos de **bases púricas**: adenina e guanina
- dois tipos de **bases pirimídicas**: citosina e timina

Foi demonstrado também que um outro produto da degradação do ácido nucleico era um glicídio com 5 átomos de carbono, uma pentose, no caso uma desoxirribose. O fósforo estava presente na forma de um derivado do ácido fosfórico, o fosfato. Tinha-se até o momento que o ácido nucleico era composto de bases nitrogenadas (púricas e pirimídicas), de um glicídio (pentose) e de fosfato.

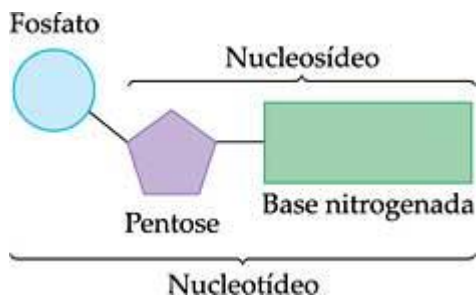
Em 1890 foi descoberto em levedura (fermento) um outro tipo de ácido nucleico, que possuía uracila ao invés de timina e ribose ao invés da desoxirribose. Dessa maneira, foram caracterizados dois tipos de ácidos nucleicos, de acordo com o glicídio que possuíam:

- ácido ribonucleico (RNA)
- ácido desoxirribonucleico (DNA)

Em 1912 **Phoebus Levine** (1869 - 1940) e **Walter Jacobs** (1883 - 1967) concluíram que o componente básico dos ácidos nucleicos era uma estrutura composta por uma unidade que se constituía numa base nitrogenada ligada a uma pentose, e esta, por sua vez, ligada a um fosfato. Esta unidade foi denominada de **nucleotídeo**. Um ácido nucleico seria então uma molécula composta por vários nucleotídeos unidos entre si, ou seja, um polinucleotídeo.

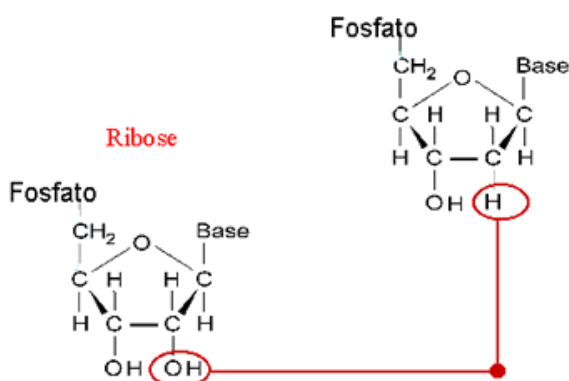
### 2. Estudo dos nucleotídeos:

Os ácidos nucleicos são moléculas grandes (macromoléculas), formadas por unidades monoméricas menores conhecidas como nucleotídeos. Cada nucleotídeo, por sua vez, é formado por três partes:

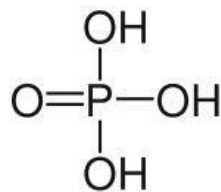


a) um **açúcar** do grupo das pentoses (monossacarídeos com cinco átomos de carbono): desoxirribose no DNA e ribose no RNA.

**Desoxirribose**



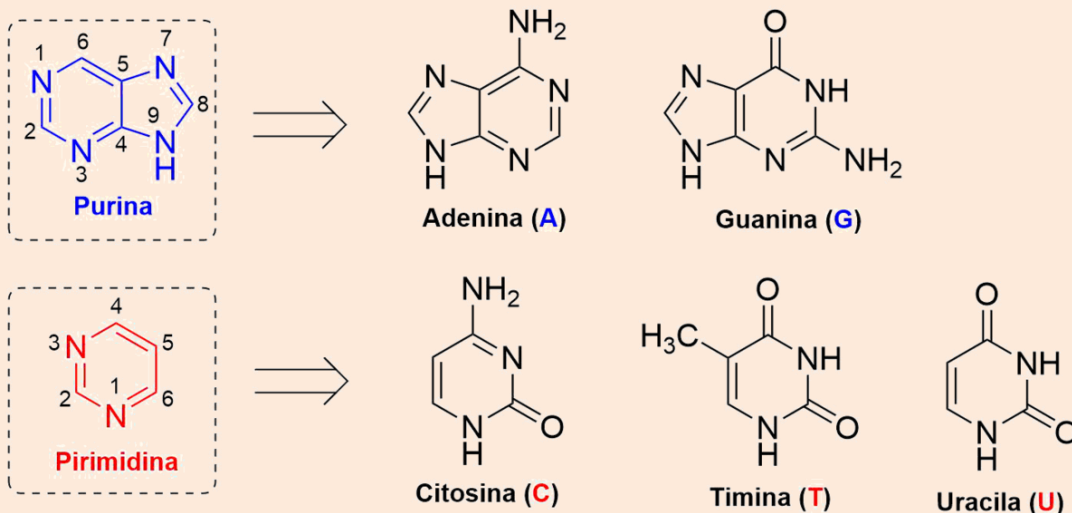
b) um radical **"fosfato"**, derivado da molécula do ácido ortofosfórico ( $H_3PO_4$ ): confere o caráter ácido aos ácidos nucleicos.



c) uma **base orgânica nitrogenada**:

a) **púrica**: possuem dois anéis carbônicos na sua estrutura molecular, como a adenina e a guanina

b) **pirimídica**: possuem apenas um anel carbônico na sua composição, como a timina, uracila e citosina.



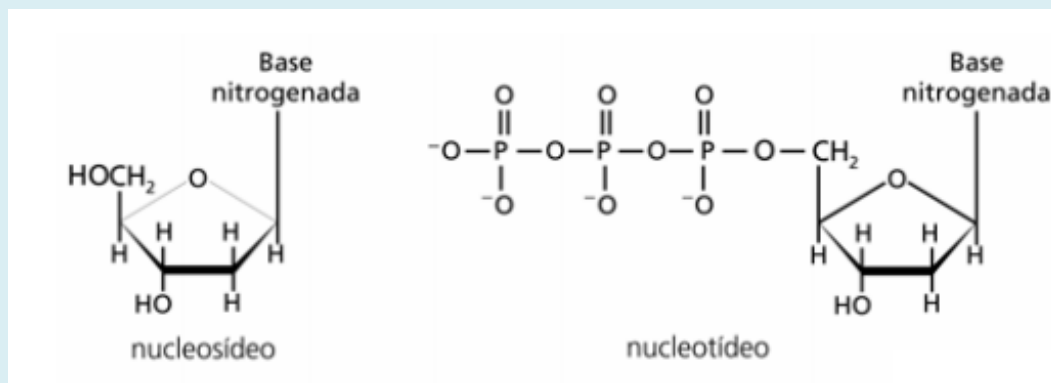
*Observação: dos seus três componentes (açúcar, radical fosfato e base orgânica nitrogenada) apenas o radical fosfato não varia no nucleotídeo. Os açúcares e as bases nitrogenadas são variáveis.*

Os nucleotídeos, além de fazerem parte da composição do DNA e RNA, estão também relacionados com o armazenamento e transferência de energia química. Por exemplo, na molécula de ATP, que é formada pela união de uma adenosina com três fosfatos, são armazenadas entre essas ligações uma grande quantidade de energia. Quando a célula necessita de energia para exercer suas funções vitais, quebram as ligações fosfato deste nucleotídeo, liberando cerca de 7,2 Kcal/mol.

Outros nucleotídeos atuam na sinalização celular. Por exemplo, quando um hormônio se liga aos seus receptores celulares no intuito de levar uma mensagem para a célula, ocorre a ativação da enzima adenilato ciclase que metaboliza o ATP intracelular, formando moléculas de AMPc, que atua como segundo mensageiro da resposta celular.

### Se liga!!!

Os nucleosídeos são constituídos apenas da base nitrogenada ligada ao carbono C1 da pentose através de ligação N-glicosídica.



A nomenclatura dos nucleotídeos depende do tipo de base nitrogenada presente. Por exemplo, quando a base for a adenina, o nucleotídeo será chamado de adenosina; quando for guanina, guanosina; e se for a timina, será chamado de timosina.

A adenosina desempenha um papel importante na bioquímica, pois está relacionada com a transferência de energia, sob a forma de adenosina trifosfato (ATP) e adenosina difosfato (ADP), armazenando energia potencial essencial para o metabolismo energético dos animais. Sob a forma de adenosina monofosfato cíclico (AMPc), colabora em vias de  **sinalização intracelular**.

### (3) Estudo do DNA:

A sigla DNA significa, traduzindo para o português, ácido desoxirribonucleico. Essas moléculas são encontradas, na sua maioria, no núcleo das células eucariontes ou na região nucleóide das células procariontes, podendo também ser encontradas nas mitocôndrias e nos cloroplastos. O DNA é o responsável pelo controle e comando das funções celulares e pela transmissão de características herdáveis ou, simplesmente, pela **hereditariedade**.

#### a) Estrutura do DNA:

Nós já vimos que o DNA se constitui de nucleotídeos e que esses nucleotídeos são polímeros constituídos de pentose, um fosfato e uma base nitrogenada. Logo, no caso do DNA, o açúcar referido se trata da desoxirribose e as bases nitrogenadas são a adenina, guanina, citosina e a timina. A molécula de DNA é estruturada em cadeias, variando de organismo para organismo, como cadeia simples, dupla e, em raros casos, tripla.

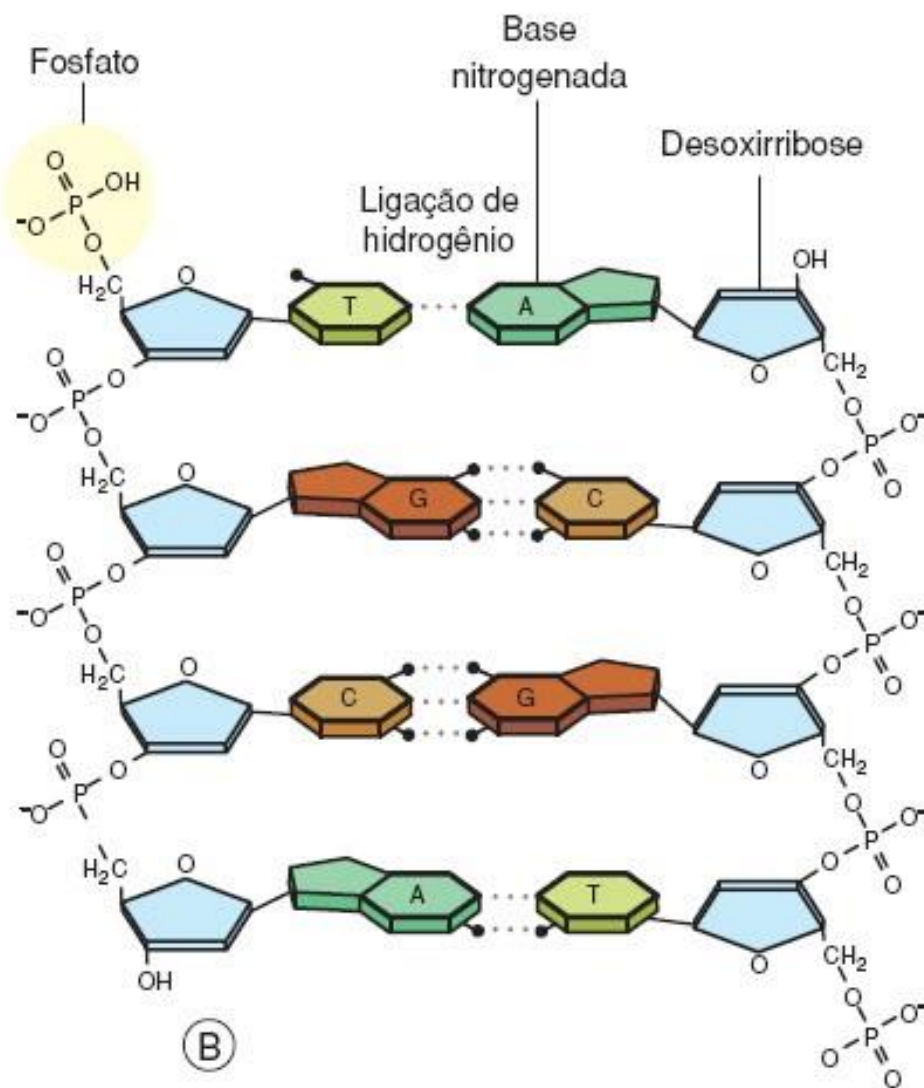
O modelo de DNA humano atual propõe que os nucleotídeos se arranjam em duas cadeias complementares e antiparalelas girando em torno de um eixo. Assim, eles se dispõem aos pares e em cadeia dupla, sendo que suas ligações proporcionam uma disposição em hélice. Por essa razão, o modelo recebeu o nome de dupla hélice do DNA.



Para formar cada uma das cadeias ou fitas, os nucleotídeos se ligam por uma **ligação fosfodiéster**. Mais especificamente, o carbono 5' da pentose se liga ao grupo fosfato desse mesmo nucleotídeo e o carbono 3' se liga ao grupo fosfato do nucleotídeo seguinte. Uma vez que as cadeias são antiparalelas, ou seja, na mesma direção, mas no sentido inverso, diz-se que a direção das ligações é 3' 5' ou 5' 3', dependendo de qual das cadeias que se está referindo. Assim, são formadas duas cadeias compostas por uma sequência de nucleotídeos ligados.



# Oficina de ESTUDOS



Para que os nucleotídeos fiquem pareados, é necessário que essas duas cadeias sejam ligadas. As cadeias se ligam na parte interna da molécula por **ligações de hidrogênio** entre as bases nitrogenadas de cada uma delas. Entretanto, elas não se ligam aleatoriamente umas com as outras. Esses pares são formados por ligações entre uma base nitrogenada púrica e outra pirimídica. Mais detalhada e obrigatoriamente, a guanina se liga com a citosina (por três ligações de hidrogênio) e a adenina se liga com a timina (por duas ligações de hidrogênio). Assim, o DNA se forma com o pareamento dos nucleotídeos que compõem as duas cadeias antiparalelas.

Em resumo, a estrutura básica do DNA humano é formada, na parte externa da molécula, pela ligação entre a desoxirribose de um nucleotídeo com o grupo fosfato de outro e na região interna pela formação de ligações de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.

**Observação 1: Relação de Chargaff:** na molécula de DNA a ligação das duas fitas sempre ocorre entre uma base púrica e uma base pirimídica. Assim:  $A + G = T + C$

Ou seja, se a porcentagem de uma base é conhecida, todas as outras poderão ser descobertas. Por exemplo: se o percentual de citosinas é de 30%, tem-se:  
 $C=30\% \rightarrow C = G \rightarrow G=30\% \rightarrow G + C = 60\%$   
 $T + A = 40\% \rightarrow T = A = 20\%$

### b) Replicação do DNA:

Uma característica essencial à continuidade da vida em nosso planeta é a capacidade que os organismos têm de fazer cópias de si mesmos. Essa capacidade de copiar está associada ao material genético, o DNA. Porém, de que maneira os organismos fazem as suas cópias? Essas cópias são feitas através da duplicação do DNA. Esse processo de duplicação do DNA, chamamos de replicação e ocorre durante a fase "S" da interfase.

#### Hipótese da replicação semiconservativa:

Uma hipótese para a replicação da molécula de DNA foi proposta por **Watson e Crick** em 1953. Watson e Crick imaginaram que durante a replicação do DNA, cada uma das duas cadeias da molécula serviria como

um molde para a confecção de uma nova cadeia complementar. Dessa forma, uma molécula de DNA, ao se replicar, produziria duas moléculas filhas idênticas à molécula mãe original, cada uma delas contendo uma das cadeias da molécula mãe antiga, e uma nova cadeia, recém-sintetizada. De acordo com essa hipótese, metade da molécula de DNA é conservada a cada replicação, portanto, esse mecanismo de reprodução do DNA foi chamado de **replicação semiconservativa**.





Tendo a hipótese da replicação semiconservativa, o próximo passo era testar essa hipótese. Esse teste foi possível graças ao desenvolvimento das técnicas de análise bioquímica que ocorreu ao longo da década de 1950. Foi feito pela primeira vez em 1958 pelos pesquisadores **Matthew Meselson** e **Franklin Stahl**. Eles trabalharam com a **marcação do DNA por incorporação de nitrogênio pesado  $^{15}\text{N}$** .

Meselson e Stahl imaginaram que, se as duas cadeias polinucleotídicas de uma molécula de DNA fossem marcadas, seria possível fazer uma previsão sobre o destino dessas cadeias no decorrer

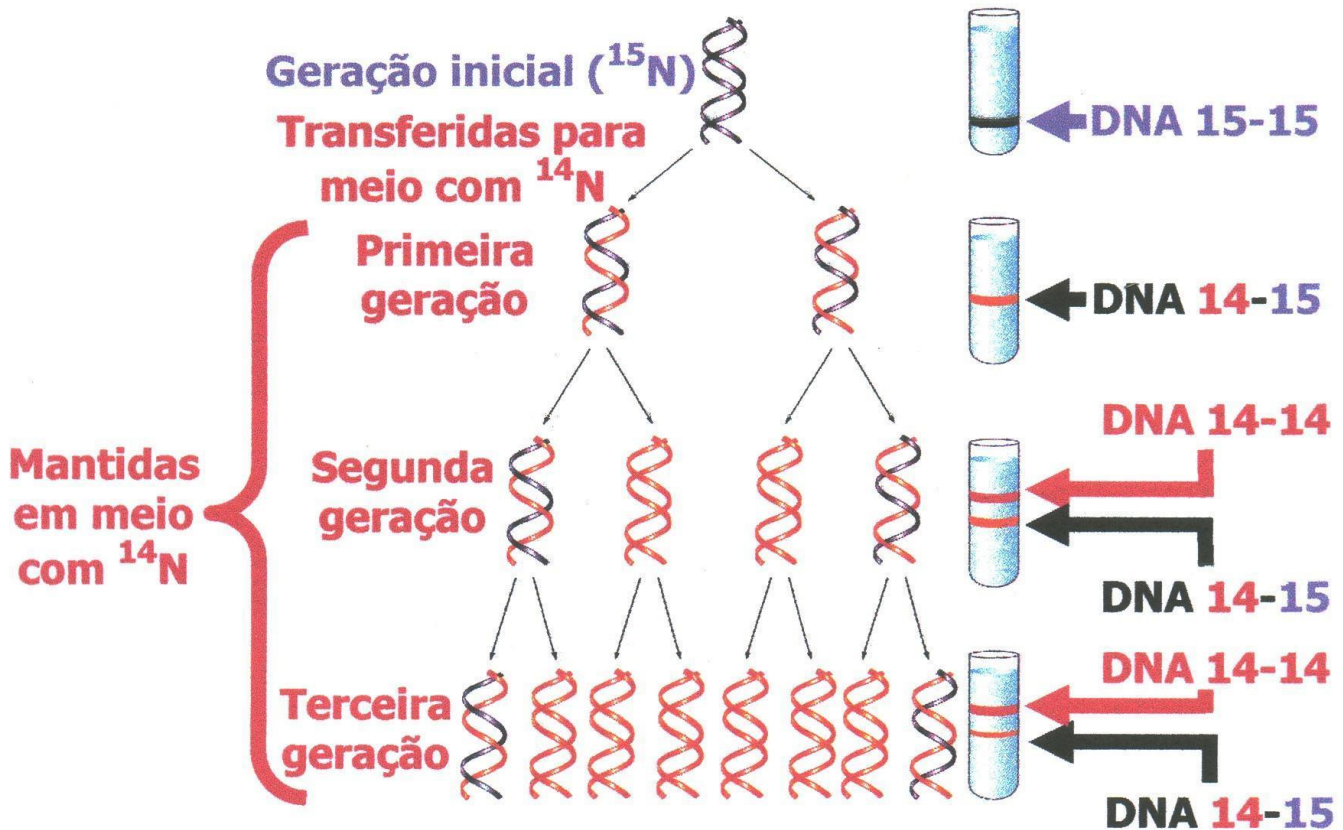
das gerações celulares subsequentes. Segundo a previsão destes cientistas:

- a) após uma replicação, ambas as moléculas filhas estariam marcadas e cada uma delas conteria metade da marcação da molécula mãe original.
- b) após duas replicações, metade das moléculas estaria marcada e a outra metade não. A metade marcada, conteria a mesma marcação que as moléculas originais (que foram geradas na primeira replicação).

Meselson e Stahl marcaram, então, as moléculas parentais de DNA com um isótopo pesado, mas não radioativo, do nitrogênio, o  $^{15}\text{N}$ . Eles fizeram isso cultivando *Escherichia coli* em um meio de cultura no qual a única fonte de nitrogênio disponível era um sal contendo o isótopo  $^{15}\text{N}$ . Após 14 gerações nesse meio de cultura, pôde-se prever que todo o DNA das bactérias continha  $^{15}\text{N}$  ao invés de  $^{14}\text{N}$ . As bactérias foram, então, transferidas para um meio de cultura contendo apenas a forma leve do nitrogênio, o  $^{14}\text{N}$ . Assim, todo o DNA sintetizado a partir desse momento seria sintetizado com o  $^{14}\text{N}$ , e não mais com  $^{15}\text{N}$ .

De acordo com a hipótese da replicação semiconservativa era previsto que, após um ciclo de replicação no novo meio de cultura (contendo apenas  $^{14}\text{N}$ ), cada nova molécula de DNA conteria 50% de  $^{15}\text{N}$  e 50% de  $^{14}\text{N}$ ; e, após dois ciclos de replicação, metade das moléculas de DNA conteria apenas  $^{14}\text{N}$  e a outra metade seria híbrida, contendo 50%  $^{15}\text{N}$  e 50%  $^{14}\text{N}$ , conforme podemos ver no esquema mostrado na figura a seguir:

### Gradiente de sedimentação de cloreto de cério



Agora, de que maneira foi possível identificar os diferentes tipos de molécula (contendo diferentes quantidade de  $^{14}\text{N}$  e  $^{15}\text{N}$ ) para verificar se a previsão se confirmava?

A distinção entre os diferentes tipos de DNA foi possível graças a técnica analítica desenvolvida por **Jerome Vinograd**, que ficou conhecida como **centrifugação de equilíbrio em gradiente de densidade** (O nome é complexo, mas você vai entender, beleza?). O gradiente de densidade se forma quando uma solução de cloreto de cério é submetida a uma ultracentrifugação. O sal de cério fica distribuído em concentrações gradativamente maiores, do topo para o fundo do tubo de ensaio, de modo que a solução é mais densa no fundo e menos densa no topo. Quando moléculas são misturadas a uma

solução de cloreto de célio, e essa mistura é submetida a uma ultracentrifugação, as moléculas se posicionarão no gradiente de densidade do célio, em uma faixa correspondente à sua própria densidade.

Moléculas de DNA com diferentes proporções de  $^{14}\text{N}$  e  $^{15}\text{N}$  tem densidades diferentes e, portanto, se posicionarão em regiões diferentes no tubo de ensaio de acordo com a proporção que possuírem desse elemento. O  $^{15}\text{N}$  é mais denso que o  $^{14}\text{N}$ , portanto teremos as moléculas de DNA distribuídas da seguinte maneira no tubo:



100%  $^{15}\text{N}$ : mais abaixo (vermelho).

100%  $^{14}\text{N}$ : mais acima (azul).

50%  $^{15}\text{N}$ , 50% de  $^{14}\text{N}$ : posição intermediária (azul/vermelho).

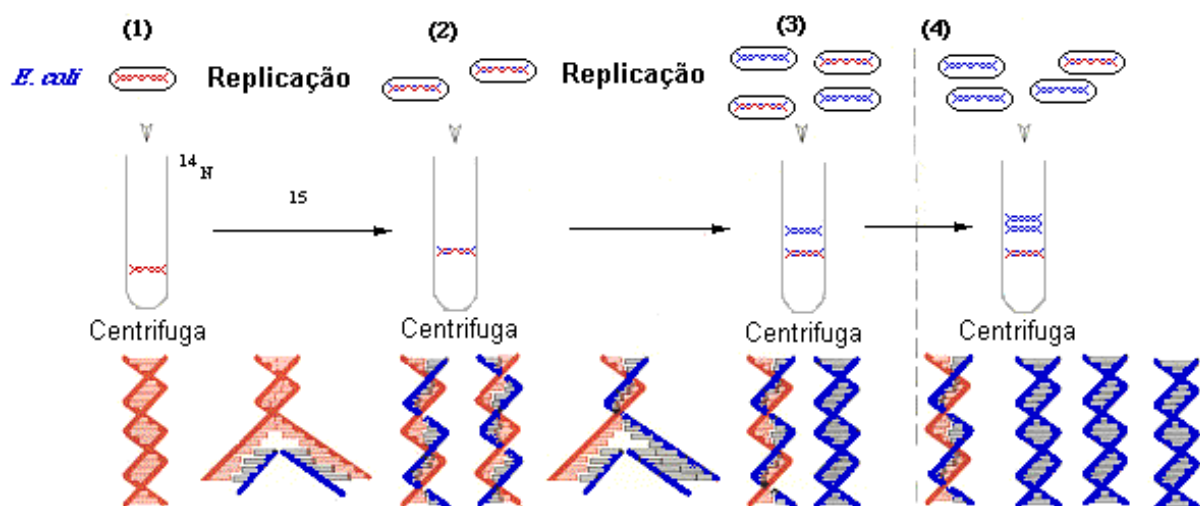
Em seu experimento, Meselson e Stahl verificaram que:

1 - moléculas de DNA extraídas de bactérias cultivadas em meio normal com  $^{14}\text{N}$  formavam uma faixa na parte superior do gradiente de cloreto de célio, ou seja, tinham uma densidade relativamente baixa.

2 - O DNA extraído de bactérias cultivadas por 14 gerações em  $^{15}\text{N}$ , formava uma faixa na parte inferior do gradiente, isto é, tinha uma densidade relativamente alta.

3 - O DNA extraído da primeira geração produzida a partir de bactérias marcadas com  $^{15}\text{N}$  e cultivadas em  $^{14}\text{N}$ , ficavam numa posição intermediária do gradiente, entre as duas anteriores.

4 - O DNA extraído da segunda geração produzida a partir de bactérias marcadas com  $^{15}\text{N}$  e cultivadas em  $^{14}\text{N}$ , formavam duas faixas no gradiente de célio, uma correspondente as moléculas não-marcadas ( $^{14}\text{N}$ ) e outra correspondente às moléculas contendo 50%  $^{14}\text{N}$  e 50%  $^{15}\text{N}$ .



Os resultados experimentais concordaram, portanto, com a previsão da hipótese da replicação semiconservativa do DNA, a qual foi, então, aceita como verdadeira.

### c) Passo a passo da replicação:

O processo de replicação do DNA envolve a participação de diversas enzimas, entre elas, as polimerases. Elas atuam no processo da síntese da nova molécula de DNA. Mas como a síntese ocorre?

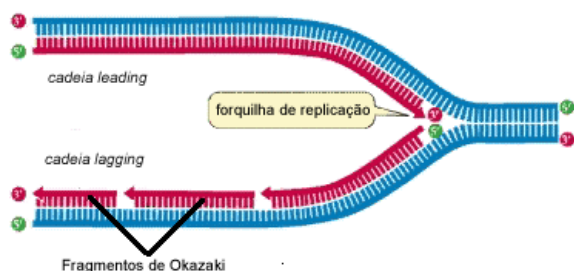
A síntese semiconservativa do DNA precisa que nucleotídeos livres sejam posicionados sobre uma cadeia polinucleotídica molde, e estejam unidos entre si, formando uma nova cadeia complementar à cadeia mãe que serve como molde. A enzima que atua nesse processo é a **polimerase III**. As polimerases III do DNA atuam adicionando um nucleotídeo por vez na extremidade 3' livre de uma cadeia polinucleotídica em formação, que se encontre emparelhada com a cadeia molde. Por isso dizemos que a síntese de DNA ocorre no sentido 5' -> 3'. A marcação do ponto de início da adição de nucleotídeos é realizada por um fragmento de RNA chamado de **primer**, adicionado naquele local pela enzima **RNA-Primase**.

As polimerases III do DNA só adicionam um nucleotídeo à cadeia em crescimento se o último estiver corretamente emparelhado ao nucleotídeo correspondente da cadeia molde. Caso isso não ocorra, um outro tipo de polimerase remove o nucleotídeo da extremidade 3' livre incorretamente emparelhado. Essa propriedade das polimerases é denominada **atividade exonucleotídica 3' => 5'**. Note que ela é inversa ao sentido de crescimento da cadeia. A polimerase responsável por esse reparo é a polimerase tipo I ou **exonuclease**.

A replicação semiconservativa do DNA exige que duas cadeias polinucleotídicas que formam a hélice do DNA se separem, de modo a expor as bases que irão orientar o emparelhamento dos nucleotídeos para formação das novas cadeias complementares às cadeias moldes. A separação de duas cadeias da hélice do DNA ocorre à medida que as novas cadeias vão sendo sintetizadas. A região de separação das cadeias tem a forma de uma letra **Y** e é denominada **forquilha de replicação**. A enzima que catalisa essa separação, rompendo as pontes de hidrogênio que unem as hélices, é a **DNA-helicase**. A **DNA-girase** desfaz os giros da molécula.

Os experimentos mostraram que ambas as cadeias filhas são sintetizadas na forquilha de replicação por um complexo de enzimas que inclui a polimerase III do DNA. Como, no entanto, as duas cadeias moldes são antiparalelas, em uma delas a síntese da cadeia complementar ocorre no sentido 5' => 3', mas na outra cadeia essa síntese teria que se dar no sentido inverso, ou seja, 3' => 5'. No entanto, as duas cadeias são sintetizadas pela polimerase III do DNA, que só catalisa o crescimento da cadeia no sentido 5' => 3'. A explicação para esse paradoxo é que, na forquilha de replicação, uma das cadeias é sintetizada continuamente por uma polimerase que se move no mesmo sentido do deslocamento da forquilha, enquanto a cadeia com polaridade inversa é sintetizada no sentido inverso ao do deslocamento da forquilha de replicação, portanto, também no sentido 5' => 3'. Isso é possível porque, nesse último caso, a polimerase sintetiza segmentos

polinucleotídicos curtos, que são, posteriormente, unidos para formar a nova cadeia contínua.



A cadeia que cresce no mesmo sentido que o deslocamento da forquilha de replicação, e cuja síntese ocorre **continuamente**, é chamada de **cadeia leading ou líder**. A cadeia que cresce no sentido oposto ao

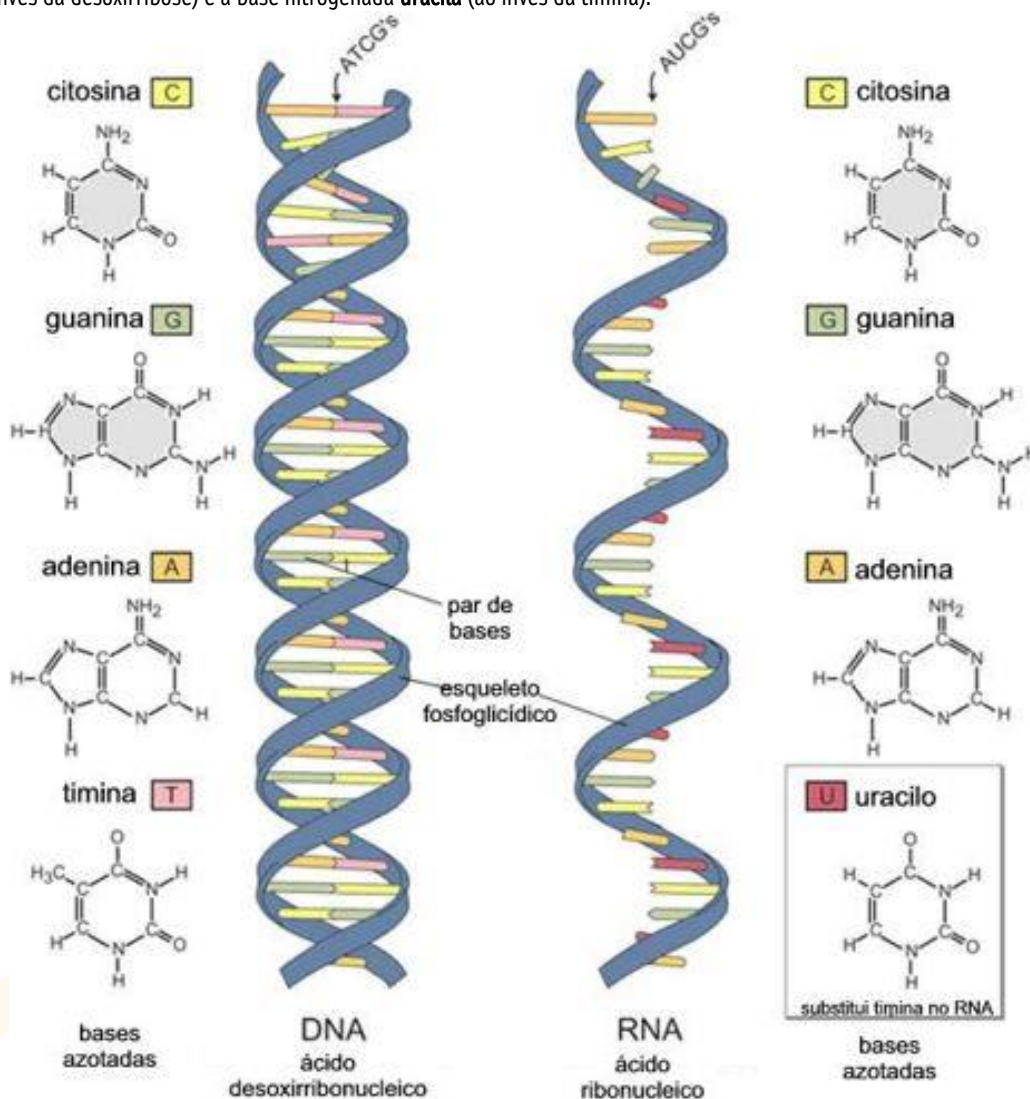
deslocamento da forquilha de replicação, e cuja síntese ocorre **descontinuamente**, é chamada de **cadeia lagging ou retardada**.

Esse modo de replicação do DNA, em que uma das cadeias é sintetizada continuamente e a outra, descontinuamente, é chamado de **síntese semidescontínua**. Costuma-se dizer também que a síntese do DNA na forquilha de replicação é assimétrica, pois em uma das cadeias (cadeia *leading*) ela ocorre continuamente, enquanto na outra (cadeia *lagging*) ela ocorre de modo descontínuo, em fragmentos. Esses fragmentos são denominados **fragmentos de Okazaki**.

Após o término da formação das fitas polinucleotídicas a enzima exonuclease removerá os primers de RNA e a **DNA-ligase** ligará os ligamentos de Okazaki e reestabelecerá as ligações entre as duas novas moléculas de DNA.

#### (4) Estudo do RNA:

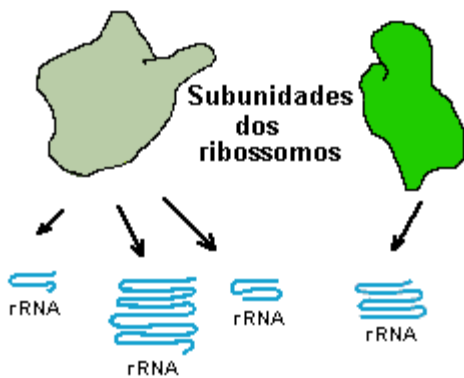
As moléculas de RNA são constituídas por uma sequência de nucleotídeos, que diferem do DNA por formarem uma **fita simples**, por apresentarem o açúcar **ribose** (ao invés da desoxirribose) e a base nitrogenada **uracila** (ao invés da timina).



#### Tipos de RNA

Existem três tipos básicos de RNA, que diferem um do outro no peso molecular: o **RNA ribossômico**, representado por RNAr, o **RNA mensageiro**, representado por RNAm e o **RNA transportador**, representado por RNAt ou RNAs (já que também é chamado de RNA solúvel).

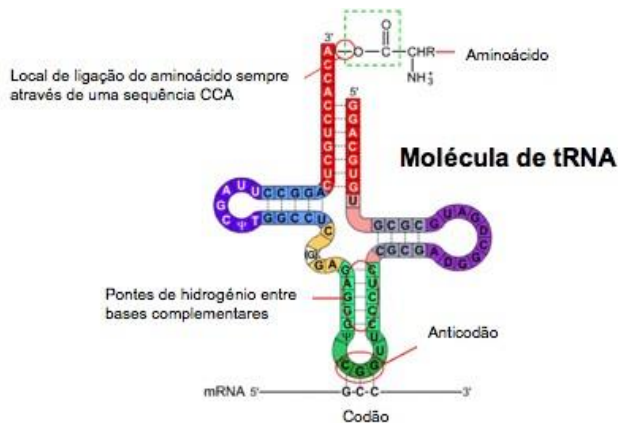
a) O **RNA ribossômico** é o de maior peso molecular e constituinte majoritário do ribossomo, organela relacionada à síntese de proteínas na célula.



b) O **RNA mensageiro** é o de peso molecular intermediário e atua conjuntamente com os ribossomos na síntese proteica.



a) O **RNA transportador** é o mais leve dos três e encarregado de transportar os aminoácidos que serão utilizados na síntese de proteínas. Possui forma de folha de trevo e possui duas porções de destaque: a trinca CCA (extremidade 3'), que se liga aos aminoácidos após catálise da enzima aminoacil-RNA-t-sintetase, e o anticódon, que se liga ao códon do RNAm.

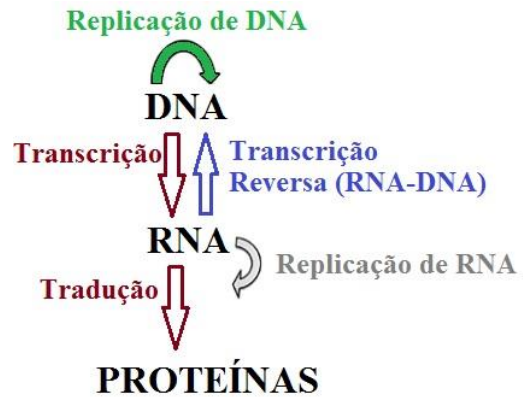


*Observação: a presença de pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas dos RNAt levaram alguns cientistas a citarem que essas moléculas podem possuir cadeia dupla, como os DNA's.*

### (5) Dogma central da biologia molecular:

O Dogma Central da Biologia Molecular foi postulado por Francis Crick em 1958. Ele explica como ocorre o fluxo de informações do código genético. Esse modelo mostra principalmente que uma sequência de um ácido nucleico pode formar uma proteína, entretanto o contrário não é possível. Segundo esse dogma, o fluxo da informação genética segue o seguinte sentido: DNA → RNA → PROTEÍNAS.

Algumas mudanças já foram feitas no modelo proposto originalmente. Isso ocorreu em razão de hoje se saber, por exemplo, que algumas enzimas são capazes de utilizar o RNA para produzir DNA. Esse dogma atualizado pode ser resumido e representado da seguinte maneira:



Observa-se, portanto, que esse dogma demonstra todos os processos pelos quais os ácidos nucleicos podem passar. Temos o DNA, onde está contida a informação genética, que pode ser transcrito em moléculas de RNA. No processo de **transcrição**, uma molécula de DNA serve como molde para a criação de uma molécula de RNA.

É nessa molécula de RNA que é encontrado o código usado para organizar a sequência de aminoácidos e formar as proteínas no processo de **tradução**. Esse processo consiste na união de aminoácidos, obedecendo à ordem de códon apresentados em um RNA mensageiro. Observa-se também a replicação do DNA, processo pelo qual uma molécula de DNA é capaz de formar outra molécula idêntica à original.

Hoje também se sabe que uma molécula de RNA pode produzir DNA. Chamamos esse processo de **transcrição reversa** e ele acontece principalmente em vírus. Eles possuem uma enzima denominada transcriptase reversa, que transcreve o RNA para o DNA. A replicação do RNA também é um fato observado em alguns vírus. Essa molécula é replicada e atua como um RNA mensageiro. Para realizar esse processo, o vírus utiliza um RNA replicase. Observe também que uma proteína é formada a partir dos ácidos nucleicos, mas um ácido nucleico não pode ser formado a partir de uma proteína.

### (6) Código genético

O mecanismo de síntese de proteínas é comandado pelas moléculas de DNA. Na verdade, sequências específicas das moléculas de DNA, denominadas genes, é que comandarão a síntese proteica nos seres vivos. Os genes podem ser definidos como uma sequência de trinca de nucleotídeos capazes de codificar a síntese de proteínas.

O DNA é transcrito para a formação das moléculas de RNA. As moléculas de RNA podem ser do tipo RNA mensageiro (RNAm), RNA transportador (RNAt) e RNA ribossômico (RNAr), que são importantes no mecanismo de síntese de proteínas. A síntese de proteínas nas células dos seres vivos é realizada em duas etapas (transcrição e tradução), com uma grande especificidade entre as trinca do DNA, os códon do RNA mensageiro (RNAm) e os aminoácidos. O conjunto de trinca do DNA ou códon do RNAm formam o **Código Genético**.

O código genético é constituído por 64 códon para codificar vinte aminoácidos que entram na formação das proteínas. Dizemos que esse código genético é **universal**, pois a codificação (especificidade códon e aminoácido) é a mesma para qualquer espécie. As quatro bases do RNA (adenina, uracila, guanina e citosina), combinadas três a três, formam 64 códon, que constituem o código genético.

Por que cada códon é formado por uma trinca de nucleotídeos?

Se o códon fosse constituído por uma única base nitrogenada, como existem quatro tipos de bases no DNA ou no RNA, apenas quatro aminoácidos seriam codificados. Se o códon fosse constituído pela combinação de duas bases, como existem quatro tipos de bases no DNA ou no RNA, apenas dezesseis aminoácidos seriam codificados. Como percebemos, nenhuma das situações anteriores, para a formação dos códon, seria suficiente para a codificação dos vinte tipos de aminoácidos que formam as proteínas dos seres vivos. Então, vamos considerar que cada códon é constituído por uma trinca de nucleotídeos. Se o códon é constituído pela combinação de três bases, como existem quatro tipos

de bases no DNA ou no RNA, são 64 códons possíveis para a codificação de 20 aminoácidos para a formação das proteínas.

Segunda base do códon

		U	C	A	G		
Primeira base do códon	U	UUU } Phe UUC } UUA } Leu UUG }	UCU } UCC } SER UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA } UAG }	UGU } Cys UGC } UGA } UGG } Trp	U C A G	
	C	CUU } CUC } Leu CUA } CUG }	CCU } CCC } Pro CCA } CCG }	CAU } His CAC } CAA } Gln CAG }	CGU } CGC } Arg CGA } CGG }	U C A G	
	A	AUU } Ile AUC } AUA } AUG } Met	ACU } ACC } Thy ACA } ACG }	AAU } Asn AAC } AAA } Lys AAG }	AGU } Ser AGC } AGA } Arg AGG }	U C A G	
	G	GUU } GUC } Val GUA } GUG }	GCU } GCC } Ala GCA } GCG }	GAU } Asp GAC } GAA } Glu GAG }	GGU } GGC } Gly GGA } GGG }	U C A G	
							Terceria base do códon

Uma das propriedades do código genético é consequência do fato de existirem 64 códons para a codificação de 20 aminoácidos no mecanismo de síntese de proteínas. Observe que existem aminoácidos como a metionina (AUG) e o triptofano (UGG), que são codificados por um único códon.

Existem aminoácidos que são codificados por dois ou mais códons, situação que denominamos **código genético degenerado**. Essa expressão "código genético degenerado" significa que um mesmo aminoácido pode ser codificado por mais de um códon, mas o contrário não ocorre.

Pelo fato de o código genético ser degenerado, isto é, dois ou mais códons codificando um mesmo aminoácido, nem sempre uma mutação no material genético (DNA) provocará alteração na sequência de aminoácidos de uma proteína.



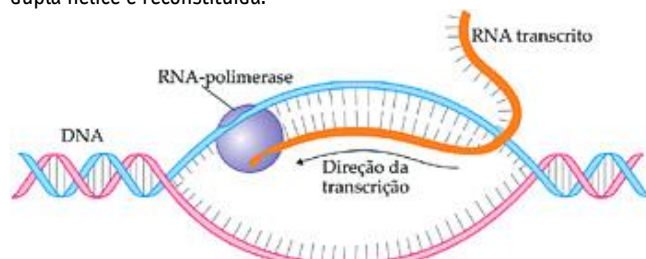
Nessa figura observa-se uma **Mutação silenciosa**.

### (7) Síntese proteica:

O DNA, além de produzir cópias de si mesmo, determina toda a estrutura das células e controla o seu funcionamento. Este ácido nucleico também regula a atividade das células através do controle da produção das proteínas. As informações contidas na molécula do DNA para o tipo de proteína a produzir estão codificadas. A síntese proteica é um fenômeno complexo que ocorre em duas etapas: A transcrição e a tradução.

#### a) Transcrição:

Essa etapa ocorre no núcleo das células e consiste na síntese de uma molécula de RNA a partir da leitura da informação contida numa molécula de DNA. Este processo inicia-se pela ligação de uma enzima à molécula de DNA, a RNA-polimerase. Esta enzima abre a dupla hélice destruindo as pontes de hidrogênio que ligam as bases complementares das duas cadeias. De seguida, a RNA-polimerase inicia a síntese de uma molécula de RNA de acordo com a complementaridade das bases nitrogenadas. Se, por exemplo, na cadeia de DNA o nucleotídeo for adenina, a RNA-polimerase liga ao RNA o nucleotídeo uracila. Quando termina a leitura, a molécula de RNA separa-se da cadeia do DNA. As duas cadeias complementares restabelecem as pontes de hidrogênio e a dupla hélice é reconstituída.



Nem todas as sequências da molécula de DNA codificam aminoácidos. Ao RNA transcrito (pré-RNA) são retiradas porções não correspondentes a aminoácidos (íntrons), ficando a molécula mais curta e apenas constituída por sequências que codificam os aminoácidos (éxons). Esta remoção de íntrons do RNA é chamada de processamento ou **splicing** (realizado por um complexo enzimático chamado de **spliciossomos**). A molécula de RNA formada migra para os ribossomos, saindo do núcleo através dos poros *anulli* da carioteca.

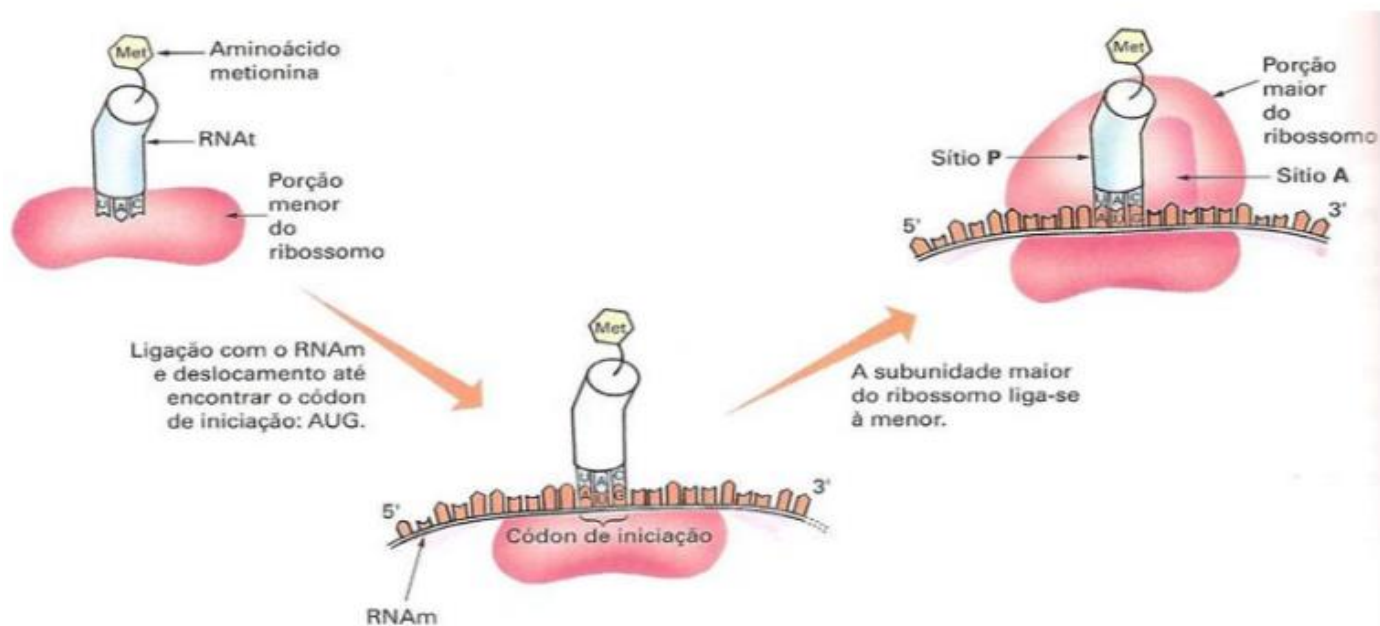
#### b) Tradução:

Esta etapa ocorre no citoplasma e consiste na leitura da mensagem do RNA, da qual resulta a produção de uma sequência de aminoácidos que, em cadeia, constitui uma proteína. É constituída por três fases: a iniciação, o alongamento, e a finalização.

