

## Citologia: Revestimentos Externos da Célula

Na matéria viva, assim como na matéria bruta, os átomos se associam formando as moléculas. Entretanto, na matéria viva, ao contrário da matéria bruta, as moléculas se organizam formando estruturas que se associam, originando unidades mais complexas, denominadas células.

A célula pode ser conceituada como a unidade morfofisiológica dos seres vivos. Unidade morfológica, porque todos os seres vivos (com exceção dos vírus) são constituídos de células; unidade fisiológica, porque a célula é a menor porção do ser vivo capaz de desempenhar as funções relacionadas à manutenção da vida no organismo.

Em sua maioria, as células são estruturas microscópicas, cujas dimensões são medidas em unidades especiais, como o micrômetro ( $\mu\text{m}$ ), o nanômetro (nm) e o angstrom ( $\text{\AA}$ ).

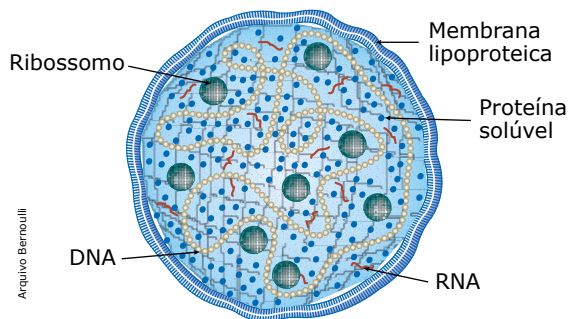
$1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ mm}$   
(um milésimo do milímetro)

$1 \text{ nm} = 0,000001 \text{ mm} = 10^{-6} \text{ mm}$   
(um milionésimo do milímetro)

$1 \text{\AA} = 0,0000001 \text{ mm} = 10^{-7} \text{ mm}$   
(um décimo milionésimo do milímetro)

*Unidades usadas para medir as dimensões das estruturas celulares – Tradicionalmente, a milésima parte do milímetro era chamada micron (singular) e micra (plural). Seu símbolo era  $\mu$ . Modernamente, prefere-se o termo micrômetro ( $\mu\text{m}$ ). É importante não confundir  $\mu\text{m}$  (micrômetro) com  $\text{m}\mu$  (milimicra), que é a milésima parte do micrômetro. Atualmente, o milimicra foi substituído por outro nome: o nanômetro (nm).*

As menores células conhecidas são as dos PPLO (*Pleuro-Pneumoniae Like Organisms*), que chegam a medir cerca de  $0,1 \mu\text{m}$  de diâmetro.



*Representação da célula de PPLO ao ME (microscópio eletrônico). Os PPLO são parasitos que causam doenças respiratórias, especialmente em aves.*

Alguns poucos exemplos de células possuem dimensões macroscópicas, podendo, inclusive, serem vistas a olho nu. É o caso, por exemplo, da célula da alga marinha acetabulária, que pode chegar a 10 cm de comprimento.

Geralmente, a forma da célula está diretamente relacionada com a função que esta realiza no organismo. Cada tipo celular é especializado para o exercício de determinadas funções.

### COMPONENTES DA CÉLULA

Podemos dizer que, de um modo geral, as células apresentam três componentes básicos ou fundamentais: revestimento externo, citoplasma e material nuclear.

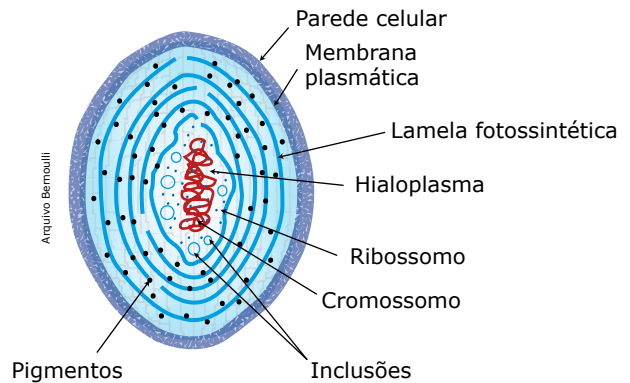
De acordo com a complexidade de organização, existem dois tipos de células: procariotas e eucariotas.

- 1) As **células procariotas (procarióticas, protocélulas)** são as menos complexas e, geralmente, menores do que as eucariotas. Não possuem núcleo individualizado, uma vez que não têm membrana nuclear (carioteca) separando o material nuclear do material citoplasmático. O filamento cromossômico fica em contato direto com o citoplasma. A região ocupada pelo cromossomo na célula procariota chama-se nucleóide. Os seres que possuem esse tipo de célula são chamados de procariontes (do grego *protos*, primitivo, e *karion*, núcleo) e estão representados pelas bactérias, incluindo as cianobactérias (anteriormente chamadas de cianofíceas ou algas azuis). Algumas bactérias, como as do grupo das riquetsias e das clamídias, são parasitos intracelulares obrigatórios e, dessa forma, só conseguem se autoduplicar com a colaboração de material obtido das células que estão parasitando e, por isso, suas células são ditas procariotas incompletas. Segundo alguns autores, as células incompletas são células "degeneradas", isso é, no decorrer do tempo, perderam parte do DNA de suas enzimas e, portanto, sua autonomia, tornando-se dependentes das células que se conservaram completas.
- 2) As **células eucariotas (eucarióticas, eucélulas)** são mais complexas. Além do núcleo individualizado, ou seja, separado do citoplasma pela membrana nuclear, apresentam um maior número de estruturas em seu interior. Os seres que possuem esse tipo de célula são chamados de eucariontes (do grego *eu*, verdadeiro, e *karion*, núcleo).

No quadro a seguir, em que (+) significa presença e (-) ausência, temos, de modo geral, uma síntese das principais estruturas celulares e os tipos de células nas quais podem ser encontradas.