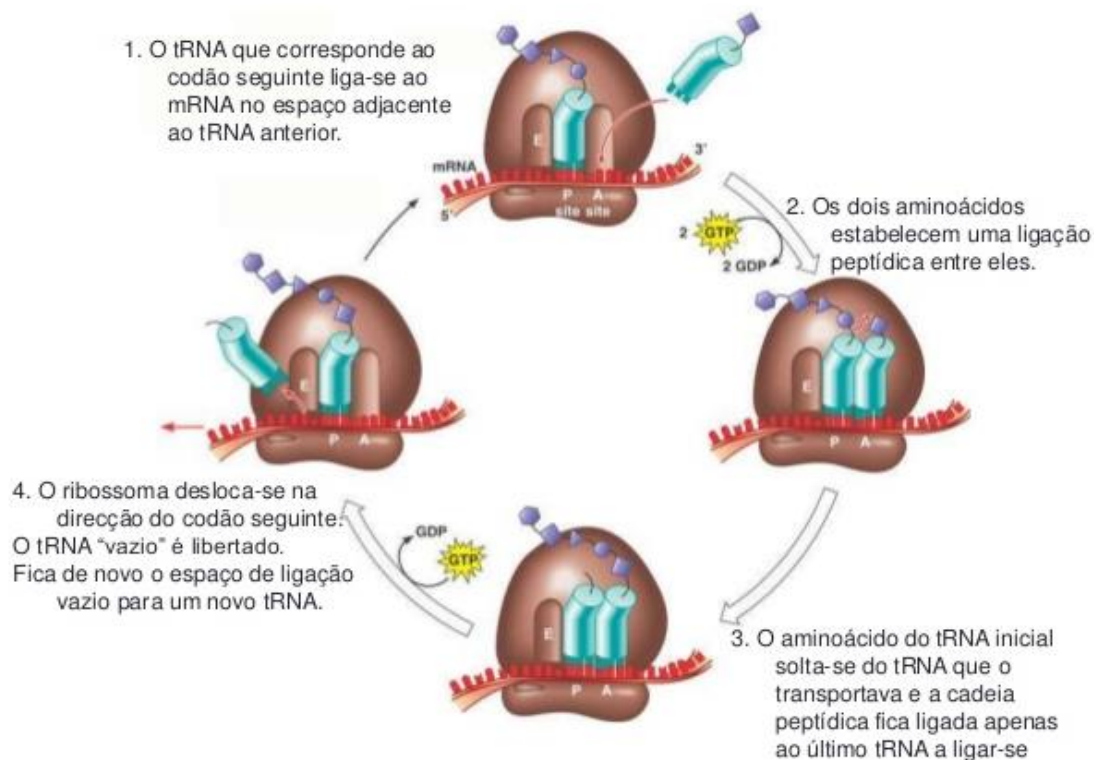
**Iniciação** – A subunidade menor do ribossomo liga-se ao RNA na região de AUG (códon de iniciação). O RNA, que transporta o aminoácido metionina (met), liga-se ao códon de iniciação por complementaridade da sua sequência de três nucleotídeos - anticódon. A subunidade maior liga-se à subunidade menor. O ribossomo está então funcional.



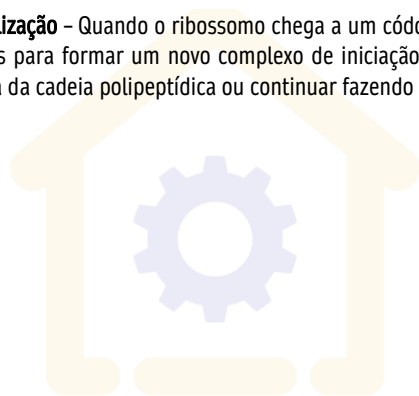
# Oficina de ESTUDOS



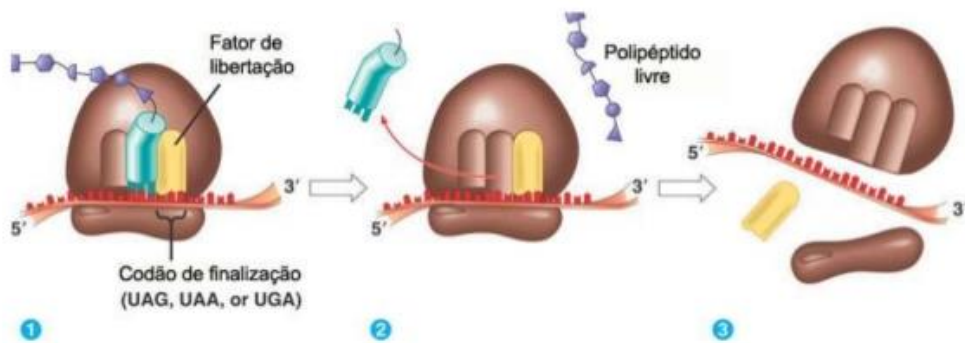
b) **Alongamento** – O anticódon de um novo RNA<sub>t</sub>, que transporta um segundo aminoácido, liga-se ao segundo códon. Forma-se, assim, uma ligação peptídica entre esses dois aminoácidos. O ribossomo avança três bases e o processo repete-se ao longo do RNA<sub>m</sub> para a construção de uma proteína.



c) **Finalização** – Quando o ribossomo chega a um códon de finalização, termina a síntese. A proteína liberta-se e as subunidades ribossomais podem ser utilizadas para formar um novo complexo de iniciação com uma molécula de RNA<sub>m</sub>. São códon de finalização: UAA, UAG, UGA. A metionina pode ser removida da cadeia polipeptídica ou continuar fazendo parte da cadeia.



Oficina de  
**ESTUDOS**



1. O codão de finalização não tem um tRNA correspondente com ligação a nenhum aminoácido. Chama-se por isso fator de liberação.
2. Como não há mais nenhum aa a ligar-se à cadeia peptídica, quer a cadeia quer o último tRNA que transportava um aa libertam-se do ribossoma.
3. Dá-se a separação final das subunidades constituintes do ribossoma.

#### Leitura de aprofundamento:

O **RNAi** (RNA interferente, ou RNA de interferência) ou RNAsi (silenciador) é um mecanismo exercido por moléculas de RNA complementares a RNAs mensageiros, o qual inibe a expressão gênica na fase de tradução ou dificulta a transcrição de genes específicos. A ribointerferência é um mecanismo de silenciamento pós-transcricional de genes específicos, exercido por moléculas de RNA que, são complementares a um RNA mensageiro, que levam a degradação do mesmo. A principal função é proteger o organismo contra ácidos nucleicos invasores, como vírus, **transposons** (elementos de DNA que saltam aleatoriamente no genoma) e transgenes. Os cientistas têm utilizado o RNAi para estudar funções dos genes sem precisar cortar o DNA, criar transgênicos por silenciamento de genes no DNA (ex. Café sem cafeína), deligar genes do HIV, impedir que genes envolvidos em câncer se manifestem.

**RNAmicro** (Ribozimas) são RNA's pequenos, que são transcritos a partir de íntrons de DNA. Atua induzindo a destruição de RNAm ou impede sua tradução.



# Oficina de ESTUDOS

# Metas de sala



## QUESTÃO 01

(ENEM) Estudos mostram que a prática de esportes pode aumentar a produção de radicais livres, um subproduto da nossa respiração que está ligado ao processo de envelhecimento celular e ao surgimento de doenças como o câncer. Para neutralizar essas moléculas nas células, quem faz esporte deve dar atenção especial aos antioxidantes. As vitaminas C, E e o selênio fazem parte desse grupo.

SÁ, V. *Exercícios bem nutridos*. Disponível em: <http://saude.abril.com.br>. Acesso em: 29 abr. 2010. (adaptado).

A ação antioxidante das vitaminas C e E e do selênio deve-se às suas capacidades de

- reagir com os radicais livres gerados no metabolismo celular através do processo de oxidação.
- diminuir a produção de oxigênio no organismo e o processo de combustão que gera radicais livres.
- aderir à membrana das mitocôndrias, interferindo no mecanismo de formação desses radicais livres.
- inibir as reações em cadeia utilizadas no metabolismo celular para geração dos radicais.
- induzir a adaptação do organismo em resposta à geração desses radicais.



## QUESTÃO 02

As vitaminas são classificadas em dois grandes grupos: hidrossolúveis e lipossolúveis. As primeiras são aquelas que se dissolvem em água, enquanto as lipossolúveis dissolvem-se em lipídios e outros solventes. Dentre as vitaminas hidrossolúveis, podemos citar:

- a vitamina C.
- a vitamina A.
- a vitamina D.
- a vitamina E.
- a vitamina K.



## QUESTÃO 03

Diversas doenças podem ser causadas pela falta de algumas vitaminas, são as chamadas avitaminoses. Como exemplo dessas doenças, podemos destacar o escorbuto, uma patologia que era muito frequente nos marinheiros que passavam um grande período de tempo no mar sem

uma alimentação adequada. O escorbuto é causado principalmente pela deficiência de:

- vitamina A.
- vitaminas do complexo B.
- vitamina C.
- vitamina D.
- vitamina E.



## QUESTÃO 04

tomando uma grande dose de vitamina A, uma pessoa pode suprir suas necessidades por vários dias; porém, se fizer o mesmo em relação a vitamina C, não terá o mesmo efeito, necessitando de reposições diárias dessa vitamina. Essa diferença na forma de administração se deve ao fato de a vitamina

- A ser necessária em menor quantidade
- A ser sintetizada no próprio organismo
- A ser lipossolúvel e ficar armazenada no fígado
- C ser mais importante para o organismo
- C fornecer energia para as reações metabólicas



## QUESTÃO 05

(ENEM) De acordo com o Ministério da Saúde, a cegueira noturna ou nictalopia é uma doença caracterizada pela dificuldade de se enxergar em ambientes com baixa luminosidade. Sua ocorrência pode estar relacionada a uma alteração ocular congênita ou a problemas nutricionais. Com esses sintomas, uma senhora dirigiu-se ao serviço de saúde e seu médico sugeriu a ingestão de vegetais ricos em carotenoides, como a cenoura.

Disponível em: <http://bvwsms.saude.gov.br>. Acesso em: 1 mar. 2012 (adaptado).

Essa indicação médica deve-se ao fato de que os carotenoides são os precursores de

- hormônios, estimulantes da regeneração celular da retina.
- enzimas, utilizadas na geração de ATP pela respiração celular.
- vitamina A, necessária para a formação de estruturas fotorreceptoras.
- tocoferol, uma vitamina com função na propagação dos impulsos nervosos.
- vitamina C, substância antioxidante que diminui a degeneração de cones e bastonetes.

# Metas propostas



## QUESTÃO 06

Considere que, em uma das cadeias polinucleotídicas de certa molécula de DNA, existam 40 adeninas e 80 timinas e que, na cadeia complementar, existam 30 citosinas e 50 guaninas. Espera-se, portanto, que o número total de ligações de hidrogênio (pontes de hidrogênio) existentes entre as duas cadeias que formam essa molécula de DNA seja de

- 200
- 400

- 480
- 520
- 600

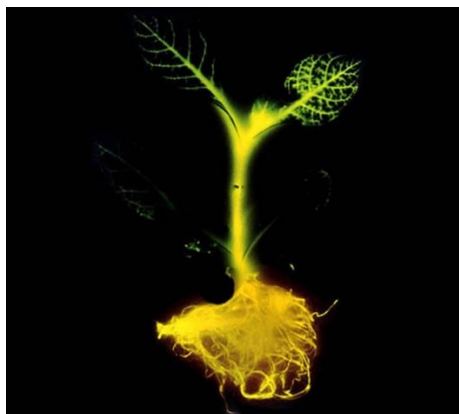


## QUESTÃO 07

(Vanylton Matias) Em um estudo de laboratório, alunos do Núcleo PVA analisaram o código genético (figura abaixo) e utilizaram enzimas de restrição para recortar genes de algas pirrofíceas responsáveis pela biofotogênese (produção de luz por um ser vivo). Em seguida



implantaram esse gene em embriões de um vegetal que foi plantado na área verde do referido cursinho, representada na figura abaixo.



A sequência de bases nitrogenadas do gene em questão é TACGAATGAACGTCACCATTACG, o que permite concluir que a proteína responsável pela biofotogênese é constituída por 8 aminoácidos (um octapeptídeo) segundo o código genético representado abaixo:

		Segunda Base					
		U	C	A	G		
Primeira Base 5'	U	UUU } Fenil-alanina UUC } UUA } Leucina UUG }	UCU } Serina UCC } UCA } UCG }	UAU } Tirosina UAC } UAA } Stop codon UAG } Stop codon	UGU } Cysteine UGC } UGA } Stop codon UGG } Tryptophan	U	C
	C	CUU } Leucina CUC } CUA } CUG }	CCU } Prolina CCC } CCA } CCG }	CAU } Histidina CAC } CAA } Glutamina CAG }	CGU } Arginina CGC } CGA } CGG }	C	A
	A	AUU } Isoleucina AUC } AUA } AUG } Metionina start codon	ACU } Treonina ACC } ACA } ACG }	AAU } Asparagina AAC } AAA } Lisina AAG }	AGU } Serina AGC } AGA } Arginina AGG }	A	G
	G	GUU } Valina GUC } GUA } GUG }	GCU } Alanina GCC } GCA } GCG }	GAU } Ácido Aspártico GAC } GAA } Ácido Glutâmico GAG }	GGU } Glicina GGC } GGA } GGG }	G	
						Terceira Base 3'	

Durante a manipulação desse gene ocorreu uma mutação no quarto códon, na qual a base guanina foi substituída pela base timina. Mesmo assim, o gene mutado foi inserido na planta que

- ao crescer foi capaz de produzir luz e consequentemente realizar a fase clara da fotossíntese mesmo no escuro.
- ao transcrever o gene inserido, sintetizou uma proteína de apenas três aminoácidos, não sendo capaz de emitir luz.
- após alguns meses iniciou o processo de biofotogênese, pois a mutação ocorrida foi do tipo silenciosa.
- ao formar seus tecidos adultos não realizou a biofotogênese, pois a mutação impediu a transcrição do gene da alga.
- ao chegar na vida adulta realizou a biofotogênese, mas a frequência luminosa não pode ser utilizada para a fotossíntese.

### QUESTÃO 08

Esta vitamina é essencial no processo de coagulação sanguínea. Isto porque ela ajuda as proteínas a se transformarem em substâncias que contribuem para a coagulação correta do sangue. Por isso, esta vitamina também contribui para melhor cicatrização. Também é importante para a saúde dos ossos porque ajuda na fixação do cálcio nos ossos. Estamos nos referindo à:

- Vitamina E.
- Vitamina B.
- Vitamina D.
- Vitamina K.
- Vitamina A.

### QUESTÃO 09

(ENEM) Nos dias de hoje, podemos dizer que praticamente todos os seres humanos já ouviram em algum momento falar sobre o DNA e seu papel na hereditariedade da maioria dos organismos. Porém, foi apenas em 1952, um ano antes da descrição do modelo do DNA em dupla hélice por Watson e Crick, que foi confirmado sem sombra de dúvidas que o DNA é material genético. No artigo em que Watson e Crick descreveram a molécula de DNA, eles sugeriram um modelo de como essa molécula deveria se replicar. Em 1958, Meselson e Stahl realizaram experimentos utilizando isótopos pesados de nitrogênio que foram incorporados às bases nitrogenadas para avaliar como se daria a replicação da molécula. A partir dos resultados, confirmaram o modelo sugerido por Watson e Crick, que tinha como premissa básica o rompimento das pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.

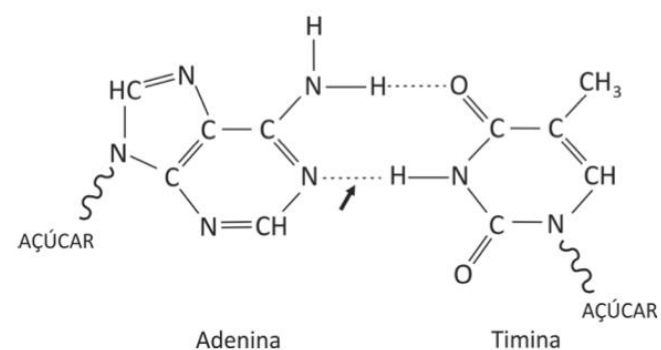
GRIFFITHS, A. J. F. et al. *Introdução à Genética*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

Considerando a estrutura da molécula de DNA e a posição das pontes de hidrogênio na mesma, os experimentos realizados por Meselson e Stahl a respeito da replicação dessa molécula levaram à conclusão de que

- a replicação do DNA é conservativa, isto é, a fita dupla filha é recém-sintetizada e o filamento parental é conservado.
- a replicação de DNA é dispersiva, isto é, as fitas filhas contêm DNA recém-sintetizado e parentais em cada uma das fitas.
- a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita parental e uma recém-sintetizada.
- a replicação do DNA é conservativa, isto é, as fitas filhas consistem de moléculas de DNA parental.
- a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita molde e uma fita codificadora.

### QUESTÃO 10

Observe a figura abaixo, que representa o emparelhamento de duas bases nitrogenadas.



Indique a alternativa que relaciona corretamente a(s) molécula(s) que se encontra(m) parcialmente representada(s) e o tipo de ligação química apontada pela seta.

- Exclusivamente DNA; ligação de hidrogênio.
- Exclusivamente RNA; ligação covalente apolar.
- DNA ou RNA; ligação de hidrogênio.
- Exclusivamente DNA; ligação covalente apolar.
- Exclusivamente RNA; ligação iônica.

### QUESTÃO 11

Em seu trabalho com ervilhas, publicado em 1866, Mendel representou os fatores hereditários determinantes dos estados amarelo e verde do

caráter cor da semente pelas letras A e a, respectivamente. O conhecimento atual a respeito da natureza do material hereditário permite dizer que a letra A usada por Mendel simboliza

- a) um aminoácido em uma proteína.
- b) uma trinca de bases do RNA mensageiro.
- c) uma trinca de bases do RNA transportador.
- d) um segmento de DNA com informação para um RNA ribossômico.
- e) um segmento de DNA com informação para uma cadeia polipeptídica.



### QUESTÃO 12

As embalagens comerciais das margarinas, que são produzidas a partir de óleos vegetais, frequentemente indicam a adição de vitamina E. Além de sua importância nutricional, tal vitamina tem papel importante na conservação desse alimento, pois o protege contra a

- a) contaminação por colesterol
- b) hidrólise das proteínas
- c) esterificação de ácidos graxos
- d) redução dos radicais ácidos a aldeídos
- e) oxidação das gorduras insaturadas



### QUESTÃO 13

(Enem) A obesidade, que nos países desenvolvidos já é tratada como epidemia, começa a preocupar especialistas no Brasil. Os últimos dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares, realizada entre 2002 e 2003 pelo IBGE, mostram que 40,6% da população brasileira estão acima do peso, ou seja, 38,8 milhões de adultos. Desse total, 10,5 milhões são considerados obesos. Várias são as dietas e os remédios que prometem emagrecimento rápido e sem riscos. Há alguns anos foi lançado no mercado brasileiro um remédio de ação diferente dos demais, pois inibe a ação das lipases, enzimas que aceleram a reação de quebra de gorduras. Sem serem quebradas elas não são absorvidas pelo intestino, e parte das gorduras ingeridas é eliminada com as fezes. Como os lipídios são altamente energéticos, a pessoa tende a emagrecer. No entanto, esse remédio apresenta algumas contra-indicações, pois a gordura não absorvida lubrifica o intestino, causando desagradáveis diarreias. Além do mais, podem ocorrer casos de baixa absorção de vitaminas lipossolúveis, como as A, D, E e K, pois:

- a) essas vitaminas, por serem mais energéticas que as demais, precisam de lipídios para sua absorção.
- b) a ausência de lipídios torna a absorção dessas vitaminas desnecessária.
- c) essas vitaminas reagem com o remédio, transformando-se em outras vitaminas.
- d) as lipases também desdobram as vitaminas para que essas sejam absorvidas.
- e) essas vitaminas se dissolvem nos lipídios e só são absorvidas junto com eles.



### QUESTÃO 14

(ENEM) O arroz-dourado é uma planta transgênica capaz de produzir quantidades significativas de betacaroteno, que é ausente na variedade branca. A presença dessa substância torna os grãos amarelados, o que justifica seu nome.

A ingestão dessa variedade geneticamente modificada está relacionada à redução da incidência de

- a) fragilidade óssea.
- b) fraqueza muscular.
- c) problemas de visão.
- d) alterações na tireoide.
- e) sangramento gengival.



### QUESTÃO 15

(Vanylton Matias) O *Orlistat*<sup>®</sup> é um fármaco direcionado para o tratamento da obesidade e do excesso de peso, e atua através da modificação da absorção das gorduras no intestino, acelerando a perda de peso, bem como a manutenção do peso perdido nas dietas de emagrecimento. Como se sabe, as gorduras que ingerimos são moléculas grandes que, para dissolver-se, necessitam ser rompidas e transformadas em moléculas menores por ação enzimática. *Orlistat*<sup>®</sup> não é considerado um supressor do apetite, pois atua de modo diferente, atingindo as enzimas pancreáticas responsáveis pela digestão da gordura.

Fonte: <https://infinitypharma.com.br/uploads/insumos/pdf/orlistat>

Um dos efeitos colaterais do *Orlistat*<sup>®</sup> é que ao reduzir a absorção lipídica, também causa a menor absorção da

- a) vitamina C, podendo causar sangramentos gengivais.
- b) vitamina B1, que atua como coenzima na síntese do ATP.
- c) Vitamina B12, cuja carência pode estar relacionada com a anemia perniciosa.
- d) Vitamina D, o que atenua as chances de haver fragilidade óssea.
- e) Vitamina A, que está diretamente relacionada com a síntese do pigmento visual.

### Nível veterano



### QUESTÃO 16



A deficiência de vitamina D ocorre principalmente devido a pouca exposição à luz solar e vem se tornando uma epidemia, inclusive no Brasil, porque hoje é comum passarmos a maior parte do dia em ambientes fechados e usando bloqueadores solares para prevenção de câncer de pele

(<http://milenaar.org> - adaptado).

Nesses casos a deficiência de vitamina D decorre da impossibilidade da radiação ultravioleta do sol

- a) converter o 7-deidrocolesterol em vitamina D.
- b) sintetizar colágeno para a sustentação aos ossos e cartilagens.
- c) converter a vitamina D a partir do metabolismo dos aminoácidos.
- d) facilitar a absorção no intestino da vitamina D ingerida com alimentos.
- e) estimular a ativação da vitamina D no intestino, junto com o cálcio e o fósforo.



### QUESTÃO 17

A pele bronzeada tornou-se um símbolo de beleza e de aparência saudável. No entanto, para os dermatologistas é preciso muito cuidado, pois o bronzeado não tem, necessariamente, relação com saúde. Os dermatologistas recomendam baixa exposição ao sol das 10 às 16 horas, aproximadamente, quando a radiação ultravioleta é mais intensa e o uso de filtros solares se faz, portanto, essencial. Os raios ultravioleta UVA e UVB, em doses excessivas, causam vermelhidão, queimaduras,

envelhecimento precoce e até podem acarretar a formação de tumores benignos e malignos nos epitélios.

Por outro lado, nosso organismo precisa das radiações solares para ativar algumas reações como, por exemplo, a produção de vitamina D, que evita o raquitismo.

Sobre esse tema, assinale a alternativa correta.

- a) Os filtros solares são classificados de acordo com um número chamado Fator de Proteção Solar (FPS), que varia de acordo com o tipo de pele. Assim, quanto mais sensível for a pele, menor será o fator de proteção necessário.
- b) Os raios ultravioleta inibem a produção de vitamina D ao incidirem sobre a melanina, pigmento responsável pela cor da pele, e provocam hemorragias.
- c) A exposição ao sol deve ocorrer no período entre 10 e 16 horas, pois nesse horário as radiações ultravioleta são menos intensas e, portanto, menos prejudiciais à pele.
- d) A deficiência de vitamina D prejudica a fixação de cálcio nos ossos, provocando alterações ou deformidades no esqueleto humano.
- e) O bronzeamento da pele ocorre quando os raios solares danificam as fibras colágenas e elásticas situadas na derme.

### QUESTÃO 18

VITAMINAS

"Megadoses de desconfiança"

Utilização de tratamento alternativos e práticas de terapia ortomolecular provocam polêmica entre médicos.

(*"Época"*, 14/09/98)

Algumas vitaminas, entre elas o ácido ascórbico e o tocoferol, ou vitamina E, são preconizadas em doses elevadas pelos defensores da chamada medicina ortomolecular, com o objetivo de prevenir uma série de doenças provocadas, segundo eles, por um acúmulo de radicais livres no organismo. A utilização com essa finalidade está baseada na propriedade química chamada de

- a) oxidação
- b) redução
- c) miscelação
- d) emulsificação
- e) corrosão

### QUESTÃO 19

Um atleta apresentou um quadro de fadiga muscular excessiva e exames laboratoriais revelaram alta produção de ácido láctico (lactato) e carência da vitamina B2 (riboflavina). Para amenizar um futuro quadro de fadiga muscular excessiva, foi indicada uma dieta suplementada com riboflavina, pois essa vitamina.

- a) Auxilia no acúmulo de proteínas.
- b) Aumenta a respiração celular.
- c) Degrada o ácido láctico.
- d) Aumenta as reservas lipídicas.
- e) Diminui a massa muscular.

### QUESTÃO 20

A vitamina B12 foi descoberta através do estudo da anemia perniciosa, no homem. Em 1926, Murphy verificou que o consumo de fígado era eficaz no tratamento da anemia perniciosa, depois identificaram que era devido a um fator intrínseco produzido pelo estômago e extrínseco

dietético. A complicada natureza da estrutura da vitamina B12 foi estabelecida em 1956, quando se observou que estas moléculas são

- a) capazes de dissolverem-se em solventes orgânicos e serem armazenadas no tecido adiposo.
- b) essenciais à maturação das hemácias e para a síntese de nucleotídeos.
- c) atuantes no metabolismo do cálcio e do fósforo, mantendo os ossos e os dentes em bom estado.
- d) mantenedoras do tônus muscular e nervoso e do bom funcionamento do sistema digestório, prevenindo a pelagra.
- e) relacionadas à esterilidade masculina e ao aborto, caso estejam em quantidades insuficientes no organismo.

### QUESTÃO 21

**Bebé anencéfalo completa nove meses e está bem de saúde.**

(...) Superando todas as expectativas médicas, a menina M. de J.F. chegou ao seu nono mês de vida. Ela nasceu portadora de anencefalia. Ao nascer, segundo os médicos, a garotinha teria apenas algumas horas de vida, mas ela continua crescendo e se desenvolvendo (...)

*Fonte: CN Notícias - Patrocinio Paulista, SP noticias.cancaonova.com/noticia/LucianoBatista*

A doença congênita e carencial citada no texto está relacionada à vitamina

- a) A
- b) B3
- c) B5
- d) B9
- e) C

### QUESTÃO 22

A opção por uma dieta excludente de qualquer produto de origem animal é totalmente possível, porém, implica em uma reeducação alimentar cujo objetivo é manter a fisiologia do organismo a mais equilibrada possível, e, assim, evitar a carência nutricional de

- a) vitaminas do complexo B.
- b) nucleotídeos essenciais.
- c) colesterol de baixa densidade.
- d) minerais como o ferro e o cálcio.
- e) vitaminas A e K.

### QUESTÃO 23

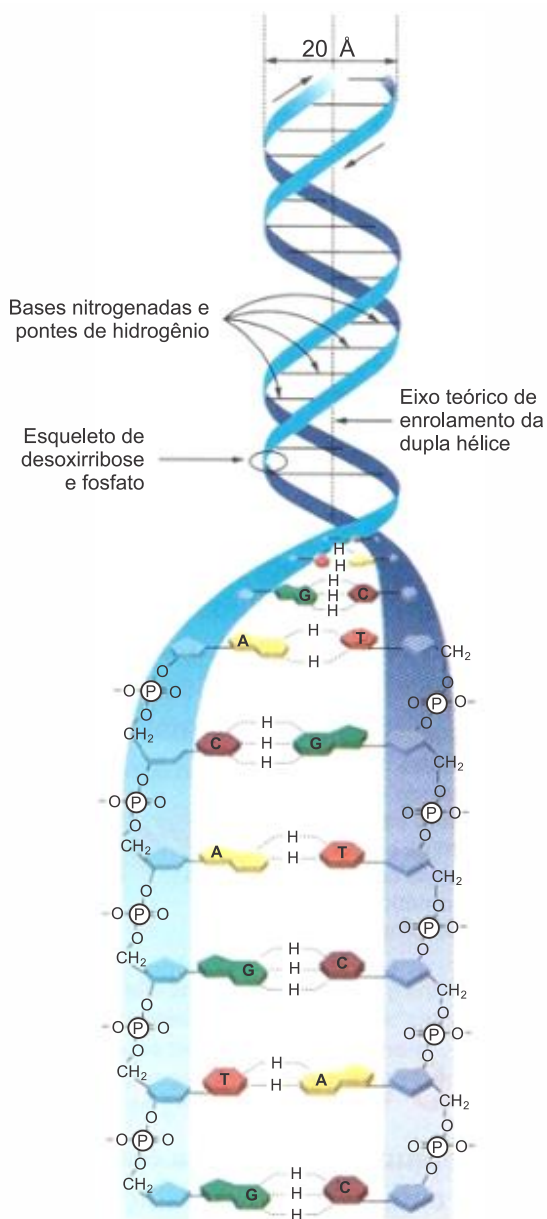
A Histona H4 é uma proteína presente nas células dos eucariotos. Esta proteína participa da compactação do DNA em cromossomos, quando da divisão celular. Em termos evolutivos, são bastante conservadas, ou seja, nos mais diferentes organismos a Histona H4 tem praticamente a mesma composição e sequência de aminoácidos. As Histonas H4 do boi e da ervilha, por exemplo, diferem em apenas dois de seus 102 aminoácidos. A partir do exposto, e considerando que o código genético é degenerado (mais de uma trinca de bases pode codificar para o mesmo aminoácido), é possível concluir que, no boi e na ervilha, os segmentos de DNA que codificam a Histona H4

- a) diferem entre si em dois genes.
- b) podem diferir entre si em vários pontos ao longo do gene.
- c) diferem entre si em apenas duas trinca de pares de bases.
- d) transcrevem RNAm que diferem entre si em duas de suas bases.
- e) diferem entre si por duas mutações que modificaram a composição de pares de bases em dois pontos ao longo do gene.

### QUESTÃO 24

Em 1953, a natureza química do material genético foi descrita por dois

pesquisadores, Watson e Crick. Eles propuseram que o DNA é formado pela união de nucleotídeos em duas fitas complementares enroladas sob um eixo e, assim, formando uma hélice. O esquema a seguir ilustra a fita dupla de DNA, com a exposição das ligações de hidrogênio entre os nucleotídeos das fitas complementares:



LOPES, S; ROSSO, S. *Bio*: volume 2. São Paulo: Saraiva, 2010. p. 233.

- Sobre as propriedades químicas desse material genético, verifica-se que
- a fita dupla de DNA é duplicada de forma semiconservativa, sendo as fitas originais imediatamente renaturadas após a duplicação.
  - as bases nitrogenadas (A, T, C e G) são moléculas apolares e, por isso, se localizam abrigadas no interior da fita dupla de DNA.
  - o DNA, por ser uma fita dupla, apresenta estrutura bidimensional sem a possibilidade de assumir uma configuração tridimensional.
  - proporcionalmente, quanto maior a quantidade de purinas na fita dupla de DNA, menor a quantidade de pirimidinas e vice-versa.
  - o ácido fosfórico dos nucleotídeos se liga a duas moléculas de carboidrato, conferindo carga positiva à fita dupla de DNA.

### QUESTÃO 25

(Enem) Um estudante relatou que o mapeamento do DNA da cevada foi quase todo concluído e seu código genético desvendado. Chamou atenção para o número de genes que compõem esse código genético e

que a semente da cevada, apesar de pequena, possui um genoma mais complexo que o humano, sendo boa parte desse código constituída de sequências repetidas.

Nesse contexto, o conceito de código genético está abordado de forma equivocada. Cientificamente esse conceito é definido como

- trincas de nucleotídeos que codificam os aminoácidos.
- localização de todos os genes encontrados em um genoma.
- codificação de sequências repetidas presentes em um genoma.
- conjunto de todos os RNAs mensageiros transcritos em um organismo.
- todas as sequências de pares de bases presentes em um organismo.

### QUESTÃO 26

(Enem) A reação em cadeia da polimerase (PCR, na sigla em inglês) é uma técnica de biologia molecular que permite replicação *in vitro* do DNA de forma rápida. Essa técnica surgiu na década de 1980 e permitiu avanços científicos em todas as áreas de investigação genômica. A dupla hélice é estabilizada por ligações de hidrogênio, duas entre as bases adenina (A) e timina (T) e três entre as bases guanina (G) e citosina (C). Inicialmente, para que o DNA possa ser replicado, a dupla hélice precisa ser totalmente desnaturada (desenrolada) pelo aumento da temperatura, quando são desfeitas as ligações de hidrogênio entre as diferentes bases nitrogenadas.

Qual dos segmentos de DNA será o primeiro a desnaturar totalmente durante o aumento da temperatura na reação de PCR?

- |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|
|    | G | G | C | C | T | T | C | G |
| a) | C | C | G | G | A | A | G | C |
|    | C | C | T | C | G | A | C | T |
| b) | G | G | A | G | C | T | G | A |
|    | A | A | T | T | C | C | T | A |
| c) | T | T | A | A | G | G | A | T |
|    | T | T | A | C | G | G | C | G |
| d) | A | A | T | G | C | C | G | C |
|    | C | C | T | A | G | G | A | A |
| e) | G | G | A | T | C | C | T | T |

### QUESTÃO 27

(Enem 2ª aplicação) Em 1950, Erwin Chargaff e colaboradores estudavam a composição química do DNA e observaram que a quantidade de adenina (A) é igual à de timina (T), e a quantidade de guanina (G) é igual à de citosina (C) na grande maioria das duplas fitas de DNA. Em outras palavras, esses cientistas descobriram que o total de purinas (A+G) e o total de pirimidinas (C+T) eram iguais.

Um professor trabalhou esses conceitos em sala de aula e apresentou como exemplo uma fita simples de DNA com 20 adeninas, 25 timinas, 30 guaninas e 25 citosinas.

Qual a quantidade de cada um dos nucleotídeos, quando considerada a

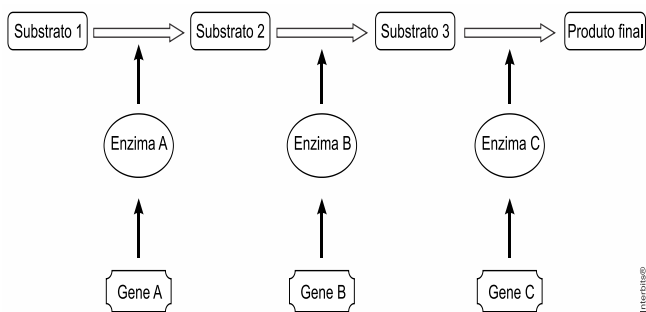
dupla fita de DNA formada pela fita simples exemplificada pelo professor?

- a) Adenina: 20; Timina: 25; Guanina: 25; Citosina: 30
- b) Adenina: 25; Timina: 20; Guanina: 45; Citosina: 45
- c) Adenina: 45; Timina: 45; Guanina: 55; Citosina: 55
- d) Adenina: 50; Timina: 50; Guanina: 50; Citosina: 50
- e) Adenina: 55; Timina: 55; Guanina: 45; Citosina: 45



### QUESTÃO 28

No esquema abaixo, está representada uma via metabólica; o produto de cada reação química, catalisada por uma enzima específica, e o substrato para a reação seguinte.



Num indivíduo que possua alelos mutantes que levem à perda de função do gene

- a) A, ocorrem falta do substrato 1 e acúmulo do substrato 2
- b) C, não há síntese dos substratos 2 e 3
- c) A, não há síntese do produto final.
- d) A, o fornecimento do substrato 2 não pode restabelecer a síntese do produto final.
- e) B, o fornecimento do substrato 2 pode restabelecer a síntese do produto final.



### QUESTÃO 29

No processo de síntese de certa proteína, os RNA transportadores responsáveis pela adição dos aminoácidos serina, asparagina e glutamina a um segmento da cadeia polipeptídica tinham os anticódons UCA, UUA e GUC, respectivamente.

No gene que codifica essa proteína, a sequência de bases correspondente a esses aminoácidos é

- a) UCAUUAGUC.
- b) AGTAATCAG.
- c) AGUAAUCAG.
- d) TCATTAGTC.
- e) TGTTTTCTG.



### QUESTÃO 30

(Enem) O formato das células de organismos pluricelulares é extremamente variado. Existem células discoides, como é o caso das hemácias, as que lembram uma estrela, como os neurônios, e ainda algumas alongadas, como as musculares.

Em um mesmo organismo, a diferenciação dessas células ocorre por

- a) produzirem mutações específicas.
- b) possuírem DNA mitocondrial diferentes.
- c) apresentarem conjunto de genes distintos.
- d) expressarem porções distintas do genoma.

e) terem um número distinto de cromossomos.

## Nível ninja



### QUESTÃO 31

A mutação no DNA de uma célula eucariota acarretou a substituição, no RNA mensageiro de uma proteína, da 15ª base nitrogenada por uma base C.

A disposição de bases da porção inicial do RNA mensageiro da célula, antes de sua mutação, é apresentada a seguir:

início da tradução

→  
AUGCUUCUCAUCUUUUUAGCU...

Observe os códons correspondentes a alguns aminoácidos:

Aminoácido codificado	Códon
fenilalanina	UUU
fenilalanina	UUC
leucina	UUA
leucina	UUG
leucina	CUC
metionina	AUG
valina	GUU
valina	GUA

Sabe-se que o códon de iniciação de leitura é AUG.

A probabilidade de que a proteína a ser traduzida pelo RNA mensageiro da célula que sofreu mutação apresente alterações na disposição de seus aminoácidos é de

- a) 0
- b) 0,25
- c) 0,50
- d) 0,75
- e) 1,00



### QUESTÃO 32

(Enem) Os vegetais biossintetizam determinadas substâncias (por exemplo, alcaloides e flavonoides), cuja estrutura química e concentração variam num mesmo organismo em diferentes épocas do ano e estágios de desenvolvimento.

Muitas dessas substâncias são produzidas para a adaptação do organismo às variações ambientais (radiação UV, temperatura, parasitas, herbívoros, estímulo a polinizadores etc.) ou fisiológicas (crescimento, envelhecimento etc.).

As variações qualitativa e quantitativa na produção dessas substâncias durante um ano são possíveis porque o material genético do indivíduo

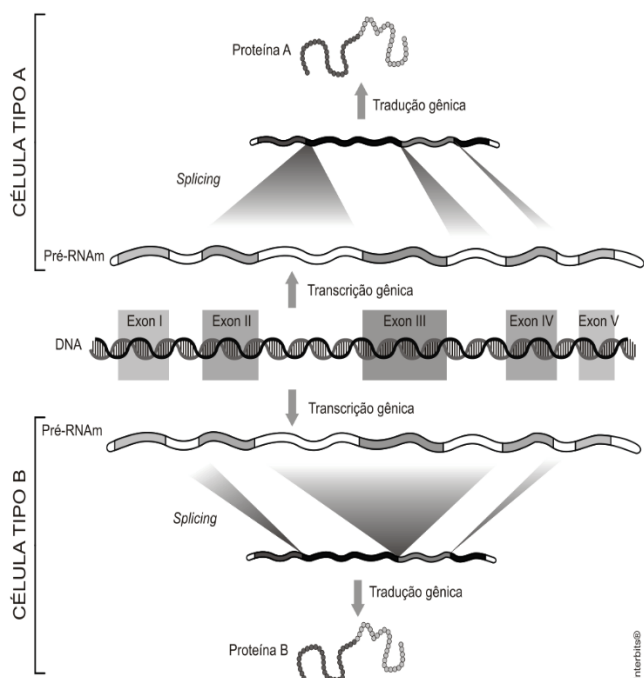
- a) sofre constantes recombinações para adaptar-se.
- b) muda ao longo do ano e em diferentes fases da vida.
- c) cria novos genes para biossíntese de substâncias específicas.
- d) altera a sequência de bases nitrogenadas para criar novas substâncias.
- e) possui genes transcritos diferentemente de acordo com cada necessidade.



### QUESTÃO 33

Em 1978, o geneticista Walter Gilbert propôs os termos éxon para designar as regiões de um gene que codifica uma sequência de

aminoácidos, e íntron para designar as regiões de um gene não traduzidas, localizadas entre os éxons.



(Biologia das Populações – Amabis e Martho)

A Ciência estima que seja de 30 mil o número de genes da espécie humana, no entanto, o número de proteínas diferentes esteja estimado entre 100 mil a 120 mil. Isso ocorre devido ao(à)

- diferença da carga genética nos tipos de células diferenciadas.
- genes que, ativos em uma célula, podem estar inativados em outra.
- união de proteínas recém-sintetizadas, formando novos compostos.
- mutação, que altera a sequência de bases nitrogenadas dos genes.
- Splicing, isto é, cortes e montagens diferentes do mesmo RNA-mensageiro.

### QUESTÃO 34

Em uma pesquisa, cientistas extraíram amostras de DNA de três espécies diferentes e determinaram suas relações  $(G + C) / (A + T)$  apresentadas na tabela abaixo. Sabe-se que, na temperatura de desnaturação, todas as pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas estão rompidas.

Amostra	$(G + C) / (A + T)$
1	0,82
2	1,05
3	1,21

A análise da tabela permite concluir que a molécula de DNA com maior temperatura de desnaturação é a

- 1, pois quanto menor a relação  $(G + C) / (A + T)$ , maior a quantidade de ligações de hidrogênio na molécula de DNA.

- |        |        |        |
|--------|--------|--------|
| 01 - A | 08 - D | 15 - E |
| 02 - A | 09 - C | 16 - A |
| 03 - C | 10 - A | 17 - D |
| 04 - C | 11 - E | 18 - B |
| 05 - C | 12 - E | 19 - B |
| 06 - C | 13 - E | 20 - B |
| 07 - B | 14 - C | 21 - D |

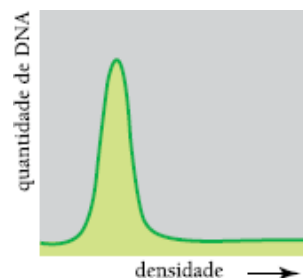
- 1, pois quanto menor a relação entre as bases nitrogenadas púricas e pirimídicas, maior a dificuldade de romper a ligação entre as cadeias polinucleotídicas.
- 2, pois quanto maior a estabilidade na relação entre as bases nitrogenadas, mais difícil será romper as ligações de hidrogênio entre a guanina e a citosina.
- 3, pois quanto maior a relação  $(G + C) / (A + T)$ , maior a quantidade de ligações de hidrogênio estabelecidas entre as bases guanina e citosina.
- 3, pois quanto maior a relação  $(G + C) / (A + T)$ , maior a quantidade de ligações de hidrogênio estabelecidas entre as bases adenina e timina.

### QUESTÃO 35

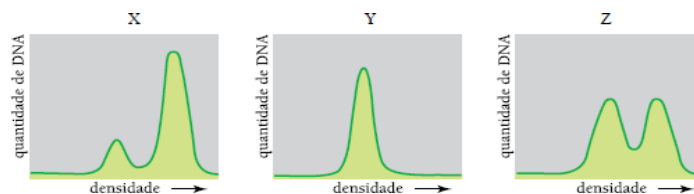
Leia abaixo a descrição do experimento por meio do qual se comprovou que a replicação do DNA é do tipo semiconservativo.

Uma cultura de células teve, inicialmente, o seu ciclo de divisão sincronizado, ou seja, todas iniciavam e completavam a síntese de DNA ao mesmo tempo. A cultura foi mantida em um meio nutritivo normal e, após um ciclo de replicação, as células foram transferidas para um outro meio, onde todas as bases nitrogenadas continham o isótopo do nitrogênio  $^{15}\text{N}$  em substituição ao  $^{14}\text{N}$ . Nestas condições, essas células foram acompanhadas por três gerações seguidas. O DNA de cada geração foi preparado e separado por centrifugação conforme sua densidade.

Observe o gráfico correspondente ao resultado obtido na primeira etapa do experimento, na qual as células se reproduziram em meio normal com  $^{14}\text{N}$ :



Observe, agora, os gráficos correspondentes aos resultados obtidos, para cada geração, após a substituição do nitrogênio das bases por  $^{15}\text{N}$ :



Os gráficos que correspondem, respectivamente à primeira, à segunda e à terceira gerações são:

- X, Y, Z
- X, Z, Y
- Y, Z, X
- Z, X, Y
- Z, Y, X

- |        |        |
|--------|--------|
| 22 - A | 29 - D |
| 23 - E | 30 - D |
| 24 - A | 31 - A |
| 25 - A | 32 - E |
| 26 - C | 33 - E |
| 27 - C | 34 - D |
| 28 - C | 35 - C |



### MEMBRANA PLASMÁTICA:

#### 1. Introdução:

Todas as células, sejam elas procariontes ou eucariontes, apresentam uma membrana que as isola do meio exterior: a **membrana plasmática**, **membrana celular** ou **plasmalema**. Ela é tão fina (entre 6 a 9 nm) que os mais aperfeiçoados microscópios ópticos não conseguiram torná-la visível. Foi somente após o desenvolvimento da microscopia eletrônica que a membrana plasmática pôde ser observada. Nas grandes ampliações obtidas pelo microscópio eletrônico, cortes transversais da membrana aparecem como uma linha mais clara entre duas mais escuras, delimitando o contorno de cada célula, como mostra a **figura 1.1**.



Figura 1.1) Micrografia eletrônica de um segmento da membrana plasmática de uma célula humana observada em corte transversal mostrando a estrutura de sua bicamada.

#### 2. Modelos de membrana plasmática:

A membrana plasmática foi citada pela primeira vez em 1825, mas somente ganhou força com a descoberta de Charles Overton (1865-1933), que, em 1895, observou a membrana celular e verificou que substâncias apolares a atravessavam com mais facilidade que as substâncias polares. Assim, por saber que “semelhante dissolve semelhante”, ele propôs que a membrana celular seria composta por uma membrana apolar de lipídios. A partir de Overton, vários cientistas propuseram diversos modelos de membrana celular.

##### 2.1) Tina de Langmuir

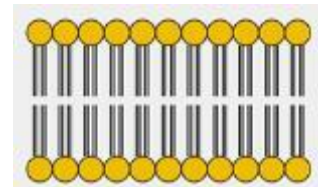
No início do século X, em 1905, Irving Langmuir conseguiu isolar os lipídios da membrana e propôs que esses se encontravam em uma única camada com a extremidade hidrofílica virada para a água e a hidrofóbica, dos lipídios, encontrava-se afastada da água, voltada para o ar. Os lipídios estariam dispostos em uma espécie de tina, uma monocamada lipídica denominada como *Tina de Langmuir* (Figura 2.1).



Figura 2.1: representação esquemática da tina de Langmuir

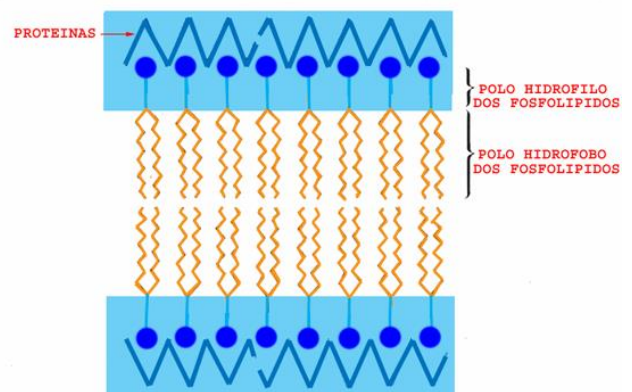
##### 1.2) Modelo da bicamada fosfolipídica (Gorter e Grendel)

Após a hipótese de diversos pesquisadores surge o primeiro modelo estrutural composto por bicamada fosfolipídica, descoberto em 1925, por Evert Gorter e F. Grendel. Os dois cientistas sugeriram que a membrana plasmática seria constituída por duas camadas de fosfolipídios cujas caudas apolares hidrofóbicas estariam direcionadas para o interior da membrana e as caudas polares, hidrofílicas estariam apontadas para o exterior, estabelecendo contato com o meio intra e extra celular.



##### 1.3) Modelo do sanduíche (Davson e Danielli)

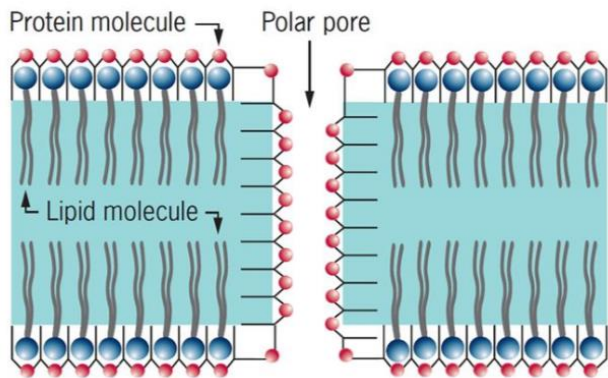
Em 1935, o modelo anterior foi retificado por Hugh Davson e James Frederic Danielli que baseados em estudos de permeabilidade e de tensão superficial da membrana propuseram uma estrutura um pouco mais complexa. A bicamada fosfolipídica seria coberta, externa e internamente, por uma camada proteica unida às extremidades polares hidrófilas dos fosfolipídios.



##### 1.4) Modelo do poro hidrofílico (Stein e Danielli):

À medida que avançaram os estudos sobre a estrutura da membrana, alguns dados não corroboraram o modelo de Davson e Danielli. Pesquisas posteriores evidenciaram que as proteínas não existiam em quantidade suficiente para cobrir toda a superfície da camada fosfolipídica, abrindo precedente para novas hipóteses. Para além disso observaram que as proteínas alteravam a sua posição, evidenciando um comportamento dinâmico da organização da membrana. Mais tarde, em 1956, Stein, W. D. e James Frederic Danielli propuseram a existência de poros proteicos que formariam passagens hidrofílicas através das quais as substâncias polares poderiam permear a membrana. As substâncias não polares, por sua vez, atravessariam a membrana diretamente através da bicamada fosfolipídica. O principal problema desse modelo é o envolvimento de toda a membrana celular por proteínas, não há contato para porção polar da bicamada lipídica

com o solvente do meio extracelular, ou com o citoplasma, a bicamada lipídica fica blindada pela proteína.