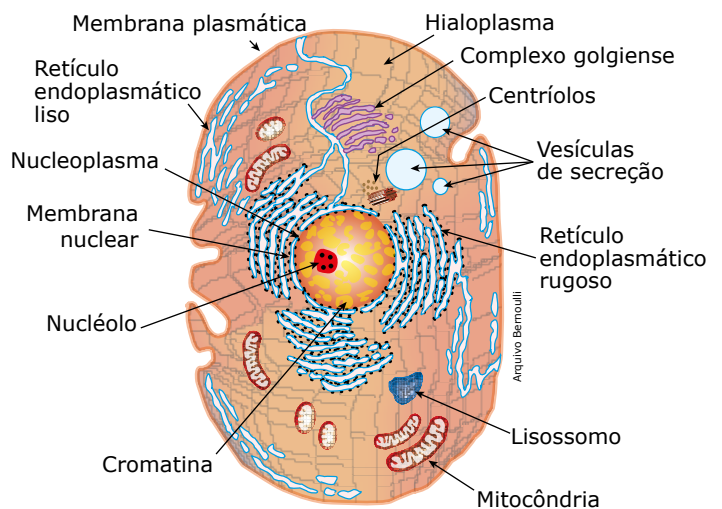
Componente celular	Célula procariota	Célula eucariota animal	Célula eucariota vegetal
Membrana plasmática	+	+	+
Parede celular	+ (maioria) - (poucas)	-	+
Hialoplasma	+	+	+
Ribossomos	+	+	+
Retículo endoplasmático	-	+	+
Complexo golgiense	-	+	+
Mitocôndrias	-	+	+
Plastos	-	-	+
Lisossomos*	-	+	*
Vacúolo(s)	-	+ (pequeno)	+ (grandes e pouco numerosos)
Centríolos	-	+	+ (vegetais inferiores) - (vegetais superiores)
Carioteca	-	+	+
Cromossomo(s)	+	+	+
Nucléolo(s)	-	+	+

\*A presença de lisossomos em células vegetais é bastante discutida. As células das plantas parecem não conter lisossomos.

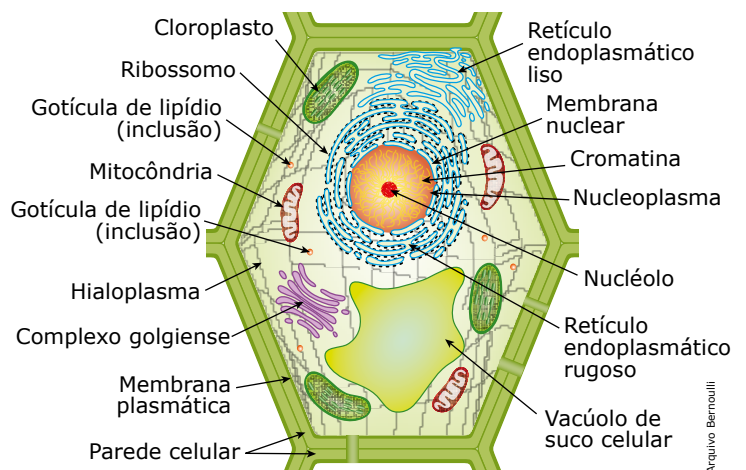


Célula de cianobactéria.

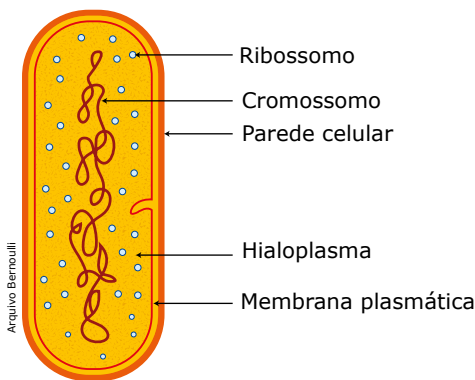
**Célula eucariota animal**



**Célula eucariota vegetal**



**Células procariotas**



Célula de bactéria.



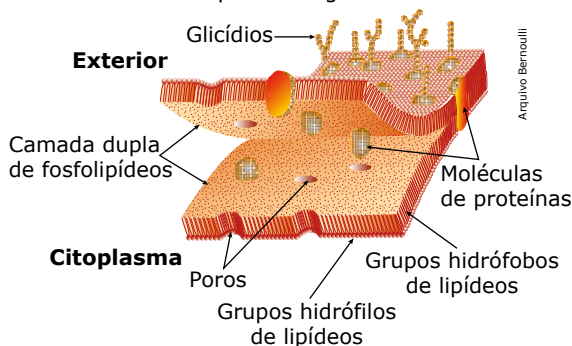
## REVESTIMENTOS EXTERNOS DA CÉLULA



### Membrana plasmática

Também conhecida por membrana citoplasmática, membrana celular ou ainda plasmalema, é uma película muito fina (cerca de 75 a 100 Å de espessura) que envolve e protege as células, visível apenas ao microscópio eletrônico (ME). Está presente em qualquer tipo de célula, seja ela procariota ou eucariota.

Basicamente, é formada por fosfolipídios e por proteínas (por isso se diz que possui uma composição química lipoproteica). Segundo o modelo de Singer e Nicholson, também conhecido por modelo do mosaico fluido, proposto em 1972, a membrana plasmática possui uma matriz lipídica constituída de duas camadas de fosfolipídios em que se inserem moléculas de proteínas globulares.



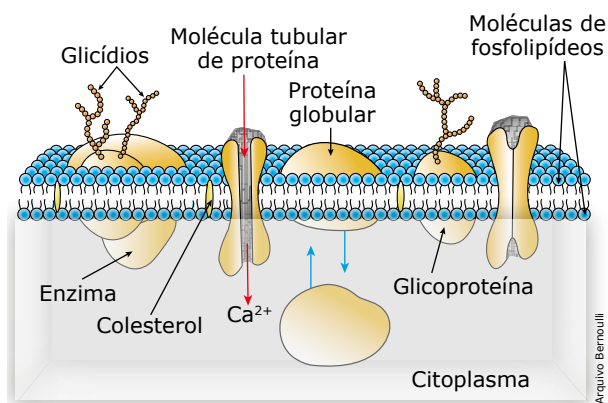
Modelo do mosaico fluido.

Os fosfolipídios conferem fluidez à membrana. As proteínas são responsáveis pela maioria das funções da membrana plasmática: algumas são enzimas e catalisam certas reações que ocorrem na membrana; outras funcionam como "receptores" de membrana, possuindo um papel importante no "reconhecimento" de substâncias produzidas pelo organismo ou vindas do meio externo: é assim, por exemplo, que os antígenos (proteínas estranhas ao organismo) são "reconhecidos" pelos linfócitos (células relacionadas com a produção de anticorpos). Existem, ainda, proteínas que funcionam como transportadoras ou carregadoras, exercendo um papel fundamental na entrada e na saída de substâncias da célula.

Na maioria das células animais, a membrana plasmática possui também alguns glicídios ligados a certas proteínas ou mesmo aos lipídios, formando moléculas de glicoproteínas ou de glicolipídios. Essas glicoproteínas e glicolipídios se entrelaçam, formando uma malha de aspecto gelatinoso que envolve a célula como uma vestimenta, denominada glicocálix (do grego *glykys*, doce, açúcar, e do latim *calyx*, casca, envoltório). Além de conferir maior proteção à célula animal contra agressões físicas e químicas do ambiente externo, acredita-se que o glicocálix atue na retenção de nutrientes que tocam a superfície celular, possibilitando que sejam posteriormente introduzidos no meio intracelular através de mecanismos especiais, como a pinocitose, que serão vistos adiante. O glicocálix também é responsável pelo reconhecimento de células de uma mesma variedade ou de um mesmo tecido ou órgão. Vários experimentos comprovaram a participação do glicocálix nesse reconhecimento celular. Um deles pode ser assim resumido: células do fígado e células dos rins foram isoladas, individualizadas e colocadas numa mesma solução, que foi, então, agitada levemente para facilitar o contato entre as células.

Com a agitação, as células se chocaram ao acaso. As células separadas foram capazes de se reagrupar, reconhecendo-se pelas substâncias em seus glicocálices. Assim, após certo tempo, observou-se o aparecimento de dois aglomerados celulares distintos: um deles só contendo células hepáticas, enquanto o outro tinha apenas células renais, ou seja, as células de um mesmo tipo aceitaram-se mutuamente, aderindo umas às outras e formando aglomerados celulares distintos. É também graças ao glicocálix que ocorre o fenômeno da inibição por contato, observado durante as divisões celulares (mitoses). Colocando-se dois grupos separados de células normais num mesmo meio de cultivo, cada grupo de células cresce separadamente, mas quando os glicocálices das células de um grupo se encontram com as células do outro grupo, as mitoses cessam. Se o mesmo procedimento for feito em dois grupos de células cancerosas, as divisões celulares não param. Depois de se encontrarem, as células cancerosas continuam se dividindo e amontoam-se desordenadamente umas sobre as outras. Isso mostra que as células cancerosas perdem a propriedade da inibição por contato.

Outro componente químico que também faz parte da estrutura da membrana plasmática das células animais é o colesterol, componente que diminui a fluidez da membrana. Não há colesterol nas membranas das células de plantas nem nas membranas de bactérias.



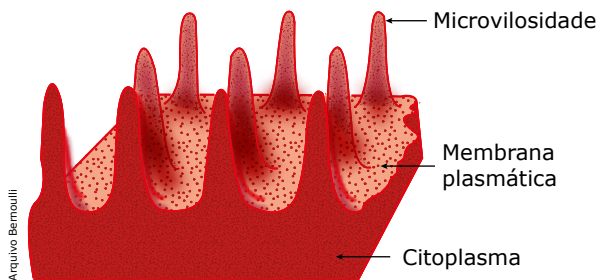
Modelo do mosaico fluido.

As proteínas não têm um lugar fixo, podendo se deslocar de um lado para outro ao longo da matriz lipídica, ir à tona ou mergulhar no citoplasma. As proteínas da membrana podem ser divididas em dois grupos: integrais (intrínsecas), quando firmemente inseridas na matriz lipídica, e periféricas (extrínsecas), quando não firmemente inseridas. Cerca de 70% das proteínas da membrana são integrais, algumas, inclusive, atravessam inteiramente a matriz lipídica e, por isso, são chamadas de proteínas transmembrana.

Para que a célula possa desempenhar melhor determinadas funções, a membrana plasmática pode apresentar certas modificações ou especializações. Entre elas, destacamos: microvilosidades, desmossomos, interdigitações, zônula de oclusão e junções comunicantes.

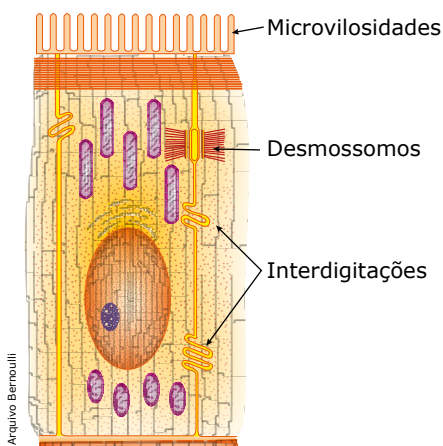
- **Microvilosidades (microvilos, borda em escova, orla em escova)** – São evaginações (projeções para fora) da superfície da membrana que lembram, em microscopia eletrônica, minúsculos dedos, vindo daí o seu nome.

As microvilosidades estão presentes em determinadas células eucariotas de animais e têm a finalidade de aumentar a superfície de absorção de substâncias.



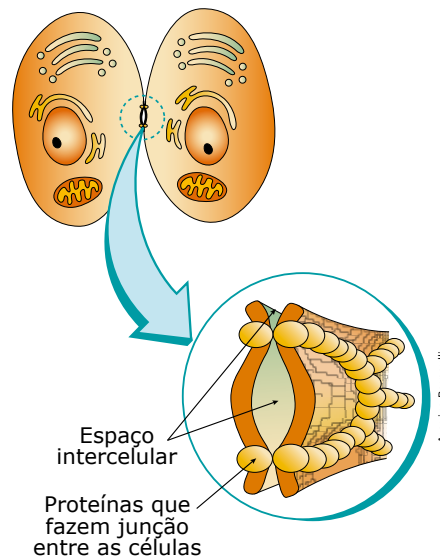
**Microvilosidades** – No tecido epitelial que reveste internamente o nosso intestino delgado, as células possuem essas modificações que aumentam a superfície de contato da membrana plasmática das células com os nutrientes resultantes da digestão dos alimentos. Isso garante, assim, uma absorção mais rápida e mais eficiente desses nutrientes.

- **Desmossomos (desmossomas, máculas de adesão)** – São modificações que aparecem nas membranas adjacentes de células vizinhas, notadamente no tecido epitelial. Sua finalidade é promover uma maior adesão (união) entre as células. Na região onde aparecem os desmossomos, o espaço entre as membranas das células vizinhas é preenchido por glicoproteínas com propriedades adesivas. Na face citoplasmática de cada membrana, há uma camada amorfa, densa, denominada placa do desmossomo, na qual se inserem filamentos intermediários (tonofilamentos) que se aprofundam no interior da célula, dando sustentação mecânica. Os desmossomos são as principais estruturas que mantêm as células epiteliais bem unidas.
- **Interdigitações** – São projeções laterais da membrana plasmática de uma célula que se encaixam em depressões da membrana da célula vizinha, formando dobras que proporcionam uma maior união das células. Essas modificações também aparecem entre células vizinhas do tecido epitelial.



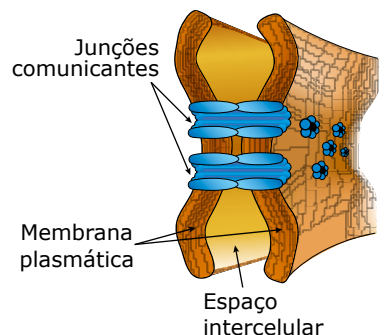
Especializações da membrana plasmática.

- **Zônula de oclusão** – É uma região contínua em torno da região apical de certas células epiteliais, em que os folhetos externos das membranas plasmáticas das duas células vizinhas se fundem, vedando o espaço intercelular.