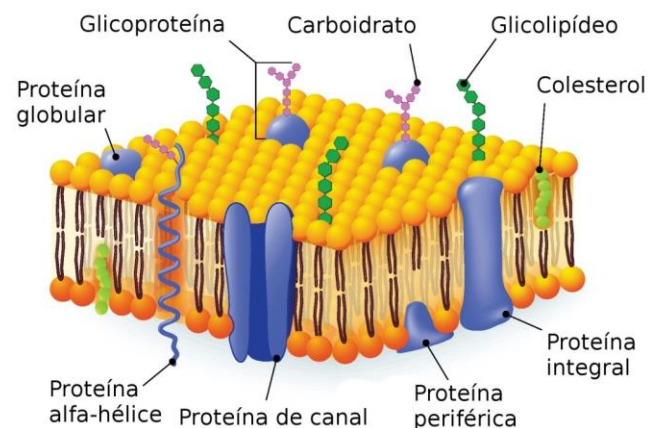
### 1.5) Modelo do Mosaico fluido (Singer e Nicholson)

Experimentos detalhados mostraram deficiências nos diversos modelos de membrana celular. Seymour Jonathan Singer e Garth L. Nicholson (1972) propuseram um modelo de membrana formado de uma bicamada fosfolipídica, onde se encontram inseridas proteínas. Há dois tipos de proteínas inseridas na membrana, uma que atravessa toda a membrana, chamada proteína intrínseca, ou transmembranar e o outro tipo de proteína localiza-se sobre a membrana, sendo encontrada tanto no exterior como voltada para o citoplasma, estas são chamadas de proteínas periféricas.

Para o modelo de Singer e Nicholson, a membrana é uma estrutura dinâmica, fluida e como um mosaico fluido, prevê uma distribuição aleatória da proteína na bicamada lipídica além de contatos moleculares quase permanentes, difusão limitada, reorganização dinâmica e importantes elementos estruturais que conferem o dinamismo da membrana. Em sua face externa encontram-se as glicoproteínas e glicolipídeos que exercem um importante papel no reconhecimento de

substâncias. Os lipídeos da membrana são principalmente fosfolipídeos, colesterol e glicolipídeos. Tanto os fosfolipídeos como os glicolipídeos possuem uma extremidade polar, hidrofílica e uma extremidade apolar, hidrofóbica. As proteínas, parte integrante da membrana possuem também zonas hidrofóbicas e zonas hidrofílicas. São muito variadas e têm funções diversas, estas podem ser transportadoras de substâncias específicas, proteínas estruturais ou contráteis.

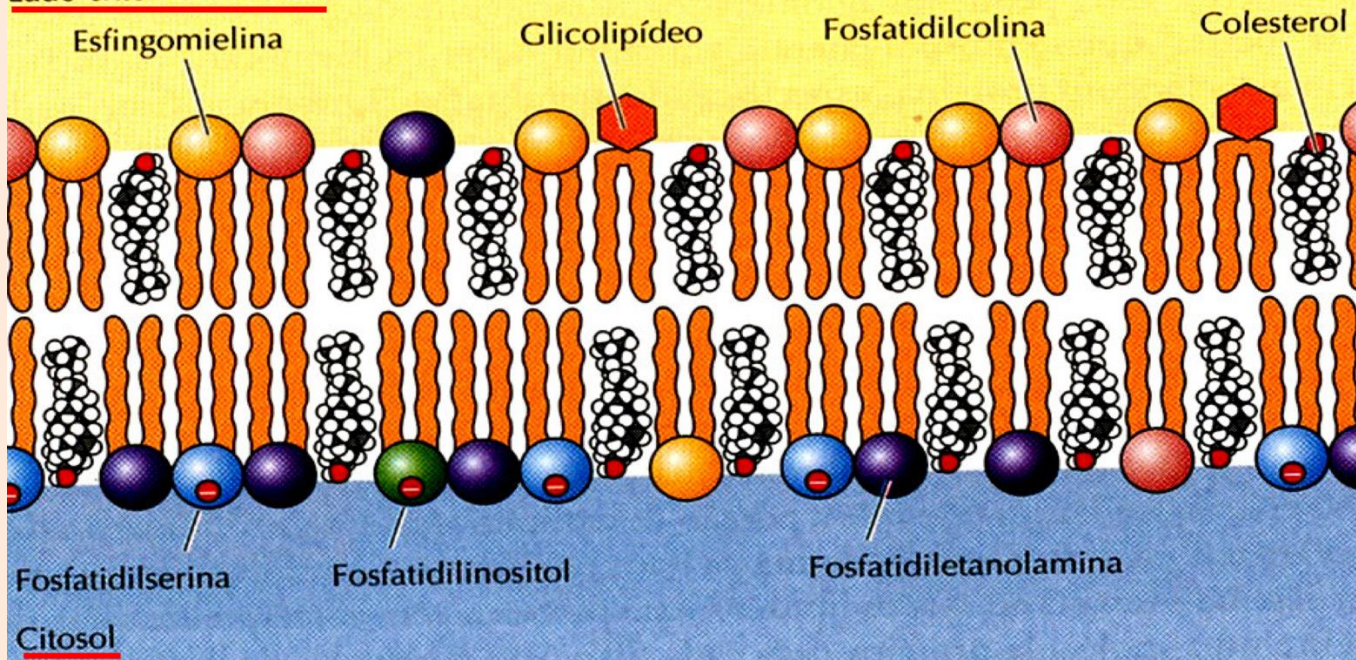
No modelo do mosaico fluido as membranas não são estáticas, isto é, não são formadas por conjuntos de moléculas rigidamente justapostas. Admite-se que individualmente as moléculas lipídicas têm mobilidade lateral, dotando a bicamada de grande fluidez e flexibilidade. Mais raramente, também podem existir movimentos de cambalhota de camada para camada (movimentos flipflop). As proteínas apresentam também mobilidade, podendo, por exemplo, deslocar-se no plano da membrana. Toda esta dinâmica e complexidade constituem o modelo que é mais aceito atualmente, o mosaico fluido de Singer e Nicholson que data de 1972.



### (2) Constituição da membrana plasmática:

Estudos com membranas plasmáticas isoladas revelam que seus componentes mais abundantes são fosfolipídios, colesterol e proteínas. É por isso que se costumam dizer que as membranas plasmáticas têm constituição lipoprotéica.

#### Lado externo da célula



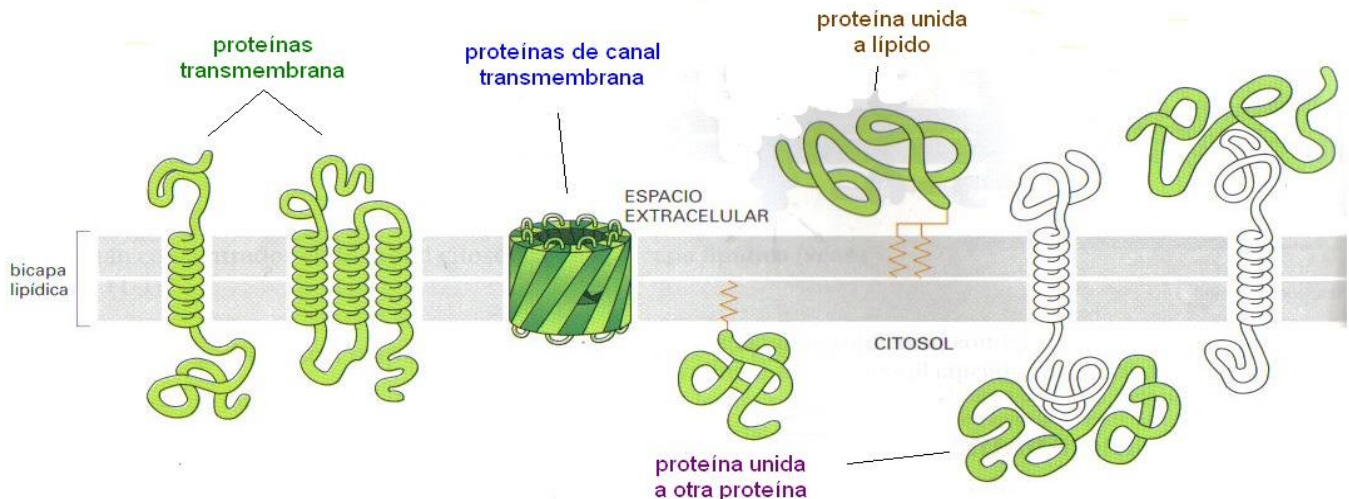
#### 2.1) Proteínas de membrana:

As proteínas da membrana plasmática exercem grandes variedades de funções: atuam preferencialmente nos mecanismos de transporte, organizando verdadeiros túneis que permitem a passagem de substâncias para dentro e para fora da célula, funcionam como receptores de membrana, encarregadas de receber sinais de substâncias que levam alguma mensagem para a célula, favorecem a adesão de células adjacentes em um tecido, servem como ponto de ancoragem para o citoesqueleto.

- **Proteínas de adesão:** em células adjacentes, as proteínas da membrana podem aderir umas às outras.



- Proteínas que facilitam o **transporte de substâncias** entre células.
- **Proteínas de reconhecimento:** determinadas glicoproteínas atuam na membrana como um verdadeiro “selo marcador”, sendo identificadas especificamente por outras células.
- **Proteínas receptoras de membrana.**
- **Proteínas de transporte:** podem desempenhar papel na difusão facilitada, formando um canal por onde passam algumas substâncias, ou no transporte ativo, em que há gasto de energia fornecida pela substância ATP. O ATP (adenosina trifosfato) é uma molécula derivada de nucleotídeo que armazena a energia liberada nos processos bioenergéticos que ocorrem nas células (respiração aeróbia, por exemplo). Toda vez que é necessária energia para a realização de uma atividade celular (transporte ativo, por exemplo) ela é fornecida por moléculas de ATP.
- **Proteínas de ação enzimática:** uma ou mais proteínas podem atuar isoladamente como enzima na membrana ou em conjunto, como se fossem parte de uma “linha de montagem” de uma determinada via metabólica.
- **Proteínas com função de ancoragem** para o citoesqueleto.



### (3) Envoltórios da membrana

#### 3.1) Parede celular:

A parede celular é um envoltório extracelular presente em todos os vegetais e algumas bactérias, fungos protozoários. Sua composição varia conforme o hábito de cada organismo perante os processos evolutivos e adaptativos. Essa estrutura impossibilita alterações morfológicas dos organismos, em razão de seu caráter semirrígido, ou seja, as células não conseguem alterar a forma em consequência do impedimento espacial limitado pela rigidez da parede celular.

#### Diferenças na composição das paredes celulares

Nas plantas, a parede celular é composta basicamente pelo polissacarídeo celulose, que forma a parede celulósica. Na maioria dos fungos, a parede é formada por quitina, podendo apresentar celulose. Alguns protistas secretam substâncias que, associadas a minerais silicatos (sílica), constituem rudimentares ou elaboradas paredes celulares, também denominadas de exoesqueleto. Já as bactérias e cianobactérias apresentam parede celular formada por peptidoglicano (açúcares ligados a aminoácidos).

#### Formação da parede celular dos vegetais

Sua formação nas células vegetais tem início com a deposição de uma fina camada elástica de celulose primária, permitindo nesse estágio o crescimento da célula. Depois de cessado esse crescimento, a parede recebe novas camadas de celulose e outras substâncias (suberina e lignina), o que confere maior resistência e resulta na parede secundária. Para permitir o intercâmbio, troca de substâncias entre células adjacentes, existem pontes citoplasmáticas (falhas) ao longo da superfície da parede chamadas de plasmodesmos. A função primordial dessa estrutura é conferir resistência e proteção celular, impedindo a lise osmótica em meio hipotônico.

#### 3.2) Glicocálix:

As células de animais são envoltas por uma camada de carboidratos ligados a proteínas (glicoproteínas) ou lipídios (glicolipídios), o glicocálix, ou glicocálice. Essa estrutura se encontra na parte externa da membrana plasmática e é proveniente do complexo de Golgi.

O glicocálix está presente nas células animais e desempenha diversas funções, tais como:

- **Reconhecimento celular:** permite que as células se identifiquem mutuamente e se unam umas às outras para formar os tecidos, bem como rejeitando células diferentes. A diferença está nas moléculas de carboidrato que compõem o glicocálix de cada tipo de célula.
- **Proteção:** essa estrutura confere proteção à célula contra agressões químicas e físicas do ambiente externo. Além de reter enzimas e nutrientes, o que proporciona um meio propício em volta da célula.
- **Barreira de difusão:** o glicocálix funciona como um filtro, que permite a entrada de substâncias na célula, levando em conta a massa molecular (permeabilidade seletiva da membrana plasmática)
- **Enzimática:** algumas reações metabólicas são catalisadas por enzimas provenientes do glicocálix, como a lactase, que facilita a degradação da lactose.
- **Antigênica:** reconhecimento de qualquer microrganismo ou partícula que não faça parte do organismo (em especial, os vírus).
- **Movimento:** o glicocálix fornece à célula em movimento uma viscosidade que possibilita seu deslocamento.
- **Reprodução:** a adesão entre óvulos e espermatozoides é ordenada pelo glicocálix.
- **Diferenciação celular:** devido aos seus receptores, o glicocálix permite que a célula se diferencie e forme, por exemplo, uma célula hepática, uma hemácia ou outro tipo de célula.
- **Inibição por contato:** o glicocálix é responsável pela emissão de sinais químicos que interrompem a mitose por meio de contatos físicos entre células de um mesmo tecido. Quando essa propriedade é perdida ou modificada, ocorre o crescimento desordenado de células, formando, assim, os tumores.

A composição do glicocálix apresenta constituintes constantes, as partes glicosídicas da glicoproteínas e glicolipídios, e os constituintes variáveis, as glicoproteínas e glicosaminoglicanas, que inicialmente são secretadas pela membrana plasmática e só depois são aderidas. O estudo do reconhecimento celular se torna primordial em pesquisas e experimentos, como por exemplo, o cultivo de células fora do organismo.

Esses estudos são muito úteis, também, para a viabilidade de uma das maiores promessas da Medicina moderna: o tratamento através de células tronco.

#### (4) Transportes através da membrana:

A capacidade de uma membrana de ser atravessada por algumas substâncias e não por outras define sua permeabilidade. Em uma solução, encontram-se o solvente (meio líquido dispersante) e o soluto (partícula dissolvida). Classificam-se as membranas, de acordo com a permeabilidade, em 4 tipos:

- a) **Permeável:** permite a passagem do solvente e do soluto;
- b) **Impermeável:** não permite a passagem do solvente nem do soluto;
- c) **Semipermeável:** permite a passagem do solvente, mas não do soluto;
- d) **Seletivamente permeável:** permite a passagem do solvente e de alguns tipos de soluto.

Nessa última classificação se enquadra a membrana plasmática. A passagem aleatória de partículas sempre ocorre de um local de maior concentração para outro de concentração menor (a favor do gradiente de concentração). Isso se dá até que a distribuição das partículas seja uniforme. A partir do momento em que o equilíbrio for atingido, as trocas de substâncias entre dois meios tornam-se proporcionais.

A passagem de substâncias através das membranas celulares envolve vários mecanismos, entre os quais podemos citar:

#### Transporte passivo

- Osmose
- Difusão simples
- Difusão facilitada

#### Transporte ativo

- Bomba de sódio e potássio

#### Endocitose e exocitose

- Fagocitose
- Pinocitose

#### 4.1) Transporte passivo:

No transporte passivo a passagem de substâncias através da membrana se faz sem consumo ou gasto de ATP por parte da célula.

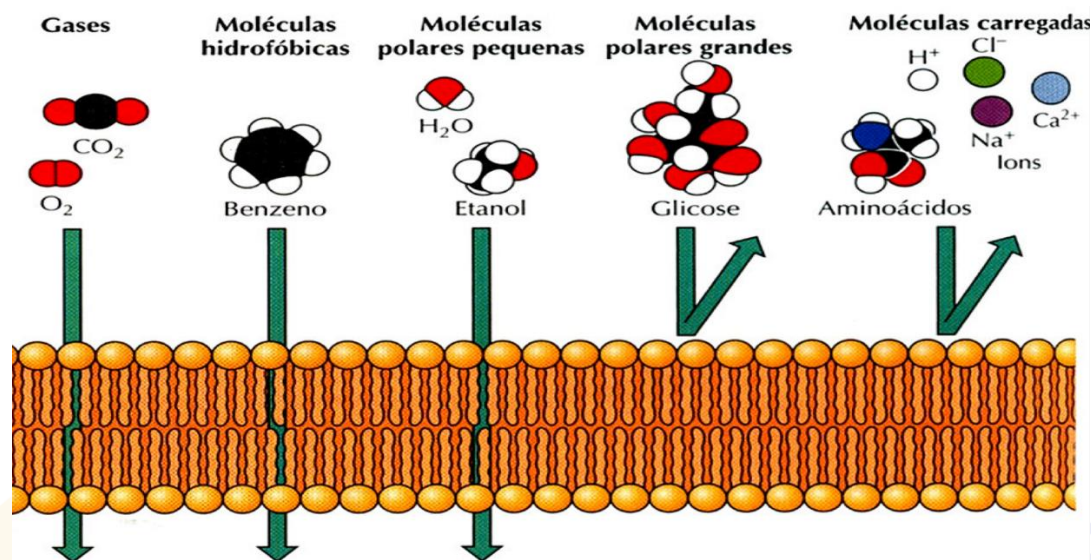
Nesse caso, as pequenas moléculas e íons passam livremente por meio da matriz fosfolipídica ou dos poros e canais existentes na membrana, obedecendo às leis naturais da difusão. A difusão é o fluxo de partículas (moléculas, íons) de uma região em que estejam em maior concentração para outra região em que a quantidade dessas partículas seja menor. Esse fluxo ou passagem de partículas é feito até que se estabeleça uma situação de equilíbrio entre as duas regiões, isto é, até que haja uma mesma concentração nas duas regiões. Em se tratando de células, a difusão de substâncias pode ser feita do meio intracelular para o extracelular ou vice-versa. Assim, quando no meio intracelular há uma concentração maior de determinadas partículas em relação ao extracelular, as partículas tendem a sair da célula; se, ao contrário, houver uma menor concentração no meio intracelular em relação ao extracelular, as partículas tenderão a penetrar na célula. Água, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, monossacarídeos, aminoácidos e substâncias lipossolúveis são exemplos de substâncias que entram ou saem da célula por difusão.

*obs: De modo geral, quanto maior a solubilidade da substância em lipídios, maior será a velocidade de difusão das suas moléculas através da membrana. Oxigênio, gás carbônico, álcool e outras são tão solúveis em água como em lipídios. Dessa forma, as moléculas dessas substâncias difundem-se mais rapidamente, ou seja, passam mais rapidamente por meio da membrana plasmática. Enquanto essas substâncias lipossolúveis atravessam a matriz fosfolipídica, a água e substâncias hidrossolúveis atravessam a canais formados por moléculas de proteínas*

Conforme seja feita com a ajuda ou não de proteínas da própria membrana, a difusão pode ser simples ou facilitada.

#### a) Difusão simples:

Na difusão simples ocorre a passagem de moléculas pequenas apolares ou lipossolúveis / hidrofóbicas de até 24 átomos, e de gases como o oxigênio, nitrogênio e gás carbônico através da bicamada lipídica sem nenhum auxílio de proteínas, até que ocorra um equilíbrio no gradiente de concentração entre o meio extra e intracelular.

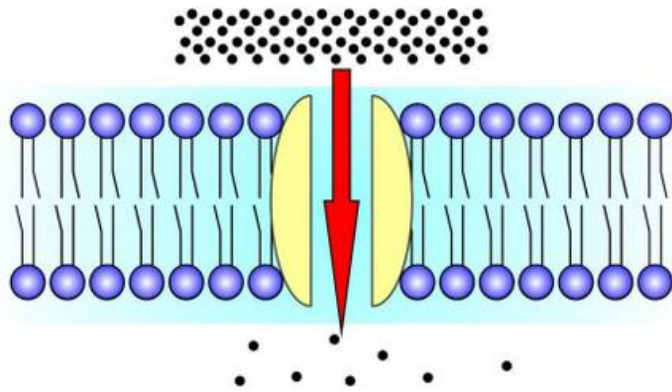


*obs: Nenhuma molécula com carga atravessa a membrana por difusão simples!*

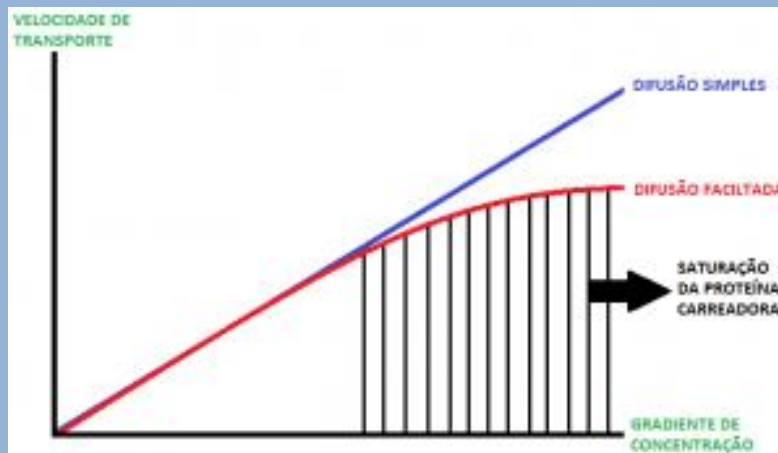
#### b) Difusão facilitada:

Já no processo de difusão facilitada, também conhecido como difusão mediada por carreadores, as moléculas atravessam a membrana com a ajuda de proteínas carreadoras específicas chamadas permeases. Diferente da difusão simples, a velocidade de difusão atinge uma velocidade máxima constante de difusão à medida que se aumenta a concentração da substância a ser difundida. Este limite de velocidade se deve ao fato das substâncias a serem transportadas se ligarem a partes específicas da proteína transportadora, assim, a velocidade máxima de

transporte está intimamente associada à quantidade de sítios disponíveis para carrear as moléculas. A velocidade de difusão, neste caso, é aumentada somente quando há um aumento no número de permeases disponíveis, portanto, quanto mais permeases (proteínas transportadoras) existirem, maior será a sua velocidade; mas se a concentração aumentar, a velocidade aumenta até atingir um equilíbrio. As substâncias comumente transportadas através da difusão facilitada são íons, aminoácidos e a glicose.



Observação:



### c) Osmose:

A água se movimenta livremente através da membrana, sempre do local de menor concentração de soluto (hipotônico) para o de maior concentração (hipertônico). A pressão com a qual a água é forçada a atravessar a membrana é conhecida por pressão osmótica.

A osmose não é influenciada pela natureza do soluto, mas pelo número de partículas. Quando duas soluções contêm a mesma quantidade de partículas por unidade de volume, mesmo que não sejam do mesmo tipo, exercem a mesma pressão osmótica e são isotônicas. Caso sejam separadas por uma membrana, haverá fluxo de água nos dois sentidos de modo proporcional.

A osmose pode provocar alterações de volume celular. *Uma hemácia humana* é isotônica em relação a uma solução de cloreto de sódio a 0,9% ("solução fisiológica"). Caso seja colocada em um meio com maior concentração, perde água e murcha. Se estiver em um meio mais diluído (hipotônico), absorve água por osmose e aumenta de volume, podendo romper, processo chamado plasmoptise (hemólise, nas hemácias).

*Observação 1: Se um paramécio (protozoário) é colocado em um meio hipotônico, absorve água por osmose. O excesso de água é eliminado pelo aumento de frequência dos batimentos do vacúolo pulsátil (ou contrátil). Protozoários marinhos não possuem vacúolo pulsátil, já que o meio externo é hipertônico.*  
*Observação 2: Quando o meio extracelular é hipotônico em relação ao intracelular, haverá uma endosmose, isto é, entrada de água na célula por osmose. Por outro lado, quando o meio extracelular for hipertônico em relação ao intracelular, ocorrerá uma exosmose (saída de água da célula por osmose).*

### Em células vegetais:

Como já foi dito anteriormente, se duas soluções se mantêm separadas por uma membrana semipermeável, ocorre fluxo de água da solução mais diluída para a mais concentrada. Essa difusão do solvente chama-se **osmose**.

Quando uma célula vegetal está em meio hipotônico, absorve água. Ao contrário da célula animal, ela não se rompe, pois é revestida pela parede celular ou membrana celulósica, que é totalmente permeável, mas tem elasticidade limitada, restringindo o aumento do volume da célula. Assim, a entrada de água na célula não depende apenas da diferença de pressão osmótica entre o meio extracelular e o meio intracelular (principalmente a pressão osmótica do suco vacuolar, líquido presente no interior do vacúolo da célula vegetal). Depende, também, da pressão contrária exercida pela parede celular. Essa pressão é conhecida por pressão de turgescência, ou resistência da membrana celulósica à entrada de água na célula.

### As Relações Hídricas da Célula Vegetal:

A osmose na célula vegetal depende da pressão osmótica (PO) exercida pela solução do vacúolo, que também é chamada de sucção interna do vacúolo (Si). Podemos chamar a pressão osmótica ou sucção interna do vacúolo de força de entrada de água na célula vegetal.

Conforme a água entra na célula vegetal, a membrana celulósica sofre deformação e começa exercer força contrária à entrada de água na célula vegetal. Essa força de resistência à entrada de água na célula vegetal é denominada pressão de Turgor ou Turgescência (PT) ou resistência da membrana celulósica (M). Essa turgescência à entrada de água na célula vegetal pode ser chamada de força de saída de água da célula vegetal. A diferença entre as forças de entrada e saída de água da célula vegetal é denominada de diferença de pressão de difusão DPD ou sucção celular (Sc).

Assim, temos:

$$DPD = PO - PT$$

ou

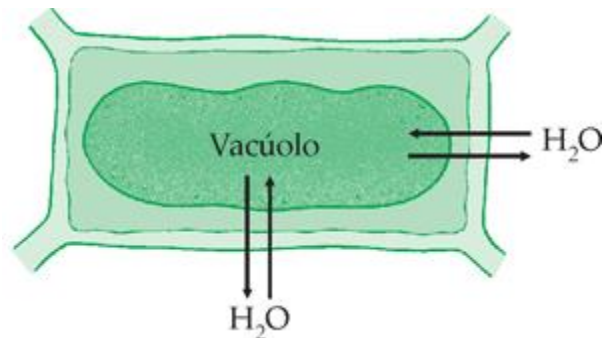
$$S_c = S_i - M$$

### A Célula Vegetal em Meio Isotônico:

Quando está em meio isotônico, a parede celular não oferece resistência à entrada de água, pois não está sendo distendida (PT = zero). Mas, como as concentrações de partículas dentro e fora da célula são iguais, a diferença de pressão de difusão é nula.

A célula está **flácida**. A força de entrada (PO) de água é igual à força de saída (PT) de água da célula.

Como  $DPD = PO - PT$   $DPD = zero$



### A Célula Vegetal em Meio Hipotônico

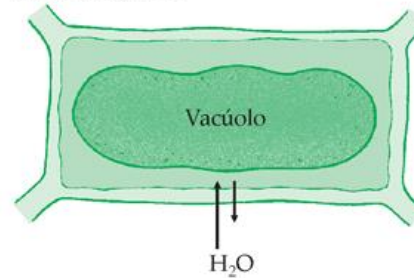
Quando o meio é hipotônico, há diferença de pressão osmótica entre os meios intra e extra-celular. À medida que a célula absorve água, distende a membrana celulósica, que passa a oferecer resistência à entrada de água. Ao mesmo tempo, a entrada de água na célula dilui o suco vacuolar, cuja pressão osmótica diminui. Em certo instante, a pressão de turgescência (PT) se iguala à pressão osmótica (PO), tornando a entrada e a saída de água proporcionais.

$PO = PT$ , portanto

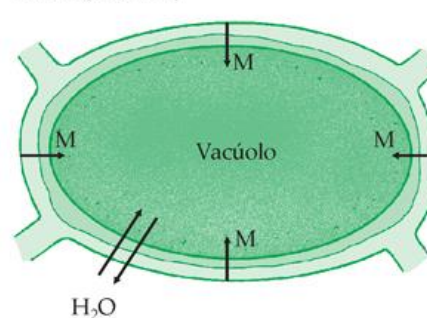
$DPD = PO - PT$   $DPD = zero$

A célula está túrgida.

Início ( $PO > PT$ )



Final ( $PO = PT$ )

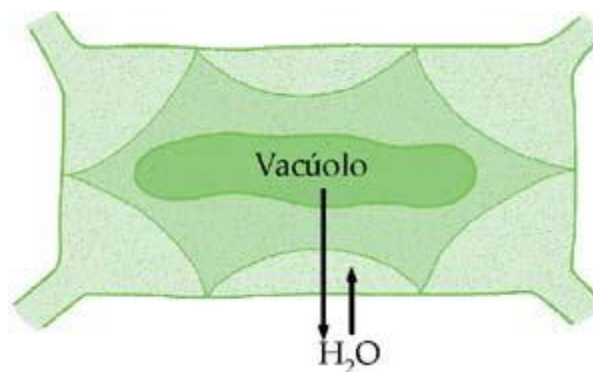


### A Célula Vegetal em Meio Hipertônico

Quando a célula está em meio hipertônico, perde água e seu citoplasma se retrai, deslocando a membrana plasmática da parede celular. Como não há deformação da parede celular, ela não exerce pressão de turgescência (PT = zero). Nesse caso:

$DPD = PO$

Diz-se que a célula está **plasmolisada**. Se a célula plasmolisada for colocada em meio hipotônico, absorve água e retorna à situação inicial. O fenômeno inverso à plasmólise chama-se **deplasmólise** ou desplasmolise.



Quando a célula fica exposta ao ar, perde água por evaporação e se retrai. Nesse caso, o retraimento é acompanhado pela parede celular. Retraída,

a membrana celulósica não oferece resistência à entrada de água. Pelo contrário, auxilia-a. A célula está dessecada ou murcha.

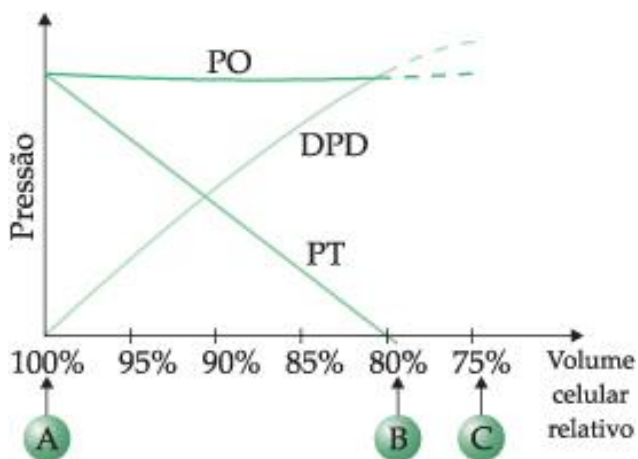
Como a parede celular está retraída, exerce uma pressão no sentido de voltar à situação inicial e acaba favorecendo a entrada de água na célula vegetal. Assim, temos uma situação contrária da célula túrgida e o valor de (PT) ou (M) é negativo.

A expressão das relações hídricas da célula vegetal ficará assim:

$$DPT = PO - (-PT)$$

$$DPT = PO + PT$$

O gráfico a seguir, conhecido por diagrama de Höfler, ilustra as variações de pressões expostas anteriormente.



Na situação A, a célula está túrgida ( $PO = PT$  e  $DPD = zero$ ). Em B,  $PT = zero$  e  $DPD = PO$ , a célula está plasmolisada. Se a parede celular se retrai, a pressão de turgescência passa a auxiliar a entrada de água ( $DPD > PO$ ), como indicado na situação C, de uma célula dessecada.

#### 4.2) Transporte ativo:

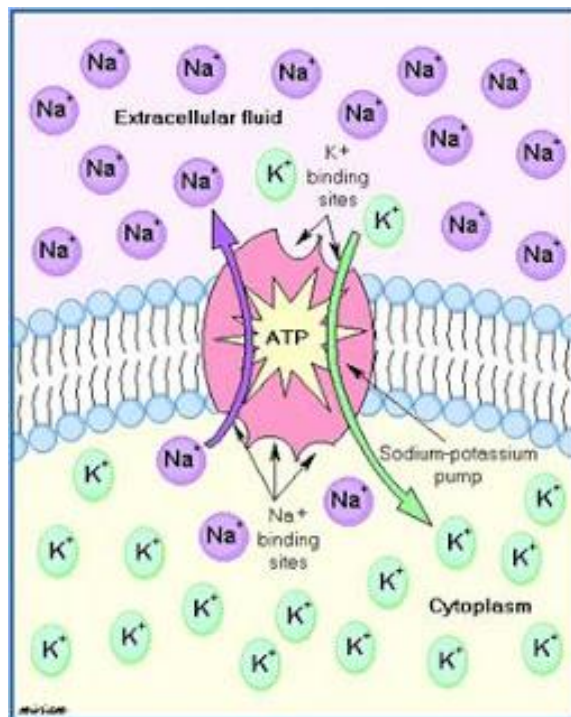
Consiste no movimento/deslocamento de moléculas de um meio de menor concentração desta, para um meio de maior concentração destas moléculas. Assim, como o meio em que possui baixa concentração molecular a energia cinética é muito pequena, não há como estas produzirem movimento molecular. Mas, em certas circunstâncias é necessário esse movimento. Portanto, faz-se necessário a produção de energia adicional a esse movimento, a fim de que a molécula seja deslocada do meio de menor para o de maior concentração.

Esse transporte possui dois tipos:

**a) Primário:** necessita de uma proteína carreadora, a qual consegue fracionar uma molécula de trifosfato de adenosina (ATP) para gerar energia e deslocar a molécula. Um dos transportes mais comuns no corpo humano que usa esse transporte é a bomba de sódio-potássio ( $Na^+/K^+$ -ATPase).

Este mecanismo transportador é composto por uma proteína carreadora que possui:

- \*3 locais (ou pontos) na membrana para a fixação do sódio na face voltada para o LIC (líquido intracelular);
- \*2 locais (ou pontos) para a fixação do potássio na face externa da membrana, voltada para o LEC (líquido extracelular);
- \*1 porção interna com atividade enzimática (ATPase) que tem como função liberar energia.



Então, quando o sódio estiver em maior concentração no LIC e o potássio tiver se deslocado para o LEC, invertendo as relações aniônicas (concentração e polaridade) da célula, iniciar-se-á o transporte ativo.

No exato instante em que três moléculas de sódio se ligarem aos seus sítios dessa proteína carreadora na face interna da célula e duas moléculas de potássio ocuparem seus sítios na face interna da proteína, então a enzima ATPase cliva energia e produz alteração conformacional nesta proteína. O resultado será o deslocamento de 2 moléculas de potássio para o LIC e 3 moléculas de sódio para o LEC. Com essa atividade alguns objetivos funcionais são garantidos, sendo eles:

**1º evitar o edema celular:** ao deslocar o sódio do LIC para o LEC há menor atração de água para o meio intracelular, evitando o encharcamento (edema) desse meio.

**2º garantir a eletroneutralidade:** com a entrada de apenas duas moléculas de potássio em relação à saída de três moléculas de sódio, há menor estoque de cargas positivas no LIC, garantindo a negatividade deste meio em relação ao LEC.

**3º garantir a diferença iônica/molecular:** com o redirecionamento do sódio para o LEC e do potássio para o LIC, há manutenção da diferença molecular entre os meios.

Além da existência desta bomba, outras para o transporte ativo primário do hidrogênio e do cálcio existem.

**b) Secundário:** neste, a energia é derivada do armazenamento energético oriundo da atividade do transporte ativo primário. Portanto, com a energia produzida primariamente, há o armazenamento de parte deste para produzir um transporte secundário, sem que seja necessária a atividade da enzima ATPase. Há dois tipos deste transporte:

**1º Cotransporte:** a medida que uma molécula entra na célula por sua proteína carreadora, movendo-se de um meio de maior concentração para o de menor concentração, essa sua tendência de difusão tende a arrastar outra molécula consigo. É o caso do sódio quando se difunde do LEC para o LIC. Ao se difundir permite que a proteína carreadora obtenha energia adicional para permitir a entrada simultânea da glicose e de aminoácidos.

**2º Contratransporte:** neste os íons/moléculas se movimentam em sentidos opostos. Da mesma maneira como descrito para o co-transporte

para a obtenção de energia, neste a molécula a ser transportada movimenta-se em sentido oposto àquela que se difunde passivamente.

Então, quando o sódio se difunde do LEC para o LIC, permite que a proteína carreadora armazene energia para favorecer a saída de algumas outras moléculas, como o cálcio e o hidrogênio.

#### 4.3) Transportes em bloco:

##### Endocitose e exocitose

Enquanto que a difusão simples e facilitada e o transporte ativo são mecanismos de entrada ou saída para moléculas e íons de pequenas dimensões, as grandes moléculas ou até partículas constituídas por agregados moleculares são transportadas através de outros processos.

##### Endocitose

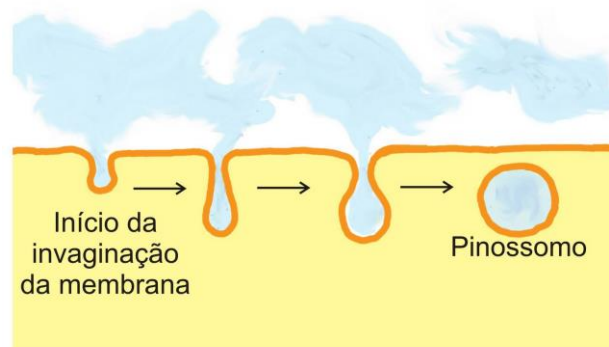
Este processo permite o transporte de substâncias do meio extra para o intracelular, através de vesículas limitadas por membranas, a que se dá o nome de **vesículas de endocitose** ou endocíticas. Estas são formadas por invaginação da membrana plasmática, seguida de fusão e separação de um segmento da mesma.

Há três tipos de endocitose: **pinocitose**, **fagocitose** e **endocitose mediada**.

##### Pinocitose

Neste caso, as vesículas são de pequenas dimensões e a célula ingere moléculas solúveis que, de outro modo, teriam dificuldades em penetrar a membrana. O mecanismo pinocítico envolve gasto de energia

e é muito seletivo para certas substâncias, como os sais, aminoácidos e certas proteínas, todas elas solúveis em água.



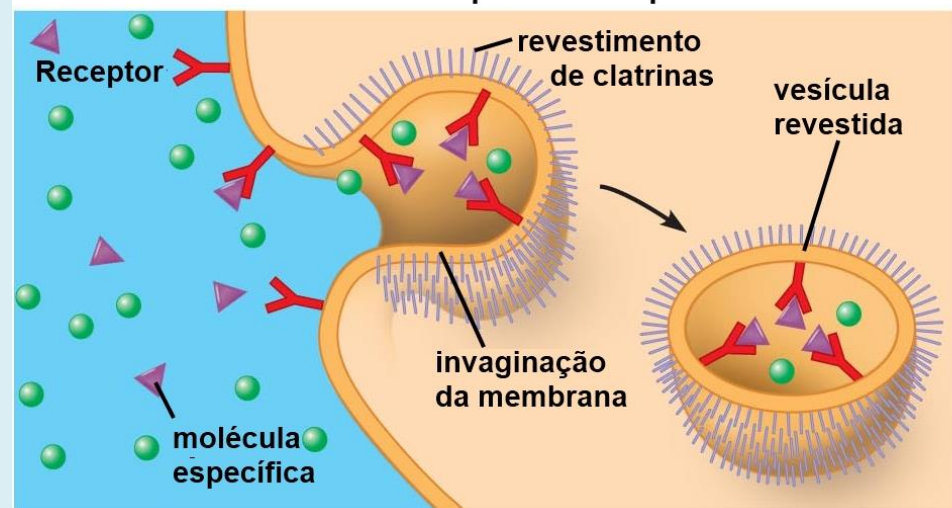
Este processo, que ocorre em diversas células, tem uma considerável importância para a Medicina: o seu estudo mais aprofundado pode permitir o tratamento de grupos de células com substâncias que geralmente não penetram a membrana citoplasmática (diluindo-as numa solução que contenha um indutor de pinocitose como, por exemplo, a albumina, fazendo com que a substância siga a albumina até ao interior da célula e aí desempenhe a sua função).

##### Endocitose mediada

Se a invaginação da membrana for desencadeada pela ligação de uma determinada substância a um constituinte específico da membrana trata-se de um processo de endocitose mediada e chama-se a esse constituinte receptor. Para entrar na célula deste modo é necessário que a membrana possua receptores específicos para a substância em questão. Este mecanismo é utilizado por muitos vírus (como o HIV, por exemplo) e toxinas para penetrar na célula dado que ao longo do tempo foram desenvolvendo uma complementaridade com os receptores.

Este processo é também importante para a Medicina, pois foram introduzidos em medicamentos usados para destruir células tumorais fragmentos que se ligam aos receptores membranares específicos das células que se pretende destruir.

### Endocitose mediada por receptor



### membrana plasmática

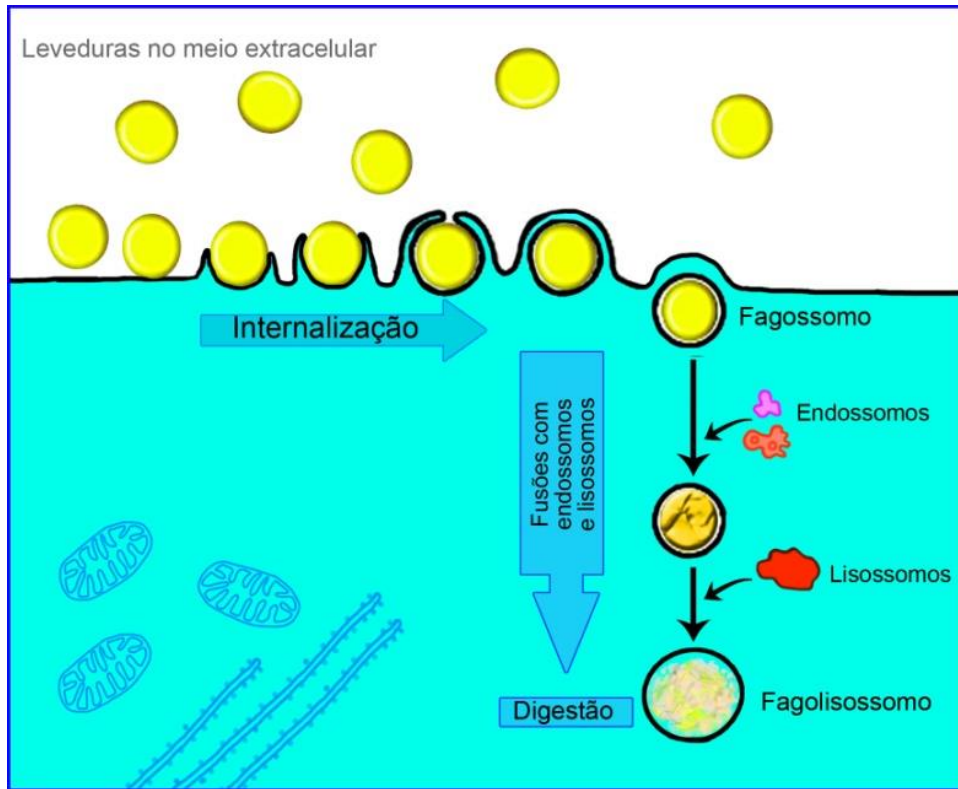


Material ligado a receptores de membrana

##### Fagocitose

Este processo é muito semelhante à pinocitose, sendo a única diferença o fato de o material envolvido pela membrana não estar diluído e ao invés da invaginação a membrana sofre evaginação. Enquanto que a pinocitose é um processo comum a quase todas as células eucarióticas, muitas das células pertencentes a organismos multicelulares não efetuam fagocitose, sendo esta efetuada por células específicas. Nos protistas a fagocitose é frequentemente uma das formas de ingestão de alimentos.

Os glóbulos brancos utilizam este processo para envolver materiais estranhos como bactérias ou até células danificadas. Dentro da célula fagocítica, enzimas citoplasmáticas são secretadas para a vesícula e degradam o material até este ficar com uma forma inofensiva.



# Metas de sala

## QUESTÃO 01

Um professor do Núcleo Pré-Vestibulares resolveu fazer uma aula prática sobre membrana plasmática com seus alunos. Ele criou em laboratório células com as superfícies fluorescentes para o estudo do modelo proposto por Singer e Nicolson. Neste experimento, ele usou uma célula com a superfície fluorescente e observou-a em microscópio acoplado a um laser. O laser utilizado neste caso é capaz de degradar a fluorescência conjugada às moléculas na superfície celular. Iniciado o experimento, ele expôs um ponto específico da célula ao laser. Após cinco minutos de exposição da incidência do laser, observou que a região exposta perdia a fluorescência, mas o restante da célula continuava fluorescente.

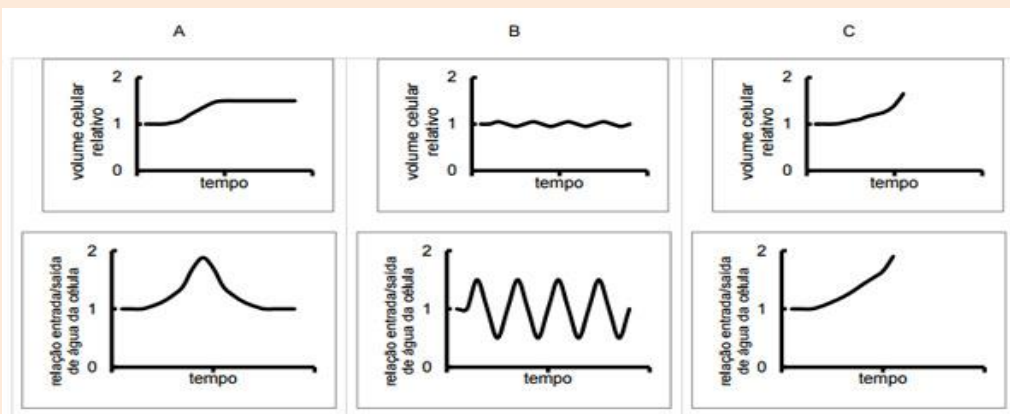
Entretanto, após uma hora de exposição, no mesmo ponto focal, toda a célula perdia a fluorescência. Baseado nesse experimento responda à questão abaixo.

Quais moléculas perderam a fluorescência e qual é o modelo evidenciado neste experimento?

- a) Lipídeos e Glicolipídeos – Mosaico fluido.
- b) Proteínas e Glicoproteínas – Mosaico fluido.
- c) Lipídeos e Proteínas – Mosaico simétrico.
- d) Lipídeos e Proteínas – Mosaico fluido.
- e) Proteínas e Glicoproteínas – Mosaico simétrico.

## QUESTÃO 02

As figuras abaixo representam a variação do volume celular e da relação entrada/saída de água, ao longo do tempo, em três tipos celulares diferentes: célula animal, célula vegetal e protozoário. No tempo zero, as células foram mergulhadas em água pura:



As figuras A, B e C correspondem, respectivamente, a

- a) animal, protozoário e vegetal.
- b) animal, vegetal e protozoário.
- c) protozoário, animal e vegetal.
- d) protozoário, vegetal e animal.
- e) vegetal, protozoário e animal.



### QUESTÃO 03

(VANYLTON MATIAS) Em um experimento, alunos do Núcleo PVA colocaram água pura em um copo e em seguida inseriram células de camundongos nesse recipiente. Após esse preparo, passaram a adicionar lentamente pequenas quantidades de sal de cozinha (NaCl), que após solubilizado deu origem ao íon sódio (chamado de X no gráfico). O aluno Vinícius desenhou o gráfico I, supondo que estaria corretamente relacionado com o fenômeno observado no experimento. Já Maria, discordou do seu colega, afirmando que a curva característica pra essa situação seria a de número II.

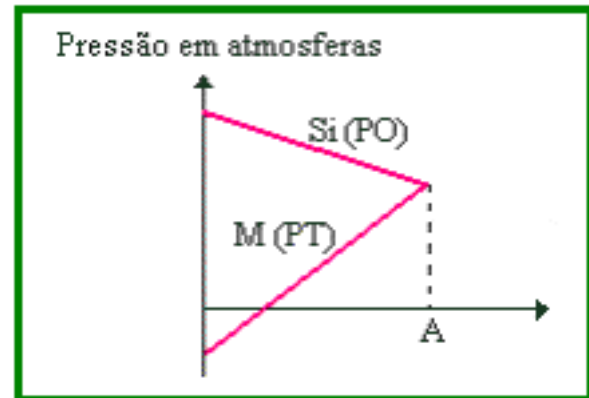


- Levando em consideração a discussão entre os alunos, conclui-se que
- Vinícius está correto, pois o fenômeno observado é um transporte passivo.
  - Vinícius está correto, pois o transporte observado é do tipo difusão simples.
  - ambos estão certos, pois a curva dependerá da velocidade de deposição do sal.
  - Maria está correta, pois a entrada de sódio nas células se dá por transporte ativo.
  - Maria está correta, pois após a adição de sal o sódio liberado penetrará na célula por difusão facilitada.



### QUESTÃO 04

O diagrama abaixo representa as variações de volume em células vegetais em relação às condições hídricas, em que  
 $S_i$  = sucção interna da célula: tendência à entrada de água.  
 $M$  = resistência de membrana celulósica: tendência à saída de água.



- O estado osmótico da célula e o meio em que as células foram mergulhadas para atingir o ponto A são, respectivamente
- crenação - meio hipertônico
  - plasmólise - meio hipertônico
  - deplasmólise - meio isotônico
  - turgência - meio hipotônico
  - plasmoptise - meio hipotônico



### QUESTÃO 05

(Vanylton Matias) Alunos do Núcleo PVA realizaram experimentos com células de camundongos, com células vegetais e bacterianas. Ao analisar as três estruturas celulares, foram observadas diferenças significativas nos seus tamanhos e organização. Porém, os alunos identificaram que em todas as células havia presença de

- membrana plasmática, DNA, RNA e ribossomos.
- parede celular, proteínas histonas, DNA, RNA e carioteca.
- membrana plasmática, organelas membranosas, DNA e RNA.
- carioteca, citosol, material genético e organelas citoplasmáticas.
- retículo endoplasmático, mesossomos, DNA, RNA e citoplasma figurado.

## Metas propostas



### QUESTÃO 06

O glicogênio é uma reserva energética em animais, formado por milhares de unidades de glicose. O principal órgão de armazenamento concentrado desse polissacarídeo é o fígado. Em situações de hipoglicemia, as células-alfa do pâncreas liberam o hormônio glucagon, que promove o aumento da glicemia por meio da degradação do glicogênio hepático em glicose, tornando-a disponível para ser transportada para o sangue.

Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/enfermagem/efeitos-do-glucagon-no-organismo/34855>>. Acesso em: 19 de setembro de 2019. (adaptado)

Uma vantagem do armazenamento de glicose na forma de glicogênio é que o mesmo reduz a osmolaridade, evitando que a célula

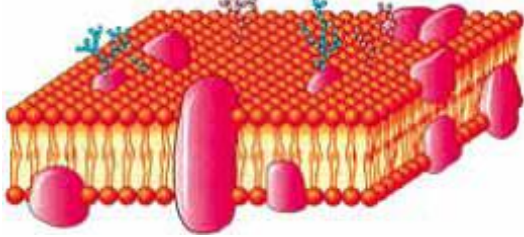
- gere muita energia.
- aumente o seu volume.
- perca moléculas de glicose.
- fique resistente ao glucagon.
- sofra plasmólise.





## QUESTÃO 07

Observe a figura de uma biomembrana.



(Luis Carlos Junqueira e José Carneiro. *Biologia celular emolecular*, 2013. Adaptado.)

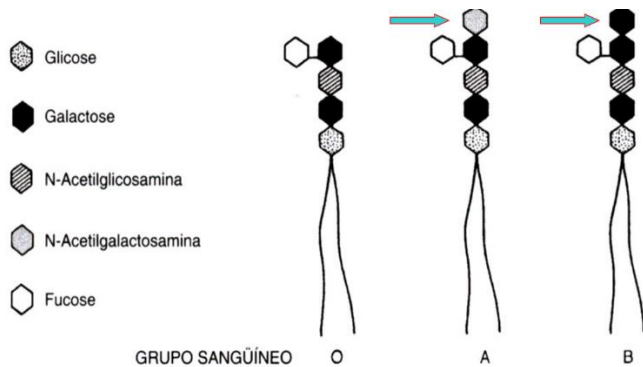
De acordo com a composição dessa biomembrana, é correto afirmar que há

- a) moléculas de proteína inseridas na dupla camada de fosfolipídios.
- b) moléculas de celulose inseridas na dupla camada de proteínas.
- c) moléculas de lipídio inseridas na dupla camada de celuloses.
- d) moléculas de fosfolipídio inseridas na dupla camada de carboidratos.
- e) moléculas de glicogênio inseridas na dupla camada de lipídios.



## QUESTÃO 08

(Vanylton Matias) A figura abaixo representa alguns dos carboidratos que podem ser observados, por técnicas de microscopia eletrônica, na membrana plasmática das hemácias humanas.



Observa-se que a presença de N-Acetilgalactosamina e N-acetilglicosamina, como indicado pelas setas, caracterizam hemácias dotadas, respectivamente, de antígenos A e B. o conjunto desses carboidratos nas hemácias codificam uma identidade a essas células, compondo estruturas chamadas de

- a) parede celular
- b) fosfolipídios
- c) glicocálice
- d) microvilosidades
- e) sistema ABO

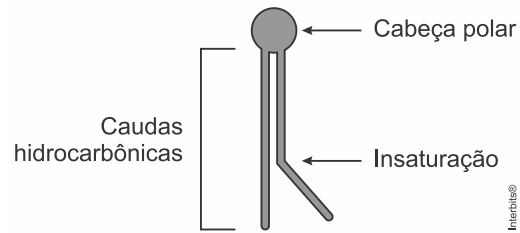
## NÍVEL VETERANO



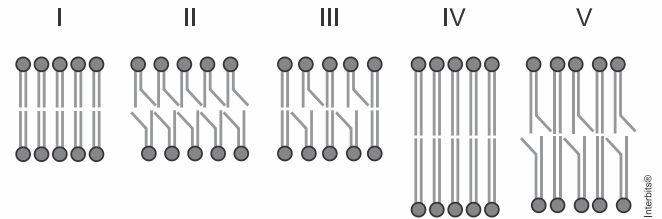
## QUESTÃO 09

(Enem 2019) A fluidez da membrana celular é caracterizada pela capacidade de movimento das moléculas componentes dessa estrutura. Os seres vivos mantêm essa propriedade de duas formas: controlando a temperatura e/ou alterando a composição lipídica da membrana. Neste último aspecto, o tamanho e o grau de insaturação das caudas hidrocarbônicas dos fosfolipídios, conforme representados na figura, influenciam significativamente a fluidez. Isso porque quanto maior for a magnitude das interações entre os fosfolipídios, menor será a fluidez da membrana.

Representação simplificada da estrutura de um fosfolipídio



Assim, existem bicamadas lipídicas com diferentes composições de fosfolipídios, como as mostradas de I a V.



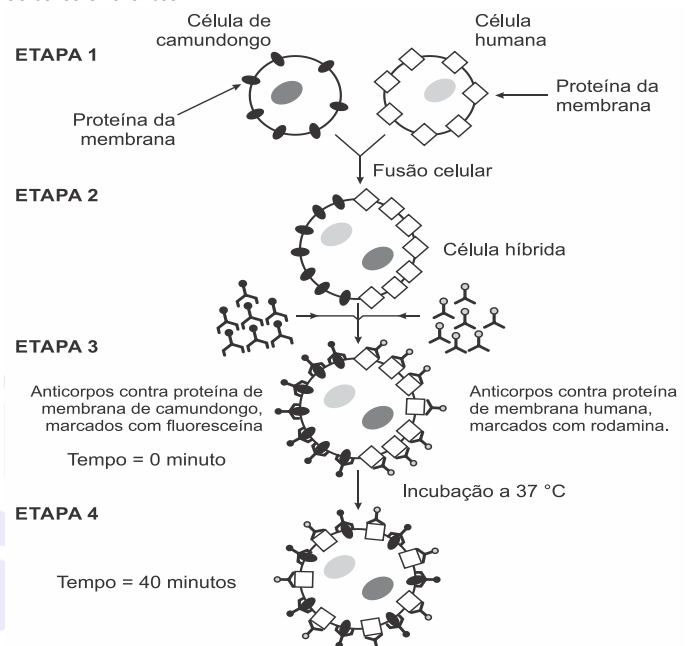
Qual das bicamadas lipídicas apresentadas possui maior fluidez?

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



## QUESTÃO 10

(Enem) Visando explicar uma das propriedades da membrana plasmática, fusionou-se uma célula de camundongo com uma célula humana, formando uma célula híbrida. Em seguida, com o intuito de marcar as proteínas de membrana, dois anticorpos foram inseridos no experimento, um específico para as proteínas de membrana do camundongo e outro para as proteínas de membrana humana. Os anticorpos foram visualizados ao microscópio por meio de fluorescência de cores diferentes.



ALBERTS, B. et al. *Biologia molecular da célula*, Porto Alegre: Artes Médicas, 1997 (adaptado).

A mudança observada da etapa 3 para a etapa 4 do experimento ocorre

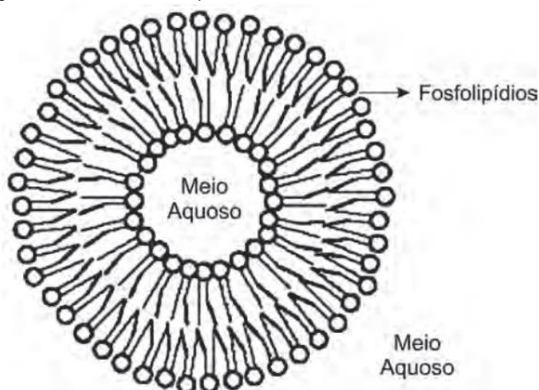
porque as proteínas

- a) movimentam-se livremente no plano da bicamada lipídica.
- b) permanecem confinadas em determinadas regiões da bicamada.
- c) auxiliam o deslocamento dos fosfolipídios da membrana plasmática.
- d) são mobilizadas em razão da inserção de anticorpos.
- e) são bloqueadas pelos anticorpos.



### QUESTÃO 11

(ENEM) Quando colocados em água, os fosfolipídeos tendem a formar lipossomos, estruturas formadas por uma bicamada lipídica, conforme mostrado na figura. Quando rompida, essa estrutura tende a se reorganizar em um novo lipossomo.



Disponível em: <http://course1.winona.edu>. Acesso em: 1 mar. 2012 (adaptado).

Esse arranjo característico se deve ao fato de os fosfolipídios apresentarem uma natureza

- a) polar, ou seja, serem inteiramente solúveis em água.
- b) apolar, ou seja, não serem solúveis em solução aquosa.
- c) anfotérica, ou seja, podem comportar-se como ácidos e bases.
- d) insaturada, ou seja, possuírem duplas ligações em sua estrutura.
- e) anfífilica, ou seja, possuírem uma parte hidrofílica e outra hidrofóbica.



### QUESTÃO 12

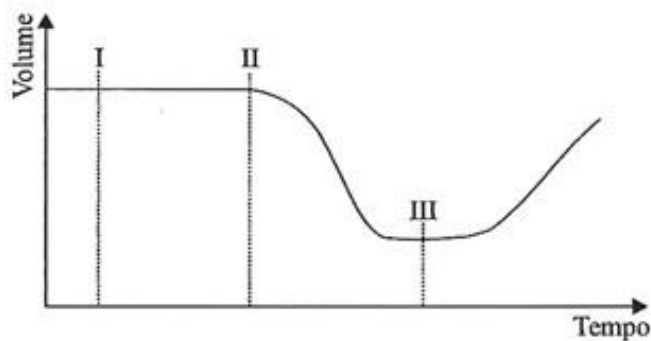
(ENEM) O DNA (ácido desoxirribonucleico), material genético de seres vivos, é uma molécula de fita dupla, que pode ser extraída de forma caseira a partir de frutas, como morango ou banana amassados, com uso de detergente, de sal de cozinha, de álcool comercial e de uma peneira ou de um coador de papel. O papel do detergente nessa extração de DNA é

- a) aglomerar o DNA em solução para que se torne visível.
- b) promover lise mecânica do tecido para obtenção do DNA.
- c) emulsificar a mistura para promover a precipitação do DNA.
- d) promover atividades enzimáticas para acelerar a extração do DNA.
- e) romper as membranas celulares para liberação do DNA em solução.



### QUESTÃO 13

Uma espécie de alga unicelular foi colocada em um tubo de ensaio (I) contendo uma determinada solução salina e o seu volume vacuolar foi analisado. Após certo tempo, as algas foram transferidas para outro tubo de ensaio (II) e o seu volume vacuolar foi novamente analisado. Em seguida as algas foram transferidas para outro tubo de ensaio (III) e repetiu-se a análise. As variações de volume foram ilustradas em um gráfico.



Pode-se concluir que os diferentes tubos de ensaio (I, II e III) continham, respectivamente, soluções:

- a) Hipotônica, isotônica e hipertônica.
- b) Hipertônica, hipotônica e isotônica.
- c) Isotônica, hipertônica e hipotônica.
- d) Isotônica, hipotônica e hipertônica.
- e) Hipotônica, hipertônica e isotônica.



### QUESTÃO 14

(Enem) Uma cozinheira colocou sal a mais no feijão que estava cozinhando. Para solucionar o problema, ela acrescentou batatas cruas e sem tempero dentro da panela. Quando terminou de cozinhá-lo, as batatas estavam salgadas, porque absorveram parte do caldo com excesso de sal. Finalmente, ela adicionou água para completar o caldo do feijão.

O sal foi absorvido pelas batatas por

- a) osmose, por envolver apenas o transporte do solvente.
- b) fagocitose, porque o sal transportado é uma substância sólida.
- c) exocitose, uma vez que o sal foi transportado da água para a batata.
- d) pinocitose, porque o sal estava diluído na água quando foi transportado.
- e) difusão, porque o transporte ocorreu a favor do gradiente de concentração.



### QUESTÃO 15

(Enem) A horticultura tem sido recomendada para a agricultura familiar, porém as perdas são grandes devido à escassez de processos compatíveis para conservar frutas e hortaliças. O processo, denominado desidratação osmótica, tem se mostrado uma alternativa importante nesse sentido, pois origina produtos com boas condições de armazenamento e qualidade semelhante à matéria-prima.

GOMES, A. T.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. Desidratação osmótica: uma tecnologia de baixo custo para o desenvolvimento da agricultura familiar. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, n. 3, set.-dez. 2007 (adaptado).

Esse processo para conservar os alimentos remove a água por

- a) aumento do ponto de ebulição do solvente.
- b) passagem do soluto através de uma membrana semipermeável.
- c) utilização de solutos voláteis, que facilitam a evaporação do solvente.
- d) aumento da volatilidade do solvente pela adição de solutos ao produto.
- e) pressão gerada pela diferença de concentração entre o produto e a solução.



### QUESTÃO 16

(Enem) Alimentos como carnes, quando guardados de maneira inadequada, deterioram-se rapidamente devido à ação de bactérias e fungos. Esses organismos se instalam e se multiplicam rapidamente por encontrarem aí condições favoráveis de temperatura, umidade e

nutrição. Para preservar tais alimentos é necessário controlar a presença desses microrganismos. Uma técnica antiga e ainda bastante difundida para preservação desse tipo de alimento é o uso do sal de cozinha ( $\text{NaCl}$ ).

Nessa situação, o uso do sal de cozinha preserva os alimentos por agir sobre os microrganismos,

- a) desidratando suas células.
- b) inibindo sua síntese proteica.
- c) inibindo sua respiração celular.
- d) bloqueando sua divisão celular.
- e) desnaturando seu material genético.



### QUESTÃO 17

(Vanylton Matias) Maikell Victor, rico professor que mora no litoral cearense, usou água do mar para regar cinco vasos de margaridas. Fez isso por uma semana ininterruptamente. Depois desse período, todas as plantas estavam mortas, evidenciando um caso de seca fisiológica. Sabe-se que a margarida é uma planta eudicotiledônea, que deve receber água todos os dias, sobretudo no verão. A morte das margaridas do professor Maikell Victor deveu-se

- a) a ruptura de suas células.
- b) a falta de água nos vasos.
- c) a baixa absorção de água.
- d) ao excesso de transpiração.
- e) a desidratação de suas células.



### QUESTÃO 18

A ouabaína é uma substância orgânica vegetal extraída da planta *Strophantus gratus* e utilizada nas pontas de flechas, por algumas tribos africanas, para paralisar a caça ou matar os inimigos. Essa substância age como um potente inibidor enzimático que altera a regulação iônica, desabilitando a manutenção osmótica celular normal dentro e fora da célula. O sistema de transporte, através da membrana, que é desabilitado é o(a)

- a) glicocálice.
- b) sódio e potássio ATPase.
- c) bicamada fosfolipídica.
- d) proteína canal de sódio.
- e) bomba de prótons.



### QUESTÃO 19

(Enem) Uma das estratégias para conservação de alimentos é o salgamento, adição de cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ), historicamente utilizado por tropeiros, vaqueiros e sertanejos para conservar carnes de boi, porco e peixe.

O que ocorre com as células presentes nos alimentos preservados com essa técnica?

- a) O sal adicionado diminui a concentração de solutos em seu interior.
- b) O sal adicionado desorganiza e destrói suas membranas plasmáticas.
- c) A adição de sal altera as propriedades de suas membranas plasmáticas.
- d) Os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  provenientes da dissociação do sal entram livremente nelas.
- e) A grande concentração de sal no meio extracelular provoca a saída de água de dentro delas.

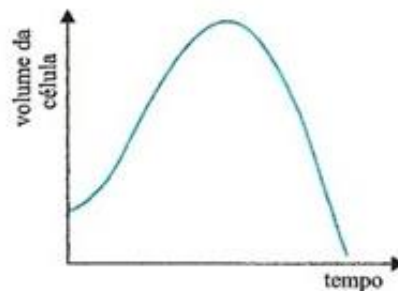


### QUESTÃO 20

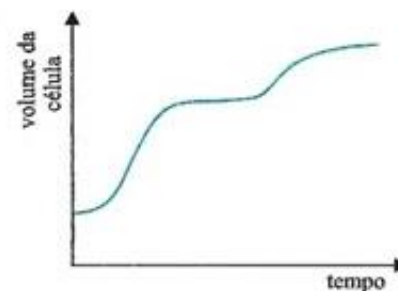
Durante uma aula prática, os alunos do Núcleo PVA colocaram algumas

hemácias humanas em água destilada e analisaram a variação do volume celular. Após o experimento, as variações no volume das células foram indicadas em um gráfico. Sabendo-se que as hemácias humanas ficam mergulhadas no plasma sanguíneo, cuja solução apresenta 0,9% de  $\text{NaCl}$ , o gráfico que ilustra corretamente a variação do volume das hemácias na água destilada, em função do tempo, está indicado em:

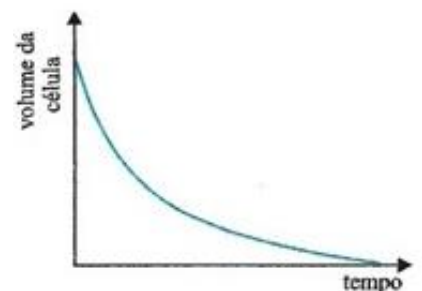
a)



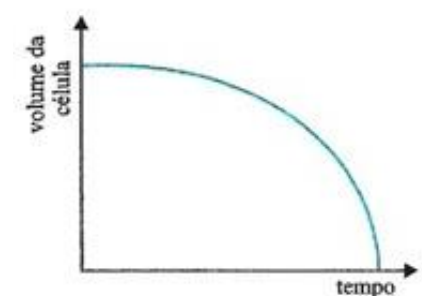
b)



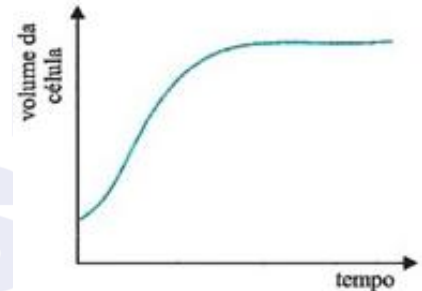
c)



d)



e)



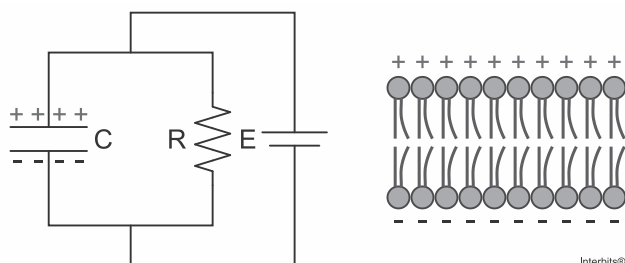
### QUESTÃO 21

A resposta das células a pulsos elétricos sugere que a membrana plasmática assemelha-se a um circuito elétrico composto por uma

associação paralela entre um resistor (R) e um capacitor (C) conectados a uma fonte eletromotriz (E). A composição por fosfolipídios e proteínas é que confere resistência elétrica à membrana, enquanto a propriedade de manter uma diferença de potencial elétrico, ou potencial de membrana, é comparável a um capacitor.

(Eduardo A. C. Garcia. *Biofísica*, 2002. Adaptado.)

A figura mostra a analogia entre um circuito elétrico e a membrana plasmática.

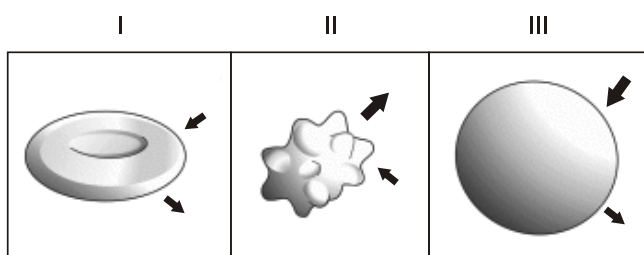


A diferença de potencial elétrico na membrana plasmática é mantida

- pelos bombeamento ativo de íons promovido por proteínas de membrana específicas.
- pela difusão facilitada de íons através de proteínas canais que transpassam a membrana.
- pela constante difusão simples de íons por entre as moléculas de fosfolipídios.
- pela transferência de íons entre os meios extra e intracelular por processos de endocitose e exocitose.
- pelo fluxo de água do meio mais concentrado em íons para o meio menos concentrado.

### QUESTÃO 22

Nas figuras abaixo, estão esquematizadas células animais imersas em soluções salinas de concentrações diferentes. O sentido das setas indica o movimento de água para dentro ou para fora das células, e a espessura das setas indica o volume relativo de água que atravessa a membrana celular.



A ordem correta das figuras, de acordo com a concentração crescente das soluções em que as células estão imersas, é:

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

### QUESTÃO 23

(...) Mas, sem saber, a odeia: deseja que ela suma, que um disco voador a rapte e que, por um encanto ou até, quem sabe, por obra de algum poderoso veneno, se dissolva, assim como ocorre com as lesmas, quando ele as cobre de sal.

Riter, Caio. *Eu e o silêncio de meu pai*. São Paulo, Biruta, 2011. p.14.

Essa substância depositada sobre as lesmas causa sua morte porque, em nível celular, provoca

- desnaturação das proteínas, impedindo suas funções.
- absorção de água do citoplasma, desidratando o organismo.
- bloqueio da absorção de oxigênio, intoxicando esses animais.
- acidificação do meio intracelular, dissolvendo esses moluscos.
- difusão facilitada rápida da água nas células desses animais.

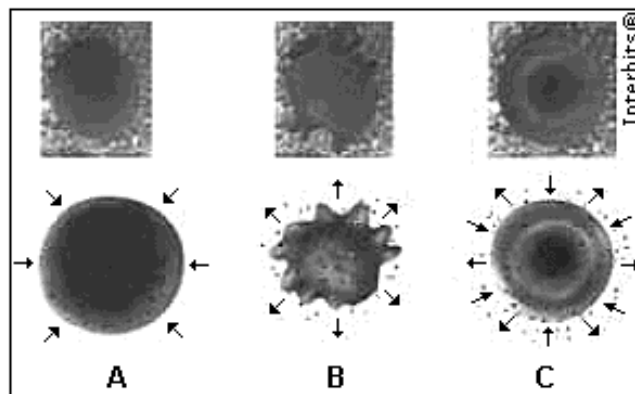
### QUESTÃO 24

Paramécios, tripanossomos e leishmanias são protozoários que se locomovem de forma autônoma em seu hábitat. Paramécios vivem em água doce e tripanossomos e leishmanias são parasitas humanos. Se colocados em um tubo de ensaio contendo água destilada, o tripanossomo sofre lise celular, mas o paramécio não, pois possuem

- parede celular impermeável à entrada de água.
- vacúolos pulsáteis que eliminam o excesso de água.
- meio interno hipotônico em relação à água destilada.
- glândula de sal que equilibram a osmolaridade interna.
- Membrana plasmática rica em colesterol, conferindo maior resistência.

### QUESTÃO 25

Três amostras de hemácias, A, B e C, foram isoladas do sangue de uma mesma pessoa e colocadas em soluções com diferentes concentrações de sal. A figura apresenta as hemácias vistas ao microscópio quando colocadas nas diferentes soluções. Na linha inferior, representação esquemática das células da linha superior. As setas indicam a movimentação de água através da membrana.



(Proposta Curricular do Estado de São Paulo, São Paulo Faz Escola, Biologia, Caderno do Aluno, 2ª série vol.1, 2009.)

Pode-se afirmar que, depois de realizado o experimento,

- a concentração osmótica no interior da célula A é maior que a concentração osmótica no interior da célula B.
- a concentração osmótica no interior da célula C é maior que a concentração osmótica no interior da célula B.
- a concentração osmótica no interior das três células é a mesma, assim como também o era antes de terem sido colocadas nas respectivas soluções.
- a concentração osmótica no interior das três células não é a mesma, assim como também não o era antes de terem sido colocadas nas respectivas soluções.
- se as células A e B forem colocadas na solução na qual foi colocada a célula C, as três células apresentarão a mesma concentração osmótica.



## QUESTÃO 26

A figura ilustra duas células vegetais plasmolisadas. As estruturas X e Y são envoltórios celulares.



(<https://hiveminer.com>. Adaptado.)

Para que ocorra a plasmólise celular é necessário que

- a) X e Y sejam permeáveis e o meio externo seja isotônico em relação ao meio interno.
- b) X seja semipermeável, Y seja permeável e o meio externo seja hipertônico em relação ao meio interno.
- c) X e Y sejam semipermeáveis e o meio externo seja isotônico em relação ao meio interno.
- d) X seja permeável, Y seja semipermeável e o meio externo seja hipotônico em relação ao meio interno.
- e) X e Y sejam semipermeáveis e o meio externo seja hipotônico em relação ao meio interno.



## QUESTÃO 27

Em células vegetais em meio aquoso, citoplasma e membrana plasmática funcionam como uma membrana "semipermeável". As trocas de água ocorrem entre a solução externa e o vacúolo. A equação que relaciona as variáveis que interferem na osmose em células vegetais é  $Sc = Si - M$ , na qual:

**Sc** = Sucção celular (capacidade de a célula ganhar água).

**Si** = Sucção interna (tendência à entrada de água devido à sucção osmótica exercida pelo vacúolo).

**M** = Resistência da membrana celulósica, que equivale à tendência de saída de água da célula.

Em relação a essas variáveis, pode-se dizer que, quando

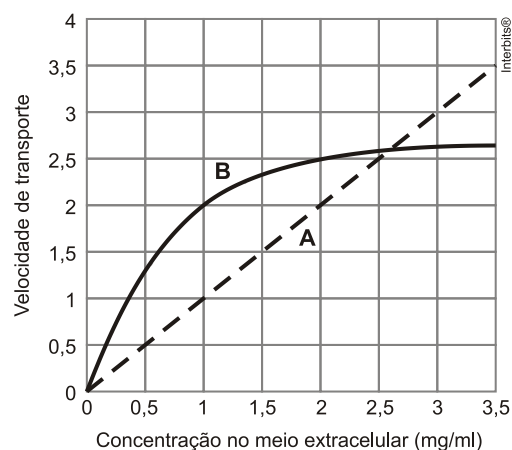
- a) Em meio hipotônico, em relação ao suco celular, o valor de **M** diminui e a célula torna-se túrgida.

- b) Em meio isotônico, em relação ao suco celular, o valor de **M** diminui e a célula murcha.
- c) Em meio hipertônico, em relação ao suco celular, o valor de **M** aumenta e a célula torna-se plasmolisada.
- d) A célula está túrgida, deixa de absorver água, pois a concentração do vacúolo se iguala à do meio: **Si = 0** e **Sc = M**.
- e) A célula está túrgida, deixa de absorver água e **M = Si**.



## QUESTÃO 28

Hemácias de um animal foram colocadas em meio de cultura em vários frascos com diferentes concentrações das substâncias A e B, marcadas com isótopo de hidrogênio. Dessa forma os pesquisadores puderam acompanhar a entrada dessas substâncias nas hemácias, como mostra o gráfico apresentado a seguir.



A análise do gráfico permite concluir que

- a) a substância **A** difunde-se livremente através da membrana, já a substância **B** entra na célula por um transportador que, ao se saturar, mantém constante a velocidade de transporte através da membrana.
- b) as substâncias **A** e **B** atravessam a membrana da mesma forma, porém a substância **B** deixa de entrar na célula a partir da concentração de 2mg/mL.
- c) a quantidade da substância **A** que entra na célula é diretamente proporcional a sua concentração no meio extracelular, e a de **B**, inversamente proporcional.
- d) as duas substâncias penetram na célula livremente, por um mecanismo de difusão facilitada, porém a entrada da substância **A** ocorre por transporte ativo, como indica sua representação linear no gráfico.
- e) a substância **A** penetra na célula através dos fosfolípidios, sem gasto de ATP, enquanto a substância **B** realiza a sua entrada para o meio intracelular com o auxílio de proteínas extrínsecas.



# Oficina de ESTUDOS

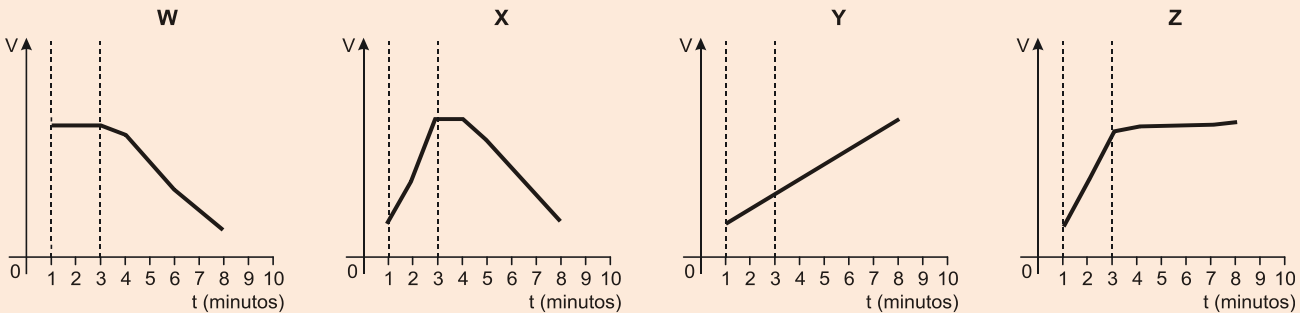


## QUESTÃO 29

No fígado, o transporte de glicose é realizado por difusão passiva mediada por proteínas transportadoras da membrana plasmática. Em um experimento, cuja base consistiu em cultivar células hepáticas em um meio adequado, foram seguidos os seguintes passos:

- adicionar ao meio de cultivo uma concentração de glicose suficiente para manter, já no primeiro minuto, seu transportador saturado;
- medir, a partir do primeiro minuto de incubação, a velocidade  $V$  do transporte de glicose para o interior dos hepatócitos;
- bloquear, após três minutos de incubação, o metabolismo da glicose já absorvida, por meio da adição de um inibidor da enzima glicoquinase.

Nos gráficos a seguir, os valores de  $V$  são medidos em função do tempo de incubação:



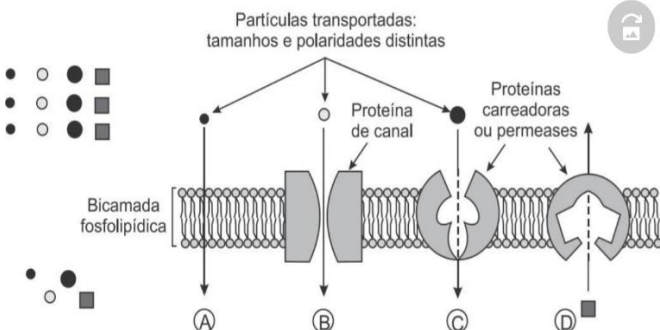
O resultado do experimento descrito está representado na curva do gráfico indicado

- apenas em W
- apenas em X
- apenas em Y
- apenas em Z
- em Y ou em Z



## QUESTÃO 30

A figura abaixo trata-se de uma representação esquemática da passagem de partículas de soluto através da membrana plasmática.



Adaptado de: LOPES, S., ROSSO, S. *BIO. 2ª ed. Volume 1. Editora Saraiva. São Paulo. 2010.*

A análise da figura permite concluir que

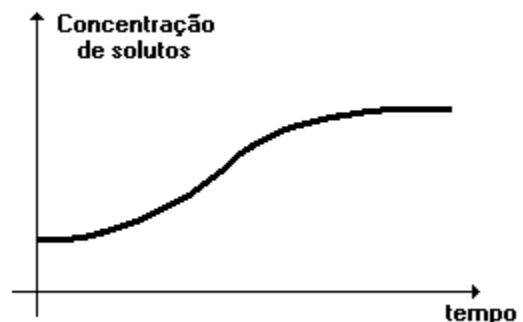
- o transporte ativo, representado em C, ocorre através da membrana plasmática, com "gasto" de energia, ou seja, ocorre contra o gradiente de concentração.
- em A, B e C podemos observar exemplos de transporte pela membrana plasmática sem "gasto" de energia, tendendo a igualar a concentração da célula com a do meio externo, ou seja, acontece contra o gradiente de concentração.
- em C, está representada a difusão facilitada. Neste processo, algumas proteínas da membrana, ou permeases, atuam facilitando a passagem de certas substâncias. Podemos citar, como exemplo, o transporte de glicose em células do fígado.
- a difusão facilitada corresponde ao movimento de partículas de onde elas estão menos concentradas para uma região de maior concentração, como demonstrado por D. Neste tipo de transporte, faz-se uso de energia para passagem de substâncias do meio intracelular (hipotônico) para o meio extracelular (hipertônico).

- a osmose, representada em D, corresponde ao deslocamento de partículas de solvente do meio menos concentrado (hipotônico) para o meio mais concentrado (hipertônico), sem gasto de ATP.



## QUESTÃO 31

Uma célula ao ser mergulhada em uma solução apresenta uma variação de concentração de solutos em função do tempo, de acordo com o gráfico a seguir:



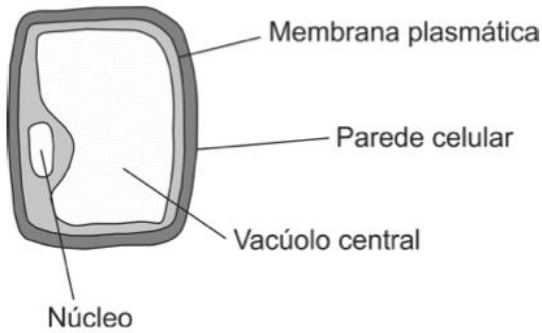
De acordo com o gráfico, podemos afirmar que a célula sofreu:

- deplasmólise
- plasmoptise
- plasmólise
- hemólise
- crenação



### QUESTÃO 32

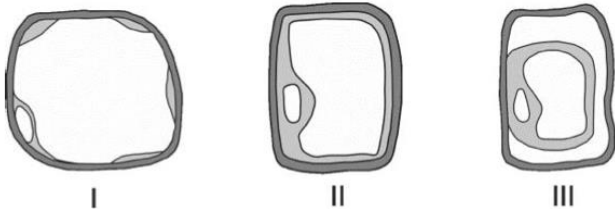
A figura abaixo representa uma célula de uma planta jovem.



Considere duas situações:

- 1) a célula mergulhada numa solução hipertônica;
- 2) a célula mergulhada numa solução hipotônica.

Dentre as figuras numeradas de I a III, quais representam o aspecto da célula, respectivamente, nas situações 1 e 2?



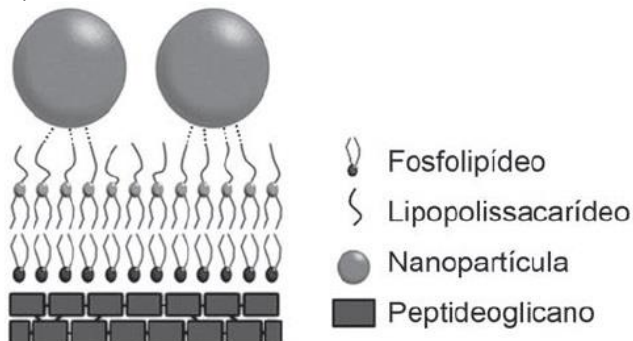
- a) I e II.
- b) I e III.
- c) II e I.
- d) III e I.
- e) III e II.

### NÍVEL NINJA



### QUESTÃO 33

(ENEM) Nanopartículas de sílica recobertas com antibióticos foram desenvolvidas com sucesso como material bactericida, pois são eficazes contra bactérias sensíveis e resistentes, sem citotoxicidade significativa a células de mamíferos. As nanopartículas livres de antibióticos também foram capazes de matar as bactérias *E. coli* sensíveis e resistentes ao antibiótico estudado. Os autores sugerem que a interação entre os grupos hidroxil da superfície das nanopartículas e os lipopolissacarídeos da parede celular da bactérias desestabilizaria sua estrutura.



CAPELETTI, L. B. et al. Tailored Sílica - Antibiotic Nanoparticles: Overcoming Bacterial Resistance with Low Cytotoxicity. *Langmuir*, n 30, 2014 (adaptado)

A interação entre a superfície da nanopartícula e o lipopolissacarídeo ocorre por uma ligação

- a) de hidrogênio
- b) hidrofóbica

- c) dissulfeto
- d) metálica
- e) iônica



### QUESTÃO 34

Uma das extremidades de um tubo de vidro foi envolvida por uma membrana semipermeável e, em seu interior, foi colocada a solução A. Em seguida, mergulhou-se esse tubo num recipiente contendo a solução B, como mostra a Figura 1. Minutos depois, observou-se a elevação do nível da solução no interior do tubo de vidro (Figura 2).

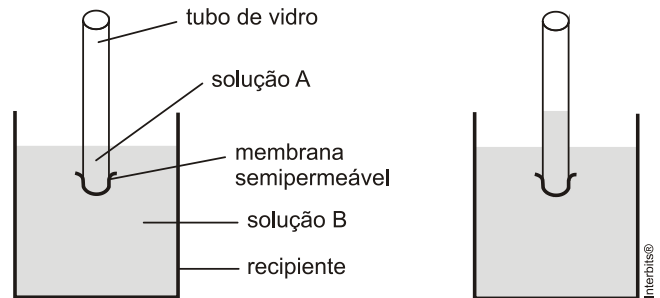


Figura 1

Figura 2

O aumento do nível da solução no interior do tubo de vidro é equivalente

- a) à desidratação de invertebrados aquáticos, quando em ambientes hipotônicos.
- b) ao que acontece com as hemácias, quando colocadas em solução hipertônica.
- c) ao processo de pinocitose, que resulta na entrada de material numa ameba.
- d) ao processo de rompimento de células vegetais, quando em solução hipertônica.
- e) ao que acontece com as células-guarda e resulta na abertura dos estômatos.



### QUESTÃO 35

O transporte de material através da membrana plasmática é essencial para vida de uma célula. Determinadas substâncias devem se mover para dentro da célula para permitir que ocorram reações metabólicas, enquanto outras que foram produzidas pela célula para exportação ou como subprodutos metabólicos devem se mover para fora dela. Entre os vários processos de deslocamento de soluto através da membrana plasmática, sabe que

- a) nos processos passivos, uma molécula de gás carbônico, por exemplo, se move a favor do seu gradiente elétrico para atravessar a membrana, utilizando sua própria energia cinética.
- b) a difusão simples é um processo no qual substâncias se movem livremente através da bicamada proteica das membranas plasmáticas celulares, sem a ajuda de proteínas transportadoras.
- c) no transporte ativo primário, a energia derivada da desidratação do ATP é utilizada por uma proteína carreadora que "bombeia" uma substância através da membrana plasmática contra seu gradiente de concentração.
- d) no transporte ativo secundário, a energia armazenada em um gradiente de concentração de  $\text{Na}^+$  ou de  $\text{H}^+$  é utilizada para direcionar outras substâncias através da membrana contra seus próprios gradientes de concentração.
- e) a osmose é o processo em que a água se desloca, através de uma membrana semipermeável, contra o gradiente de concentração e sem interferir na formação de adenosina difosfato.

01 - D  
02 - E  
03 - E  
04 - A  
05 - A  
06 - B  
07 - A

08 - C  
09 - B  
10 - A  
11 - E  
12 - E  
13 - C  
14 - E

15 - E  
16 - A  
17 - C  
18 - B  
19 - E  
20 - A  
21 - A

22 - C  
23 - B  
24 - B  
25 - E  
26 - B  
27 - E  
28 - A

29 - A  
30 - C  
31 - C  
32 - D  
33 - A  
34 - E  
35 - D



Oficina de  
**ESTUDOS**



### CITOPLASMA:

#### 1. Introdução:

O citoplasma, nos seres **eucariontes**, é a porção existente entre o núcleo e a membrana celular e é constituído pelo **citossol**, **citoesqueleto** e **organelas citoplasmáticas** (mitocôndrias, retículo endoplasmático, lisossomos, peroxissomos, vacúolos, complexo de Golgi), enquanto nos **procariontes**, é todo o conteúdo delimitado pela membrana celular.

Nas **células animais** o citoplasma representa um pouco mais de metade do volume total da célula e é nele que ocorre a maior parte do **metabolismo** celular, como a quebra da glicose, por exemplo. Quando comparado com a célula animal, o citoplasma da **célula vegetal** possui um volume menor, pois grande parte do conteúdo celular é ocupado pelo vacúolo. O citoplasma pode ser dividido em duas porções, uma mais externa conhecida por **ectoplasma (gel)**, que possui um aspecto mais viscoso quando comparada a porção mais interna, o **endoplasma (sol)**.

O citossol ou hialoplasma é uma estrutura gelatinosa constituída por duas fases, uma fase dispersante representada pela água e outra fase dispersa representada por **proteínas** que formam partículas denominadas **micelas**. Também são encontrados íons dissolvidos e, em menor quantidade, lipídios e **carboidratos** simples. Quando as micelas se apresentam de forma desorganizada, conferindo um aspecto líquido ao citoplasma dizemos que o citossol se encontra na **fase sol** e quando ocorre uma organização das micelas dando ao citossol um aspecto viscoso, damos o nome de **fase gel**. O hialoplasma pode passar do estado sol para o estado gel e vice-versa. Essa propriedade se chama **tixotropia**.

#### Se liga!!!

Apesar de sua diversidade, todas as células compartilham ao menos três características:

- (a) apresentam **membrana plasmática**, que isola a célula do ambiente externo e controla a passagem de substâncias;
- (b) contêm **citoplasma**, formado por um líquido gelatinoso (citossol) e por estruturas e substâncias necessárias às funções vitais;
- (c) possuem **materiais genéticos (DNA)**, no qual estão inscritas informações em código que controlam todo o funcionamento celular.
- (d) possuem **ribossomos**, organelas responsáveis pela síntese de proteínas.

#### 2. Movimentos celulares:

O hialoplasma não é um meio rígido, e as partes se deslocam umas em relação às outras. Existem 4 tipos básicos de movimentos celulares:

##### 2.1) Movimentos de contração;

Causam o encurtamento das células que o executam, e se deve ao deslizamento entre dois tipos de fibras de proteínas do citoesqueleto, a **actina** e a **miosina**. Em alguns protozoários, apenas certas regiões da célula possuem essas proteínas e, por isso, são **contrácteis**. Essas regiões são chamadas de **mionemas**.

##### 2.2) Batimento de Cílios e de Flagelos;

O movimento de cílios e de flagelos desloca o líquido extracelular. Se a célula é livre e pequena, o batimento do flagelo a desloca, constituindo-se em uma forma de locomoção. Em células fixas, o

##### 3. Citoesqueleto:

movimento dos cílios movimenta o líquido que as circunda. O movimento dos cílios é pendular, e o dos flagelos é ondulante (**Figura 1**). O batimento dos cílios e dos flagelos é coordenado por estruturas originárias dos centríolos, localizadas na sua base. São os **corpúsculos basais** ou **cinetossomos**.

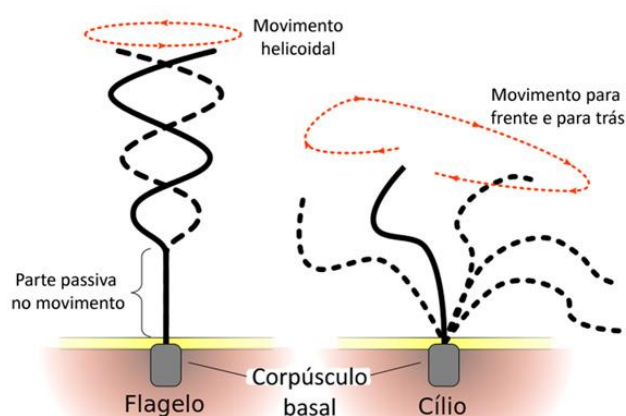


Figura 1. O movimento dos flagelos se dá de forma ondulante, enquanto os cílios se locomovem em movimento pendular.

#### 2.3) Movimentos ameboides

São os movimentos responsáveis pelo deslocamento de células isoladas, como as amebas e os glóbulos brancos dos mamíferos. Nas amebas, o hialoplasma superficial tem consistência de gel (gel cortical), enquanto o mais interno tem consistência de sol. Quando a ameba se movimenta, o plasma sol escorre para a frente e se desloca lateralmente, se convertendo em plasma gel. Enquanto isso, o hialoplasma de trás, no estado gel, se converte em sol e escorre para frente (tixotropismo). Essa corrente de hialoplasma forma os pseudópodes, que são os "falsos pés" responsáveis por deslocar esses microorganismos.

#### 2.4) Movimentos de Ciclose

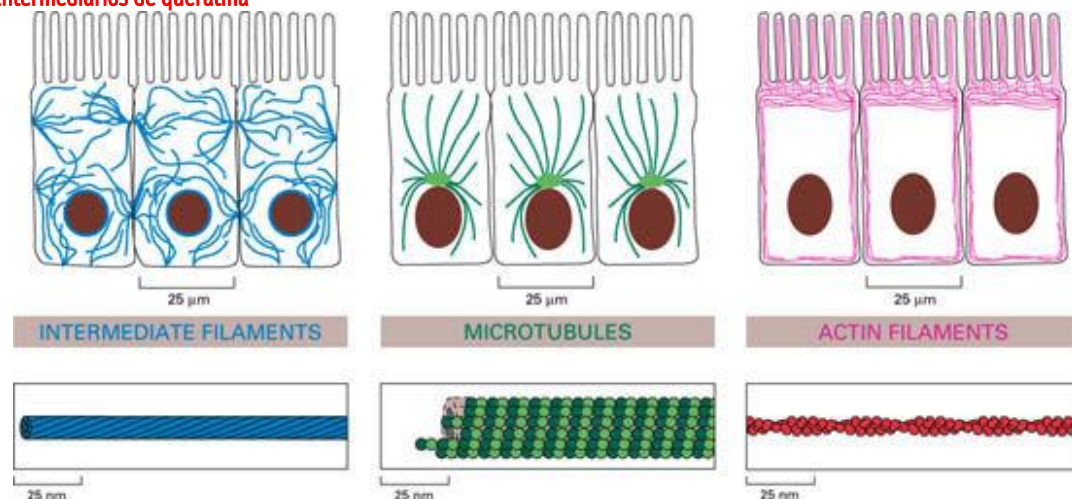
São fundamentais para o deslocamento de materiais entre as diversas partes da célula, particularmente nas células vegetais, cujo grande vacúolo central facilita a observação microscópica desse movimento. Sob a membrana plasmática, forma-se uma fina camada de plasma gel, abaixo da qual se desloca uma outra camada de plasma sol, mais fluida. O hialoplasma gel, adjacente à membrana plasmática, constitui o ectoplasma, enquanto o hialoplasma mais interno e fluido, do tipo sol, é o endoplasma, como já vimos. Graças à ciclose, as células vegetais são capazes de aproveitar melhor a quantidade de luz que recebem, espalhando os seus cloroplastos uniformemente no citoplasma, quando há pouca luz, e agrupando-os, quando há excesso de luz.

A capacidade que as células eucarióticas possuem de adotar uma variedade de formas e de executar movimentos coordenados e direcionados depende de uma rede complexa de filamentos de proteínas que se estendem por todo citoplasma. Essa rede é chamada de citoesqueleto embora seja, ao contrário de um esqueleto ósseo, uma estrutura altamente dinâmica que se reorganiza continuamente sempre que a célula altera a forma, se divide ou responde ao seu ambiente. De fato, o citoesqueleto poderia ser denominado de "citomusculatura", pois ele é o responsável direto por movimentos tais como deslocamentos das células sobre um substrato, contração muscular e ele também fornece a maquinaria necessária para movimentos intracelulares tais como o transporte de organelas de um lugar a outro no citoplasma e a segregação dos cromossomos na mitose. O citoesqueleto está ausente nas bactérias.

O citoesqueleto forma um arcabouço interno para o grande volume do citoplasma, sustentando-o da mesma forma que uma estrutura metálica sustenta um prédio.

As diferentes atividades do citoesqueleto dependem de três diferentes tipos de filamentos proteicos:

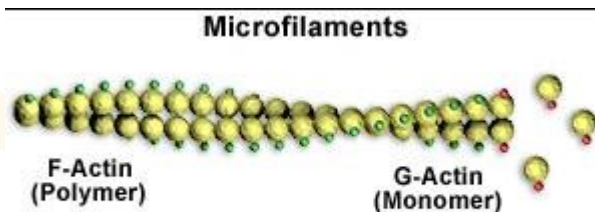
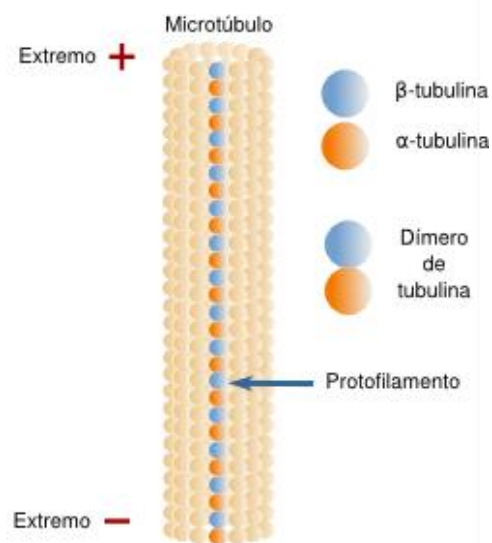
- f) **Microfilamentos de actina**
- g) **Microtúbulos de tubulina**
- h) **Filamentos Intermediários de queratina**



Cada tipo é formado a partir de uma subunidade proteica diferente: actina (nos microfilamentos de actina) tubulina (nos microtúbulos) e uma família de proteínas fibrosas, além da queratina, como vimentina e laminina (nos filamentos intermediários).

Os **microtúbulos** são estruturas rígidas que normalmente apresentam uma das extremidades ancorada a um único centro organizador de microtúbulos chamado centrossomo (uma estrutura geralmente localizada ao lado do núcleo próximo do centro da célula) e a outra livre no citoplasma. Em muitas células, os microtúbulos são estruturas altamente dinâmicas que podem aumentar ou diminuir em comprimento pela adição ou perda de subunidades de tubulina. Proteínas motoras se movem de uma direção a outra ao longo dos microtúbulos carregando organelas específicas para os locais pré-determinados dentro da célula. Os microtúbulos são polímeros rígidos formados por moléculas de tubulina na forma de filamentos longos e ocos, possuindo diâmetro externo de 25nm e são muito mais rígidos do que os filamentos de actina.

Os **filamentos de actina** (também chamados de microfilamentos) são polímeros helicoidais de duas cadeias. Embora os filamentos de actina estejam distribuídos por toda a célula, eles estão mais concentrados no córtex, logo abaixo da membrana plasmática. Também são estruturas dinâmicas, mas, ao contrário dos microtúbulos que são filamentos isolados, se organiza em feixes ou redes. O córtex celular (ectoplasma) é formado por filamentos de actina e por uma variedade de proteínas que se ligam à actina. Esta camada rica em actina controla a forma e os movimentos de superfície da maioria das células animais.



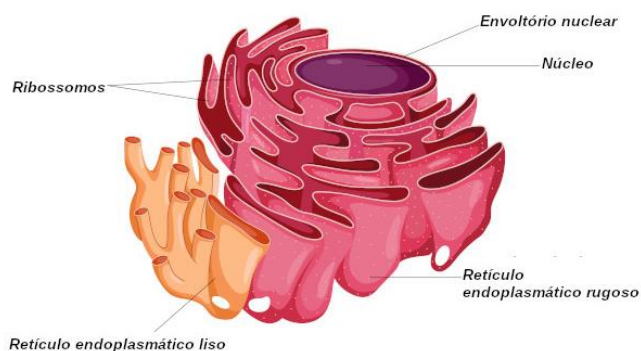
Os **filamentos intermediários** são estruturas que proporcionam estabilidade mecânica às células e tecidos. São polímeros fortes semelhantes a cabos, constituídos de polipeptídeos fibrosos que resistem ao estiramento e desempenham um papel estrutural na célula, mantendo sua integridade. Existe uma grande variedade de tipos que diferem de acordo com o tipo de polipeptídeo que os forma: os filamentos de queratina das células epiteliais, os neurofilamentos das células nervosas, os filamentos gliais dos astrócitos e das células de Schwann, os filamentos de desmina das células musculares, os filamentos de vimentina dos fibroblastos e de muitos tipos celulares.

#### 4. Organelas citoplasmáticas:

##### 4.1) **Reticulo endoplasmático rugoso ou granuloso**

Também chamada de ergastoplasma, esta organela representa uma das mais abundantes no citoplasma das células eucarióticas, fazendo

parte da composição do **envoltório nuclear** e contribuindo diretamente também para a **formação do complexo de Golgi** através da cedência de membranas e substâncias que nele devem maturar. Suas membranas também são responsáveis pela **formação do retículo endoplasmático liso**, sem associação com ribossomos, e com o qual se mantém em continuidade física permanente, apesar da morfologia diversa de suas cisternas.



Na superfície citoplasmática de suas amplas cisternas saculares achatadas e frequentemente paralelizadas ancoram-se ribossomos em associação ao RNA mensageiro para a **síntese de proteínas** destinadas à constituição de algumas membranas e de proteínas para exportação.

Devido às suas várias funções, diferentes nomenclaturas podem ser associadas a suas diferentes regiões, no entanto, em todas há preservação da continuidade de membrana e cisterna com o RER, propriamente dito. Assim, define-se:

- a) retículo endoplasmático transicional ou de transferência (TER)** – à membrana da cisterna mais próxima à porção CIS do complexo de Golgi e que é desprovida de ribossomos sendo revestida de proteínas para a deformação da membrana e formação de vesículas de transferência que se fundirão à cisterna CIS do complexo de Golgi, transferindo-lhe substâncias e membranas;
- b) carioteca** – como sendo a região de suas cisternas comprometida com o envoltório e organização do material genético nas células eucarióticas;
- c) lamelas anelares** – como sendo a região de suas cisternas que produz e acumula temporariamente um grande número de complexos de poro nuclear (annulus) no citoplasma de células embrionárias que estão em ativa proliferação;
- d) Corpúsculos nigroides ou de Niss:** como sendo o conjunto de RER nos corpos celulares dos neurônios

#### 4.2) Retículo endoplasmático liso

O retículo endoplasmático liso (REL) é formado por estruturas membranosas tubulares, sem ribossomos aderidos, e, portanto, de superfície lisa. Suas cisternas não são achatadas quanto as do rugoso e situam-se mais distantes do núcleo. Possuem as seguintes funções:

##### a) Produção de lipídios

Uma importante função de **retículo endoplasmático liso** é a **produção de lipídios**. A **lecitina** e o **colesterol**, por exemplo, os principais componentes lipídicos de todas as membranas celulares são produzidos no REL. Outros tipos de lipídios produzidos no retículo liso são os **hormônios esteroides**, entre os quais estão a **testosterona** e os **estrógeno**, hormônios sexuais produzidos nas células das gônadas de animais vertebrados.

##### b) Desintoxicação

O **retículo endoplasmático liso** também participa dos processos de **desintoxicação do organismo**. Nas células do fígado, o REL, absorve

substâncias tóxicas, modificando-as ou destruindo-as, de modo a não causarem danos ao organismo. É a atuação do retículo das células hepáticas que permite eliminar parte do **álcool, medicamentos e outras substâncias potencialmente nocivas que ingerimos**. Como são desenvolvidos e hipertrofiados nos hepatócitos, o REL passa a ser chamado de retículo microsomal (microsoma).

*Observação: 70% da desintoxicação celular é realizada no REL. 30% ocorre nos peroxissomos.*

##### c) Armazenamento de substâncias

Dentro das bolsas do retículo liso também pode haver armazenamento de substâncias. Os vacúolos das células vegetais, por exemplo, são bolsas membranosas derivadas do retículo que crescem pelo acúmulo de soluções aquosas ali armazenadas. Nos músculos também há acúmulo de cálcio e nesses órgãos o retículo recebe o nome de Retículo Sarcoplasmático.

#### 4.3) Complexo de Golgi:

A denominação aparelho ou complexo de Golgi é uma homenagem ao citologista italiano Camilo Golgi, que, em 1898, descobriu essa estrutura citoplasmática. Ao verificar que certas regiões com citoplasma celular se coravam por sais de ósmio de prata, Golgi imaginou que ali deveria existir algum tipo de estrutura, posteriormente confirmada pela microscopia eletrônica.

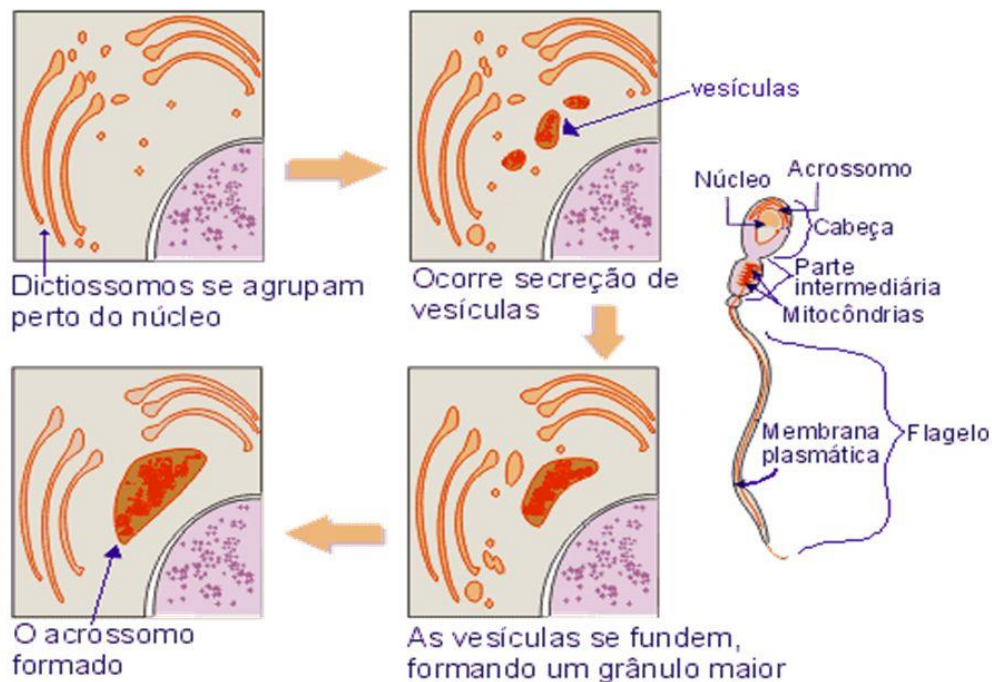
O aparelho de Golgi está presente em praticamente todas as células eucariontes, e consiste em bolsas membranosas achatadas, empilhadas como pratos. Cada uma dessas pilhas recebe o nome de dictiossomo. Nas células animais, os dictiossomos geralmente se encontram reunidos em um único local, próximo ao núcleo. Nas células vegetais, geralmente há vários dictiossomos espalhados pelo citoplasma.

O aparelho de Golgi atua como centro de armazenamento, transformação, empacotamento e remessa de substâncias na célula. Muitas das substâncias que passam pelo aparelho de Golgi serão eliminadas da célula, indo atuar em diferentes partes do organismo. É o que ocorre, por exemplo, com as enzimas digestivas produzidas e eliminadas pelas células de diversos órgãos (estômago, intestino, pâncreas etc.). Outras substâncias, tais como o muco que lubrifica as superfícies internas do nosso corpo, também são processadas e eliminadas pelo aparelho de Golgi. Assim, o principal papel dessa estrutura citoplasmática é a eliminação de substâncias que atuam fora da célula, processo genericamente denominado secreção celular. A face oposta, em que brotam as vesículas contendo as proteínas modificadas e selecionadas de acordo com seu destino, é denominada face trans ou face de maturação

As enzimas digestivas do pâncreas, por exemplo, são produzidas no RER e levadas até as bolsas do aparelho de Golgi, onde são empacotadas em pequenas bolsas, que se desprendem dos dictiossomos e se acumulam em um dos pólos da célula pancreática. Quando chega o sinal de que há alimento para ser digerido, as bolsas cheias de enzimas se deslocam até a membrana plasmática, fundem-se com ela e eliminam seu conteúdo para o meio exterior. A produção de enzimas digestivas pelo pâncreas é apenas um entre muitos exemplos do papel do aparelho de Golgi nos processos de secreção celular. Praticamente todas as células do corpo sintetizam e secretam uma grande variedade de proteínas que atuam fora delas.

O aparelho de Golgi desempenha um papel importante na formação dos espermatozoides. Estes contêm bolsas repletas de enzimas digestivas, que irão perfurar as membranas do óvulo e permitir a fecundação. A bolsa de enzimas do espermatozoide maduro, originada no aparelho de Golgi, é o **acrossomo** (do grego *acros*, alto, topo, e *somatos*, corpo), termo que significa “corpo localizado no topo do espermatozoide”.

## •Produzir o acrossomo nos espermatozoides.



Nas células vegetais o complexo de Golgi participa ativamente da formação da **lamela média**, a primeira membrana que separa duas células recém-originadas na divisão celular. Os dictiossomos acumulam o polissacarídeo pectina, que é eliminado entre as células irmãs recém formadas, constituindo a primeira separação entre elas e, mais tarde, a lâmina que as mantém unidas. Essa lâmina é formada por um conjunto de vesículas chamadas de fragmoplastos (vesícula com pectina).

*Observação 1: o complexo de Golgi também é a organela responsável pela formação dos lisossomos.*  
*Observação 2: O complexo de Golgi é a principal organela produtora de glicídios (carboidratos), a ação de adicionar esses glicídios a outras moléculas orgânicas recebe o nome de glicosilação.*  
*Observação 3s: o retículo liso também produz glicídios.*

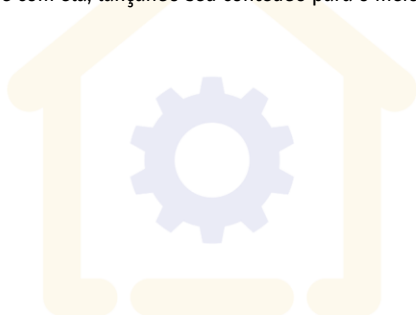
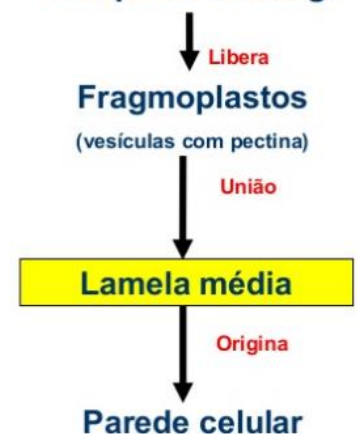
### 4.4) Lisossomos:

Os lisossomos (do grego *lise*, quebra, destruição) são bolsas membranosas que contêm enzimas chamadas de hidrolases ácidas capazes de digerir substâncias orgânicas. Com origem no aparelho de Golgi, os lisossomos estão presentes em praticamente todas as células eucariontes. As enzimas são produzidas no RER e migram para os dictiossomos, sendo identificadas e enviadas para uma região especial do aparelho de Golgi, onde são empacotadas e liberadas na forma de pequenas bolsas.

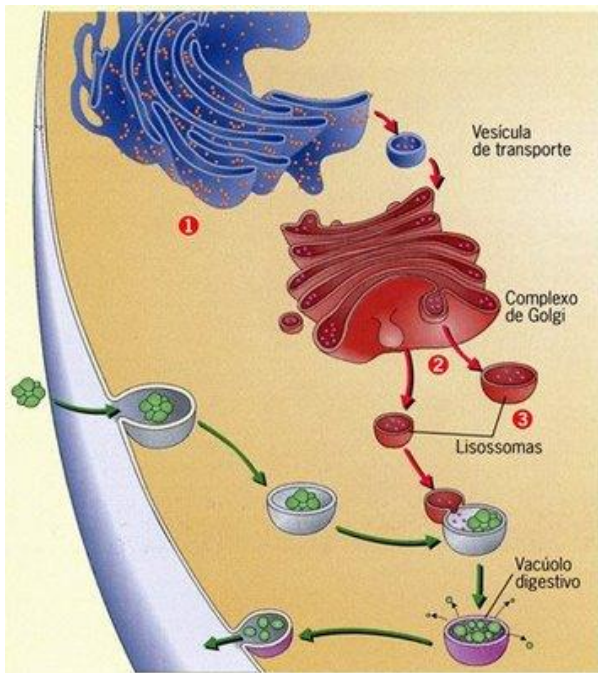
Os lisossomos são organelas responsáveis pela digestão intracelular. As bolsas formadas na fagocitose e na pinocitose, que contêm partículas capturadas no meio externo, fundem-se aos lisossomos, dando origem a bolsas maiores, onde a digestão ocorrerá.

As bolsas originadas pela fusão de lisossomos com fagossomos ou pinossomos são denominadas de **vacúolos digestivos**; em seu interior, as substâncias originalmente presentes nos fagossomos ou pinossomos são digeridas pelas enzimas lisossômicas. À medida que a digestão intracelular vai ocorrendo, as partículas capturadas pelas células são quebradas em pequenas moléculas que atravessam a membrana do vacúolo digestivo, passando para o citosol. Essas moléculas serão utilizadas na fabricação de novas substâncias e no fornecimento de energia à célula. Eventuais restos do processo digestivo, constituídos por material que não foi digerido, permanecem dentro do vacúolo, que passa a ser chamado **vacúolo residual**. Muitas células eliminam o conteúdo do vacúolo residual para o meio exterior. Nesse processo, denominado **clasmocitose**, o vacúolo residual encosta na membrana plasmática e fundem-se com ela, lançando seu conteúdo para o meio externo.

### Complexo de Golgi



Oficina de  
**ESTUDOS**



celulares desgastadas e reaproveitar alguns de seus componentes moleculares.

### Se liga!!!

os lisossomos antes de se fundirem com o fagossomo (ou pinossomo) são chamados de lisossomos primários. Após a fusão passam a se chamar lisossomos secundários. O **lisossomo terciário** é dito aquele que, possuindo apenas resíduos não digeridos no processo de digestão, encontrará dois destinos possíveis, a exocitose de seu conteúdo para o meio extracelular ou cavidade com que a célula possa ter contato, processo esse denominado **clasmocitose**, ou será armazenado no citoplasma até a morte da célula. Raros são os tecidos que acumulam seus resíduos, como o tecido muscular cardíaco e o tecido nervoso. O acúmulo desses lisossomos terciários, que contêm quase que exclusivamente lipídios alterados, sendo chamados de **grânulos de lipofuscina ou pigmento pardo**, é um dos fatores de envelhecimento celular. Quanto mais velho o indivíduo maior é o número de grânulos de lipofuscina acumulados, e menos funcional será a célula.

### a) Autofagia

Todas as células praticam autofagia (do grego *autos*, próprio, e *phagein*, comer), digerindo partes de si mesmas com o auxílio de seus lisossomos. Por incrível que pareça, a autofagia é uma atividade indispensável à sobrevivência da célula. Em determinadas situações, a autofagia é uma atividade puramente alimentar. Quando um organismo é privado de alimento e as reservas do seu corpo se esgotam, as células, como estratégia de sobrevivência no momento de crise, passam a digerir partes de si mesmas. No dia a dia da vida de uma célula, a autofagia permite destruir organelas

O processo da autofagia se inicia com a aproximação dos lisossomos da estrutura a ser eliminada. Esta é cercada e envolvida pelos lisossomos, ficando contida em uma bolsa repleta de enzimas denominada vacúolo autofágico. Através da autofagia, uma célula destrói e reconstrói seus constituintes centenas ou até milhares de vezes. Uma célula nervosa do cérebro, por exemplo, formada em nossa vida embrionária, tem todos os seus componentes (exceto os genes) com menos de um mês de idade. Uma célula de nosso fígado, a cada semana, digere e reconstrói a maioria de seus componentes.

A autofagia é muito importante nos fenômenos de regressão e involução de órgãos, como acontece durante a embriogênese ou metamorfose, regressão da cauda dos girinos, metamorfose de insetos e deficiência nutricional.

**Observação:** *Crinofagia é um tipo especial de autofagia onde ocorre a digestão do grânulo de secreção. As células secretoras em determinado momento deixam de receber o estímulo para a secreção e não eliminam os grânulos oriundos da digestão.*

### b) Heterofagia:

Heterofagia é um processo de digestão celular no qual os lisossomos fundem-se com vesículas de material nutritivo englobado por fagocitose ou pinocitose. A Heterofagia digere estruturas que vem de fora da célula. As partículas que vêm do exterior da célula penetram nela e, face à adição de um lisossomo, forma-se heterolisossomos, ocorre a formação de produtos que são digeridos pela célula e de outros que são resíduos e que têm de ser expulsos (exocitose de resíduos).

### c) Patologias lisossomais

Na silicose ("doença dos mineiros"), que ataca os pulmões o acúmulo de sílica causa a ruptura dos lisossomos de células fagocitárias (macrófagos), com consequente digestão dos componentes e morte celular. A Asbestose também é uma doença de depósito lisossomal (DDL), mas ocorre através do acúmulo do pó das fibras de amianto (asbesto). O plumbismo ou saturnismo decorre do acúmulo de chumbo e também é uma DDL.

Certas doenças degenerativas do organismo humano são creditadas a liberação de enzimas lisossômicas dentro da célula; isso aconteceria, por exemplo, em certos casos de artrite, doença das articulações ósseas. Síndromes como a Doença de Hurler, doença de Gaucher e Síndrome de Tay-Sachs também estão relacionadas com os lisossomos.

Os lisossomos estão implicados em uma série de doenças conhecidas como encefalopatias espongiformes transmissíveis. A mais

conhecida delas é a doença da vaca louca. Sua correspondente humana é nvCJD ou nova variante da doença de Creutzfeldt-Jakob. Essas doenças se caracterizam por uma degeneração lenta do sistema nervoso central decorrente do acúmulo de uma proteína fibrosa conhecida como príon. O aspecto esponjoso que o cérebro das vítimas adquire deve-se ao acúmulo de fibras dessa proteína.

### d) Autotomia:

Autotomia (*auto* = voluntário, próprio; *tomia* = partir, cortar) significa partir ou quebrar por vontade própria uma parte do corpo. Neste processo estão envolvidos aspectos neurológicos, comportamentais e estrutural. A modificação estrutural para a ocorrência da autotomia consiste na existência de áreas mais fracas no meio de cada vértebra ou entre vértebras. Este mecanismo ocorre em algumas salamandras e alguns lagartos e lagartixas, e em animais como polvos, siris, estrelas-do-mar.

Animais como gambás, gatos e cobras que predam a lagartixa precisam ser extremamente precisos na hora de dar o bote para tentar garantir o seu alimento. Por outro lado, se a lagartixa não quiser ser devorada e quiser escapar, ela precisa por em prática seus mecanismos de fuga. Em caso de perigo ela tenta primeiramente escapar e se esconder, caso ela perceba que isso não vai dar certo ela desprende uma parte do rabo. A autotomia ocorre pela ação da liberação de enzimas lisossômicas.

### e) Autólise:

Processo de autodestruição celular, onde a membrana do lisossomo se rompe e libera as enzimas digestivas no citoplasma, causando a destruição da célula. Podemos citar como principal exemplo da autólise a regressão da cauda dos girinos durante a metamorfose. Frequentemente confundida com a autólise, a apoptose é um processo de morte celular programada, importante para eliminar células supérfluas ou defeituosas. A célula recebe um estímulo específico com sinais geneticamente programados, indicando a sua morte. Pode ocorrer de forma fisiológica, para fazer a manutenção e equilibrar o organismo ou de forma patológica, quando ocorre alguma lesão no DNA, como a radiação por exemplo, desencadeando a morte da célula.

### 4.5) Peroxissomos:

Os peroxissomos são organelas membranosas presentes no citoplasma das células vegetais e animais formando vesículas

arredondadas, cuja função está relacionada ao armazenamento de enzimas que catalisam o peróxido de hidrogênio (água oxigenada -  $H_2O_2$ ), uma substância tóxica que necessita ser degradada. Dessa forma, a enzima catalase reage com o peróxido de hidrogênio produzindo água ( $H_2O$ ) e oxigênio molecular ( $O_2$ ).

#### Representação da reação de oxidação:



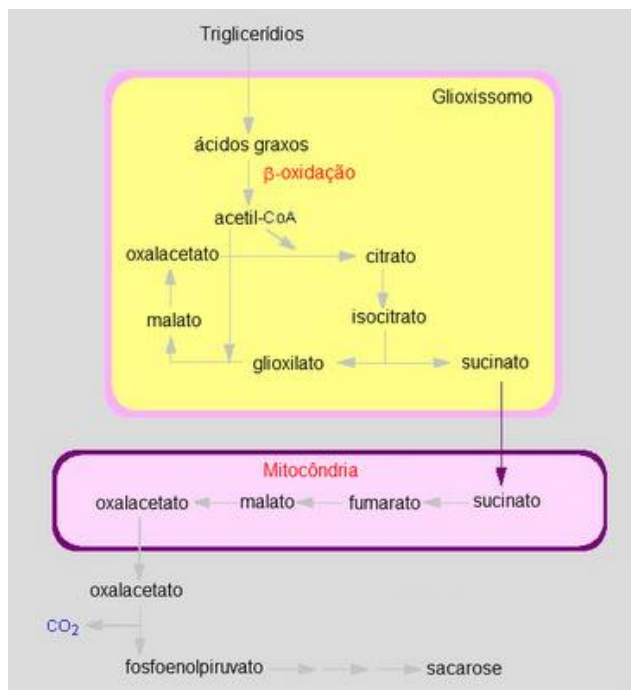
Nos vertebrados, os peroxissomos, numerosos principalmente nas células de órgãos como os rins e fígado, ocupam cerca de 2% do volume celular hepático. Nesses órgãos, realiza a desintoxicação do organismo, oxidando substâncias absorvidas do sangue. Problemas decorrentes da ausência dessa organela ou síntese anômala correlacionada à disfunção genética podem causar doenças metabólicas crônicas envolvendo diversos órgãos e sistemas orgânicos, como por exemplo, a síndrome de Zellweger: doença congênita interligada aos rins, ossos, fígado, cérebro e glândula adrenal, alterando todo o funcionamento corpóreo.

Os peroxissomos também estão envolvidos na produção de ácidos biliares sintetizados no fígado. Nos vegetais, chamados de glioxissomos, são importantes reguladores do processo germinativo, convertendo os lipídios armazenados nas sementes em açúcares.

#### 4.6) Glioxissomos:

Os glioxissomos são organelas semelhantes a peroxissomos encontrados nas plantas, particularmente nos tecidos acumuladores de gordura existentes em sementes, que estão em processo de germinação. Os glioxissomos contêm enzimas que iniciam a quebra e conversão dos ácidos graxos em açúcares. Durante o estágio inicial do seu desenvolvimento, as plantas utilizam estes açúcares até que estejam com maturidade suficiente para os produzirem através da fotossíntese.

No interior dos Glioxissomos ocorre o ciclo glyoxalate que está intimamente ligado à quebra de ácidos graxos.



Eles controlam e catalisam a degradação da gordura de armazenamento e que canalizam os produtos de degradação para a síntese de compostos de carbono diversos (principalmente carboidratos). Para que as enzimas dos glioxissomos sejam liberadas, deve haver uma sinalização celular. Essa sinalização tem como primeiro mensageiro o fitormônio giberelina. Ocorre também queda do fitormônio

ácido abscísico. Esse processo de alteração hormonal ocorre quando a semente é colocada em meio ideal para a germinação.

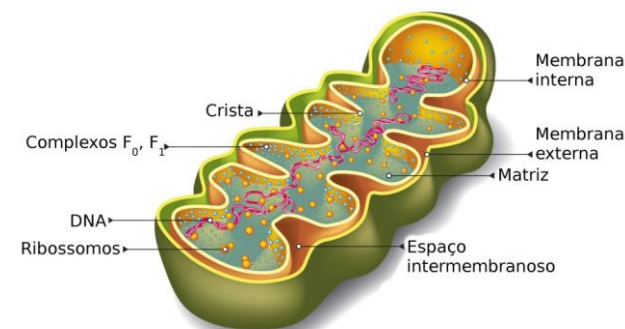
#### 4.7) Mitocôndrias:

As **mitocôndrias** são organelas membranosas presentes em diversos tipos celulares e a sua quantidade dentro da célula varia de acordo com o tipo ou função da célula. Elas possuem um genoma próprio, ou seja, o material genético que existe dentro das mitocôndrias é diferente do material genético da célula em si. Por essa razão, acredita-se que a origem das mitocôndrias tenha se dado por meio da endossimbiose. A teoria da endossimbiose diz que o surgimento de algumas organelas ocorreu com a entrada de um organismo procarionota em algum tipo de célula eucarionte primitiva. Com isso, aquela passou a produzir alguma vantagem adaptativa ao indivíduo "invadido". Nesse sentido, ocorreu uma relação ecológica que beneficiou ambos os seres se perpetuando, assim, ao longo da história evolutiva.

Uma característica bastante curiosa dessas estruturas envolve o DNA mitocondrial. O DNA da célula em si é composto pelo DNA de ambos os indivíduos parentais, ou seja, metade do DNA de um filho é herdado da mãe e a outra metade do pai. O DNA mitocondrial não segue essa regra, ele é herdado exclusivamente da mãe. Assim, isso significa que as mitocôndrias presentes na célula ovo, e nas demais células subsequentes, são originadas exclusivamente a partir das da mãe.

#### a) Estrutura

Assim como a quantidade dessas estruturas na célula, o seu tamanho e forma também são variáveis. Elas podem ser encontradas bastante diminutas ou relativamente grandes, em geral, elas ocupam uma posição intermediária em uma escala de tamanho entre as estruturas celulares. As mitocôndrias podem ser encontradas em diversos formatos. Isso quer dizer que elas podem adotar formas desde arredondadas ou mais alongadas, se assemelhando a um bastonete ou adotando uma forma ovoides, até se apresentarem como filamentos.



Com relação a sua estrutura básica, a mitocôndria é composta por duas membranas, uma interna e outra externa, e dois espaços formados por elas, o hiato entre as membranas e o interior da membrana interna. Ambas as membranas mitocondriais são formadas por uma bicamada lipídica associada a proteínas, que exercem o controle de entrada e saída de moléculas.

A membrana externa é lisa e possibilita a entrada de diversas moléculas pequenas e leves. A membrana interna, por sua vez, possui diversas dobras ou pregas que são chamadas de cristas mitocondriais. Essas cristas são de extrema importância por aumentarem a superfície da estrutura, o que é muito importante pelo fato de ser ali que ocorrem processos indispensáveis para a manutenção da vida aeróbica. Além disso, essa membrana possui a constituição mais complexa do que a anterior e exerce uma maior seleção sobre o que passa por ali. A membrana mais interna preserva algumas características morfológicas e químicas, comuns com a membrana plasmática das bactérias. As invaginações em cristas formando prateleiras para o seu interior, ampliam a área de biomembrana posicionando um maior número de complexos enzimáticos, entre eles as cadeias de oxirredução ou cadeias respiratórias e os complexos fosforilativos ou ATPsintetásicos ( $F_0$ - $F_1$ ).

Entre a membrana externa e interna existe uma região da mitocôndria que é conhecida como espaço intermembranoso. Essa

região possui uma concentração e constituição de moléculas e íons bastante semelhante ao citosol por causa da seletividade da membrana externa. Por outro lado, interior da membrana interna é denominado matriz mitocondrial, essa que é composta por diversas enzimas, ribossomos, íons e material genético mitocondrial que estão envolvidos nos processos internos, como a geração de energia, por exemplo.

#### b) Função

A função das mitocôndrias está intimamente ligada com o fornecimento de energia para a célula. Em linhas gerais, a energia utilizada pelas reações que ocorrem na célula é oriunda do ATP (*adenosina trifosfato*). Muito embora o ATP possa ser formado no citosol de maneira anaeróbica, essa produção é ineficiente. Isso é contornado pela estratégia adotada pelos seres aeróbicos que passaram a gerar seu ATP de uma forma muito mais eficaz, pela fosforilação oxidativa, que é um processo que ocorre nas mitocôndrias.

Enfim, as mitocôndrias são organelas indispensáveis à vida aeróbica e o seu surgimento se trata de um grande salto evolutivo para a vida como se conhece. Isso porque a grande maior parte da energia utilizada pelas células dos seres aeróbicos é produzida nessa organela, energia essa que é utilizada para todos os processos celulares e sistêmicos do corpo, como por exemplo, para a regulação térmica.

*Observação 1: Os condriossomos são corpúsculos de diversas formas: bastõezinhos, filamentos flexuosos, ou, então, grânulos (em tais casos são chamados mais propriamente mitocôndrios). Ou seja, uma mitocôndria é um tipo de condriossomo.*

*Observação 2: O conjunto das mitocôndrias de uma célula recebe o nome de Condrioma.*

#### Se liga!!!

##### HIDROGENOSSOMOS E MITOSSOMOS:

Seres que vivem em ambientes desprovidos de gás oxigênio não possuem mitocôndrias.

- **Hidrogenossomos:** degradação do ácido pirúvico ou do ácido málico com produção do gás hidrogênio, gás carbônico e ácido acético.
- **Mitossomo:** produção de complexos de ferro e enxofre que as células utilizam para produzir energia.

#### 4.8) Plastos:

Plastos são orgânulos citoplasmáticos encontrados nas células de plantas e de algas. Sua forma e tamanho variam conforme o tipo de organismo. Em algumas algas, cada célula possui um ou poucos plastos, de grande tamanho e formas características. Já em outras algas e nas plantas em geral, os plastos são menores e estão presentes em grande número por célula.

Os plastos podem ser separados em duas categorias:

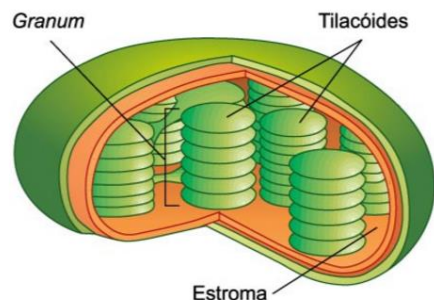
f) **Cromoplastos** (do grego *chromos*, cor), que apresentam pigmentos em seu interior. Possuem função fotossintética. O cromoplasto mais frequente nas plantas é o cloroplasto, cujo principal componente é a clorofila, de cor verde. Há também plastos vermelhos, os eritoplastos (do grego *eritros*, vermelho), que se desenvolvem, por exemplo, em frutos maduros de tomate. Há também os xantoplastos, de coloração amarela.

g) **Leucoplastos** (do grego *leukos*, branco), que não contêm pigmentos. Não possuem função sintética, mas sim de reserva. Os principais são os amiloplastos, proteoplastos e oleoplastos (ou lipoplastos), que reservam, respectivamente, amido, proteínas e lipídios.

#### Cloroplastos

Os cloroplastos são orgânulos citoplasmáticos discoides que se assemelham a uma lente biconvexa com cerca de 10 micrometros de diâmetro. Eles apresentam duas membranas envolventes e inúmeras membranas internas, que formam pequenas bolsas discoidais e achatadas, os **tilacóides** (do grego *thylakos*, bolsa). Os tilacóides se organizam uns sobre os outros, formando estruturas cilíndricas que lembram pilhas de moedas. Cada pilha é um **granum**. O conjunto de granum forma a **grana**.

O espaço interno do cloroplasto é preenchido por um fluido viscoso denominado **estroma**, que corresponde à matriz das mitocôndrias, e contém, como estas, DNA, enzimas e ribossomos. As moléculas de clorofila ficam dispostas organizadamente nas membranas dos tilacóides, de modo a captarem a luz solar com a máxima eficiência.



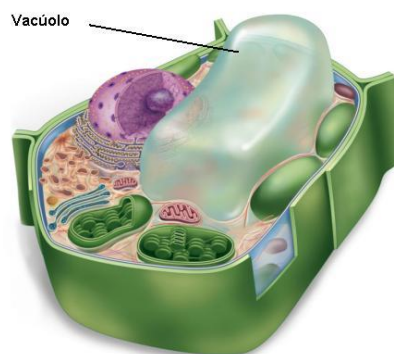
#### Funções do cloroplasto

Os cloroplastos produzem substâncias orgânicas através do processo de fotossíntese. Nesse processo, a energia luminosa é transformada em energia química, que fica armazenada nas moléculas das substâncias orgânicas fabricadas. As matérias-primas empregadas na produção dessas substâncias são, simplesmente, gás carbônico e água. Durante a fotossíntese, os cloroplastos também produzem e liberam **gás oxigênio (O<sub>2</sub>)**, necessário à respiração tanto de animais quanto de plantas. Os cientistas acreditam que praticamente todo o gás oxigênio que existe hoje na atmosfera terrestre tenha se originado através da fotossíntese.

Nas células vegetais que ficam expostas à luz, como as das folhas, por exemplo, os **proplastos** crescem e se transformam em cloroplastos. A necessidade de luz para a sua formação explica porque não existem cloroplastos nas células das partes não iluminadas das plantas, como as das raízes ou as das partes internas dos caules. Se deixarmos uma semente germinar no escuro, as folhas da planta recém nascida serão amareladas, e em suas células não serão encontrados cloroplastos maduros, mas sim **estioplasto**.

#### 4.9) Vacúolos:

Os vacúolos das células vegetais são interpretados com regiões expandidas do retículo endoplasmático. Em células vegetais jovens observam-se algumas dessas regiões, formando pequenos vacúolos isolados um do outro. Mas, à medida que a célula atinge a fase adulta, esses pequenos vacúolos se fundem, formando-se um único, grande e central, com ramificações que lembram sua origem reticular. A expansão do vacúolo leva o restante do citoplasma a ficar comprimido e restrito à porção periférica da célula. Além disso, a função do vacúolo é regular as trocas de água que ocorrem na osmose. Essa organela é revestida por uma membrana chamada de tonoplasto.



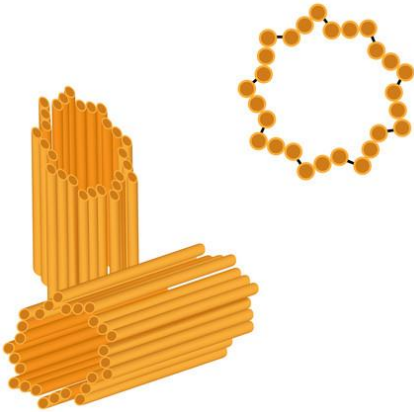
Em protozoários de água doce existem vacúolos pulsáteis (também chamados contráteis), que exercem o papel de reguladores osmóticos. O ingresso constante de água, do meio para o interior da célula, coloca em risco a integridade celular. A remoção contínua dessa água mantém constante a concentração dos líquidos celulares e evita riscos de rompimento da célula. É um trabalho que consome energia.



Vacúolo pulsátil  
Paramécio - protozoário de água doce

#### 4.10) Centríolos:

Os **centríolos** são estruturas citoplasmáticas existentes na maioria das **células eucarióticas** - animais, algas, protistas, briófitas e pteridófitas. No entanto, em alguns seres unicelulares, nos **fungos** e na maioria das plantas com sementes - **angiospermas** e **gimnospermas**, caso dos pinheiros - estes pequenos cilindros não estão presentes.



Cada centríolo é uma estrutura cilíndrica constituído por microtúbulos dispostos da seguinte forma: nove grupos de três microtúbulos de tubulina formando a parede do centríolo. Estas organelas ocorrem aos pares nas células, dispostos perpendicularmente entre si e localizados no **centro celular (ou centrossomo)**, região mais densa do **citoplasma**, próxima ao núcleo, de onde saem os microtúbulos do **citoesqueleto**. Células que não apresentam centríolos como as angiospermas e os pinheiros, possuem, entretanto, o centrossomo.

Os centríolos são responsáveis pela formação dos **cílios** e **flagelos** e pela organização do **fuso acromático** durante a **divisão celular**. Além disso, são estruturas capazes de se autoduplicar: orientando a formação de novos centríolos a partir dos microtúbulos presentes no citoplasma.

*Observação: a síndrome dos cílios imóveis ou síndrome de Kartagener decorrer de uma alteração da função normal dos centríolos. A imobilidade ou inexistência ciliar pode causar sérios distúrbios respiratórios e reprodutores.*

#### 4.11) Ribossomos:

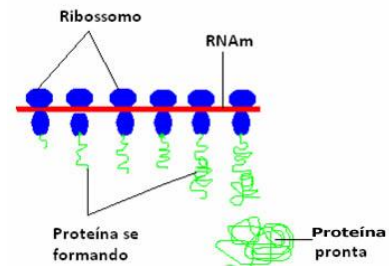
Os ribossomos são organelas originadas no nucléolo, responsáveis pela síntese proteica da célula. São os ribossomos quem cuidam de todo o processo de produção da proteína dentro do citoplasma da célula.

Por não possuírem membranas formadas por lipídios e proteínas, os ribossomos, em alguns casos são encontrados 'livres', espalhados dentro da célula, e não aderidos ao retículo endoplasmático. Essas estruturas também podem ser encontradas dentro das mitocôndrias e dentro dos cloroplastos. Vale ressaltar que todas as células, sem exceções, possuem ribossomos, isso quer dizer que tanto as células eucariontes quanto às procariontes, possuem ribossomos no seu citoplasma. No entanto o ribossomo eucariótico tem maior quantidade de proteínas e maior coeficiente de sedimentação do que os ribossomos procariontes. A unidade que mede os ribossomos é o *Svedberg (S)*.

Todo ribossomo é formado por duas subunidades, uma maior e outra menor. Nas células procariontes a subunidade menor é 30S e a maior 50S, o que origina uma unidade 70S. Nas células eucariontes a subunidade menor é 30S e a subunidade maior é 60S, formando um ribossomo 80S. Você deve estar confuso porque a soma está errada, certo?  $30 + 50 = 80$  e  $30 + 60 = 90$ ! Fique tranquilo... Vou lhe explicar: como os ribossomos são estruturas tridimensionais a soma não

necessariamente tem que ser exata, tenha cuidado porque esse tipo de pergunta já caiu nos vestibulares.

Uma das principais funções dos ribossomos, que é a síntese proteica, é realizada por eles através da união de aminoácidos. Ribossomos livres sintetizam proteínas que atuam no líquido citoplasmático ou no interior do núcleo e das Mitocôndrias. Ribossomos presos ao retículo produzem tanto as proteínas que compõem as estruturas celulares como as proteínas que foram "escondidas" pela célula. Essas estruturas permanecem próximas do filamento do ácido ribonucleico, o RNA, mensageiro, formando através de uma síntese celular os polissomos. E os polissomos nada mais são do que vários ribossomos reunidos produzindo diversas proteínas ao mesmo tempo.



Toda essa burocracia que acontece dentro da célula é controlada pelo RNAm (RNA mensageiro) que é produzido no núcleo da célula e é comandado pelo Ácido Desoxirribonucleico, o **DNA**.

E essa união de aminoácidos que os ribossomos realizam durante a síntese proteica faz-se através de uma ligação química chamada ligação peptídica, porque se designa por polipeptídica a cadeia que resulta da união de vários aminoácidos. Por causa disso as proteínas também são muitas vezes chamadas "moléculas polipeptídicas". Os ribossomos são fundamentais para a estrutura do controle metabólico. Em uma só célula existem milhares de ribossomos no citoplasma, porque a proteína é necessitada aos montes durante o desenvolvimento da célula.

### 5. Núcleo celular

Células procariontes, como as bactérias, possuem material genético (DNA), mas carecem de uma membrana que delimite o núcleo. Muitos autores denominam de nucleóide a região da célula procarionte na qual se localiza o material cromossômico. As células eucariontes, por sua vez, apresentam um núcleo organizado ou individualizado, o material nuclear, que é representado principalmente pelos cromossomos e encontra-se num espaço delimitado pela carioteca (membrana nuclear). A palavra se origina do latim *nucleus*, que significa caroço e o estudo do núcleo celular denomina-se cariologia.

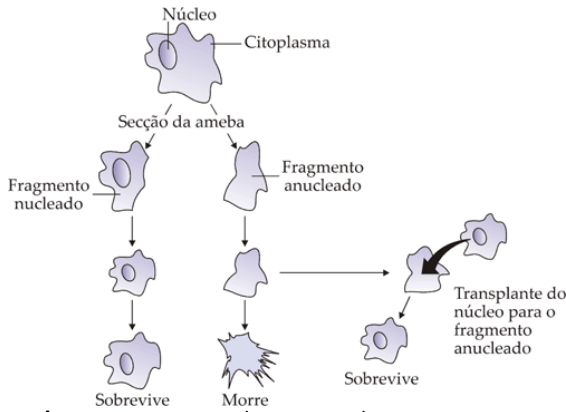
Como o núcleo sofre profundas modificações durante a divisão celular, o que será apresentado nesse livro é o núcleo no intervalo entre duas divisões (interfase). Esse núcleo interfásico é impropriamente chamado de núcleo em repouso, pois, nesse período, há intensa atividade metabólica, com síntese de DNA, RNA e proteínas.

#### 5.1) Experimentos sobre a funções do núcleo celular:

##### a) Merotomia de Balbiani:

A importância do núcleo foi comprovada com a experiência realizada por Balbiani. Uma ameba foi cortada de forma que um pedaço ficou com o núcleo, e o outro sem ele. Como resultado, a parte sem núcleo morreu, enquanto a parte com núcleo regenerou-se. Essa experiência chamada merotomia, comprova o controle que o núcleo tem sobre o funcionamento da célula.





### b) Experiência de Hammerling (Acetabularia)

Hammerling utilizou nas suas experiências uma alga clorófita do género *Acetabularia*, unicelular mas de grandes dimensões (cerca de 2 cm), constituída por uma base, onde se encontra o núcleo e que apresenta rizoides, um caulículo e um "chapéu", cuja forma varia com a espécie. Nesta experiência foram utilizadas duas espécies: *Acetabularia mediterranea* com "chapéu" de bordo liso e *Acetabularia crenulada* com "chapéu" de bordo rendilhado.

**Situação A** - foi separado o "chapéu" da base em exemplares de ambas as espécies e os dois pedaços colocados em meio nutritivo. Ambos os "chapéus" morreram e ambas as bases regeneraram "chapéus". Concluiu-se que o núcleo é o responsável pela manutenção da vida, regeneração e crescimento da célula.

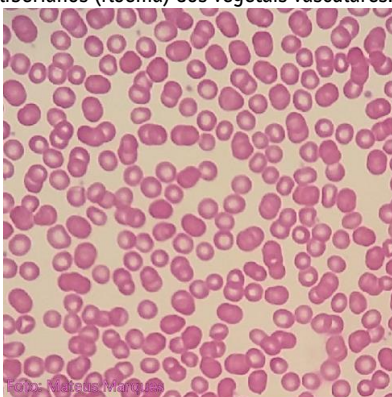
**Situação B** - Foi enxertado o caulículo de *A. mediterranea* sobre uma base de *A. crenulada* e colocada sobre meio nutritivo. Verificou-se que se regenerava um "chapéu" liso. Concluiu-se que o núcleo comanda qualquer citoplasma a regenerar a parte da célula que falta segundo as suas ordens.

**Situação C** - procedeu-se a um transplante cruzado de núcleos para as bases citoplasmáticas da alga. Verificou-se que se regeneravam "chapéus" iguais ao tipo de núcleo e não iguais ao tipo de citoplasma da base. Concluiu-se que o núcleo comanda a forma do corpo do indivíduo.

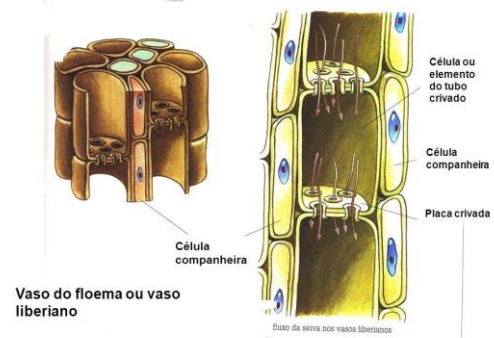
### 5.2) Classificação:

Na maioria das células, o núcleo é único, esférico e tem posição central, todavia, existem exceções. Assim, quanto ao número e à presença ou não do núcleo, as células eucariotas podem ser:

- **anucleadas** - Não possuem núcleo. São raras. Exemplificando, temos as hemácias dos mamíferos e as células do tubo crivado dos vasos liberianos (floema) dos vegetais vasculares.

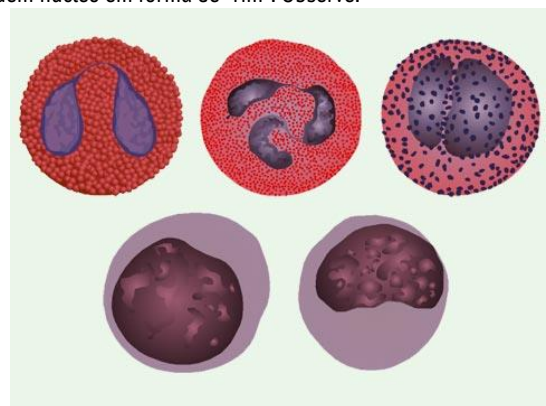


Observe que as hemácias de mamíferos não possuem núcleo central



Perceba que não há núcleo na célula do tubo crivado

- **mononucleadas (uninucleadas)** - Possuem um único núcleo. Constituem a maioria das células. Mesmo possuindo apenas um núcleo, esse pode apresentar diversas formas diferentes. Os Neutrófilos possuem núcleo trilobado, os acidófilos são bilobados e os basófilos possuem núcleo em forma de "rim". Observe:



- **Binucleadas** - Possuem dois núcleos, como as fibras musculares cardíacas. Muitas vezes, os dois núcleos presentes na célula são de tamanhos diferentes, sendo o maior denominado macronúcleo e o menor, micronúcleo. Um bom exemplo de células desse tipo são as dos protozoários ciliados, como o *Paramecium*. Os fungos possuem sua formação morfológica, chamada de micélio, constituída por um acúmulo de unidades denominadas de hifas. As hifas podem ser cenocíticas (multinucleadas) ou septadas (uni ou binucleadas). O espaço delimitado entre os septos das hifas septadas é chamado de célula, portanto, essas células podem ser binucleadas.



*Paramecium*, protozoário ciliado binucleado.

- **Polinucleadas (multinucleadas)** - Possuem vários núcleos, como as fibras musculares estriadas. Conforme a sua origem ou modo de formação, as células multinucleadas podem ser **sincícios** ou **plasmódios**. **Sincícios** são massas citoplasmáticas multinucleadas, formadas a partir da união de várias células mononucleadas justapostas que perderam as suas membranas laterais, como as células da placenta humana. **Plasmódios** são massas citoplasmáticas multinucleadas, formadas a partir de uma única célula mononucleada que cresce e sofre várias divisões nucleares sem que ocorra a divisão do citoplasma. A forma esquizante do ciclo da malária é um bom exemplo de plasmódio.

### 5.3) Componentes do núcleo:

#### a) Carioteca:

A **carioteca** (membrana nuclear, cariomembrana ou envelope nuclear) só é visível ao microscópio eletrônico. O aparente envoltório visto ao microscópio óptico é a cromatina condensada na periferia do núcleo. Ao microscópio eletrônico, a carioteca se mostra como dois folhetos de membrana sobrepostos, tendo entre eles um espaço de 10 pm. Possui poros de cerca de 100 pm de diâmetro chamados de anelli ou anullu, que permitem intenso intercâmbio de substâncias entre o núcleo e o citoplasma.

Na face citoplasmática, a carioteca tem ribossomos aderidos, e se encontra em continuidade com as membranas do retículo endoplasmático, o que faz crer que ambas sejam compartimentos de um mesmo sistema de membranas. Sua composição é lipoproteica. A massa do núcleo é formada por:

Água: 70%

Proteínas: 22%

DNA: 7%

RNA: 1%

O corante de Feulgen tem grande afinidade pelo DNA (mas não pelo RNA), sendo usado para averiguar o núcleo das células em preparados para microscopia.

*Obs: O espaço entre a membrana externa e interna da carioteca é chamado de espaço perinuclear.*

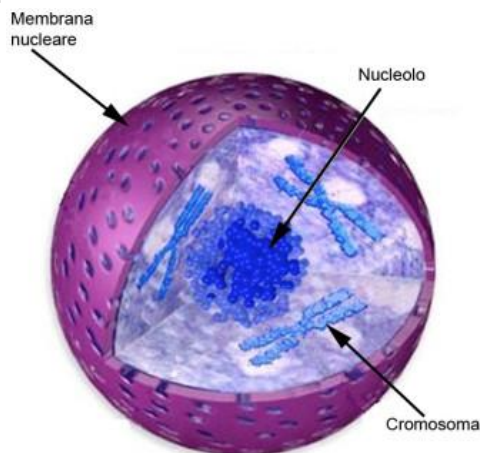
#### b) Cariolinfa:

O interior do núcleo é ocupado pela cariolinfa (carioplasma, suco nuclear ou nucleoplasma), gel proteico claro, semelhante ao hialoplasma, mas com maior concentração de RNA e de proteínas. Nele, mantêm-se suspensos os chamados elementos figurados nucleares, representados pelos nucléolos e pela cromatina.