**Zônula de oclusão** – Além de contribuir para a adesão entre as células, a zônula de oclusão impede a passagem de substâncias pelo espaço intercelular. Desse modo, as substâncias que passam pela camada epitelial o fazem através das células, sendo submetidas ao controle celular. No intestino delgado, por exemplo, no qual, entre as células, existem zônulas de oclusão, os nutrientes que serão absorvidos da cavidade intestinal têm de passar por dentro das células, o que garante o controle dos alimentos que devem ser absorvidos pela membrana celular.

- **Junção comunicante (nexo, gap junction)** – Observada em células epiteliais, musculares lisas, musculares cardíacas e nervosas, é uma estrutura formada por tubos proteicos paralelos que atravessam as membranas das duas células vizinhas, estabelecendo entre elas uma comunicação que permite a troca e a passagem de certas substâncias (nucleotídeos, aminoácidos, íons). Não permite, entretanto, a passagem de macromoléculas (proteínas, ácidos nucleicos).



Junção comunicante.

A membrana plasmática não isola totalmente a célula do meio extracelular. Como é uma unidade viva, a célula precisa adquirir certas substâncias do meio externo para garantir sua sobrevivência, assim como precisa eliminar algumas substâncias que estejam em excesso ou que sejam tóxicas ao meio intracelular.

A passagem de substâncias através da membrana plasmática pode ser realizada por diferentes mecanismos de transporte.

**Membrana plasmática**

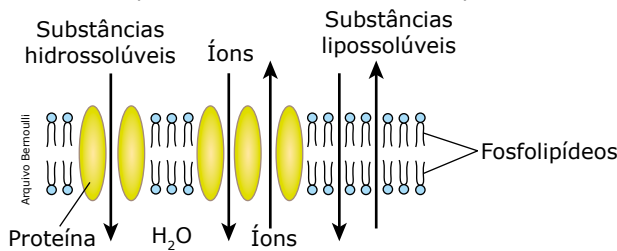
Nesse objeto de aprendizagem, você poderá observar a estrutura da membrana plasmática e seus principais componentes, bem como a sua função de permeabilidade seletiva. Bom vídeo!

**Transporte passivo**

A passagem de substâncias através da membrana se faz sem consumo ou gasto de energia (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 em que a quantidade dessas partículas seja menor. Esse fluxo é feito até que se estabeleça uma situação de equilíbrio, isto é, até que haja uma mesma concentração nas duas regiões. Uma vez atingida essa mesma concentração, continua havendo passagem das partículas, mas agora na mesma velocidade em ambos os sentidos.

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.



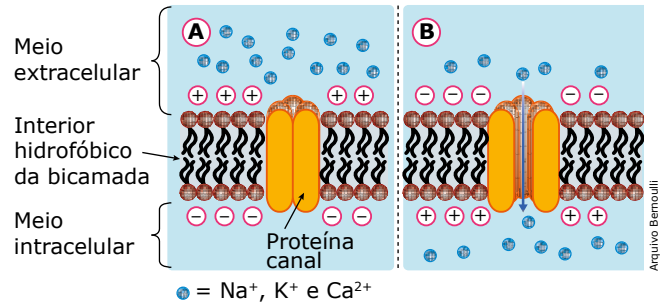
*Difusão por meio da membrana plasmática.*

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 as substâncias hidrossolúveis atravessam a membrana por difusão através de 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.

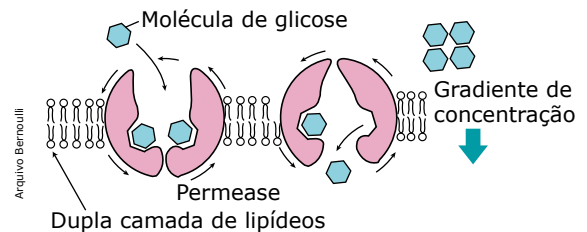
- **Difusão simples** – Nesse caso, as partículas atravessam a membrana sem a ajuda de proteínas “carregadoras” ou “transportadoras”, denominadas permeases, existentes na própria membrana. É o que acontece, por exemplo, com o O<sub>2</sub> entrando na célula e com CO<sub>2</sub> saindo da célula.

- **Difusão facilitada** – A passagem de substâncias através da membrana é feita com a ajuda de proteínas da própria membrana, denominadas genericamente de permeases. Algumas permeases formam canais proteicos que comunicam o meio intracelular com o meio extracelular, enquanto outras se ligam às moléculas do soluto, carregando-as rapidamente para o meio intra ou extracelular.



*Difusão facilitada através de canais iônicos.*

Alguns íons, como Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Ca<sup>2+</sup>, podem atravessar a membrana através de canais de proteínas denominados canais iônicos. Esses canais funcionam como “portões” que podem estar fechados ou abertos à passagem de íons. Diferentes estímulos, como mudança de carga elétrica das membranas, podem alterar a forma das proteínas do “canal portão” e, assim, determinar a abertura ou o fechamento deste. Uma vez aberto, em poucos segundos, os íons podem atravessá-lo. A rapidez com que isso acontece e a direção do fluxo (para dentro ou para fora da célula) dependem do gradiente de concentração desses íons entre os meios intra e extracelular. Os sinais (+) e (-) representam a polaridade elétrica através da membrana.



*Difusão facilitada com proteína carreadora.*

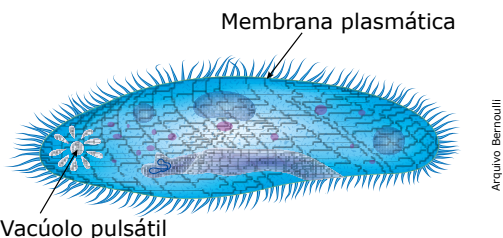
Uma molécula de soluto, glicose por exemplo, que esteja em maior concentração no meio extracelular, liga-se a um sítio ativo de uma permease específica, alterando a conformação dessa proteína, permitindo, assim, que o soluto seja lançado rapidamente para dentro da célula. Liberando a glicose no meio intracelular, a proteína carreadora volta à sua estrutura original e fica pronta para se ligar à outra molécula de glicose. Essa modalidade de transporte também é conhecida por modelo em “pingue-pongue” por causa dos diferentes estados de conformação da proteína carreadora. No estado “pongue”, os sítios ligantes estão voltados para o meio extracelular e, no estado “pingue”, voltam-se para o meio intracelular.

Um caso particular de difusão é a **osmose**, que é a difusão apenas do solvente. Na osmose, a passagem apenas do solvente se faz da solução hipotônica (menos concentrada ou mais diluída) para a solução hipertônica (mais concentrada ou menos diluída), até que as duas soluções atinjam uma situação de equilíbrio, isto é, uma situação de isotonia (igualdade de concentração). Para que ocorra a osmose, é necessário que as duas soluções de concentrações diferentes estejam separadas por uma membrana semipermeável, ou seja, por uma membrana que se deixa atravessar apenas pelo solvente.

No caso das células, o solvente é a água e boa parte dela atravessa a membrana plasmática através de canais proteicos denominados de aquaporinas. Entretanto, é preciso salientar que a membrana plasmática não é uma membrana semipermeável perfeita, já que ela permite a passagem do solvente (água), mas permite também a passagem de certos tipos de soluto. O que acontece na realidade é que a velocidade com que as moléculas de água atravessam a membrana é muito maior do que a de qualquer soluto. Isso faz com que, em determinadas situações, a passagem do soluto seja desprezível. Nesse caso, podemos dizer que está ocorrendo osmose através da membrana plasmática. Temos de considerar, também, que nos meios intra e extracelular existem diversos tipos de soluto e que muitos deles, como acontece com a maioria das proteínas, por terem moléculas muito grandes, não conseguem passar livremente por meio da membrana. Assim, dependendo da concentração das soluções nos meios intra e extracelular, a célula pode sofrer osmose, perdendo ou ganhando água rapidamente.

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).

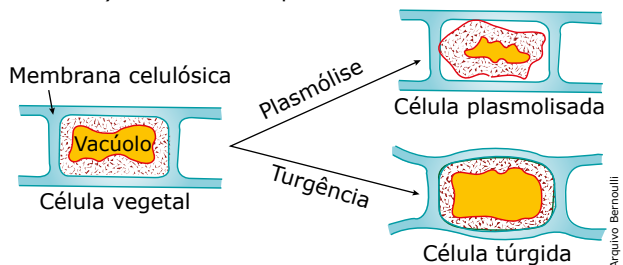
A entrada excessiva de água numa célula poderá ocasionar a plasmoptose, ou seja, a ruptura da membrana plasmática, devido à elevada pressão exercida pela água sobre a face interna da membrana, com a consequente morte da célula. Em outras palavras, a célula "estoura" devido ao excesso de água no seu interior. Algumas células, entretanto, conseguem evitar que isso ocorra. É o caso, por exemplo, das células dos protozoários dulcícolas (que vivem na água doce). Nas células desses protozoários, ocorre a formação de uma estrutura, denominada vacúolo contrátil ou pulsátil, que funciona bombeando água para fora da célula, impedindo, assim, que a quantidade de água se torne muito elevada no meio intracelular.



Paramecium, um protozoário dulcícola.

Nas células das plantas, das bactérias e dos fungos, a existência da parede celular rígida sobre a membrana plasmática também evita o rompimento da célula em consequência da entrada excessiva de água. Nessas células, após se atingir um volume máximo de distensão devido à entrada de água, a parede celular existente sobre a membrana plasmática passa a exercer uma força contrária à entrada de mais água no meio intracelular.

Nas células vegetais, a entrada de água por osmose (endosmose) recebe o nome especial de turgência ou turgescência, enquanto a saída de água por osmose (exosmose) é denominada plasmólise.



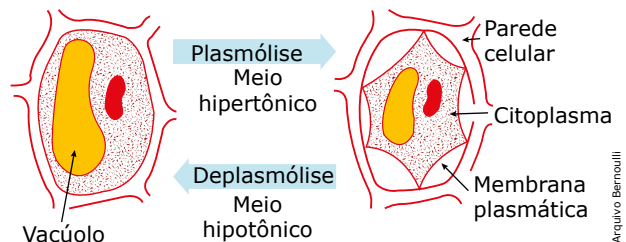
Osmose em célula vegetal.

- **Turgência** – Quando mergulhada em um meio contendo uma solução hipotônica, a água penetrará na célula vegetal por osmose e, consequentemente, o volume celular aumentará até que a pressão exercida pela parede celular passe a impedir a entrada de mais água. Nessa situação, em que a célula vegetal está com o seu volume máximo, diz-se que ela se encontra túrgida.

A estrutura da parede celular define o quanto ela pode ser esticada. Quanto menos elástica for a parede, menor será o volume de água que a célula poderá receber durante a turgência. A parede celular, à medida que se distende, exerce pressão contrária à entrada de água por osmose. Essa pressão é denominada pressão de turgência (PT) ou pressão da membrana celulósica (M).

- **Plasmólise** – Quando mergulhada em um meio contendo uma solução hipertônica, a célula vegetal perde água por osmose e, consequentemente, diminui o seu volume citoplasmático. O citoplasma se retrai, o vacúolo de suco celular murcha e a membrana plasmática descola-se em determinados pontos da parede celular, sofrendo uma retração junto ao citoplasma. Essa retração não é acompanhada pela parede celular (membrana de celulose). Uma célula vegetal nessas condições é dita plasmolisada.

Quando uma célula vegetal plasmolisada recebe água do meio extracelular e volta a ter o mesmo volume citoplasmático que possuía antes de sofrer a plasmólise, fala-se que ocorreu uma deplasmólise.



Ocorrência da plasmólise e deplasmólise.

## Transporte ativo

Muitas substâncias entram ou saem da célula, atravessando a membrana plasmática por um mecanismo de transporte ativo que, ao contrário do transporte passivo (difusão), requer gasto de energia (ATP).

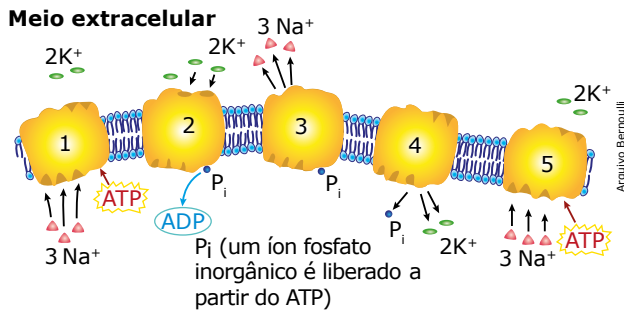
Esse processo é realizado contra um gradiente de concentração, isto é, de maneira contrária às leis naturais da difusão. Já vimos que, na difusão, o fluxo de substâncias se faz da região de maior concentração para a região de menor concentração. No transporte ativo, ocorre o inverso: as substâncias passam da região em que estão em menor concentração para outra região em que já estejam em maior concentração.

O transporte ativo também é realizado com a participação de proteínas "transportadoras" (carreadoras) da membrana plasmática. Um bom exemplo desse tipo de transporte é a bomba de sódio e potássio.

Os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  são capazes de atravessar normalmente a membrana plasmática por difusão. Assim, se não houvesse um processo ativo capaz de contrariar a difusão desses íons, o  $\text{Na}^+$  e o  $\text{K}^+$  tenderiam a igualar suas concentrações dentro e fora da célula.