#### c) Elementos figurados nucleares:

##### Nucléolo:

O nucléolo ou plasossomo é um corpúsculo denso, esférico, sem membrana e com diâmetro entre 1 pm e 2 pm constituído pelo acúmulo de RNA-ribossômico (RNAr) associado a algumas proteínas simples. Habitualmente, há 1 nucléolo em cada núcleo, embora possa haver 2 ou estar ausente. Outros componentes são: fosfolipídeos, polissacarídeos, DNA (da cromatina associada ao nucléolo) e água. Não é observado nos procariontes e é particularmente frequente nas células jovens, com intensa síntese de proteínas. Experiências têm mostrado seu papel na formação de ribossomos, como local de produção do RNA ribossômico. O nucléolo desaparece no início da divisão celular, voltando a aparecer no seu final.



##### Cromatina:

Substância resultante da associação entre histonas (proteínas simples) e DNA. É, portanto, uma desoxirribonucleoproteína e representa o material genético contido no núcleo. Quando a célula se encontra em intérfase (fase em que a célula não está em processo de divisão), a cromatina organiza-se, formando uma rede de finíssimos filamentos que

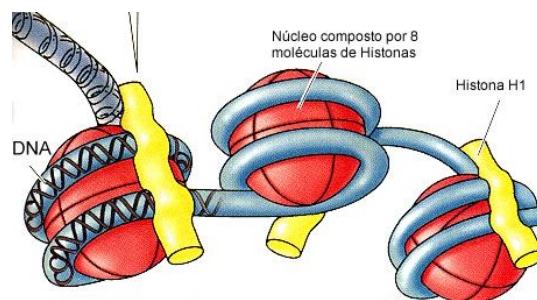
se entrelaçam. Nesses filamentos de cromatina, que alguns autores chamam de cromonemas, distinguimos regiões bastante distendidas e algumas regiões mais condensadas. As regiões mais distendidas são denominadas de eucromatina e as regiões espiraladas, heterocromatina. Quando se observa o núcleo no microscópio, as regiões de heterocromatina, por estarem mais condensadas, coram-se mais em presença de corantes básicos (hematoxilina, por exemplo) e, assim, aparecem, no núcleo, algumas manchas mais coradas que, muitas vezes, são confundidas com os nucléolos. Por isso, essas manchas mais coradas, que correspondem a regiões de heterocromatina, são conhecidas por falsos nucléolos (cariossomos, cromocentros).

*Obs: o corante de Feulgen cora apenas DNA. Logo, quando se tem dúvida se a imagem observada se trata de um nucléolo ou falso nucléolo, usa-se esse corante. Se corar (Feulgen positivo) é falso nucléolo (heterocromatina).*

Durante a divisão celular (mitose ou meiose), as regiões de eucromatina, que na intérfase se encontravam distendidas, sofrem uma intensa espiralização, enquanto as regiões de heterocromatina permanecem praticamente inalteradas. Com isso, os filamentos tornam-se mais curtos, mais grossos, mais visíveis e passam a ser chamados de cromossomos.



Cada cromossomo é formado por uma única e longa molécula de DNA. Em certas regiões, essa molécula enrola-se em volta de proteínas chamadas histonas. Um conjunto de oito unidades de histonas com o DNA em volta é chamado de **nucleossoma**. Nas células procariontes, o cromossomo não apresenta histonas associadas ao DNA.



#### 5.4) Estudo dos Cromossomos:

Durante a divisão celular, cada filamento de cromatina se condensa e origina um corpúsculo bastante visível, com formato de um bastão, chamado cromossomo. Cada cromossomo simples é formado por uma única molécula de DNA, ligada às proteínas. Nos procariontes, o cromossomo possui apenas DNA e possui formato circular. Cada segmento de cromossomo capaz de determinar a produção de uma proteína é chamado gene. O cromossomo pode ser, então, definido como "uma sequência linear de genes".

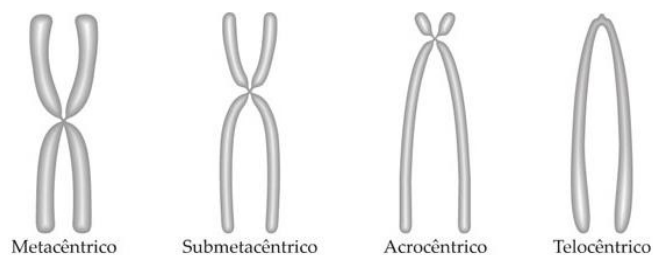
*Observação: Nos procariontes o cromossomo é único, desnudo (não possui histonas) e circular.*

Durante a espiralização da cromatina, as regiões de heterocromatina condensam-se menos que as de eucromatina, originando regiões de estreitamento nos cromossomos. São as constrições. Todos os cromossomos têm pelo menos uma constrição, chamada centrômero (cinetócoro ou constrição primária).

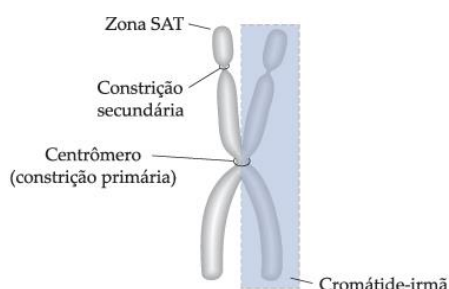
A posição ocupada pelo centrômero permite classificar os cromossomos em:

- **metacêntricos:** o centrômero fica no meio do cromossomo;

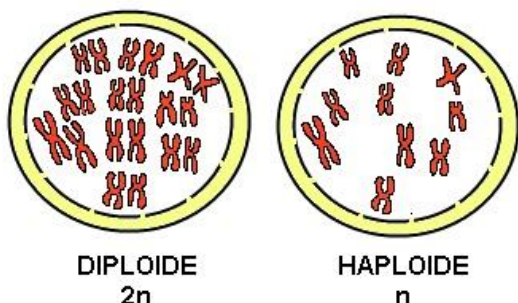
- **submetacêntricos:** o centrômero é deslocado para uma das extremidades, e o cromossomo tem dois braços;
- **acrocêntricos:** o centrômero se localiza bem próximo de uma extremidade, e um braço é bem maior que o outro;
- **telocêntricos:** o centrômero está em uma das extremidades.



Em um dos braços, pode haver uma área de estreitamento, a constrição secundária. Em cada espécie, a constrição secundária surge sempre no mesmo cromossomo. A porção separada do corpo do cromossomo pela constrição secundária é a zona SAT, também chamada zona satélite ou região organizadora do nucléolo.



Em uma célula somática (muscular, por exemplo), onde os cromossomos existem aos pares, o número cromossômico é chamado diploide ou  $2n$ , pois há dois lotes idênticos. Em uma célula germinativa (gameta, por exemplo) encontra-se apenas um lote  $n$  de cromossomos, chamado haploide.

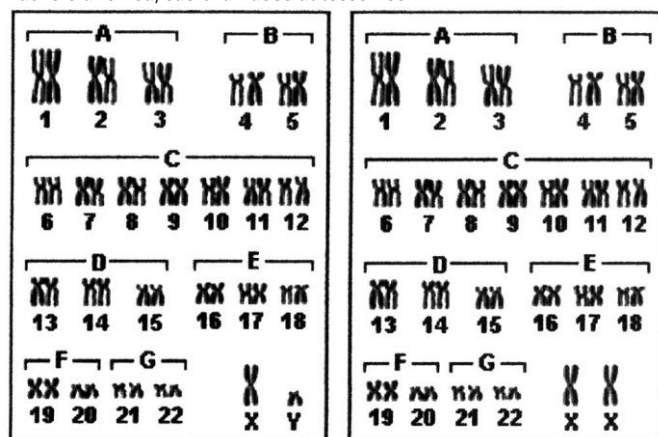


A observação dos cromossomos mostra que, em um núcleo de uma célula diploide, geralmente, eles ocorrem aos pares, chamados cromossomos homólogos. São iguais quanto ao tamanho, à forma e à posição do centrômero.



Na maioria das espécies, há um par de cromossomos cujos componentes são diferentes no macho e na fêmea. São os cromossomos sexuais ou alossomos. Na espécie humana, a mulher possui um par idêntico (XX) enquanto o homem possui um par formado por

cromossomos diferentes (XY). Os demais cromossomos, iguais para o macho e a fêmea, são chamados autossomos.



O conjunto de características dos cromossomos de uma espécie constitui o seu cariótipo (número de cromossomos, tamanho e classificação). A observação do cariótipo é melhor durante a divisão celular, pelo alto grau de condensação alcançado pelos cromossomos. Uma vez fotografados ao microscópio, podem ser recortados, e os pares de homólogos agrupados de acordo com o tipo e em ordem decrescente de tamanho. A essa montagem dá-se o nome de **idiograma**.

### 5.5) Telômeros:

Os telômeros são complexos DNA-proteína encontrados nas extremidades dos cromossomos lineares, que os protegem da degradação, da recombinação e da fusão robertsoniana, estabilizando-os. Devido à observação de que seu tamanho regride ao longo das duplicações celulares até um tamanho mínimo que interrompe a proliferação celular, criou-se a hipótese de que o telômero funcionaria como um relógio celular e seria um dos fatores responsáveis pela senescência.

Posteriormente foi descoberta uma enzima, a **telomerase**, capaz de resolver o problema de encurtamento do telômero, catalisando a formação de mais DNA telomérico. Observou-se que esta enzima não possuía atividade detectável na maioria das células somáticas, mas que em cerca 85% das células germinativas e tumorais sua atividade era intensa, e proporcionava a manutenção do tamanho dos telômeros. Criou-se então a expectativa de que a telomerase seria capaz de atrasar o relógio telomérico e que, se utilizada na medida certa, poderia tornar-se a fonte da juventude.

Na maioria dos organismos, os telômeros são formados por repetições de DNA com uma sequência simples. Por exemplo, em humanos, os telômeros são formados por repetições de seis nucleotídeos - TTAGGG - que compreendem até dezenas de quilobases, contendo ainda um pequeno trecho de fita simples com poucas centenas de nucleotídeos.

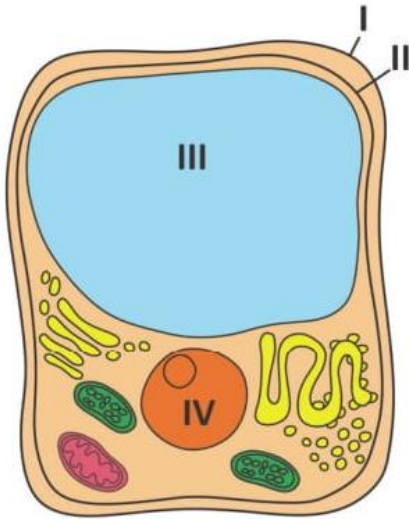


# Metas de sala



## QUESTÃO 01

Alunos do Núcleo PVA identificaram estruturas típicas de uma célula eucarionte, como mostra a figura abaixo:



As estruturas I, II, III e IV caracterizam-se pela presença, respectivamente, de

- a) glicídeo, lipídeo, água e ácido nucleico.
- b) proteína, glicídeo, água e ácido nucleico.
- c) lipídeo, proteína, glicídeo e ácido nucleico.
- d) lipídeo, glicídeo, ácido nucleico e água.
- e) glicídeo, proteína, ácido nucleico e água.

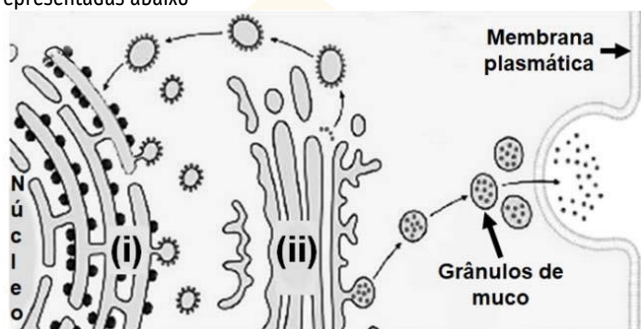


## QUESTÃO 02

O epitélio nasal e o bronquial apresentam receptores às proteínas virais do novo coronavírus (SARS-CoV-2). A secreção mucosa liberada pelas células das vias respiratórias é importante para a formação de um gel viscoso e lubrificante com grande quantidade de água, que funciona como uma barreira adesiva para muitas partículas e patógenos. Entretanto, há vírus capazes de penetrar essa barreira formada pelo muco.

(W. Sungnak e outros. *Nature Medicine*, Londres, v. 26, p. 681-687, abr. 2020.)

O muco é composto pela glicoproteína mucina, que é sintetizada à nível celular pelas organelas citoplasmáticas de células caliciformes, representadas abaixo



(Adaptado de A. Pompa e outros. *International Journal of Molecular Sciences*, Basel, v. 18, p. 703, mar. 2017.)

As organelas representadas pelas letras i e ii na imagem são

- a) complexo de Golgi e peroxissomos, responsáveis, respectivamente, pela secreção molecular e pela detoxificação.
- b) ergastoplasma e complexo de Golgi, responsáveis, respectivamente, pela síntese da parte proteica e glicídica da proteína citada.
- c) retículo endoplasmático agranular e complexo de Golgi, responsáveis, respectivamente, pela produção da glicoproteína presente no muco.
- d) ribossomos e retículo endoplasmático liso, responsáveis, respectivamente, pela síntese de peptídeos e açúcares que estarão presentes na composição da mucina.
- e) retículo endoplasmático rugoso e retículo endoplasmático liso, responsáveis, respectivamente, pela formação dos grânulos secretores ricos em muco e pela membrana plasmática.



## QUESTÃO 03

Os elementos químicos hidrogênio e oxigênio estão presentes em todos os seres vivos. A combinação destes elementos pode formar a água, fundamental para a vida, assim como a água oxigenada, tóxica para as células. As equações químicas a seguir são exemplos de reações que ocorrem em seres vivos e que envolvem os elementos hidrogênio e oxigênio.

1. água → oxigênio + íons de hidrogênio
2. água oxigenada → água + gás oxigênio
3. oxigênio + íons de hidrogênio → água

As reações químicas 1, 2 e 3 ocorrem, respectivamente, em

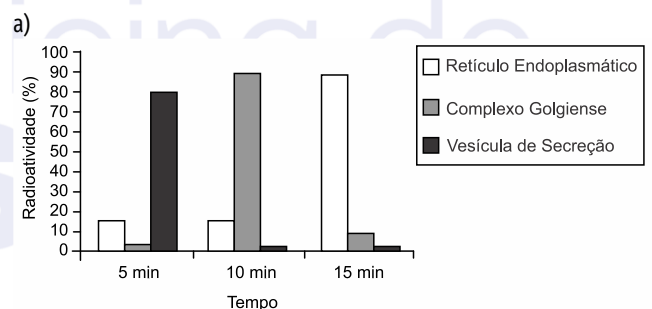
- a) cloroplastos, peroxissomos e mitocôndrias.
- b) peroxissomos, mitocôndrias e cloroplastos.
- c) mitocôndrias, peroxissomos e cloroplastos.
- d) mitocôndrias, cloroplastos e peroxissomos.
- e) cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos.

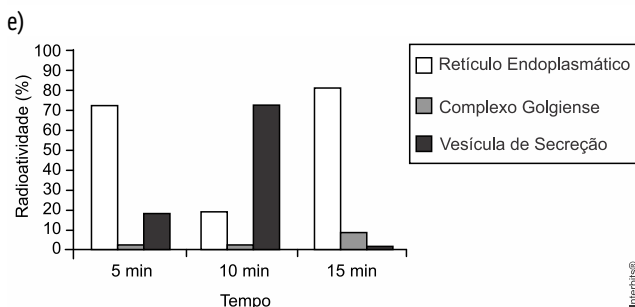
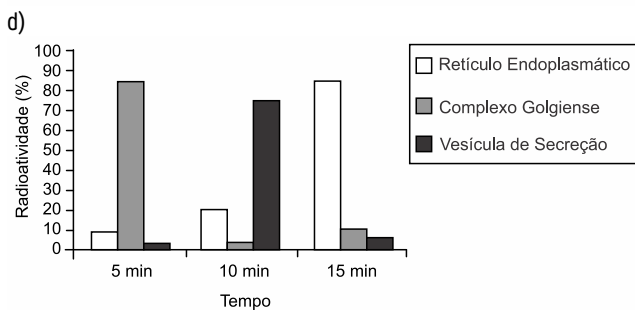
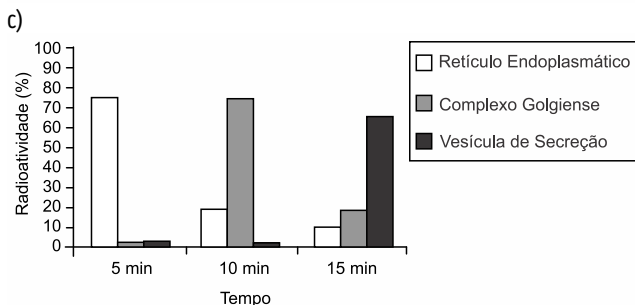
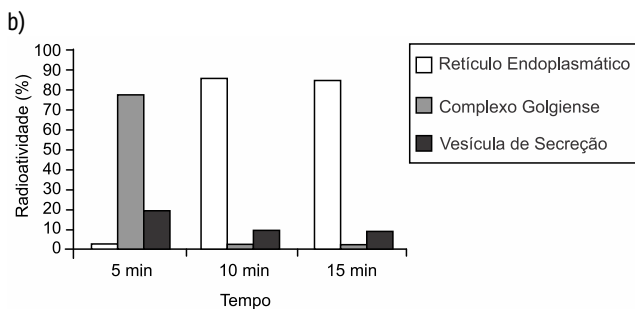


## QUESTÃO 04

(Enem) Muitos estudos de síntese e endereçamento de proteínas utilizam aminoácidos marcados radioativamente para acompanhar as proteínas, desde fases iniciais de sua produção até seu destino final. Esses ensaios foram muito empregados para estudo e caracterização de células secretoras.

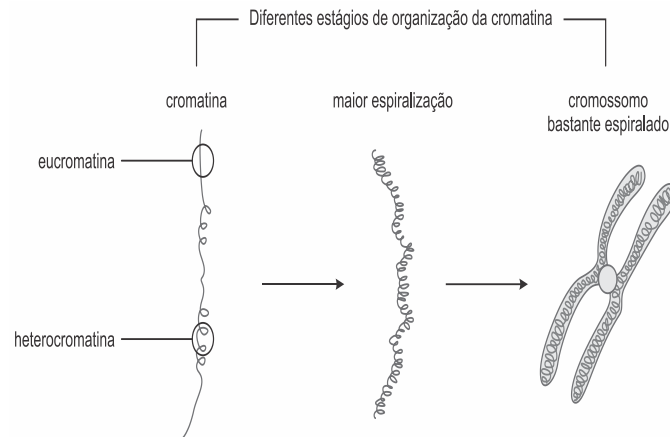
Após esses ensaios de radioatividade, qual gráfico representa a evolução temporal da produção de proteínas e sua localização em uma célula secretora?





## QUESTÃO 05

Em células eucariotas, a cromatina pode se apresentar como eucromatina, uma forma não espiralada, ou como heterocromatina, uma forma muito espiralada. Na metáfase, muitas regiões de eucromatina se transformam em heterocromatina, formando cromossomos bastante espiralados, conforme mostra o esquema.



Considerando uma mitose típica, a formação do cromossomo bastante espiralado favorece o processo de

- transcrição dos genes pela RNA polimerase.
- distribuição do DNA para células-filhas.
- síntese de proteínas nos ribossomos.
- redução do cariótipo original.
- inativação dos genes.

## Metas propostas

### Nível calouro

## QUESTÃO 06

(Enem PPL) Um pesquisador preparou um fragmento do caule de uma flor de margarida para que pudesse ser observado em microscopia óptica. Também preparou um fragmento de pele de rato com a mesma finalidade. Infelizmente, após algum descuido, as amostras foram misturadas.

Que estruturas celulares permitiriam a separação das amostras, se reconhecidas?

- Ribossomos e mitocôndrias, ausentes nas células animais.
- Centríolos e lisossomos, organelas muito numerosas nas plantas.
- Envoltório nuclear e nucléolo, característicos das células eucarióticas.
- Lisossomos e peroxissomos, organelas exclusivas de células vegetais.

- Parede celular e cloroplastos, estruturas características de células vegetais.

## QUESTÃO 07

(Enem PPL) Os sapos passam por uma metamorfose completa. Os girinos apresentam cauda e brânquias externas, mas não têm pernas. Com o crescimento e desenvolvimento do girino, as brânquias desaparecem, as pernas surgem e a cauda encolhe. Posteriormente, a cauda desaparece por apoptose ou morte celular programada, regulada por genes, resultando num sapo adulto jovem.

A organela citoplasmática envolvida diretamente no desaparecimento da cauda é o

- ribossomo.
- lisossomo.
- peroxissomo.
- complexo golgiense.

e) retículo endoplasmático.

### QUESTÃO 08

(Enem PPL) A ricina, substância tóxica extraída da mamona, liga-se ao açúcar galactose presente na membrana plasmática de muitas células do nosso corpo. Após serem endocitadas, penetram no citoplasma da célula, onde destroem os ribossomos, matando a célula em poucos minutos.

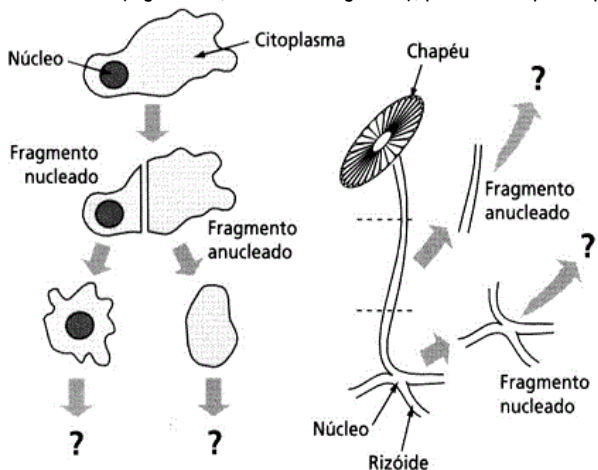
SADAVA, D. et al. *Vida: a ciência da biologia*. Porto Alegre: Artmed, 2009 (adaptado).

O uso dessa substância pode ocasionar a morte de uma pessoa ao inibir, diretamente, a síntese de

- a) RNA.
- b) DNA.
- c) lipídios.
- d) proteínas.
- e) carboidratos.

### QUESTÃO 09

Nas experiências de merotomia (retirada do núcleo) da ameba e da *Acetabularia* (alga verde, unicelular e grande), podemos esperar que:



- a) Ambas as partes cortadas da ameba e da *Acetabularia* se desenvolvem normalmente.
- b) Só a parte da ameba que apresenta núcleo se desenvolva.
- c) Ambas as partes nucleadas da ameba e da *Acetabularia* se desenvolvem normalmente, enquanto as anucleadas morrem.
- d) A parte da ameba que possui núcleo se desenvolva normalmente e a da *Acetabularia* que possui núcleo se desenvolva anormalmente.
- e) Cortando parte do citoplasma de ambos os organismos, nenhum dos fragmentos se desenvolva, tanto na ameba quanto na *Acetabularia*.

Nível Veterano

### QUESTÃO 10

Os neutrófilos são um tipo de glóbulo branco do sangue. São responsáveis por combater infecções. Eles são capazes de fagocitar bactérias invasoras em nosso organismo. Em uma situação experimental, um cientista cultivou in vitro os neutrófilos com bactérias Gram positivas, as quais apresentavam a parede celular verde fluorescente. Uma hora após a infecção o cientista observou os neutrófilos ao microscópio, e verificou a fluorescência verde em organelas dentro dessas células.

Neste experimento, as organelas celulares que podem ser visualizadas pelo cientista, com a coloração verde-fluorescente são

- a) mitocôndria e núcleo.
- b) fagossomo e lisossomo.

- c) peroxissomo e fagossomo.
- d) complexo de Golgi e núcleo.
- e) mitocôndria e complexo de Golgi.

### QUESTÃO 11

O citoesqueleto é formado por componentes proteicos que realizam diversas funções celulares. Dentre elas está a manutenção estrutural e sustentação das células animais. São componentes do citoesqueleto: filamentos intermediários, filamentos de actina e microtúbulos. As funções desses elementos do citoesqueleto são

- a) resistência mecânica, contração da célula muscular, composição estrutural de cílios e flagelos.
- b) divisão celular com formação do fuso mitótico, síntese proteica, replicação do DNA.
- c) resistência mecânica, armazenamento de energia, transporte de vesículas.
- d) transcrição do RNA, composição estrutural de cílios e flagelos, contração da célula muscular.
- e) composição estrutural de cílios e flagelos, síntese proteica, tradução de proteínas.

### QUESTÃO 12

Os cloroplastos presentes no citoplasma das células de angiospermas são envoltos por duas membranas externas. Internamente apresentam pequenas bolsas em forma de disco, que se empilham e formam um complexo membranoso. As bolsas e o complexo membranoso citados são, respectivamente

- a) tilacoides e grana
- b) vacúolos e estroma
- c) cristas e vesícula
- d) grana e estroma
- e) cisternas e crista

### QUESTÃO 13

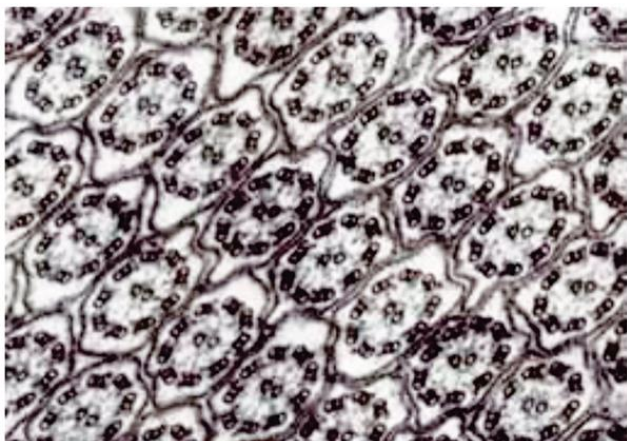
As mitocôndrias são organelas presentes no citoplasma das células eucarióticas e estão envolvidas no processo de síntese de ATP por meio da respiração aeróbica, processo este que pode ser dividido em três etapas: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória. Considerando a estrutura das mitocôndrias e o processo de respiração aeróbica, conclui-se corretamente que

- a) o DNA mitocondrial codifica todas as proteínas necessárias para a manutenção e função da organela, possibilitando assim total independência do genoma nuclear.
- b) as cristas mitocondriais são projeções da membrana mitocondrial interna nas quais estão localizadas os componentes da cadeia respiratória e o complexo enzimático responsável pela síntese de ATP.
- c) a glicólise ocorre no interior da matriz mitocondrial e consiste na degradação da molécula de glicose até a formação de ácido pirúvico, com saldo líquido de duas moléculas de ATP.
- d) a quantidade de mitocôndrias nos diferentes tipos celulares é constante e a distribuição dessas organelas no citoplasma ocorre totalmente ao acaso.
- e) a cadeia respiratória é a etapa de maior rendimento energético, na qual o ácido pirúvico é oxidado até se formarem água e gás carbônico e é um processo exclusivo dos eucariontes.

### QUESTÃO 14

A imagem ilustra um corte transversal da membrana plasmática de uma

célula da traqueia humana, na qual se observam cílios com estruturas circulares agrupadas duas a duas em seu interior.



As organelas celulares que são importantes para que as estruturas observadas realizem os movimentos ciliares são os (as)

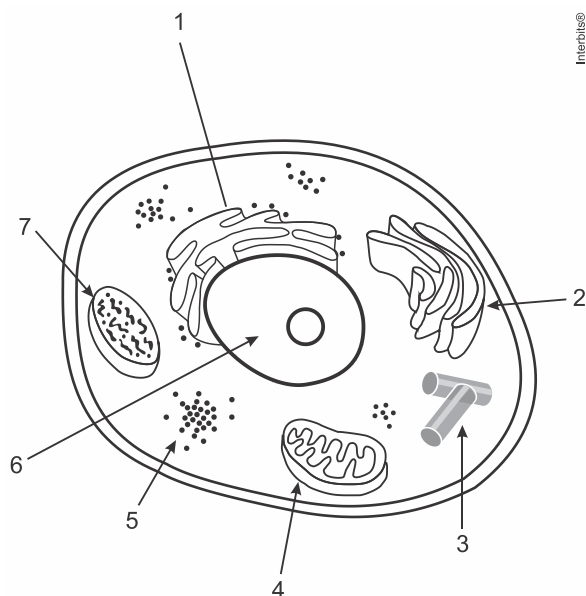
- a) mitocôndrias.
- b) centríolos.
- c) tubulinas.
- d) lisossomos.
- e) ribossomos.

### QUESTÃO 15

A professora distribuiu aos alunos algumas fichas contendo, cada uma delas, uma descrição de características de uma organela celular. Abaixo, as fichas recebidas por sete alunos.

Fernando	Giovana
Auxílio na formação de cílios e flagelos.	Associação ao RNAm para desempenhar sua função.
Carlos	Rodrigo
Síntese de proteínas que serão exportadas pela célula.	Síntese de alguns glicídios e modificação de proteínas, preparando-as para secreção.
Mayara	Gustavo
Digestão de componentes desgastados da própria célula.	Presença de equipamento próprio para síntese de proteínas.
Lígia	
Síntese de ácidos nucleicos.	

A professora também desenhou na quadra de esportes da escola uma grande célula animal, com algumas de suas organelas (fora de escala), conforme mostra a figura.



Ao comando da professora, os alunos deveriam correr para a organela cuja característica estava escrita na ficha em seu poder.

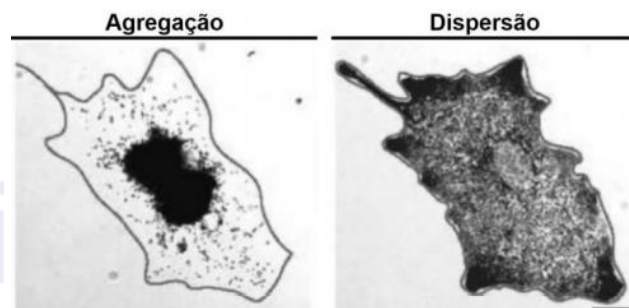
Carlos e Mayara correram para a organela indicada pela seta 7; Fernando e Rodrigo correram para a organela indicada pela seta 5; Giovana e Gustavo correram para a organela indicada pela seta 4; Lígia correu para a organela indicada pela seta 6.

Os alunos que ocuparam o lugar correto na célula desenhada foram

- a) Mayara, Gustavo e Lígia.
- b) Rodrigo, Mayara e Giovana.
- c) Gustavo, Rodrigo e Fernando.
- d) Carlos, Giovana e Mayara.
- e) Fernando, Carlos e Lígia.

### QUESTÃO 16

A capacidade de mudança de cor existe em algumas espécies de peixes, anfíbios e répteis. As mudanças envolvem a mobilização de grânulos de pigmentos em células especializadas, originadas da crista neural, chamadas cromatóforos. A depender da coloração e do mecanismo de atuação, os cromatóforos recebem diferentes denominações. A mobilização dos pigmentos é realizada por proteínas motoras associadas a componentes do citoplasma celular, permitindo padrões de agregação e dispersão, como apresentado nos cromatóforos da figura abaixo:



Adaptado de L. Sheets e outros. *Current Biology*, Amsterdam, v. 17, n. 20, p. 1721-34, out. 2007.

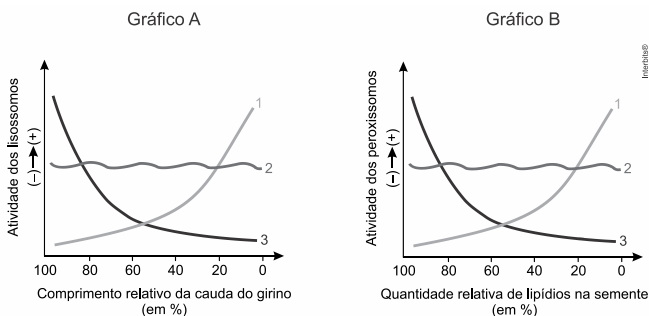
O componente celular que permite os padrões apresentados nos cromatóforos é o(a)

- a) centríolo.
- b) mitocôndria.
- c) citoesqueleto.
- d) complexo de Golgi.

e) Retículo endoplasmático rugoso.

### QUESTÃO 17

Em cada um dos gráficos A e B, há três curvas, porém apenas uma delas, em cada gráfico, representa corretamente o fenômeno estudado.



No gráfico A, o fenômeno estudado é a atividade dos lisossomos na regressão da cauda de girinos na metamorfose. No gráfico B, o fenômeno estudado é a atividade dos peroxissomos na conversão dos lipídios em açúcares que serão consumidos durante a germinação das sementes.

A curva que representa corretamente o fenômeno descrito pelo gráfico A e a curva que representa corretamente o fenômeno descrito pelo gráfico B são, respectivamente,

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

### QUESTÃO 18

(Enem) As proteínas de uma célula eucariótica possuem peptídeos sinais, que são sequências de aminoácidos responsáveis pelo seu endereçamento para as diferentes organelas, de acordo com suas funções. Um pesquisador desenvolveu uma nanopartícula capaz de carregar proteínas para dentro de tipos celulares específicos. Agora ele quer saber se uma nanopartícula carregada com uma proteína bloqueadora do ciclo de Krebs in vitro é capaz de exercer sua atividade em uma célula cancerosa, podendo cortar o aporte energético e destruir essas células.

Ao escolher essa proteína bloqueadora para carregar as nanopartículas, o pesquisador deve levar em conta um peptídeo sinal de endereçamento para qual organela?

- a) Núcleo.
- b) Mitocôndria.
- c) Peroxissomo.
- d) Complexo golgiense.
- e) Retículo endoplasmático.

### QUESTÃO 19

(Enem) Para a identificação de um rapaz vítima de acidente, fragmentos de tecidos foram retirados e submetidos à extração de DNA nuclear, para comparação com o DNA disponível dos possíveis familiares (pai, avô materno, avó materna, filho e filha). Como o teste com o DNA nuclear não foi conclusivo, os peritos optaram por usar também DNA mitocondrial, para dirimir dúvidas.

Para identificar o corpo, os peritos devem verificar se há homologia entre o DNA mitocondrial do rapaz e o DNA mitocondrial do(a)

- a) pai.
- b) filho.
- c) filha.
- d) avó materna.
- e) avô materno.

### QUESTÃO 20

A Teoria da Endossimbiose, proposta pela microbiologista Lynn Margulis, na década de 60, sugere que as mitocôndrias e os cloroplastos descendem de bactérias primitivas que passaram a viver dentro de células eucarióticas, há milhões de anos. Assim sendo, uma célula eucariótica primitiva teria englobado, por fagocitose, uma célula procarionte, que passou a viver em seu citoplasma, estabelecendo, assim, uma relação de mutualismo.

Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/endossimbiose/>>. Acesso em: 01 de out. 2018.

Uma grande evidência dessa teoria está no fato de as mitocôndrias e os cloroplastos serem as únicas organelas a apresentarem

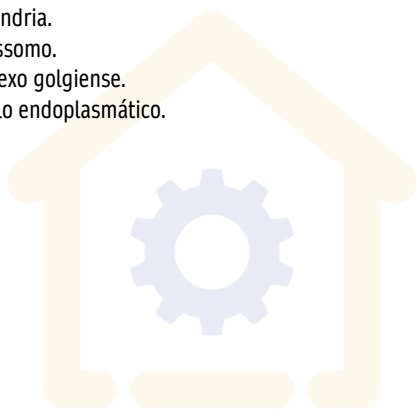
- a) núcleo verdadeiro.
- b) membrana plasmática.
- c) material genético próprio.
- d) parede celular de peptidoglicano.
- e) ribossomos de tamanho aumentado.

### QUESTÃO 21

Um pesquisador injetou uma pequena quantidade de timidina radioativa ( $^3\text{H}$ - timidina) em células com o propósito de determinar a localização dos ácidos nucleicos sintetizados a partir desse nucleotídeo, utilizando uma técnica muito empregada em biologia celular, a autorradiografia combinada com microscopia eletrônica.

Assinale a alternativa que apresenta os dois compartimentos celulares nos quais o pesquisador encontrará ácidos nucleicos radioativos.

- a) Núcleo e mitocôndrias.
- b) Citosol e mitocôndrias.
- c) Núcleo e retículo endoplasmático.
- d) Citosol e retículo endoplasmático.
- e) Peroxissomos e retículo endoplasmático.



# Oficina de ESTUDOS

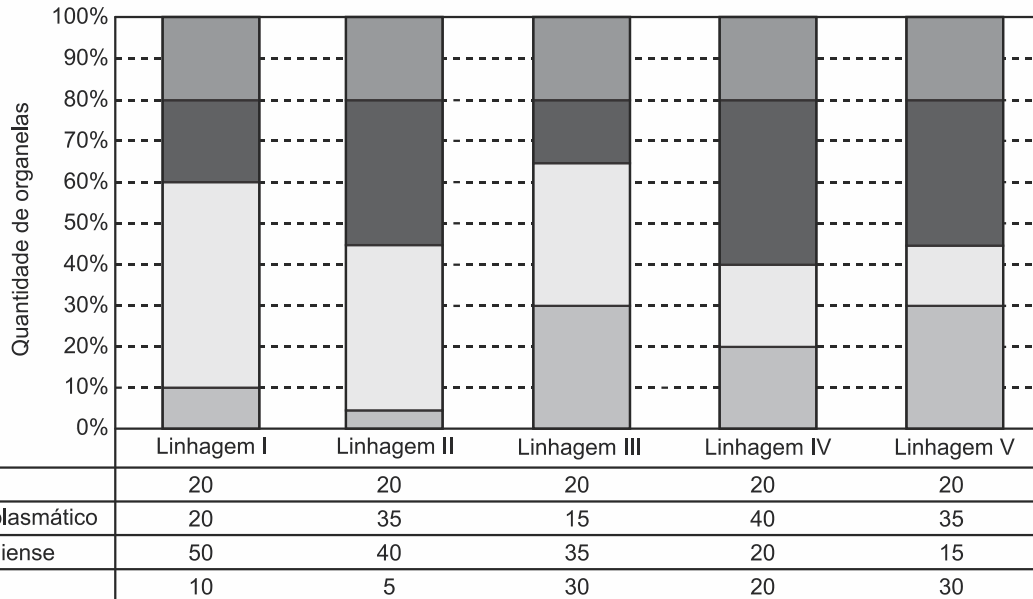




## QUESTÃO 22

(Enem) Uma indústria está escolhendo uma linhagem de microalgas que otimize a secreção de polímeros comestíveis, os quais são obtidos do meio de cultura de crescimento. Na figura podem ser observadas as proporções de algumas organelas presentes no citoplasma de cada linhagem.

Perfil celular das linhagens de microalgas



Qual é a melhor linhagem para se conseguir maior rendimento de polímeros secretados no meio de cultura?

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



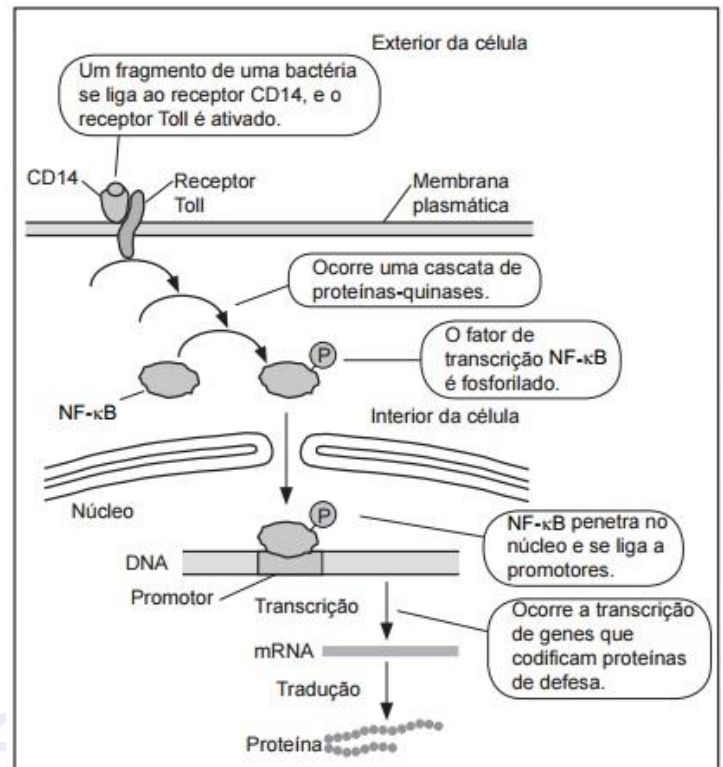
## QUESTÃO 23

(VANYLTON MATIAS) O esquema abaixo demonstra um mecanismo de defesa realizado pelas células humanas após um processo infeccioso bacteriano.

*Adaptado de: David Sadava, Craig Heller, Gordon Orians, William Purves, and Davis Hillis. Vida: A Ciência da Biologia - Vol. 1. ArtMed, 2009.*

Ao se analisar o esquema pode-se concluir que houve um equívoco na sua montagem, pois

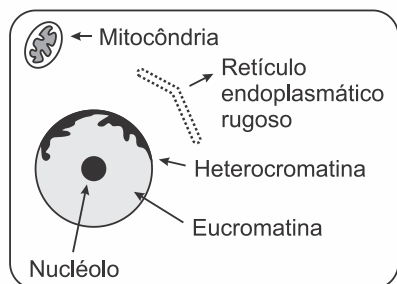
- a) a transcrição gênica ocorre fora do leito nuclear.  
 b) a tradução do RNAm é um processo realizado no citoplasma.  
 c) o fragmento bacteriano penetra nas células através de difusão simples.  
 d) a cascata de proteínas-quinases ocorre no interior do complexo de Golgi.  
 e) a molécula de fosfato não permite a penetração do fator NF- $\kappa$ B pelos poros nucleares.



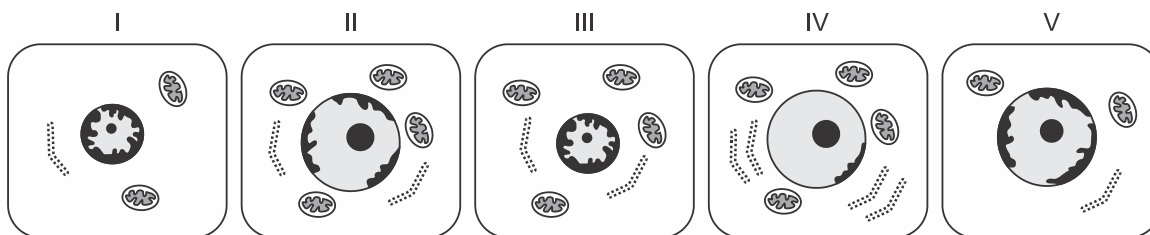
## QUESTÃO 24

(Enem) O nível metabólico de uma célula pode ser determinado pela taxa de síntese de RNAs e proteínas, processos dependentes de energia. Essa diferença na taxa de síntese de biomoléculas é refletida na abundância e características morfológicas dos componentes celulares. Em uma empresa de produção de hormônios proteicos a partir do cultivo de células animais, um pesquisador deseja selecionar uma linhagem com o metabolismo de síntese mais elevado, dentre as cinco esquematizadas na figura.

## Legenda:



## Linhagens:



Qual linhagem deve ser escolhida pelo pesquisador?

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



## QUESTÃO 25

(Enem - Libras) Uma das funções dos neutrófilos, um tipo de glóbulo branco, é fagocitar bactérias invasoras em nosso organismo. Em uma situação experimental, um cientista colocou em um mesmo meio neutrófilos e bactérias Gram positivas que apresentavam a parede celular fluorescente. Em seguida o cientista observou os neutrófilos ao microscópio de fluorescência e verificou a presença de fluorescência em seu interior

Em qual organela do neutrófilo foi recebida a fluorescência?

- a) Mitocôndria.  
b) Peroxissomo.  
c) Vacúolo digestivo.  
d) Complexo golgiense.  
e) Retículo endoplasmático liso.



## QUESTÃO 26

(VANYLTON MATIAS) A Clonagem Reprodutiva é pretendida para produzir uma duplicata de um indivíduo existente. É utilizada a técnica chamada de Transferência Nuclear (TN): Baseia-se na remoção do núcleo de um óvulo e substituição por um outro núcleo de outra célula somática. Após a fusão, vai havendo a diferenciação das células. Após cinco dias de fecundação, o embrião agora com 200 a 250 células, forma um cisto chamado blastocisto. É nesta fase que ocorre a implantação do embrião na cavidade uterina. Após o período de gestação surge um indivíduo com patrimônio genético idêntico ao do doador da célula somática.

Fonte: [http://www.ghente.org/temas/clonagem/index\\_txr.htm](http://www.ghente.org/temas/clonagem/index_txr.htm)

O experimento acima evidencia que

- a) as características fenotípicas do indivíduo gerado, são dependentes do núcleo das células germinativas.  
b) a transferência nuclear não interfere nas características do clone formado.  
c) o núcleo do óvulo é quem determina o fenótipo do indivíduo que surgiu pelo processo de clonagem.  
d) é no núcleo celular que se encontram as estruturas responsáveis pela transmissão da hereditariedade.  
e) as organelas citoplasmáticas presentes no clone são oriundas de uma célula somática.



## QUESTÃO 27

(Enem) **Companheira viajante**

Suavemente revelada? Bem no interior de nossas células, uma clandestina e estranha alma existe. Silenciosamente, ela trama e aparece cumprindo seus afazeres domésticos cotidianos, descobrindo seu nicho especial em nossa fogaosa cozinha metabólica, mantendo entropia em apuros, em ciclos variáveis noturnos e diurnos. Contudo, raramente ela nos acende, apesar de sua fornalha consumi-la. Sua origem? Microbiana, supomos. Julga-se adaptada às células eucariontes, considerando-se como escrava – uma serve a serviço de nossa verdadeira evolução.

McMURRAY, W. C. The traveler. *Trends in Biochemical Sciences*, 1994 (adaptado).

A organela celular descrita de forma poética no texto é o(a)

- a) centríolo.  
b) lisossomo.  
c) mitocôndria.  
d) complexo golgiense.  
e) retículo endoplasmático liso.



## QUESTÃO 28

Pesquisadores revelaram que não são apenas os genes que transmitem atributos, como a cor dos olhos, entre pais e filhos. Proteínas chamadas histonas também são responsáveis por transmitir características hereditárias, apesar de sua função primordial ser a manutenção do DNA na forma de cromatina e cromossomos. Algumas dessas proteínas são capazes de silenciar genes quando impedem que o DNA seja desenrolado. Modificando-as, os cientistas conseguiram criar características que foram transferidas para novas gerações sem alteração nos genes.

Marton, F. Disponível em: <<http://super.abril.com.br>> Super interessante, 06 abr. 2015. (Adaptado).

Pelo exposto, a função dessas proteínas nas alterações das características dos organismos ocorre devido à(ao)

- a) habilidade de provocar mutação deletéria.  
b) bloqueio da transcrição dos genes a serem expressos.  
c) falta de partes do material genético herdado pelos filhos.  
d) encurtamento dos cromossomos transferidos aos descendentes.  
e) migração para o citosol alterando a mensagem enviada pelo núcleo.



## QUESTÃO 29

Alunos do Núcleo PVA, em uma aula de física, encheram 1 balão com ar e o modelaram conforme a figura abaixo. O professor Leandro Gomes, ao observar o experimento, afirmou que aquele formato da bexiga lembrava muito partes de um cromossomo submetacêntrico, em que a, b e c representariam, respectivamente:

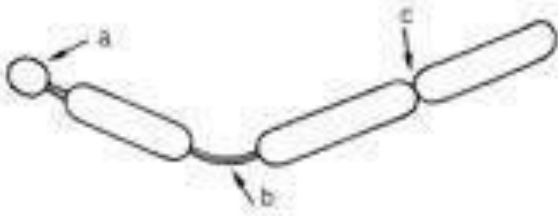


Foto: Google Imagens

- centrômero, constrição secundária, satélite.
- satélite, constrição secundária, centrômero.
- centrômero, satélite, constrição secundária.
- zona SAT, constrição secundária, satélite.
- satélite, constrição primária, constrição secundária.

## Nível Ninja



## QUESTÃO 30

(Vanylton Matias) a atividade das organelas celulares está diretamente relacionada com o seu tamanho. Desta forma, quanto mais ativa for uma célula, maior será o processo de hipertrofia dos organelos. Baseado neste raciocínio, foi montada a tabela abaixo:

Organelas Celulares	Função	Exemplos de células em que estão presentes
Retículo Endoplasmático Liso	Síntese e secreção de hormônios sexuais	1
Retículo Endoplasmático Rugoso	Síntese de proteínas secretadas no sangue como, por exemplo, o glucagon	2
Mitocôndrias	Respiração celular	3
Lisossomos	Digestão intracelular	4

A análise da tabela permite concluir que os números 1, 2, 3 e 4 correspondem respectivamente a

- macrófagos, miócitos, células testiculares e células pancreáticas.
- células testiculares, células pancreáticas, miócitos e macrófagos.
- células testiculares, miócitos, células pancreáticas e macrófagos.
- macrófagos, células pancreáticas, miócitos e células testiculares.
- células pancreáticas, miócitos, células testiculares e macrófagos.