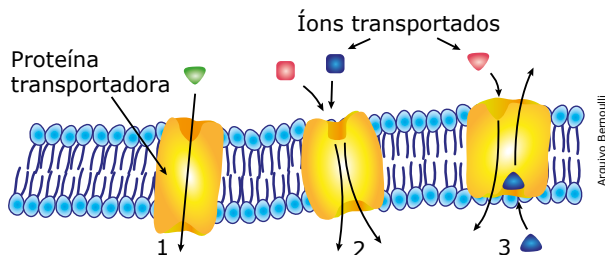
Por meio do mecanismo da bomba de sódio e potássio, a célula consegue manter concentrações diferentes de sódio e potássio entre os meios intra e extracelular: o  $\text{Na}^+$  é mantido em maior concentração no meio extracelular do que no intracelular, ocorrendo o contrário com o  $\text{K}^+$ . Esse mecanismo envolve a participação de proteínas transportadoras específicas e estabelece ligações com esses íons, conduzindo-os para dentro ou para fora da célula. Para que esse processo aconteça, é necessária a energia fornecida pelo ATP.



**Bomba de sódio e potássio** – 1.  $3\text{Na}^+$  e 1 ATP se ligam à proteína transportadora na face interna da membrana; 2. O ATP é degradado, liberando o ADP e causando uma mudança na estrutura da proteína transportadora; 3. Os  $3\text{Na}^+$  são liberados no meio extracelular ao mesmo tempo em que  $2\text{K}^+$  se unem à proteína transportadora na face externa da membrana; 4. O  $\text{P}_i$  é liberado, causando uma mudança na estrutura da proteína transportadora, e os  $2\text{K}^+$  são liberados; 5. O processo se repete.

O transporte mediado por proteínas carreadoras ou transportadoras pode ser ativo ou passivo e pode ser classificado em *uniport*, *simport* ou *antiport*.

- **Uniport** – Refere-se ao transporte ativo ou passivo de um único tipo de molécula ou íon, num único sentido, através de um carreador ou canal. Ex.: a proteína da membrana que transporta ativamente íons  $\text{Ca}^{2+}$ .
- **Simport** – Refere-se ao transporte ativo de dois tipos distintos de substâncias, ao mesmo tempo, num mesmo sentido, utilizando o mesmo carreador. Ex.: na membrana plasmática das células intestinais, existem proteínas que se ligam e transportam simultaneamente sódio e aminoácidos.
- **Antiport** – É também um transporte ativo em que duas substâncias diferentes são transportadas em sentidos contrários pelo mesmo carreador. Ex.: proteína que atua na bomba de sódio ( $\text{Na}^+$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ), que move o  $\text{Na}^+$  para fora da célula e o  $\text{K}^+$  para dentro.



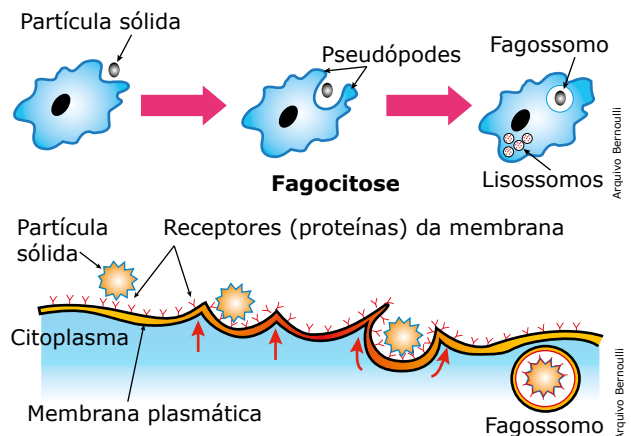
Transporte ativo – 1. Uniport; 2. Simport; 3. Antiport.

Conforme acabamos de ver, por meio dos mecanismos de transporte passivo e ativo, as substâncias podem penetrar ou sair da célula, atravessando a membrana plasmática. Entretanto, existem situações em que o material, para entrar ou sair da célula, precisa ser englobado pela membrana. Nesses casos de captura e de englobamento de partículas pela membrana, fala-se genericamente em endocitose e exocitose conforme o material esteja entrando ou saindo da célula, respectivamente. Esse tipo de transporte também é conhecido por transporte em bloco.

### Transporte em bloco

Na endocitose, há englobamento de partículas ou macromoléculas presentes no meio extracelular e que normalmente não conseguem entrar na célula por transporte passivo nem por transporte ativo. Nela, compreendem duas modalidades: fagocitose e pinocitose.

- **Fagocitose** – Consiste no englobamento de partículas de natureza sólida através da formação de projeções da membrana plasmática que envolvem o material que se encontra no meio extracelular. Essas projeções são denominadas pseudópodes (pseudópodos). Ao fim do processo, a partícula sólida estará no meio intracelular, contida numa pequena bolsa ou vacúolo chamado fagossomo (“corpo comido”). Esse fagossomo, posteriormente, será digerido no interior da célula por meio da ação de enzimas digestivas presentes numa organela citoplasmática, denominada lisossomo.



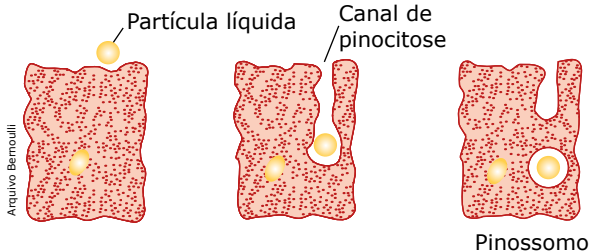
**Fagocitose** – As células que fazem fagocitose possuem certos tipos de proteínas “receptoras” na superfície da membrana plasmática. Quando uma partícula de natureza sólida é reconhecida por esses “receptores”, ela se liga a eles. Essa ligação induz uma reação imediata da membrana que, então, forma evaginações (projeções para fora) ao redor da partícula que se fecham sobre ela. A partícula capturada fica, então, encerrada numa bolsa ou vesícula, que se desprende da membrana e passa para o meio intracelular. Essa bolsa é o fagossomo.

A fagocitose é realizada pelas células com duas finalidades: obtenção de alimento e defesa contra corpos estranhos. Em alguns organismos unicelulares, como as amebas, o objetivo da fagocitose é a captura de alimentos que estão no meio extracelular; em seres pluricelulares, como a espécie humana, existem linhagens de células, como os macrófagos e os leucócitos (glóbulos brancos), especializadas em realizar fagocitose com o objetivo de capturar e destruir corpos estranhos que invadem o organismo.

- **Pinocitose** – Englobamento de pequenas gotas de líquido através de invaginações da membrana plasmática. É um processo mais delicado do que a fagocitose, sendo difícil sua observação ao microscópio óptico (MO).

É provável que a maioria das células animais seja capaz de realizar a pinocitose. Algumas células, inclusive, dispõem de um reforço glicoproteico, o glicocálix, que muito contribui para a realização da pinocitose. Sabe-se que ao glicocálix se aderem mais firmemente as partículas que tocam a superfície da membrana, facilitando a sua imediata absorção pelo canal de pinocitose. Ao contrário do que se poderia pensar, a pinocitose não introduz indiscriminadamente na célula todos os líquidos do meio extracelular. Já se demonstrou que certas substâncias aderem seletivamente aos glicídios do glicocálix e, em seguida, são introduzidas na célula.

Rotineiramente, a membrana permite a passagem apenas de pequenas moléculas e íons. As macromoléculas de proteínas, ácidos nucleicos, polissacarídeos e outras precisam ser hidrolisadas, isto é, fragmentadas em unidades menores, para, então, poderem atravessar a membrana e passar ao meio intracelular. Por meio da pinocitose, é possível compreender como certas substâncias constituídas de macromoléculas (hormônios proteicos, por exemplo), que normalmente não podem atravessar a membrana, entram na célula sem precisar sofrer hidrólise.



**Pinocitose** – No tipo mais comum de pinocitose, a membrana plasmática, na região de contato com as gotículas, se invagina, aprofundando-se no interior do citoplasma e formando um pequeno canal, denominado canal de pinocitose, pelo qual o líquido penetra. Em seguida, as bordas do canal se fecham, dando origem a uma pequena bolsa ou vacúolo: é a vesícula de pinocitose ou pinossomo ("corpo bebido"). Essas vesículas são puxadas pelo citoesqueleto e penetram no citoplasma, onde o material englobado é repassado para o lisossomo. A membrana da vesícula vazia e os receptores são devolvidos à superfície celular, ou seja, são reciclados para serem novamente usados.

- **Exocitose** – É um processo inverso ao da endocitose e tem por objetivo a eliminação de substâncias da célula. Forma-se no meio intracelular uma vesícula ou vacúolo, contendo o material a ser eliminado. Essa vesícula funde-se à membrana plasmática num determinado ponto, eliminando o seu conteúdo no meio extracelular.



01KL

**Transportes pela membrana plasmática**

Nesse objeto de aprendizagem, você observará os seguintes transportes celulares: difusões simples e facilitada, osmose e transporte ativo. Perceba as diferenças entre eles. Boa atividade!

**Parede celular**

Também chamada de membrana esquelética, a parede celular é o revestimento mais externo de muitas células procariotas e eucariotas, sendo encontrada sobre a membrana plasmática de células de bactérias, algas, fungos, briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas.

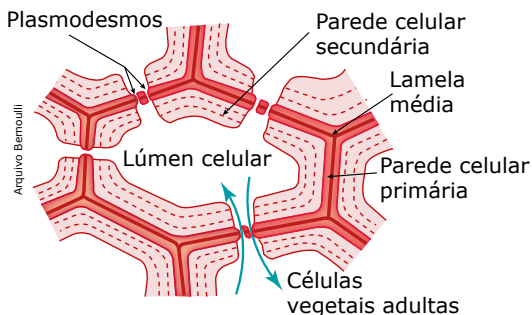
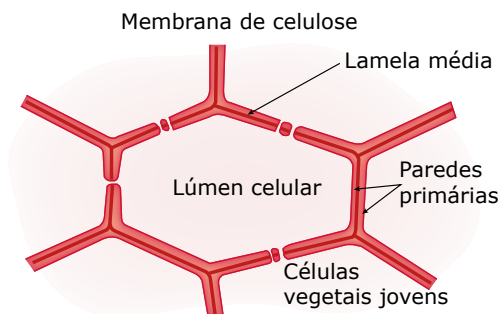
Trata-se de uma estrutura espessa, permeável, dotada de grande resistência, visível ao microscópio óptico, que determina a forma da célula e desempenha um papel mecânico, servindo de reforço e proteção à célula.

Sua composição química é diversificada, variando nos diferentes grupos de seres vivos nos quais é encontrada.

Nas clorófitas (clorófitas, "algas verdes"), nas briófitas, nas pteridófitas, nas gimnospermas e nas angiospermas, a parede celular é constituída basicamente de celulose. Por isso, nesses grupos de plantas, a parede celular também pode ser chamada de membrana de celulose ou membrana celulósica.

Tomando como referencial o grupo das angiospermas, vamos ver mais alguns detalhes sobre a membrana de celulose (parede celular constituída basicamente de celulose).

Nas células vegetais jovens, a membrana celulósica é relativamente delgada, flexível, elástica, de modo a permitir o crescimento celular, sendo chamada de membrana celulósica primária ou parede primária. Quando a célula vegetal se torna adulta, ela adquire, logo abaixo da parede primária, uma segunda camada protetora de celulose denominada membrana celulósica secundária ou parede secundária, que é mais espessa e mais rígida do que a parede primária. A grande resistência que a membrana de celulose tem numa célula vegetal adulta se deve à parede secundária. Como a formação da parede secundária se faz internamente à parede primária, sua formação reduz o lúmen celular, isto é, o espaço interno da célula diminui.



Membrana de celulose.

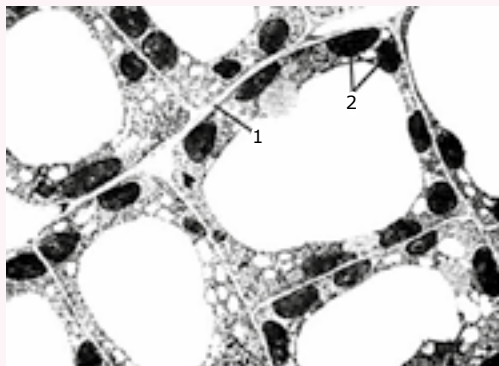
Observe que, entre células vegetais vizinhas, aparece a lamela média, estrutura constituída de pectatos de cálcio e magnésio (substâncias pécticas), que têm a finalidade de promover a união entre as células. A lamela média, encontrada entre as paredes primárias de células vizinhas, une, como um "cimento", células vegetais adjacentes.

Também entre células vegetais vizinhas aparecem os plasmodesmos, regiões de descontinuidade dos revestimentos externos e que estabelecem comunicações entre as células. Os plasmodesmos são verdadeiras "pontes citoplasmáticas", pelas quais ocorre intercâmbio de substâncias entre as células.

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



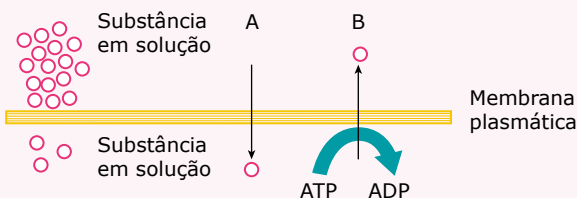
01. (UNIFESP) A figura apresenta uma imagem microscópica de células eucarióticas.



BURGESS, J. Carnegie Mellon University. Disponível em: <mimp.memscmu.edu>.