01 - A  
02 - B  
03 - A  
04 - C  
05 - B  
06 - E

07 - B  
08 - D  
09 - C  
10 - A  
11 - A  
12 - A

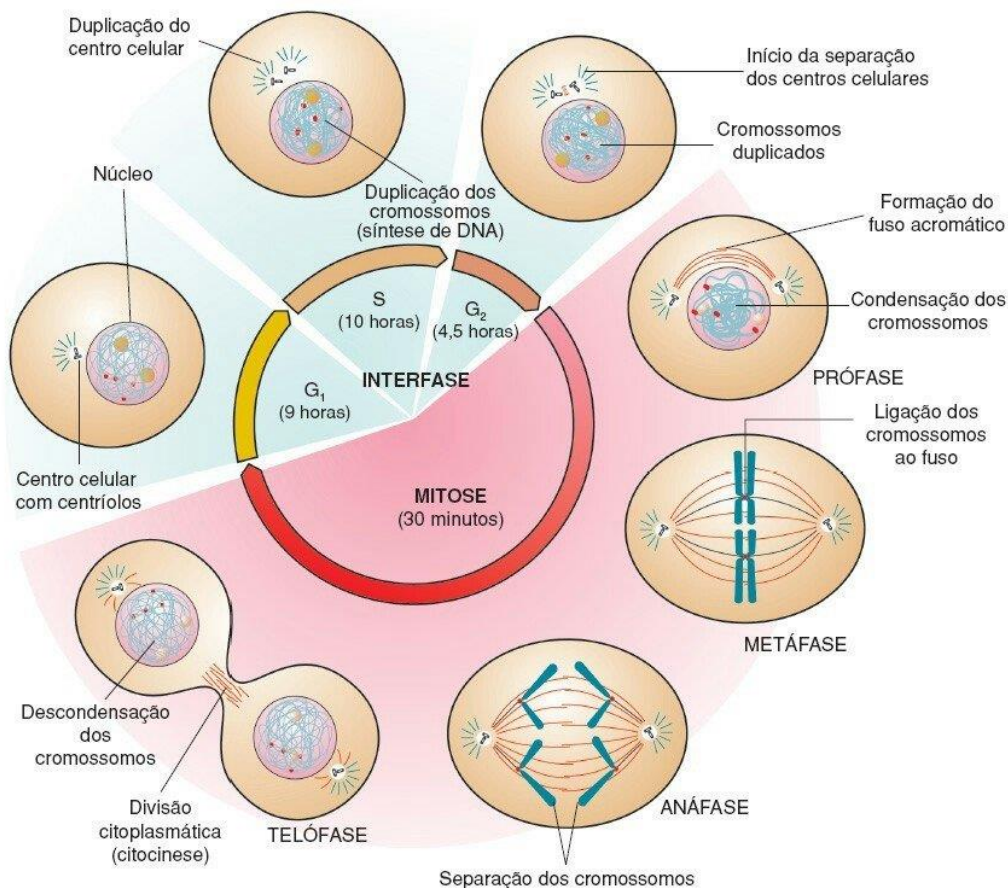
13 - B  
14 - B  
15 - A  
16 - C  
17 - A  
18 - B

19 - D  
20 - C  
21 - A  
22 - A  
23 - B  
24 - D

25 - C  
26 - D  
27 - C  
28 - B  
29 - E  
30 - B

### 1. Ciclo celular

O tempo de vida de uma célula, desde a sua origem até a sua divisão, é chamado de **ciclo celular**. Neste processo ocorre o seu crescimento e desenvolvimento, desde a sua formação inicial pela divisão da célula progenitora (também conhecida como célula mãe) até o momento em que ela dará origem a novas células. O tempo de duração do ciclo celular varia entre os diferentes tipos de célula. Perceba que quando falamos em divisão celular, o termo dividir torna-se sinônimo de multiplicar, o que é bastante paradoxal em uma visão matemática. Além do material genético, todas as organelas são multiplicadas nesse processo. O ciclo celular é dividido em duas etapas, a saber: **divisão celular** (que compreende a mitose e a citocinese) e a **interfase** (período em que a célula se prepara para a divisão). A **cariocinese** é o processo de divisão do núcleo da célula (podendo ser feito por mitose, ou por meiose), enquanto a **citocinese** é o processo em que ocorre a divisão do citoplasma. A interfase, como foi dito, é o momento em que a célula se prepara para ser dividida, nesta fase a célula duplica o seu material genético e proteínas e reúne uma grande quantidade de energia para entrar no processo de divisão. Se fôssemos comparar o tempo em que ocorre o ciclo celular, em um dia (24 horas), a divisão celular ocorre em menos de 1 hora correspondendo a menos de 5% do ciclo celular, e a interfase no tempo restante, correspondendo a 95% do processo.



*Observação: como vimos, o tempo despendido em cada intervalo de um novo ciclo celular completo de uma célula humana em cultura é variado, mas um padrão aproximado seria o seguinte:*

Interfase			Mitose
G1	S	G2	M
5	7	3	1
Horas			
Prófase	Metáfase	Anáfase	Telófase
36	3	3	18
Minutos			

Interbites®

#### 1.1) Interfase

A interfase é a etapa mais longa do ciclo celular, sendo caracterizada pela intensa atividade metabólica, sendo dividida em três fases: **G1**, **S** e **G2**. A abreviatura G provém do termo inglês gap (intervalo).

#### a) Fase G1:

A principal característica que ocorre em G1 é o **crescimento celular**, com recuperação do volume da célula, que foi reduzido à metade na mitose. Essa é normalmente a fase mais longa e variável no ciclo celular e neste estágio cada cromossomo é uma única estrutura não replicada (como, na espécie humana, a ploidia das células somáticas é de 46 cromossomos e esses não foram ainda duplicados, observa-se em G1, a presença de 46 moléculas de DNA em cada célula).

O crescimento celular se dá através de uma intensa atividade metabólica, em consequência da alta síntese de proteínas e RNA. A G1 é bastante variável na duração nos diferentes tipos de células. Algumas células embrionárias de divisão rápida não apresentam G1, enquanto outras células podem permanecer em G1 por várias semanas ou mesmo anos. Algumas células podem não passar para a fase S (fase que procede a fase G1), estas param de se dividir e entram em um estado de **G0** (intervalo zero), ou seja, elas não se dividem, porém continuam realizando suas funções metabólicas normais. As células do nosso sistema nervoso, por exemplo, ficam na fase G0 por toda a sua vida. Já o fibroblasto, célula da nossa pele, pode permanecer na fase G0 até que receba um estímulo como quando temos algum ferimento, por exemplo. A subfase G0 também pode ser chamada de G prolongado.

Em outras palavras, G1 é o intervalo que prepara a célula para a fase S (na qual haverá duplicação do DNA). Essa preparação consiste, além de outras proteínas, na síntese das enzimas envolvidas neste processo de replicação, como polimerases, helicases, exonucleases, topoisomerases e primases. Como essa fase sucede a divisão e precede a fase de síntese de material genético, pode também ser chamada de período pós-mitótico ou pré-sintético.

#### b) Fase S

A fase S (do inglês *synthesis* = síntese) procede à fase G1, sendo caracterizada pela **duplicação do material genético** da célula. Na grande maioria dos casos, é um ponto de não retorno do ciclo, que leva necessariamente à divisão celular. Nessa etapa ocorrerá a **replicação do DNA**, elaborando réplicas perfeitas das moléculas de DNA que contém e com o objetivo de preparar a célula para a divisão celular. Quando ocorre a duplicação do DNA, os cromossomos passam a ter duas **cromátides-irmãs** que estão ligadas pelo **centrômero**.

A replicação do DNA em células eucariontes guarda estreito paralelismo com a replicação de células procariontes. Por isso, o mecanismo de duplicação do DNA tem sido estudado, de preferência, nas células mais simples, como a bactéria *Escherichia coli*. No entanto, ainda que os resultados obtidos nessa célula procarionte sejam, na essência, válidos

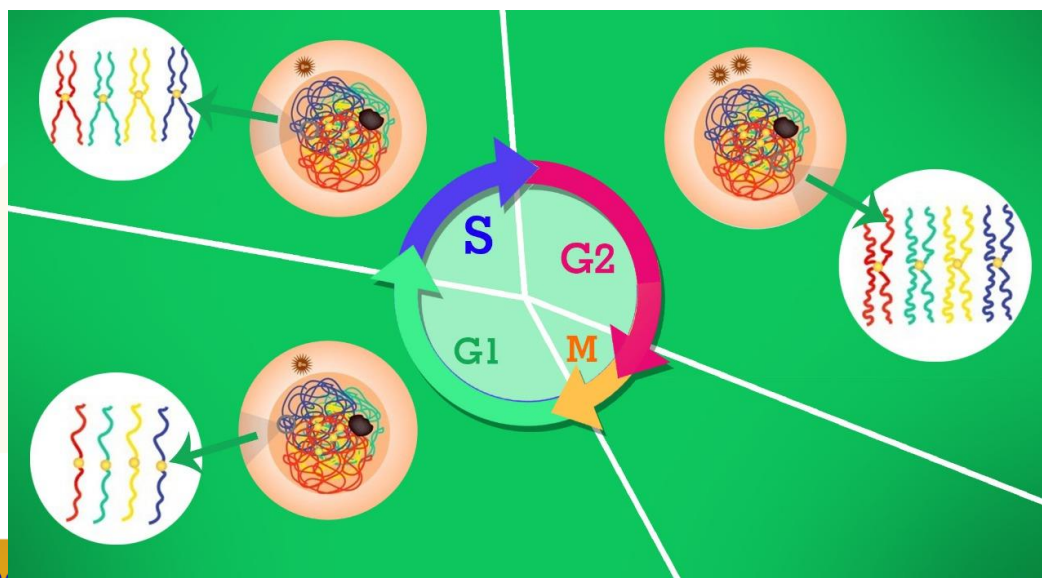
também para as células eucariontes, o processo nos eucariontes é muito mais complexo. Células eucariontes têm um genoma enorme, que deve ser duplicado com alta fidelidade uma única vez a cada ciclo celular, e isso deve ser feito dentro de pouco tempo, nas poucas horas ocupadas pelo período S. Soma-se isso ao fato de que, em células eucariontes, o DNA nuclear apresenta-se na forma de fibras de cromatina, formando um complexo com proteínas histonas. Portanto, é a cromatina que deve sofrer duplicação no período S, o que exige que não só o conteúdo de DNA seja duplicado, mas também a quantidade de histonas. Contrariando o que acontece com todas as demais proteínas celulares, as **histonas** são as únicas proteínas cuja síntese está confinada à fase S, ocorrendo simultaneamente com a síntese de DNA. É neste período também que os primórdios de novos centríolos (chamados **pró-centríolos**) são observados, formando-se perpendicularmente a cada membro do par de centríolos existentes nas células.

Na prática, para que seja feito o **estudo da fase S**, utilizam-se precursores radioativos, utilizando-se de métodos bioquímicos ou radiofármacos, ou por citofotometria. Quando precursores radioativos do DNA, como a timidina tritiada (timidina- $H^3$ ), são dados às células por poucos minutos e estas são então processadas para radioautografia, pode-se observar, ao microscópio óptico, que células em divisão não incorporam a timidina- $H^3$ . Por outro lado, células que estavam replicando o DNA no momento da exposição à timidina- $H^3$  produzem a imagem radioautográfica de núcleos marcados, verificando-se que apenas algumas células em interfase estavam replicando seu DNA.

#### c) Fase G2

A fase G2 é a de menor duração da interfase. Nesta fase a célula passa por **crescimento citoplasmático**, aumentando seu volume e **duplicando suas organelas** citoplasmáticas. Há também a **síntese de proteínas**, como a tubulina que irá formar os microtúbulos do fuso mitótico e RNA, porém esta síntese ocorre em menor quantidade que na etapa G1. Nessa fase também ocorre a conclusão da **duplicação dos centríolos**. Como nessa fase não houve alteração na quantidade de moléculas de DNA, em seres humanos a quantidade desses ácidos nucleicos permanece em 92 e a quantidade de cromossomos (já duplicados na fase S) se mantém em 46. Como essa fase antecede a divisão e precede a fase de síntese de material genético, pode também ser chamada de período pré-mitótico ou pós-sintético.

Toda célula eucarionte diploide inicia seu ciclo em G1 com uma quantidade de DNA igual a 2C. Durante o período S, essa quantidade duplica, passando de 2C para 4C, e assim permanece até a divisão celular, fase do ciclo em que é igualmente repartida para as duas células-filhas, as quais voltam a ter, novamente em G1, a quantidade 2C idêntica à da célula de origem. Na espécie humana, a quantidade de DNA passa de 46, na fase G1, para 92, na fase S.



## 1.2) Pontos de checagem

Durante o ciclo celular, as células eucarióticas apresentam pontos de checagem, com o objetivo de conferir possíveis erros e corrigi-los. Existem muitos pontos de checagem, porém daremos atenção aos três mais conhecidos e mais estudados. Os três principais pontos de checagem do ciclo celular são: **ponto de checagem G1**, **ponto de checagem G2** e **ponto de checagem do fuso (M)**.

### a) Ponto de checagem G1

Nesse ponto de checagem a célula irá avaliar os fatores necessários para o processo de divisão celular, como: integridade do DNA, a quantidade de nutrientes, sinais químicos e a disponibilidade de espaço físico para que ocorra divisão celular. Caso a célula apresente todos esses parâmetros citados, a divisão prossegue no ciclo celular, caso algo esteja errado a célula será induzida a entrar em G0, algumas células, como as células neuronais, podem permanecer indefinidamente em G0.

### b) Ponto de checagem G2

Este ponto confere o processo de replicação do DNA ocorrido na fase S, verificando a integridade do DNA e possíveis erros de replicação, caso algum erro seja detectado a célula tentará reparar, porém, se os danos forem irreversíveis, a célula poderá entrar em apoptose (morte celular programada).

### c) Ponto de checagem do fuso (M)

No ponto de checagem M, a célula confere se as cromátides estão ligadas corretamente aos microtúbulos do fuso e verifica se algum cromossomo está solto no citoplasma, caso esteja, a divisão será pausada até que as cromátides estejam separadas da forma correta.

*Observação: O ponto de checagem é um estágio no ciclo celular eucarionte em que a célula examina sinais internos e externos e 'decide' se irá continuar ou não a divisão celular.*

### Leitura de aprofundamento:

Como são feitas as decisões apropriadas para entrar nas fases S ou M?

As proteínas Cdk (quinases dependentes de ciclina) são responsáveis por controlar a transição de G1 para S. As Cdk não são ativas por si só. A ligação a um segundo tipo de proteína, chamada **ciclina**, ativa uma Cdk. Essa ligação - um exemplo de regulação alostérica - ativa a Cdk pela alteração da sua forma e exposição do seu sítio ativo.

Pelo fato de o câncer resultar de divisões celulares não apropriadas, não é nenhuma surpresa que esses controles ciclina-Cdk estejam perturbados nas células cancerosas.

As proteínas p53, p21 e RB, que normalmente bloqueiam o ciclo celular, são conhecidas como **supressores de tumores**, uma vez que inibem a ligação da Cdk à ciclina e com isso, impedem uma divisão anômala da célula.

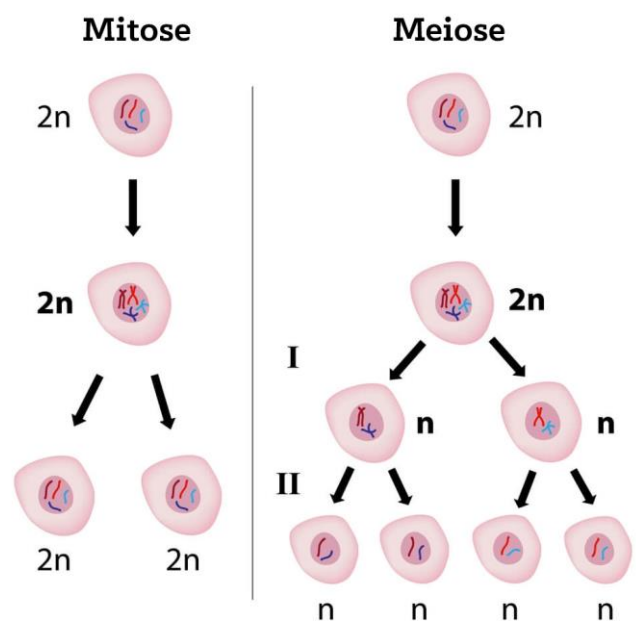
Além do complexo ciclina-cdk, o ciclo celular pode ser ativado por outras moléculas chamadas de **fatores de crescimento**. Exemplos desses são: interleucinas, fatores de crescimento dependentes de plaquetas, hormônios e a eritropoietina (que produzida no rim, estimula a divisão de células da medula óssea e a produção de células vermelhas do sangue). As células cancerosas frequentemente se dividem de forma não apropriada, pois produzem seus próprios fatores de crescimento, ou

porque não necessitam mais dos fatores de crescimento para iniciar o ciclo.

## 2. Mitose

No nosso corpo ocorrem dois tipos de divisões celulares: a **mitose** e a **meiose**.

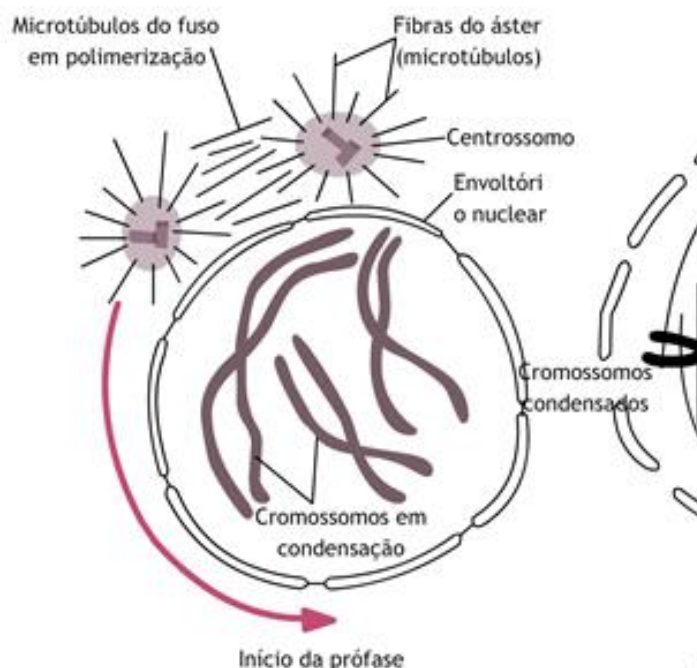
Antes de uma célula se dividir, formando duas novas células, os cromossomos se duplicam no núcleo (como foi explicado, na fase S). Formam-se dois novos núcleos cada um com 46 cromossomos. A célula então divide o seu citoplasma em dois, com cada parte contendo um núcleo com 46 cromossomos. Esse tipo de divisão celular, em que uma célula origina duas células-filhas com o mesmo número de cromossomos existentes na célula mãe, é chamado de mitose. Portanto, a mitose garante que cada uma das células-filhas receba um conjunto complementar de informações genéticas. Importância da mitose: renovação celular com o mesmo material genético, crescimento corpóreo, renovação dos tecidos e regenerações de lesões, dentre outras. Os gametas possuem somente 23 cromossomos no núcleo, diferentemente das demais células somáticas do nosso corpo. Na formação dos espermatozoides e dos óvulos, ocorre um outro tipo de divisão celular: a meiose. Nesse caso, os cromossomos também se duplicam no núcleo da célula-mãe (diploide), que vai se dividir e formar gametas (células-filhas, haploides). Mas, em vez de o núcleo se dividir uma só vez, possibilitando a formação de duas novas células-filhas, na meiose o núcleo se divide duas vezes. Na primeira divisão, originam-se dois novos núcleos; na segunda, cada um dos dois novos núcleos se divide, formando-se no total quatro novos núcleos. O processo resulta em quatro células-filhas, cada uma com 23 cromossomos.



Neste Capítulo, vamos falar sobre o a Mitose e, no capítulo seguinte, abordaremos a Meiose. As fases da mitose são: **prófase**, **metáfase**, **anáfase** e **telófase**. Alguns especialistas consideram outra fase entre a prófase e a metáfase, chamada de **prometáfase**.

## 2.1) Prófase:

A prófase é a primeira fase da mitose, os eventos mais importantes desta fase são: **condensação dos cromossomos** (fase que dá início a prófase), gerando o **desaparecimento dos nucléolos** e cessando a síntese de RNA ribossômico. As **fibras do fuso** (conjunto de microtúbulos de tubulina) migram para polos opostos da célula e no final a **carioteca se desintegra** causando a dispersão dos cromossomos no citoplasma.



Fonte:

<https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Citologia2/nucleo7.php>

### a) Início da prófase

O primeiro evento da prófase é a **condensação dos cromossomos**. Os cromossomos ficam mais curtos e mais grossos, pois devido a ação da proteína **condensina**, a fibra cromossômica enrola-se sobre si mesma. A condensação ajuda na separação dos cromossomos e à medida que esse processo ocorre o cromossomo reduz sua atividade de síntese de moléculas. Como os **nucléolos** são formados por RNA, proteínas não histônicas e DNA ribossomal, percebe-se que essa organela nuclear vai desaparecendo por conta da inatividade cromossômica. Quando a célula ainda está em interfase, as cromátides-irmãs se encontram totalmente unidas, pela abundante presença da proteína **coesina**. A aparência do núcleo muda assim que a célula entra em prófase, pois boa parte da coesina é removida tornando as cromátides individuais visíveis. As cromátides se mantêm unidas devido a permanência de um pouco de coesina no **centrômero**.

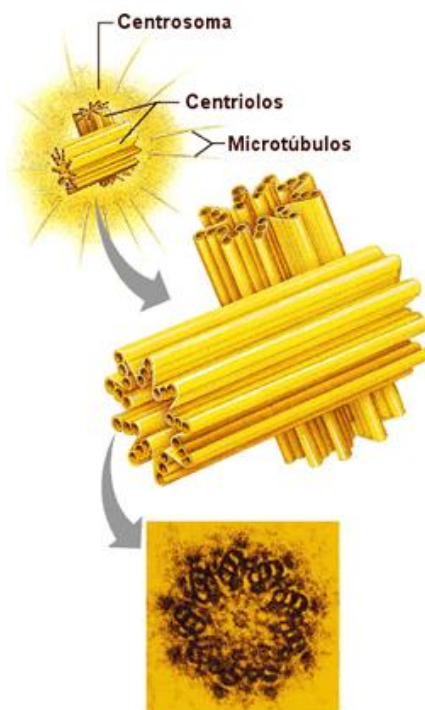
### b) Formação do fuso mitótico

Antes de falar sobre a formação do fuso mitótico, preciso que você se lembre da diferença entre centríolos e centrosomos. Os **centríolos** são organelas citoplasmáticas presentes em células eucarióticas, auxiliam na separação do material genético na divisão celular e podem formar cílios e flagelos. **Centrossomo** ou centro celular é o local onde partem os microtúbulos do citoesqueleto, é o centro organizador próximo do

## 2.2 Metáfase

Posterior à prófase, acontece a metáfase; que tem início com a finalização da **fragmentação da carioteca** e a consequente **liberação dos cromossomos no citoplasma**. Cada cromossomo está duplicado desde a interfase, sendo constituídos por duas cromátides-irmãs presentes na região do centrômero. Na metáfase essa constituição do cromossomo torna-se visível, devido à alta condensação. Cada uma das cromátides

núcleo. Ele consiste em duas estruturas cilíndricas compactas que são conhecidas como centríolos. Analise a imagem e perceba que do centrossomo, partem as fibras do fuso:



O fuso mitótico é um conjunto de **microtúbulos de tubulina** formados a partir dos centríolos. Sua principal função é conduzir os cromossomos para os polos celulares opostos. O centrossomo coordena a formação do fuso. Na fase S da interfase o centrossomo irá se duplicar, formando dois novos centrossomos que ficarão juntos até o começo da prófase. Nesta fase os centrossomos irão migrar para os polos opostos da célula, isso ajuda os microtúbulos em formação a se organizarem, formando assim um feixe de fibras entre os polos nucleares. o fuso mitótico é formado por 3 tipos de fibras:

- **Fibras polares:** são as fibras compostas por microtúbulos que partem dos centrosomos e se ligam uma a outra, dando estabilidade ao fuso.
- **Fibras cromossômicas:** essas fibras do fuso partem cada uma de um centrossomo e se ligam ao cinetócoro ipsilateral (do seu mesmo lado), sendo responsáveis por tracionar e deslocar as cromátides irmãs para os polos da célula (durante a anáfase)
- **Fibras do Áster:** feixe de fibras microtubulares, disposto como raios que partem de cada centrossomo localizado nos polos da célula em divisão, a função do áster é dar estabilidade para os centríolos, assim os mantendo naquela posição.

### c) Desintegração da carioteca

Nesta fase acontece o **desaparecimento da carioteca** (membrana nuclear). O envoltório nuclear se rompe, liberando os cromossomos. O fuso mitótico cresce mais, e alguns microtúbulos começam a "capturar" os cromossomos.

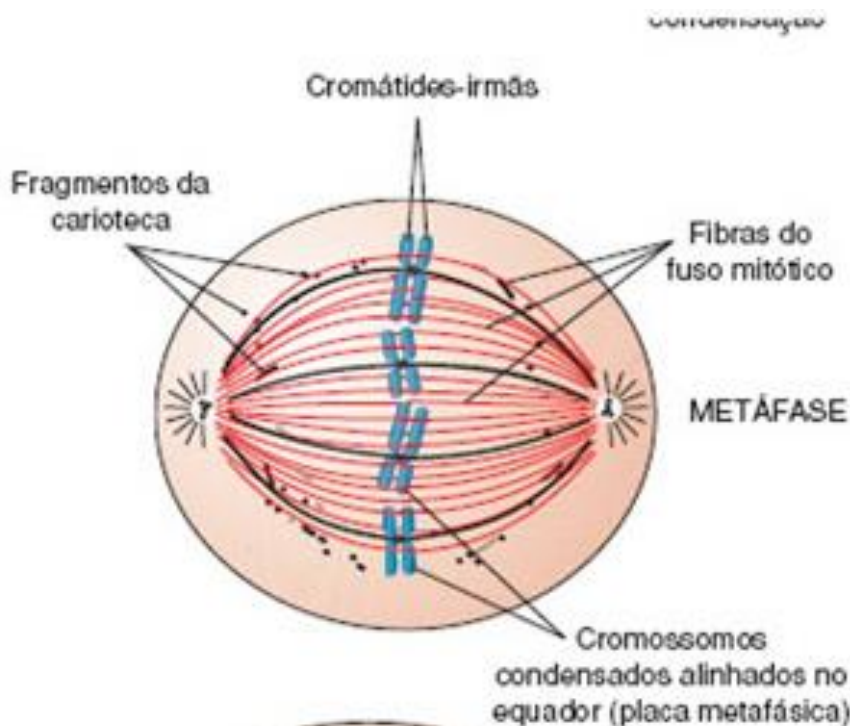
possui uma estrutura proteica presente na região do centrômero, denominado **cinetócoro**.

O cinetócoro é importante devido sua afinidade pelas fibras do fuso. Os microtúbulos que partem dos centrossomos fixam os cromossomos, e através dos cinetócoros acontece a captura. Quando o cinetócoro de uma cromátide é capturado por microtúbulos ligados a um dos polos da célula, o cinetócoro da cromátide-irmã volta-se automaticamente para o polo oposto. Isso permite que ele seja capturado por microtúbulos desse

polo e, assim, as cromátides-irmãs de cada cromossomo prendam-se a polos opostos da célula. Nessa fase há um maior grau de espiralização dos cromossomos, tornando-os mais nítidos.

Os microtúbulos que ligam cromátides-irmãs a polos celulares opostos, chamados de **microtúbulos cromossômicos**, começam a se encurtar tensionando o centrômero, por esse mecanismo é que os cromossomos estacionam no meio da célula formando a **placa metafásica** ou **placa equatorial**; o trajeto dos cromossomos até a placa metafásica é chamado de **metacinese**. o termo metáfase é justamente o fato dos cromossomos

se alinharem no meio da célula. Para seguimento da mitose, é necessária a formação completa da placa metafásica, isto é, com cada cromossomo preso aos dois polos do fuso. Depois de formada a placa metafásica, há a ação de uma enzima para separação das cromátides-irmãs de cada cromossomo.



Fonte: <http://www.biowiki.com.br/doku.php?id=metafase>

**Observação:** No final da metáfase, tem início a **duplicação dos centrômeros**, fato que acarreta a separação das cromátides-irmãs que irão constituir as cromátides-irmãs (cromossomos filhos). Alguns autores, entretanto, consideram que a anáfase começa pela duplicação dos centrômeros, libertando as cromátides-irmãs. Como se trata de um processo contínuo, como mencionamos acima, é difícil determinar, com exatidão, quando termina a metáfase e quando tem início a anáfase.

### Prometáfase

A **prometáfase** é considerada por alguns autores como a fase da mitose que se segue à prófase e que precede a metáfase. A prometáfase é iniciada com a **ruptura da carioteca** e finalizada com a formação da placa metafásica. Acontece a desestruturação do envoltório nuclear, bem como a condensação dos cromossomos, que estão mais próximos do plano equatorial da célula. A partir deste ponto, a atividade gênica é extremamente reduzida e o nucléolo desaparece. O envelope nuclear desagrega-se em fragmentos e desaparece.

Algumas drogas como **colchicina**, **orizalina**, **colcemide** e **vimblastina** impedem a migração dos cromossomos para os polos, o que implica na interrupção da mitose. Isso acontece através do poder dessas drogas de se ligar a tubulina e causarem a desagregação dos microtúbulos; sem estes microtúbulos, não há a atração dos cromossomos para os polos, o que consequentemente interrompe o processo. Após um período, os cromossomos se descondensam e a carioteca se reconstitui, entretanto, não haverá a separação das cromátides-irmãs e o núcleo reconstituído terá o dobro do número de cromossomos.

**observação:** A **colchicina** é um alcaloide extraído de plantas (por exemplo: planta **açafraão-do-prado**) e utilizado em fármacos, e atua impedindo a formação de microtúbulos do fuso acromático e, dessa forma, a divisão celular é interrompida durante a metáfase. A colchicina é um importante método para facilitar o exame do cariótipo dos cromossomos humanos, atuando no bloqueio da divisão dos linfócitos em metáfase

### 2.3 Anáfase

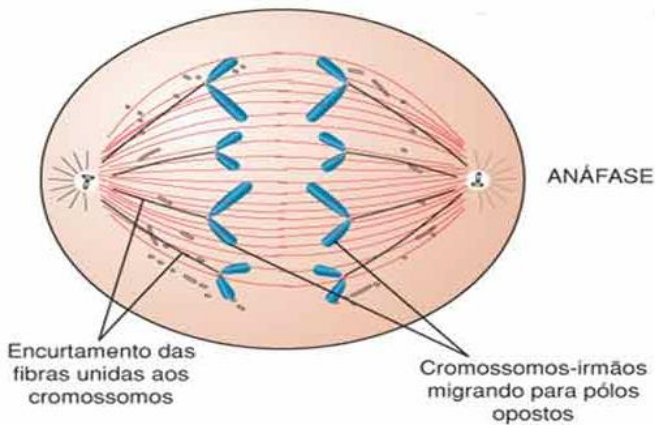
A anáfase é uma fase da mitose que sucede a metáfase e antecede a telófase, durante a qual as cromátides que constituíam os cromossomos e se encontravam alinhadas na placa equatorial, se separam devido à divisão do centrômero e migram para os polos do fuso acromático. As **fibras do fuso começam a encurtar**. Em consequência, cada lote de cromossomos-irmãos é puxado para os polos opostos da célula ("ana" indica movimento ao contrário).

A **separação das cromátides-irmãs** acontece através do encurtamento dos microtúbulos do fuso que estão ligados aos cinetócoros, e também

devido a degradação das moléculas de tubulina responsáveis por manter as cromátides-irmãs juntas. A separação das cromátides ocorre na região do centrômero, logo, cada cromátide fica com um centrômero. É também na anáfase em que o ponto de checagem de fuso verifica se todos os cromossomos se separaram.

Quando ambas as cromátides migram para um mesmo polo celular, denomina-se **não disjunção cromossômica**. Quando isso acontece, haverá um erro de distribuição, e uma das células-filhas ficará com um cromossomo a mais, e outra com um cromossomo a menos. Essa diferença no número de cromossomos é chamada de **aneuploidia**.



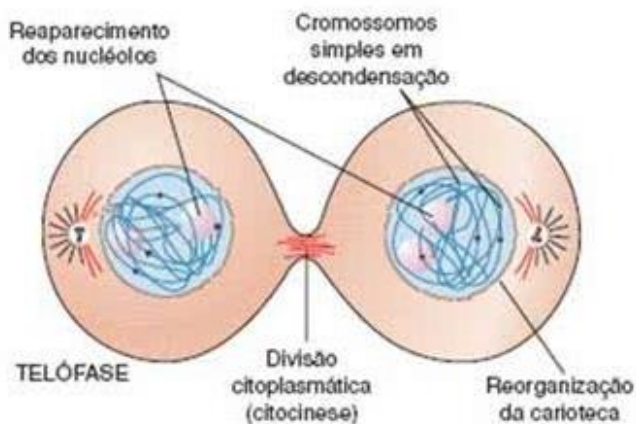


Fonte: <https://planetabiologia.com/o-que-e-anafase-mitotica-meiotica-caracteristicas/>

### 2.4 Telófase

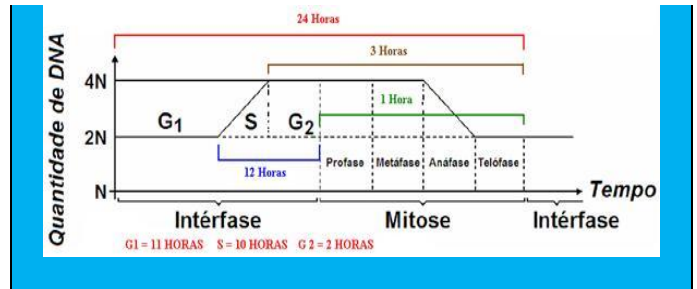
A telófase se refere à fase final da mitose, em que a célula deve voltar à interfase, sendo assim, as características do DNA e do citoplasma tendem a voltar para o estágio inicial. Nesta fase, ocorre: **descondensação dos cromossomos**, **surgimento de nova carioteca** e **reaparecimento dos nucléolos**. O reaparecimento dos nucléolos acontece através da retomada da produção de RNA ribossômico, isso acontece graças à descondensação das regiões cromossômicas organizadoras do nucléolo. Note que os processos que ocorrem na telófase são opostos aos que ocorrem na prófase.

A mitose dá origem a células-filhas com o mesmo número e mesmos tipos de cromossomos da célula-mãe. Sendo assim, quando uma célula diploide (2n) sofre mitose, surgem duas células diploides. Caso a célula-mãe seja haploide (n), a mitose dará origem a duas células-filhas haploides.



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/mitose/>

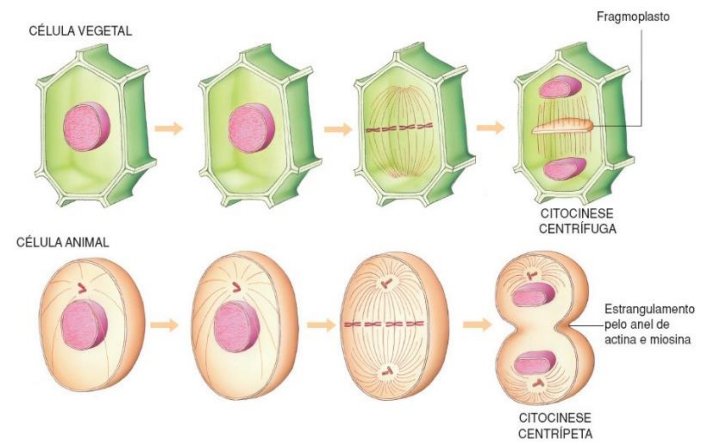
Observação: No gráfico abaixo vemos a quantidade da DNA representada no eixo (y) ao longo do tempo, no eixo (x) em uma mitose. Quando a célula vai se dividir, o período G1 (de crescimento e metabolismo proteico) é mantido de modo basal e a célula entra em estado S, de síntese (ou duplicação) do material genético. O gráfico mostra a variação de DNA em S passando de 2N para 4N, representando a duplicação de todos os cromossomos (a formação das cromátides-irmãs). Em G2 não há variação de material genético, pois os centríolos estão sendo preparados para a divisão celular. A divisão celular ocorre então nas etapas da prófase, metáfase, anáfase (quando há a separação dos cromossomos duplicados, migrando cada cromátide irmã em direção aos polos opostos) e a finalização da divisão com a telófase.



### 2.5 Citocinese

A citocinese ocorre ao final da mitose, sendo o **processo de divisão do citoplasma**. Em células animais e de protozoários ocorre de fora para dentro, isto é, da periferia para o centro celular (como se estivesse sendo estrangulada), até que esta seja partida em duas (**citocinese centrípeta**). Detalhadamente, a citocinese centrípeta ocorre por meio de filamentos contráteis de **actina e miosina**. Esses filamentos comprimem progressivamente a região equatorial da célula, até parti-la em duas. Também caracterizam esse tipo de citocinese, a presença de centríolos (**êntrica**) e fibras do áster (**astral**).

Nas células vegetais, o processo é diferente. A divisão citoplasmática acontece do centro celular para a periferia, processo denominado de **citocinese centrífuga**. Nas células das plantas, por conterem parede celular, esta impossibilita o estrangulamento como ocorre em células animais. Em muitas dessas células não há presença de centríolos e fibras do áster, sendo, portanto, chamada de citocinese **acêntrica e anastral**.



Fonte: <https://vestibulandamedblog.wordpress.com/2017/11/30/citocinese-centrifuga-x-centripeta/>

Observação: Nas células animais, uma exceção ao processo normal da citocinese é a **ovogênese**, (criação de um óvulo no folículo ovariano), em que a citocinese não ocorre no centro da célula, mas numa zona mais **excêntrica**, dando origem a uma célula com quase todo o citoplasma, que é o **óvulo**, e outra muito pequena, chamada **corpúsculo polar**, que **degenera**.

### 3. Câncer

As divisões celulares acontecem constantemente no organismo humano jovem. Na fase adulta, a quantidade de divisões celulares é diminuída, ocorrendo somente quando há a necessidade de repor células que sofreram apoptose, ou ainda, em consequências de acidentes.

As divisões celulares fisiológicas são rigorosamente controladas. Quando há **alterações genéticas** (mutações gênicas, perdas e duplicações de cromossomos, quebras cromossômicas, etc.) as divisões acontecem de forma desordenada e a célula cresce e se multiplica sem necessidade. Se este processo de multiplicação se expandir até as células-filhas, surgirão clones das células capazes de se expandir indefinidamente, surgindo um **tumor**.

Um tumor pode ser **benigno** ou **maligno**. Em casos de grupos celulares que são restritos ao seu local de surgimento, este é

denominado tumor benigno, e causa poucos malefícios ao organismo. Contrariamente, um tumor maligno ou um câncer, é aquele em que as células são capazes de migrar e invadir tecidos saudáveis, ocasionando problemas.

Um câncer alcançando as circulações sanguíneas e/ou linfática pode migrar para diversos tecidos e regiões corporais e, dessa forma, ocasionar novos tumores. A **metástase** é o processo de disseminação de células tumorais. Se não for efetivamente controlado, os tumores malignos podem levar à morte.

Os cânceres podem ser divididos em **sarcomas** (provenientes de células do mesoderma do embrião - origem no tecido conjuntivo) e **carcinomas** (células originárias do ectoderma ou endoderma - normalmente de origem epitelial). A leucemia é um tipo de sarcoma que atinge os glóbulos brancos do sangue.

Geralmente os tumores são estruturas sólidas. Um tumor tem capacidade para crescer até cerca de 1 milhão de células, produzindo uma estrutura esférica de mais ou menos 2 milímetros de diâmetro. Nessa fase de desenvolvimento, as células tumorais iniciais, mais internas, começam a ter dificuldade para sua nutrição, tendo em vista a impossibilidade de o sangue transportar nutrientes até elas. Diferentemente do esperado, essas células não morrem, elas passam a realizar a **angiogênese** (formação de novos vasos sanguíneos) para consequente aumento no quantitativo de vasos, o que implica em maior quantidade de nutrientes.

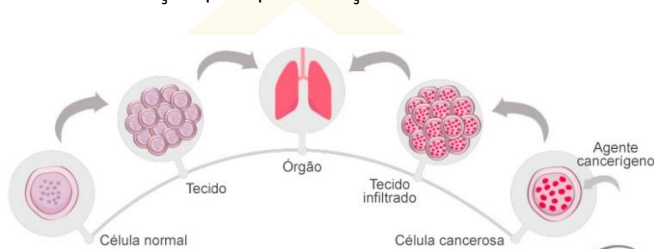
*Observação: A proteína denominada p53, importante para interrupção do ciclo celular em mamíferos, quando não funciona corretamente, pode permitir que células com DNA danificado venham a se multiplicar, podendo se transformar em células cancerosas. Na verdade, o quantitativo de casos de cânceres só não é em maior escala devido a ação da p53, tendo em vista que esta desencadeia a apoptose de células com DNA danificado.*

### 3.1 Surgimento do câncer

Segundo teorias, acredita-se que são necessárias de 3 a 20 mutações para que uma célula se torne maligna. Essas alterações ocorrem em duas classes principais de genes, a saber: **genes supressores de tumor** e **oncogenes**. Alterações nesses genes permitem que células com alterações se reproduzam indefinidamente. Isso acontece tendo em vista que, os genes supressores de tumor atuam de forma a produzir proteínas que impedem a progressão do ciclo celular quando há problemas, e os oncogenes estimulam as divisões celulares.

### 3.2 Relação idade e tumores

Tumores se desenvolvem com maior frequência em pessoas idosas, comparativamente, uma pessoa de 70 anos tem 100 vezes maior risco de ser portadora de um câncer do que uma pessoa de 19 anos de idade. Isso é decorrente da necessidade de diversas alterações para surgirem os tumores. Em casos de câncer genético, este pode ser apresentado em uma fase mais jovem, tendo em vista que serão precisos menores números de mutações para que a doença se manifeste.



Fonte: <https://www.inca.gov.br/o-que-e-cancer>

## 4. Meiose

A meiose é um processo de divisão celular pelo qual uma célula diploide (2N, ou seja, cujos cromossomos se organizam em pares homólogos)

origina quatro células haploides (N, ou seja, possui um único conjunto completo de cromossomos). A palavra “meiose” é derivada do grego *meiosis*, e significa “redução”. As quatro células haploides acabam reduzindo à metade o número de cromossomos constante de uma espécie. A meiose é subdividida em duas etapas: a primeira divisão meiótica (meiose I) e a segunda divisão meiótica (meiose II).

A meiose produz células haploides denominadas de **gametas** - que diferem geneticamente não apenas de cada pai e mãe, mas também uns dos outros. Por causa dessa variação genética, alguns descendentes podem estar melhor adaptados do que outros para sobreviver e reproduzir em determinado meio. Dessa forma, a meiose gera a diversidade genética que é a matéria-prima da seleção natural e evolução. Quando ocorre **fecundação** (a fusão de duas células gaméticas: espermatozoide e óvulo), ressurgem uma célula diploide, que passará por numerosas mitoses comuns até formar um novo indivíduo, cujas células serão, também, diploides.

A meiose é, então, dividida em duas etapas: **meiose I** e **meiose II**. A primeira divisão é a mais complexa, sendo uma divisão **reducional**, pois é durante esta divisão que ocorre a redução à metade do número de cromossomos. A meiose II é bastante parecida com a mitose, pois se trata de um processo **equacional**, que origina duas células com a mesma ploidia.

A **interfase** que precede a meiose é idêntica à da mitose, pois a célula aumenta o seu volume, tamanho e número de organelas. Nessa fase de intervalo a célula não só cumpre suas atividades vitais como também reúne condições para se dividir e originar células-filhas. Devemos recordar que neste momento os cromossomos são descondensados e duplicados formando suas respectivas cromátides-irmãs.

Tanto a meiose I, quanto a meiose II são divididas, como a mitose, em: prófase, metáfase, anáfase e telófase. Segundo alguns autores, existe uma outra fase denominada de prometáfase, que também será descrita neste capítulo.

### 4.1) Meiose I:

#### a) Prófase I:

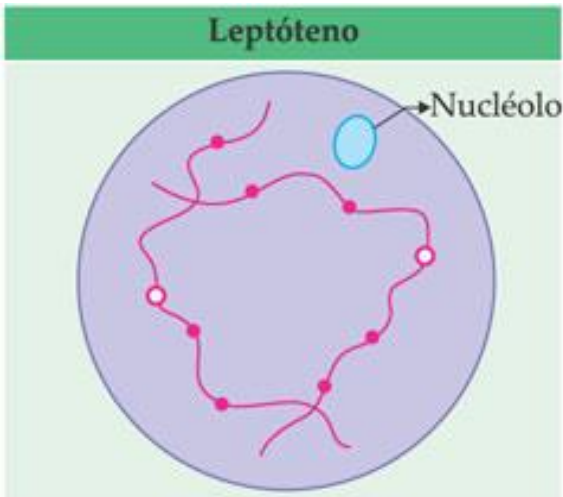
A Prófase I é uma fase de grande duração, devido aos fenômenos que nela ocorrem e que não são observados na prófase da mitose. Por essa razão ela pode ser dividida em várias etapas (**leptóteno**, **zigóteno**, **paquíteno**, **diplóteno** e **diacinese**).

#### Observação:

*A meiose é uma etapa muito mais lenta do que a mitose. Enquanto medimos a prófase mitótica, normalmente em minutos, e toda a mitose raramente dura mais do que uma ou duas horas, a meiose pode durar muito mais. Em humanos do sexo masculino, as células dos testículos que passam pela meiose levam cerca de uma semana para a prófase I e cerca de um mês para todo o ciclo meiótico. Nas células que vão se tornar óvulos, a prófase I começa muito antes do nascimento de uma mulher, durante o início do seu desenvolvimento fetal e termina muitas décadas depois, durante o ciclo ovariano mensal.*

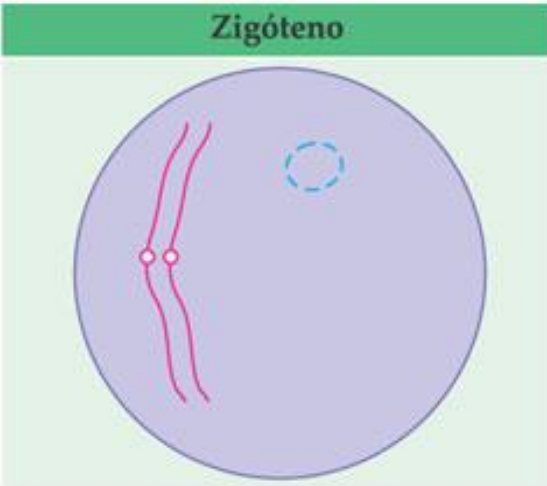
No leptóteno inicia-se a individualização dos cromossomos estabelecendo a **condensação** (espiralização) dos cromossomos. O **núcléolo** e a **membrana nuclear** começam a desaparecer, mas o processo só finaliza na última etapa da Prófase I. Ainda nesta etapa, os centríolos começam a migrar para os polos da célula e a formar o **fuso acromático**.

## Leptóteno



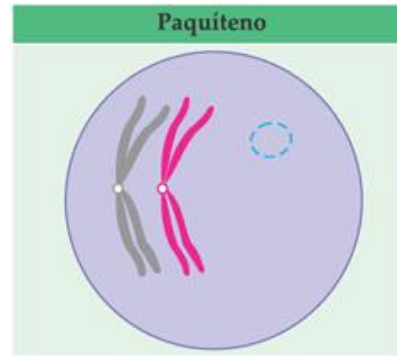
No zigóteno os pares de cromossomos homólogos se pareiam por adesão ao longo da sua extensão, um processo chamado sinapse. Esse processo de pareamento ocorre a partir da fase de zigóteno da prófase I e vai até o final da metáfase I. Nesta etapa, os cromossomos já se encontram um pouco mais espiralizados, porém ainda não é possível distinguir as duas cromátides de cada um.

## Zigóteno

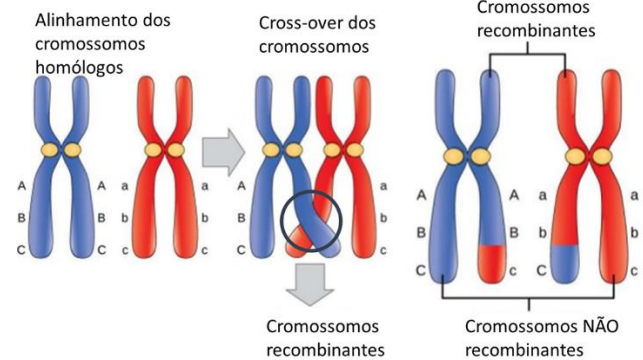


Na fase de paquíteno o grau de espiralização já permite a visualização das duas cromátides de cada cromossomo (cromátides-irmãs). Um grupo especial de proteínas pode formar uma armação chamada de **complexo sinaptonemal**, que percorre longitudinalmente os cromossomos homólogos e parece mantê-los unidos. As quatro cromátides de cada par desses cromossomos formam o que se chama de **tétrade**, ou bivalente. Em outras palavras, uma tétrade consiste em quatro cromátides, duas de cada um dos dois cromossomos homólogos. Nesse período, pode ter início também o fenômeno do **crossing-over** (permutação). O crossing-over é uma troca de segmentos (pedaços) entre cromátides homólogas, permitindo, assim, uma recombinação gênica (recombinação de genes) entre cromossomos homólogos e, conseqüentemente, um aumento da variabilidade genética dentro da espécie. Esse fenômeno começa no paquíteno e termina no período seguinte, isto é, no diplóteno.

## Paquíteno

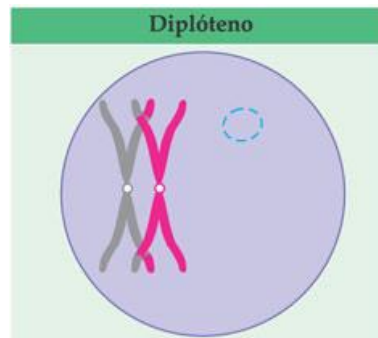


## Crossing-over Meiose



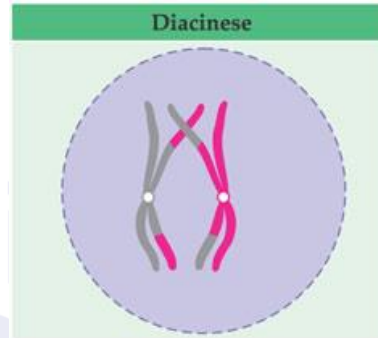
O diplóteno inicia justamente após essa troca de segmentos, quando os homólogos começam a se afastar uns dos outros. O último ponto de separação entre os homólogos é exatamente aquele em que ocorreu o crossing-over. Assim, é comum no diplóteno a visualização de pontos de contato entre cromátides homólogas denominados **quiasmas**.

## Diplóteno



Na diacinese, último período da prófase I, ocorre a **terminalização dos quiasmas**, isto é, estes escorregam para as extremidades das cromátides.

## Diacinese



## b) Prometáfase I:

A prófase I é seguida pela prometáfase I, durante a qual a **membrana do núcleo** e o **nucléolo** se **desagregam**. Um **fuso** se forma e os microtúbulos se ligam aos **cinetócoros** dos cromossomos. Na meiose I, os cinetócoros de ambas as cromátides em cada cromossomo se ligam

a mesma metade do fuso. Assim, todo o cromossomo, consistindo em duas cromátides, migrará para um polo.

#### c) Metáfase I:

A grande diferença entre a mitose e a meiose pode ser observada nessa fase, pois se na metáfase da mitose os cromossomos alinham-se na placa equatorial, aqui ocorre o **emparelhamento**. Em resumo nessa fase da meiose, temos: máximo desenvolvimento do fuso, assim como na metáfase mitótica, as fibras do fuso se dispõem de um polo celular a outro; cromossomos homólogos emparelhados dispostos no plano equatorial - Cada par de cromossomos homólogos encontra-se ligado a uma mesma fibra do fuso por meio dos centrômeros.

#### d) Anáfase I:

Os **cromossomos homólogos se separam** na anáfase I, quando os cromossomos individuais, cada um ainda consistindo em duas cromátides, são puxados para os polos, com um homólogo do par indo para um polo e o outro para o oposto. Note que esse processo difere da separação das cromátides durante a anáfase mitótica. Dessa forma cada um dos dois núcleos filhos, a partir da divisão, contém apenas um conjunto de cromossomos, e não os dois conjuntos presentes no núcleo diploide original.

#### e) Telófase I:

Em alguns organismos existe uma telófase I, com a reagregação dos envelopes nucleares. Nessa etapa, ocorre então: desespiralização dos cromossomos, reaparecimento do(s) nucléolo(s), reaparecimento da carioteca, desaparecimento do fuso, citocinese e formação de duas células-filhas haploides (n).

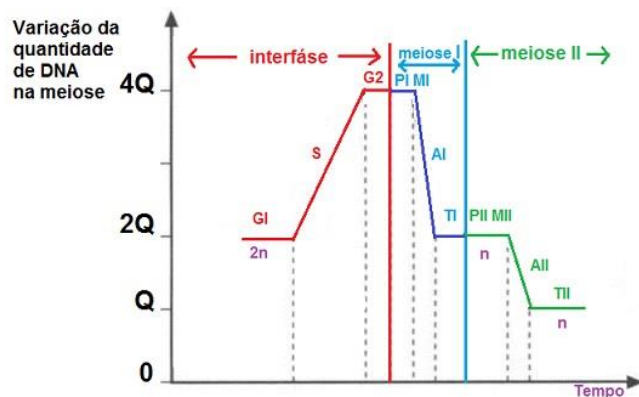
Quando apresenta uma telófase I, segue-se uma interfase, chamada **intercinese**, similar à interfase mitótica. Durante a intercinese, a cromatina está parcialmente desenrolada; entretanto, **não há replicação do material genético** porque cada cromossomo já consiste em duas cromátides. Além disso, as cromátides-irmãs na intercinese geralmente não são geneticamente idênticas devido a permutação na prófase I ter rearranjado o material genético entre os cromossomos materno e paterno. Em outros organismos, os cromossomos se movem diretamente para a segunda divisão mitótica.

### 4.2) Meiose II:

A meiose II é muito semelhante à mitose pois: em cada um dos dois núcleos produzidos pela meiose I, os cromossomos se alinham na placa equatorial na metáfase II, os centrômeros das cromátides-irmãs se separam por causa da degradação da coesina e os cromossomos-filhos movem-se para os polos na anáfase II. As fases da meiose II são prófase II, Metáfase II, Anáfase II e Telófase II. Ou seja, essas duas etapas são praticamente idênticas. Porém existem três diferenças principais entre meiose II e mitose:

- O DNA se replica antes da mitose, mas não antes da meiose II.
- Na mitose, as cromátides-irmãs que formam um dado cromossomo são idênticas. Na meiose II, podem diferir em parte no comprimento se participaram da *permutação* durante a prófase I.
- O número de cromossomos na placa equatorial na meiose II é a metade do número em um núcleo mitótico.

O resultado da meiose consiste em quatro núcleos; cada núcleo é haploide e possui um único conjunto de cromossomos não replicados que difere daquele do outro núcleo na sua exata composição genética. As diferenças entre os quatro núcleos haploides resultam da *permutação* durante a prófase I e da segregação aleatória dos cromossomos homólogos durante a anáfase I.



Na interfase há duplicação de DNA, nomeadamente em S. Na meiose, a quantidade de DNA é reduzida para metade na anáfase I e na meiose II, volta a reduzir para metade na anáfase II.



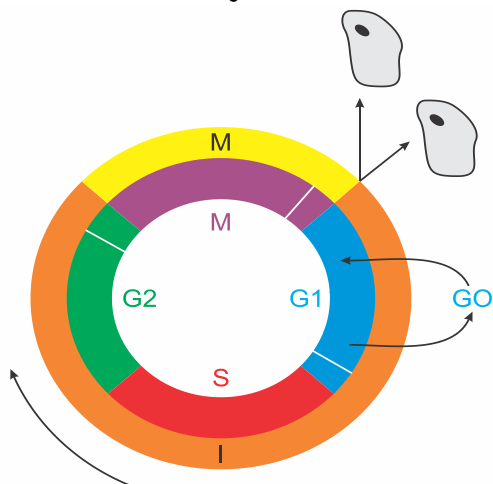
# Oficina de ESTUDOS

# Metas de sala

## METAS DE SALA:

### QUESTÃO 01

Nos eucariotos, a célula somática, durante o seu ciclo de vida, passa por dois importantes momentos, o da interfase (I) e o da divisão (M). Ao final da divisão, são geradas duas novas células, que iniciam um novo ciclo de vida, conforme demonstrado na figura:



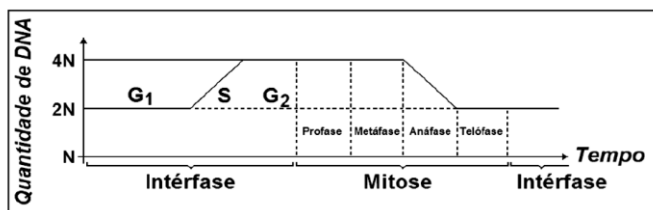
Considerando uma célula com ciclo de vida  $2n=12$ , a análise do texto e da figura permite concluir que

- na fase **G1**, essa célula apresenta 12 moléculas de DNA, cada molécula referente a um cromossomo duplo
- na fase **S**, a célula duplica a quantidade de DNA nuclear por um processo chamado de replicação semiconservativa.
- na fase **G2**, essa célula deverá conter 24 moléculas de DNA para, durante a mitose, compactá-las em 24 cromossomos duplicados.
- na fase **G1**, caso a síntese proteica seja ineficiente, a região que contém o gene P53 será ativada à forma de heterocromatina.
- na fase **G0**, haverá uma nova tentativa de preparação das células para a entrada na fase S, onde os cromossomos serão duplicados.

### QUESTÃO 02

Nos organismos eucariontes, cada cromossomo contém uma molécula de DNA. Nas células somáticas diploides ( $2n$ ) desses organismos, os cromossomos ocorrem aos pares e os que formam cada par são denominados cromossomos homólogos. Na tabela e no gráfico a seguir, constam informações sobre o número diploide de cromossomos em diferentes organismos e sobre a variação na quantidade de DNA, ao longo do ciclo celular.

Organismo	Homem	Cão	Drosófila	Cebola	Gato
Número diploide de cromossomos	46	78	08	16	38



Considerando as informações dadas, pode-se concluir que

- nos núcleos das células somáticas do gato, no final do período S, existirão 76 moléculas de DNA distribuídas nos 38 pares de cromossomos homólogos.
- nas células somáticas do cão, na metáfase mitótica, os 39 pares de cromossomos homólogos estarão emparelhados na região equatorial.
- nos núcleos das células da drosófila, no final do período **G2**, existirão 16 moléculas de DNA.
- nos núcleos das células do homem, no início da prófase, existirão 46 pares de cromossomos homólogos iniciando o processo de espiralização.
- nos núcleos das células de cebola, no final da telófase, as células recém-formadas estarão com 8 moléculas de DNA.

### QUESTÃO 03

(Vanylton Matias) Nos primeiros dias de um surto por Covid-19, os pacientes pediátricos eram raros. Acreditava-se, inclusive, que não seriam suscetíveis a essa infecção. Todavia, com a agregação familiar, gradualmente foram surgindo relatos de casos de crianças infectadas pelo novo coronavírus. Em relação à tomografia (TC), os achados nos exames de tórax em crianças acometidas com o COVID-19 foram semelhantes aos de adultos, e a maioria deles era composta por casos leves:

- Não foi observado nenhum caso de derrame pleural;
- Seis pacientes (6/20, 30%) apresentaram lesões pulmonares unilaterais;
- Quatro casos (4/20, 20%) não apresentaram alterações;
- Pequenos nódulos foram observados em três pacientes (3/20, 15%).

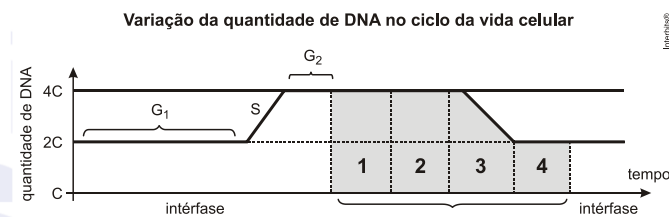
Fonte: <https://pebmed.com.br/coronavirus-diferencas-clinicas-e-tomograficas-da-covid-19-em-criancas-e-adultos/>

O exame de imagem citado no texto se caracteriza por emitir radiação ionizante sobre os pacientes. Uma única tomografia de abdome aumenta a chance de câncer em 0,1%, o que pode acontecer, indiretamente, por conta

- de mutações em genes produtores da proteína P53.
- da ação da radiação sobre os pontos de checagem do ciclo celular.
- de alteração na sequência de nucleotídeos dos genes P53.
- imunodeficiência de pacientes portadores do COVID-19
- da ação viral sobre os genes supressores de tumor.

### QUESTÃO 04

A questão refere-se ao gráfico a seguir.



FONTE: CÉSAR & SEZAR, BIO, Rio de Janeiro: José Olympio, 2001, v. 1, p.

Um pesquisador, com a finalidade de estudar a forma e o tamanho dos cromossomos de uma célula, interrompeu a divisão celular na fase em que eles se encontravam na máxima condensação.

Analisando esse processo, pode-se deduzir, corretamente, que a fase em questão é a

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



### QUESTÃO 05

O crescimento populacional humano é produto da reprodução sem controle, que agrava os problemas de superpopulação mundial. Por outro lado, a reprodução nos organismos unicelulares ocorre por **divisão celular**, enquanto que nos organismos multicelulares esse processo é responsável pelo crescimento e reparo de tecidos.

Sobre o processo em destaque, analise as afirmativas abaixo.

- I. A prófase I da meiose I possui cinco subfases: leptóteno, zigóteno, paquíteno, diplóteno e diacinese.
- II. Na telófase os cromossomos começam a se desespiralizar e adquirem a forma de fita.
- III. Na anáfase ocorre a separação das cromátides.
- IV. Na meiose I, a metáfase I se caracteriza pelo alinhamento dos pares homólogos na placa equatorial.
- V. O produto da meiose são quatro células haploides.

A alternativa que contém todas as afirmativas corretas é:

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

## Metas propostas

Nível calouro



### QUESTÃO 06

Leia a seguinte descrição de uma fase componente da mitose celular: "Há formação da placa equatorial, ou seja, os cromossomos se dispõem na posição mediana da célula, possibilitando a distribuição equitativa da informação genética. Os cromossomos estão bem individualizados e fortemente condensados." Essa descrição corresponde à:

- a) metáfase
- b) interfase
- c) anáfase
- d) telófase
- e) prófase



### QUESTÃO 07

(Vanylton Matias) Em biologia, não-disjunção é um defeito de segregação de cromossomas homólogos ou de cromátides-irmãs, resultando na produção de gametas com mais ou menos cromossomas que o normal. Esta alteração é um mecanismo comum, ocorre quando os cromossomos pareados ou cromátides-irmãs não se separam na anáfase da meiose I, ou na meiose II. pode ocorrer durante as fases de meiose I e II ou durante a mitose.

Na mitose, essa segregação das cromátides-irmãs dos cromossomos ocorre na fase denominada:

- a) anáfase.
- b) telófase.
- c) prófase.
- d) citocinese.
- e) metáfase.



### QUESTÃO 08

No nosso corpo ocorrem dois tipos de divisão celular: a mitose, nas células do corpo em geral (inclusive nas germinativas), e a meiose, nas células germinativas. Com relação à mitose e à meiose no corpo humano, é correto afirmar que

- a) na mitose, a partir de células iniciais com 46 cromossomos, formam-se células com a metade do número de cromossomos.
- b) a mitose é a divisão celular que forma os espermatozoides e os óvulos.
- c) na meiose, a partir de células iniciais com 46 cromossomos, formam-se células com 23 cromossomos.
- d) a meiose é a divisão celular que permite o crescimento dos organismos e a substituição das células que envelhecem e morrem.
- e) tanto na mitose quanto na meiose ocorre perda de cromossomos durante a divisão celular.



### QUESTÃO 09

Os microtúbulos, produzidos pelos centríolos, costumam ser comparados a trilhos, já que é por meio deles que o material genético se desloca durante a divisão celular. A imagem abaixo ilustra essas estruturas.

centríolos  
microtúbulos  
material genético  
centrômero



Adaptado de quizlet.com.

Durante o processo de divisão mitótica, os microtúbulos que formam as fibras do fuso são responsáveis pelo processo de:

- a) espiralização do DNA.
- b) recombinação dos alelos.
- c) duplicação das cromátides.
- d) organização dos cromossomos.
- e) Desintegração dos nucléolos.



### QUESTÃO 10

Ao final dos processos de divisão celular, verifica-se uma etapa

conhecida como citocinese. Nela ocorre:

- a) a duplicação do material genético.
- b) a reorganização do envoltório nuclear.
- c) o descondensamento dos cromossomos.
- d) o pareamento dos cromossomos na placa metafásica.
- e) a divisão do citoplasma.



### QUESTÃO 11

O período que precede a mitose é denominado de intérfase. Nessa fase ocorre a duplicação do DNA, evento que garante a transmissão das informações existentes na célula original para cada uma das células-filhas. A duplicação do DNA origina a formação de pares de

- a) cromátides-irmãs presas uma à outra pelo centrômero.
- b) cromossomos homólogos ligados pelos quiasmas.
- c) nucléolos portadores de genes alelos.
- d) cromossomos duplos, cada um com uma cromátide.
- e) cromatinas diploides dispersas no nucléolo.



### QUESTÃO 12

Uma célula animal foi analisada ao microscópio, o que permitiu visualizar 4 cromossomos duplicados se deslocando para cada um dos polos da célula. Sabendo que a ploidia do animal é  $2n = 8$ , a célula analisada encontra-se em

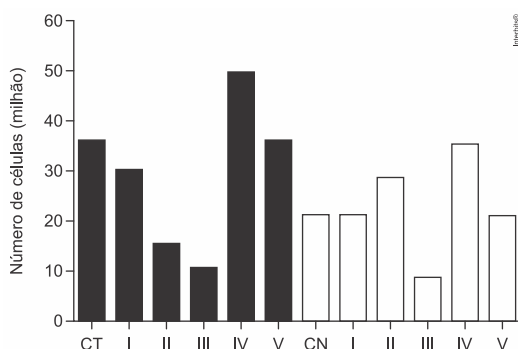
- a) anáfase II da meiose.
- b) metáfase da mitose.
- c) anáfase da mitose.
- d) anáfase I da meiose.
- e) metáfase I da meiose.

Nível veterano



### QUESTÃO 13

(Enem) Em uma pesquisa estão sendo testados cinco quimioterápicos quanto à sua capacidade antitumoral. No entanto, para o tratamento de pacientes, sabe-se que é necessário verificar também o quanto cada composto agride células normais. Para o experimento, partiu-se de cultivos de células tumorais (colunas escuras na figura) e células normais (colunas claras) com o mesmo número de células iniciais. Dois grupos-controle não receberam quimioterápicos: controle de células tumorais (CT) e de células normais (CN). As colunas I, II, III, IV e V correspondem aos grupos tratados com os cinco compostos. O número de células viáveis após os tratamentos está representado pelas colunas.



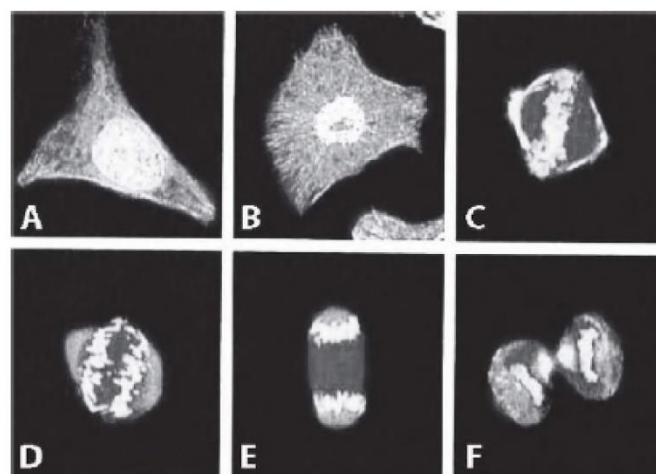
Qual quimioterápico deve ser escolhido desse tipo de tumor?

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



### QUESTÃO 14

(ENEM) A figura apresenta diferentes fases do ciclo de uma célula somática, cultivada e fotografada em microscópio de varredura a laser. As partes mais claras evidenciam o DNA.



JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. Histologia básica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004 (adaptado).

Na fase representada em D, observa-se que os cromossomos encontram-se em

- a) migração.
- b) duplicação.
- c) condensação.
- d) recombinação.
- e) reestruturação.



### QUESTÃO 15

Na construção de tecidos biológicos, as células se ancoram em uma rede de microfibras tridimensional (3D), em uma matriz extracelular. Interessados em recriar tecidos biológicos em laboratório utilizando técnicas de engenharia genética e de tecidos, cientistas confirmaram divisões e ligações celulares nas construções 3D obtidas a partir de proteínas de seda recombinantes. Ao observarem células interfásicas e em divisão, formação de actina filamentososa e pontos de adesão focal, os cientistas verificaram que o conjunto de células e matriz extracelular apresentou viabilidade e força biomecânica muito semelhantes às da parede arterial humana.

(Fonte: <https://phys.org/news/2019-04-ecm-like-fibers-bioactive-silk-d.html>. Acessado em 20/05/2019.)

Considerando as informações referentes ao estudo mencionado, e as relações entre célula e seu ambiente, é correto afirmar que as condições experimentais permitiram

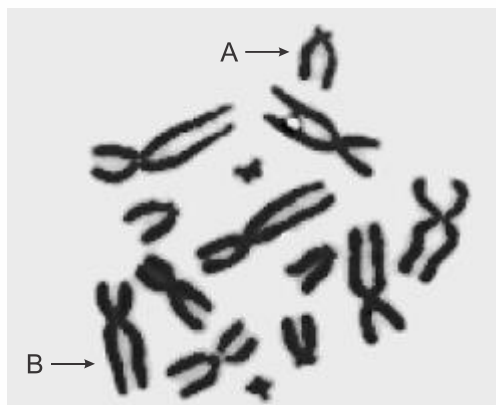
- a) a respiração aeróbica e anaeróbica para conservar as trocas gasosas e as fases do ciclo celular durante a formação da parede arterial humana.
- b) a síntese, o transporte e o armazenamento de macromoléculas no citoplasma para fortalecer a estrutura celular, como na parede arterial humana.
- c) a presença de cromossomos alinhados na placa equatorial das células estacionadas na fase interfásica, tal como na parede arterial humana.
- d) a adesão e a proliferação celular para sustentar o metabolismo e a funcionalidade semelhantes aos das artérias humanas.
- e) a migração e separação de células humanas, ação mimética à da parede das artérias.





### QUESTÃO 16

Na figura abaixo, há uma foto dos cromossomos, em metáfase mitótica, de uma marmosa (*Marmosa* sp), um marsupial da América do Sul.



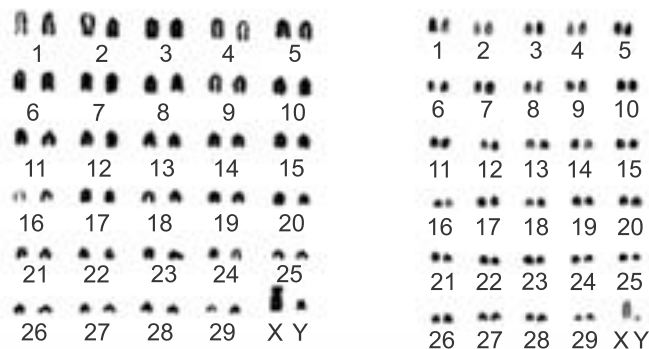
Sobre os cromossomos representados na figura e a divisão celular, é correto afirmar que

- a) o número diploide dessa espécie é de 28 cromossomos.
- b) na meiose de uma fêmea *Marmosa* sp, um ovócito primário gera quatro óvulos viáveis, sendo que cada um deles apresentará 14 cromossomos.
- c) na figura há 28 cromossomos homólogos; após uma meiose, haverá células haploides com 14 cromossomos.
- d) na meiose de um macho *Marmosa* sp, um espermatócito primário gera quatro espermatozoides, com o número haploide de sete cromossomos cada.
- e) os cromossomos apresentam duas cromátides, o que significa que estão duplicados; a duplicação do material genético teve início na prófase da mitose, juntamente com a condensação do DNA.



### QUESTÃO 17

As figuras abaixo apresentam, respectivamente, os cariótipos de machos de *Bos taurus* (boi) e de *Capra hircus* (bode). Para a elaboração de cariótipos, os cromossomos em metáfase são fotografados e organizados lado a lado, segundo seus pares homólogos. As espécies *Bos taurus* e *Capra hircus* apresentam cariótipos muito parecidos, com a mesma ploidia e, à exceção do cromossomo X, têm cromossomos de mesma morfologia.



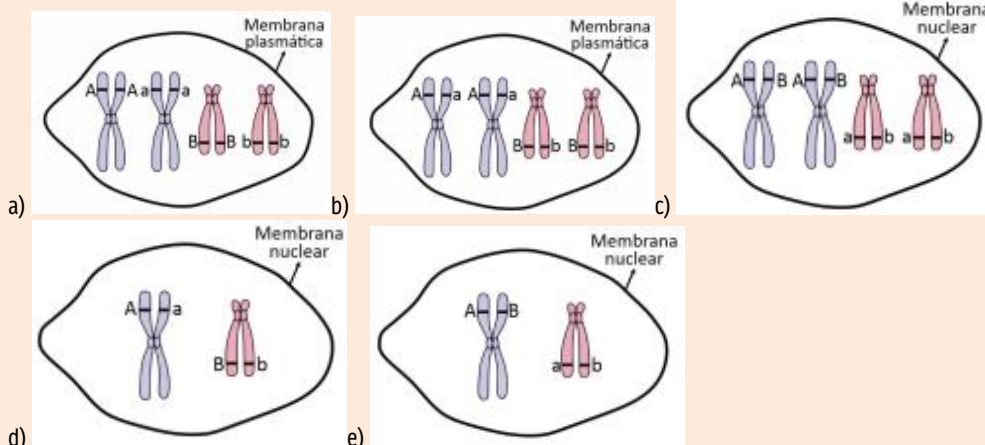
o fato de conjuntos cromossômicos tão semelhantes determinarem características fenotípicas tão diferentes quanto aquelas que distinguem os bois dos bodes é explicado

- a) pelas diferenças entre os genes presentes nos cromossomos e suas expressões.
- b) pela quantidade de cromossomos observados no cariótipo.
- c) pelo nível de condensação dos genes, que são os mesmos ambas as espécies.
- d) pela seleção natural, que seleciona as características de maior adaptação ao ambiente habitado por ambas as espécies.
- e) pela ativação ou inativação dos mesmos genes, que varia em ambas as espécies.



### QUESTÃO 18

Considere dois genes (A e B) localizados em cromossomos diferentes e seus respectivos alelos (A, a, B, b). Uma representação possível desses alelos durante a mitose, imediatamente antes da metáfase, é:



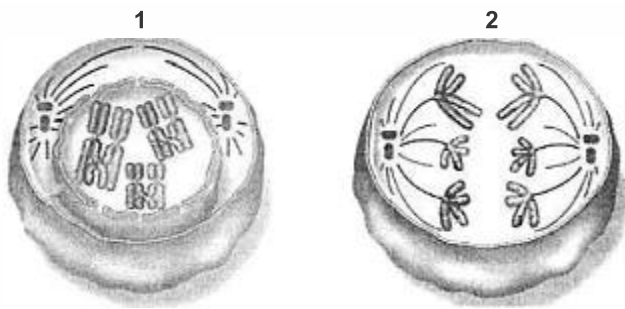
# ESTUDOS





### QUESTÃO 19

Os diagramas abaixo se referem a células em diferentes fases da meiose de um determinado animal.



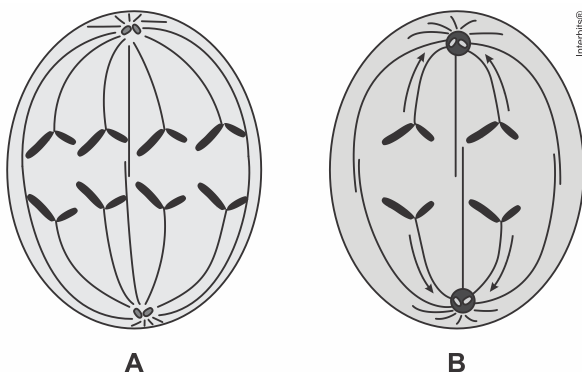
Os diagramas 1, 2 e 3 correspondem, respectivamente, a

- a) prófase I, metáfase I e telófase II.
- b) prófase II, anáfase I e telófase I.
- c) prófase I, metáfase II e anáfase II.
- d) prófase II, anáfase II e telófase I.
- e) prófase I, anáfase I e metáfase II.



### QUESTÃO 20

A figura abaixo representa duas células de um mesmo indivíduo em processo de divisão celular.



Com base na figura, assinale a alternativa **correta**.

- a) A célula **A** representa a anáfase mitótica, e a célula **B**, a anáfase II da meiose.
- b) A célula **A** representa a anáfase I, e a célula **B**, a anáfase II, ambas da meiose.
- c) Nessa espécie, o número diploide de cromossomos é oito.
- d) O número de cromossomos no gameta masculino dessa espécie é quatro.
- e) A célula **A** representa anáfase II, e a célula **B**, a anáfase I, ambas da meiose.



### QUESTÃO 21

O processo de mitose é essencial para o desenvolvimento e crescimento de todos os organismos eucariotos.

Interfase			Mitose
G1	S	G2	M
5	7	3	1

Horas

Prófase	Metáfase	Anáfase	Telófase
36	3	3	18

Minutos

Tempo despendido em cada intervalo de um novo ciclo celular completo de uma célula humana em cultura. Esse tempo varia de acordo com os tipos e as condições das células.

(KLUG, Willian et al. *Conceitos de Genética*. 9. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 24.)

Com base na figura e nos conhecimentos sobre o ciclo celular, é correto afirmar:

- a) O período durante o qual ocorre a síntese do DNA é maior que o período em que não ocorre síntese alguma de DNA.
- b) Ao final de um ciclo celular, a quantidade de material genético, nos núcleos de cada célula-filha, equivale ao dobro da célula parental.
- c) O tempo gasto para o pareamento cromossômico na placa equatorial equivale ao tempo gasto para síntese de DNA.
- d) Em mais da metade do tempo da mitose, as cromátides estão duplicadas, separadas longitudinalmente, exceto no centrômero.
- e) Durante a fase mais longa da mitose, as cromátides-irmãs se separam uma da outra e migram para as extremidades opostas da célula.



### QUESTÃO 22

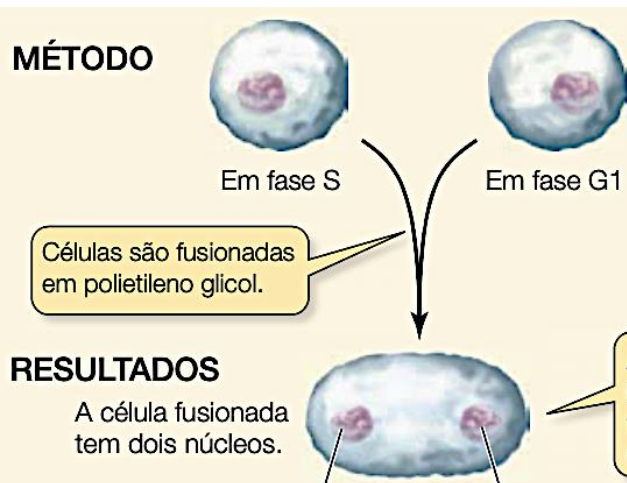
O gato doméstico (*Felis domesticus*) tem 36 pares de cromossomos em suas células somáticas. Sabendo disso, o número de cromossomos nos espermatozoides maduros do gato, o número de cromátides-irmãs existentes em uma célula que está entrando na primeira divisão meiótica e o número de cromátides-irmãs que está entrando na segunda divisão meiótica é, respectivamente:

- a) 18, 72 e 36
- b) 72, 144 e 144
- c) 18, 36 e 72
- d) 36, 72 e 72
- e) 36, 144 e 72



### QUESTÃO 23

(Vanylton Matias) Em um grupo de estudo sobre ciclo celular, os alunos do Núcleo PVA Victor Bruno, Clara e Liz levantaram a seguinte hipótese: uma célula na fase S contém um ativador de replicação do DNA, por isso é capaz de executar essa função. Para confirmar essa hipótese, removeram, em laboratório, duas células de raiz de cebola: uma em fase S e outra em fase G1 e as fusionaram utilizando polietileno glicol. Como resultado, obtiveram uma célula binucleada, como mostra o esquema abaixo:



Analisando o texto e o esquema chega-se à conclusão de que

- a hipótese será ratificada, caso, na célula binucleada, o núcleo que estava em fase G1 passe para fase S e duplique o seu DNA.
- a célula binucleada formada, utilizará o núcleo proveniente da célula que estava em fase S, para sintetizar as suas proteínas.
- a fusão das duas células, inativou os genes tanto na célula que estava em fase S, quanto da célula que estava em fase G1.
- as células em fase S, não possuem ativador de replicação, uma vez que foi inativada ao final do experimento.
- independente do resultado, as células em fase S possuem um ativador de replicação, pois essa fase é responsável pela duplicação do DNA.

### QUESTÃO 24

(Vanylton Matias) Alunos do Núcleo PVA viajaram para Caldas Novas- Go, pois ganharam da referida instituição esta viagem de férias. Pedro Lucas e Vinícius Lins mergulharam em uma piscina natural à 50 °C de temperatura e perguntaram ao professor Vanylton se haveria a possibilidade deles se tornarem inférteis, já que o processo de desenvolvimento do espermatozoide não ocorre em temperaturas muito elevadas. O professor falou que esse processo seria cessado apenas temporariamente e não de forma definitiva, tranquilizando os seus alunos. Aproveitou ainda pra explicar que a formação do espermatozoide (espermatogênese) se dá em 4 etapas:

1. Multiplicação: que ocorre por intenso processo mitótico.
2. Crescimento: decorrente do acúmulo de nutrientes no meio intracelular.
3. Maturação: etapa em que ocorre a meiose I e meiose II.
4. Espermiogênese: que é a diferenciação do espermatócito em espermatozoide.

Atentos, os alunos analisaram a explicação e refutaram corretamente a ideia do senso comum de que

- a infertilidade está relacionada com altas temperaturas.
- a espermatogênese só acontece em temperaturas ideais.
- não ocorre mitose na formação de gametas.
- todas as células podem se transformar em espermatozoides.
- mitose e meiose participam da formação dos espermatozoides.

### QUESTÃO 25

Segundo o Instituto Nacional do Câncer, 8,2 milhões de pessoas morrem de câncer, anualmente, no mundo. Considerando os processos de divisão celular envolvidos com essa doença, é correto afirmar que, de maneira geral:

- o tempo de duração do ciclo celular de uma célula cancerígena é igual ao apresentado por uma célula normal.
- os mecanismos celulares de controle mitótico na fase G1 são importantes para impedir o câncer, evitando que células com dano no DNA se multipliquem.
- a quantidade de permutações de cromátides, durante o “Crossing Over”, em células cancerígenas, aumenta suas capacidades invasivas.
- nas células cancerígenas, durante a prófase da divisão meiótica, não ocorre o emparelhamento de cromossomos homólogos observado em células normais.
- os cromossomos das células cancerígenas são maiores do que os das células normais, o que torna a divisão celular mais lenta nas primeiras.

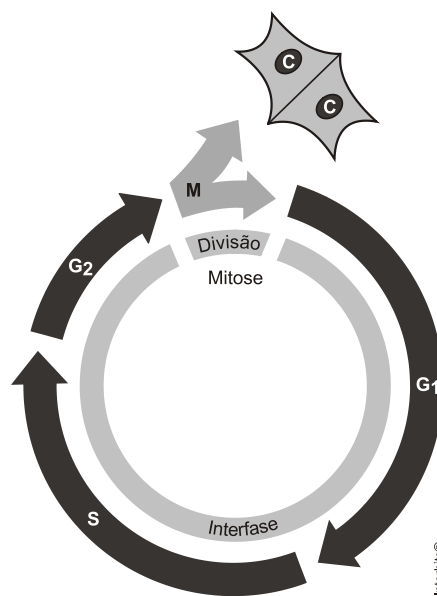
### QUESTÃO 26

Uma plântula de *Vicia faba* foi colocada para crescer em meio de cultura onde a única fonte de timidina (nucleotídeo com a base timina) era radioativa. Após um único ciclo de divisão celular foram feitas preparações citológicas de células da ponta da raiz, para a análise da radioatividade incorporada (autorradiografia). A radioatividade será observada em:

- Ambas as cromátides dos cromossomos metafásicos.
- Todas as proteínas da célula.
- Todas as organelas da célula.
- Somente uma das cromátides de cada cromossomo metafásico.
- Todos os ácidos nucleicos da célula.

### QUESTÃO 27

Na figura abaixo, está representado o ciclo celular. Na fase S, ocorre síntese de DNA; na fase M, ocorre a mitose e, dela, resultam novas células, indicadas no esquema pelas letras C.



Considerando que, em G<sub>1</sub>, existe um par de alelos Bb, quantos representantes de cada alelo existirão ao final de S e de G<sub>2</sub> e em cada C?

- 4, 4 e 4.
- 4, 4 e 2.
- 4, 2 e 1.
- 2, 2 e 2.
- 2, 2 e 1.



## QUESTÃO 28

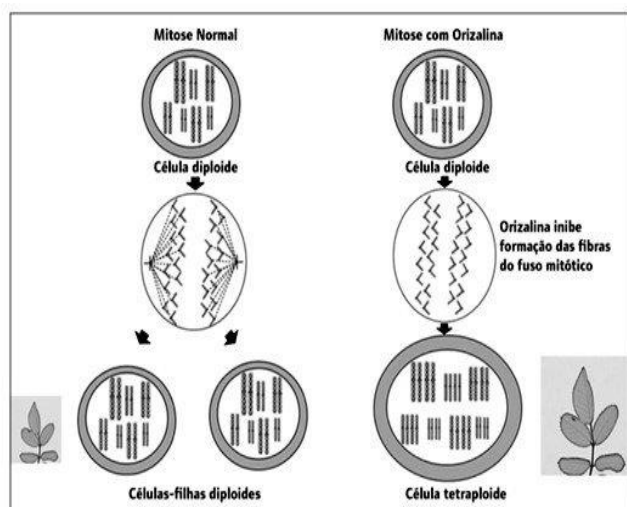
Alguns pesquisadores admitem que a espécie *Coffea arabica* tenha se originado na Etiópia, África, a partir da hibridização natural entre duas espécies ancestrais: *Coffea eugenioides* ( $2n = 22$  cromossomos) e *Coffea canephora* ( $2n = 22$  cromossomos). No híbrido resultante, teria havido uma duplicação do número de cromossomos (poliploidização): em uma das divisões celulares, as cromátides de todos os cromossomos, em vez de migrarem cada uma delas para ambas as células-filhas, teriam permanecido na mesma célula. Desse modo, originou-se um novo ramo, ou uma planta, tetraploide. Essa nova planta é a *Coffea arabica*, que hoje cultivamos e que tem importante papel em nossa economia. A partir dessas informações, é possível dizer que o número de cromossomos nos gametas das espécies *Coffea eugenioides* e *Coffea canephora* e o número de cromossomos nas células somáticas e nos gametas de *Coffea arabica* são, respectivamente:

- 11, 11, 44 e 22.
- 11, 11, 22 e 11.
- 22, 22, 88 e 44.
- 22, 22, 44 e 22.
- 22, 22, 22 e 11



## QUESTÃO 29

O esquema a seguir representa a mitose normal e a mitose induzida pelo herbicida orizalina, que constitui uma técnica utilizada na seleção de características desejáveis para o melhoramento genético de rosas, tais como: atratividade, cor, formato, aroma, precocidade na floração, senescência tardia e resistência a fungos e a outros estresses ambientais.



A análise do texto e do esquema permite concluir que a Orizalina

- impede que a célula conclua a sua fase de metáfase, pois essa substância atua inibindo a formação das fibras do fuso, estrutura essencial para a formação da placa equatorial.
- possibilita a obtenção de células poliploides por indução, que é acompanhada pelo aumento dos volumes do núcleo e da célula, permitindo selecionar uma característica desejável.
- ao impedir a formação das fibras do fuso mitótico, dá origem a uma única célula com 7 conjuntos de cromossomos:  $7n=28$ .
- atua diretamente sobre os centríolos, impedindo que essa organela organize as tubulinas, inibindo, assim, a formação das fibras do fuso mitótico.
- diminui o número de células formadas ao final do experimento, o que explica o surgimento de rosas fenotipicamente menores.



## QUESTÃO 30

Suponhamos que uma espécie de planta tenha o número cromossômico  $2n = 12$ . Durante o início da germinação de um lote de sementes, elas foram separadas em dois grupos (I e II), sendo que cada um deles foi tratado diferentemente. Após a germinação notou-se que as plantas originadas das sementes do grupo I apresentavam as características normais da espécie e o número cromossômico, analisado nas suas raízes, era 12. Por outro lado, as sementes do grupo II germinaram e originaram plantas "truncudas", com 24 cromossomos na maioria de suas células. Baseado nestes dados poderíamos dizer que:

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



## QUESTÃO 31

(Vanylton Matias) No final do ano de 2019, morreu o ator João Carlos Barroso, aos 69 anos, devido a um câncer. O ator esteve presente nas telinhas em diversos programas da Rede Globo, como 'Roque Santeiro', 'Zorra total' e 'Os Trapalhões'. A doença se agravou após o câncer se espalhar para além do local de surgimento, por um fenômeno chamado de

- reação tumoral.
- metástase.
- translocação.
- neoplasia.
- carcinoma.



## QUESTÃO 32

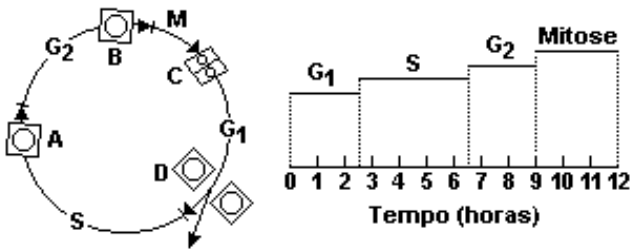
(Vanylton Matias) No período de quarentena, decorrente da pandemia causada pelo COVID-19, houve um intenso isolamento social, no qual a população do mundo inteiro ficou nas suas casas, sem acesso a shoppings, restaurantes, praças e parques. Houve várias recomendações médicas sobre cuidados contra a contaminação viral, mas também orientações sobre a saúde mental e nutricional. Após esse período de isolamento, alunos do Núcleo PVA fizeram um estudo com duas populações distintas: população A, que passou um mês sem acesso direto à luz solar, e população B, que tomou o cuidado de passear pelo jardim ou entrar em contato com raios solares de alguma forma. Mesmo com todas as vantagens relacionadas ao banho de sol, citou-se coerentemente uma possível vantagem adaptativa da população A em relação a população B, que foi

- a proteção contra os raios ultravioletas, diminuindo as chances de desenvolvimento de melanomas, um tipo raro de carcinoma.
- a menor destruição de fibroblastos, atenuando a probabilidade de um fibroblastoma, um tumor metastático classificado como sarcoma.
- a maior absorção de cálcio pelo intestino, pois na ausência do contato com os raios solares, ocorrerá a ativação da vitamina D.
- maior proteção contra os sintomas do Coronavírus, já que os raios solares diminuem a imunidade celular.
- menor número de mitoses e consequente proteção contra sarcomas, já que altas temperaturas estimulam as mitoses celulares.



### QUESTÃO 33

A figura representa o ciclo celular e um diagrama da duração das diferentes etapas desse ciclo em determinadas células.



Quanto tempo é necessário para que essas células dupliquem o seu DNA?

- 2 horas e 30 minutos.
- 3 horas.
- 4 horas.
- 6 horas e 30 minutos.
- 9 horas.



### QUESTÃO 34

A banana cultivada (*Musa x paradisiaca*) é um caso típico de partenocarpia, ou seja, de formação de frutos sem que ocorra fecundação. Isso acontece por se tratar de uma planta triploide: as sementes não são formadas porque os gametas apresentam anormalidades no número de cromossomos.

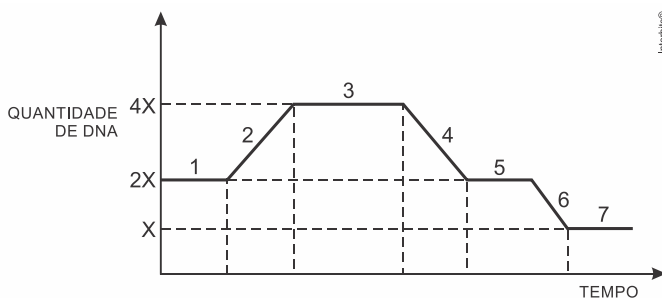
Em qual fase ocorre a distribuição anormal dos cromossomos?

- Meiose I
- Meiose II
- Fase S da interfase da mitose
- Fertilização da oosfera
- Germinação do grão de pólen e formação dos gametas masculinos



### QUESTÃO 35

O gráfico a seguir representa variações na quantidade de DNA ao longo do ciclo de vida de uma célula. (X = unidade arbitrária de DNA por célula).



Sobre esse ciclo vital de uma célula, representado no gráfico, é correto afirmar:

- A interfase está representada pela fase 3.
- As fases 1, 2 e 3 representam os períodos G<sub>1</sub>, S e G<sub>2</sub>, que resumem todo o ciclo vital de uma célula.
- As fases 1, 2 e 3 representam o período em que a célula se encontra em interfase, e as fases 4, 5, 6 e 7 subsequentes são características da célula em divisão mitótica, quando, ao final, ocorre redução à metade da quantidade de DNA na célula.

d) A célula representada é diploide: seu DNA foi duplicado no período S da interfase (fase 2) e, posteriormente, passou pelas duas fases da meiose, originando células-filhas com metade da quantidade de DNA (fase 7, células haploides).

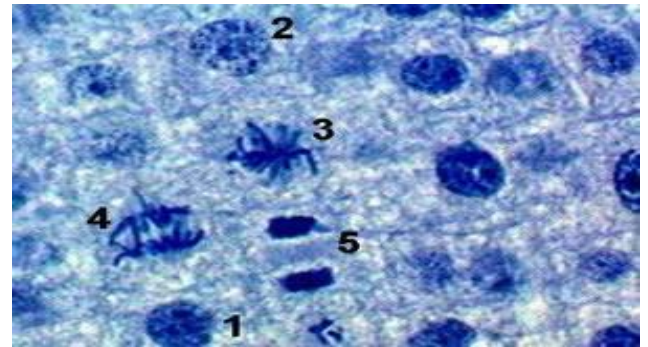
e) A fase 3 é caracterizada por um período em que não há variação na quantidade de DNA na célula, portanto essa fase representa uma célula durante os períodos da mitose: prófase, metáfase e anáfase.

Nível Ninja:



### QUESTÃO 36

(Vanylton Matias) Em um estudo citológico, Mari e Cecília, alunas do Núcleo PVA, coletaram células de raiz de cebola, e passaram a analisá-las em um microscópio óptico. Notaram as células apresentavam-se com as características descritas na figura abaixo:



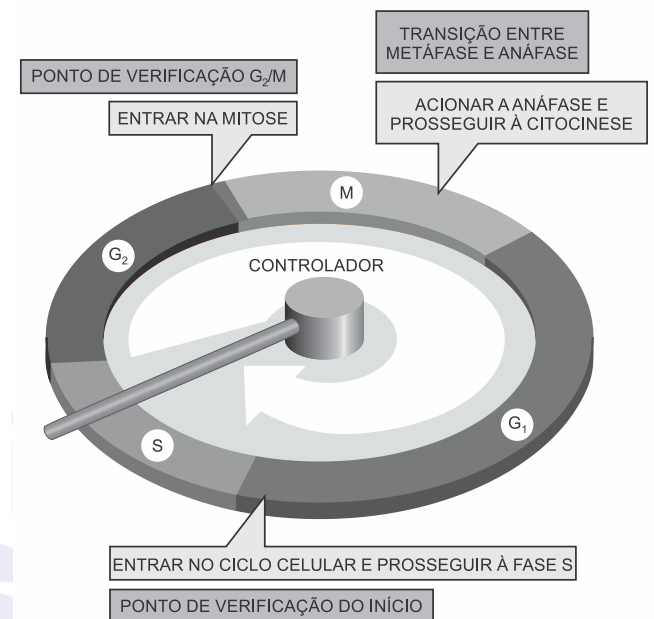
Dessa forma concluíram que haveria

- maior grau de espiralização no DNA da célula 1.
- ausência de carioteca na célula 2.
- maior atividade de síntese proteica na célula 3.
- maior proximidade das cromátides-irmãs na célula 4.
- maior atividade da actina e miosina na célula 5.



### QUESTÃO 37

(Vanylton Matias) Analise figura abaixo, que representa o sistema de controle do ciclo celular em células eucarióticas.



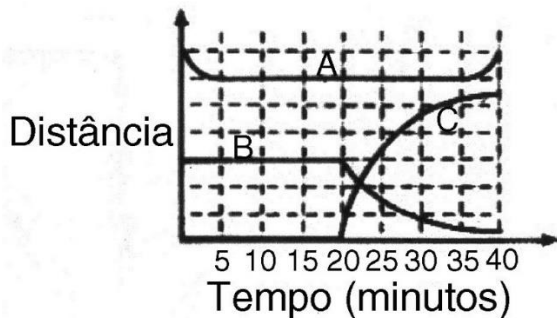
ALBERT, Bruce et al. *Biologia molecular da célula*, 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 1061. Adaptado.

A análise da figura permite concluir corretamente que

- a) a síntese de tubulina para a formação do fuso mitótico ocorre em S.
- b) duplicação dos centríolos e síntese de polímeros se dá principalmente na fase G2.
- c) a duplicação do centríolo e a síntese de proteínas histonas ocorre em S.
- d) A desintegração da carioteca se dá completamente no início de M.
- e) a ordem para apoptose de células pré-cancerígenas se dá ao final de G1.

**QUESTÃO 38**

Esta questão deve ser respondida com base no gráfico abaixo. Nele estão indicadas três curvas, em uma célula sofrendo mitose:



- I. Distância entre os polos.
- II. Distância entre as cromátides-irmãs.
- III. Distância entre os cromossomos e os polos.

Qual alternativa associa corretamente a distância indicada e a curva no gráfico.

- a) I-A, II-B, III-C.
- b) I-A, II-C, III-B.
- c) I-B, II-A, III-C.
- d) I-B, II-C, III-A.
- e) I-C, II-A, III-B.

**QUESTÃO 39**

Na meiose de uma espécie de planta formam-se 16 tétrades ou bivalentes. Qual o número diploide da espécie?

- a) 4.
- b) 8.
- c) 16.
- d) 32.
- e) 64.

- 01 - C
- 02 - C
- 03 - A
- 04 - B
- 05 - E
- 06 - A
- 07 - A
- 08 - C

- 09 - D
- 10 - D
- 11 - A
- 12 - D
- 13 - B
- 14 - A
- 15 - D
- 16 - D

- 17 - A
- 18 - A
- 19 - E
- 20 - A
- 21 - D
- 22 - E
- 23 - A
- 24 - C

- 25 - B
- 26 - A
- 27 - E
- 28 - A
- 29 - B
- 30 - E
- 31 - B
- 32 - A

- 33 - C
- 34 - A
- 35 - D
- 36 - E
- 37 - C
- 38 - B
- 39 - D

tá aqui,  
tá em  
casa!



Oficina de  
**ESTUDOS**

 Clube Internacional do Recife, R. Benfica 505 - Madalena / Recife - PE

 [oficinadeestudos@oficinadeestudos.com.br](mailto:oficinadeestudos@oficinadeestudos.com.br)

 @souoficinadeestudos

 (81) 9 8305-9925  (81) 9 9820-7015  (81) 3039-0402