- A) A imagem mostra um conjunto de células animais ou vegetais? Justifique.
- B) Dê o nome das estruturas apontadas em 1 e 2 e explique suas funções.

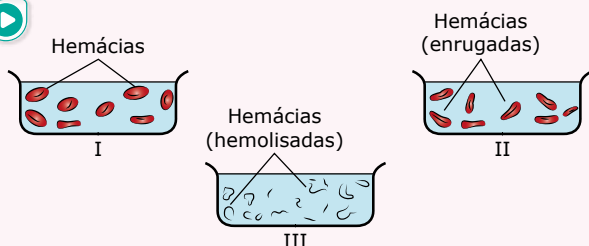
02. (UFLA-MG)



As formas pelas quais a substância está sendo transportada em A e B são, respectivamente:

- A) transporte ativo; transporte passivo.
- B) transporte passivo; difusão facilitada.
- C) difusão; difusão facilitada.
- D) transporte passivo; transporte ativo.
- E) transporte ativo; difusão.

03. (UFS-SE) As figuras a seguir representam hemácias em soluções de diferentes concentrações.



Observando as figuras, é possível afirmar que as soluções I, II e III são, respectivamente:

- A) isotônica, hipertônica e hipotônica.
- B) hipertônica, hipotônica e isotônica.
- C) hipotônica, isotônica e hipertônica.
- D) isotônica, hipotônica e hipertônica.
- E) hipotônica, hipertônica e isotônica.

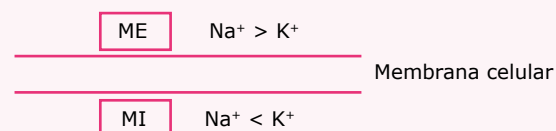


04. (UFU-MG) A membrana plasmática, além de exercer importante papel na seleção e no transporte de substâncias para dentro e para fora da célula, tem em sua constituição moléculas que trabalham na identificação de outras células iguais ou estranhas.

Analise as afirmativas a seguir sobre a estrutura e a função da membrana plasmática e marque a alternativa correta.

- A) A bomba de sódio e potássio é um exemplo de transporte passivo, em que a despolarização e a repolarização acontecem sem gasto de energia.
- B) Os glicídios, que aparecem apenas na face externa da membrana, participam na identificação de células do mesmo tecido ou de células estranhas.
- C) No modelo de membrana de Singer e Nicholson, as proteínas estão fixas entre uma camada dupla de lipídios, não se movendo em lateralidade, o que confere à estrutura da membrana um caráter estático.
- D) Difusão e osmose são sinônimos e exemplos de transporte passivo.

05. (PUC-SP) O esquema a seguir refere-se às diferentes concentrações dos íons sódio e potássio no meio extracelular (ME) e no meio intracelular (MI). Essa situação é constatada em vários tipos celulares.



Se em uma célula nessa condição iônica for bloqueada a produção de ATP, espera-se que

- A) ocorra passagem de toda a quantidade de íons potássio para o meio extracelular.
- B) ocorra passagem de toda a quantidade de íons sódio para o meio intracelular.
- C) as concentrações desses íons se tornem aproximadamente iguais nos dois meios.
- D) diminua ainda mais a concentração de potássio no meio extracelular e de sódio no meio intracelular.
- E) essa situação permaneça inalterada.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (UFRGS-RS) Considere o enunciado a seguir e as quatro propostas para completá-lo.

No processo de transporte, através da membrana, pode ocorrer

- 1. a difusão facilitada, um tipo de transporte passivo.
- 2. o transporte passivo, a favor do gradiente de concentração.
- 3. o transporte ativo, feito com gasto de energia.
- 4. a difusão simples, independentemente do gradiente de concentração.

Quais propostas estão corretas?

- A) Apenas 2.
- B) Apenas 2 e 4.
- C) Apenas 1, 2 e 3.
- D) Apenas 1, 2 e 4.
- E) Apenas 1, 3 e 4.

02.  
OC62



(UEPA) As bactérias sob elevadas temperaturas podem se duplicar a cada 20 minutos. Por isso, em países em que predomina clima quente, como o Brasil, os alimentos correm o risco de estragarem de forma rápida. Na região amazônica, é prática comum nas comunidades ribeirinhas a utilização de modos alternativos para a conservação de alimentos, como o salgamento, bastante utilizado na preservação de peixes.

Sobre o método de conservação citado, analise as afirmativas a seguir e identifique as verdadeiras e falsas em ordem crescente de numeração.

1. ( ) O método em questão faz com que a água contida no alimento seja perdida para o ambiente.
2. ( ) A adição de sal no alimento a ser conservado deixa o meio hipertônico.
3. ( ) O método em questão refere-se ao processo de osmose, que é um tipo de transporte em que há gasto de energia.
4. ( ) O método em questão faz com que a água contida nas bactérias presente no alimento seja perdida para o ambiente.
5. ( ) A adição de sal no alimento a ser conservado permite a entrada de água no mesmo.

A sequência correta é:

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| A) V - V - F - V - F | D) F - V - V - F - V |
| B) V - V - F - V - V | E) F - V - V - V - F |
| C) F - F - V - V - F |                      |

03. (Unicamp-SP) Considere os seguintes componentes celulares:

- I. Parede celular
- II. Membrana nuclear
- III. Membrana plasmática
- IV. DNA

É correto afirmar que as células de

- A) fungos e protozoários possuem II e IV.
- B) bactérias e animais possuem I e II.
- C) bactérias e protozoários possuem II e IV.
- D) animais e fungos possuem I e III.

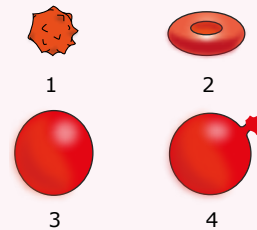
04.  
BIXD



(Mackenzie-SP) A respeito da permeabilidade celular, assinale a alternativa correta.

- A) Não há participação de proteínas da membrana em nenhum tipo de transporte passivo.
- B) A bomba de sódio e potássio ocorre para garantir que os meios intra e extracelulares se mantenham isotônicos.
- C) A semipermeabilidade garante que a membrana é capaz de controlar a passagem de qualquer tipo de substância através dela.
- D) Na difusão, uma vez que os meios se tornam isotônicos, continua a haver passagem das substâncias, mas agora na mesma velocidade em ambos os sentidos.
- E) Os processos de endocitose envolvem mudanças na estabilidade da membrana.

05. (UERJ) Colocando-se hemácias em diferentes soluções com concentrações iônicas variáveis, pode-se exemplificar a influência que o grau de permeabilidade da membrana plasmática à água exerce sobre a célula. As consequências desse experimento estão demonstradas no esquema a seguir:



O esquema que representa o comportamento da hemácia, ao ser colocada em um meio hipertônico, é o de número

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

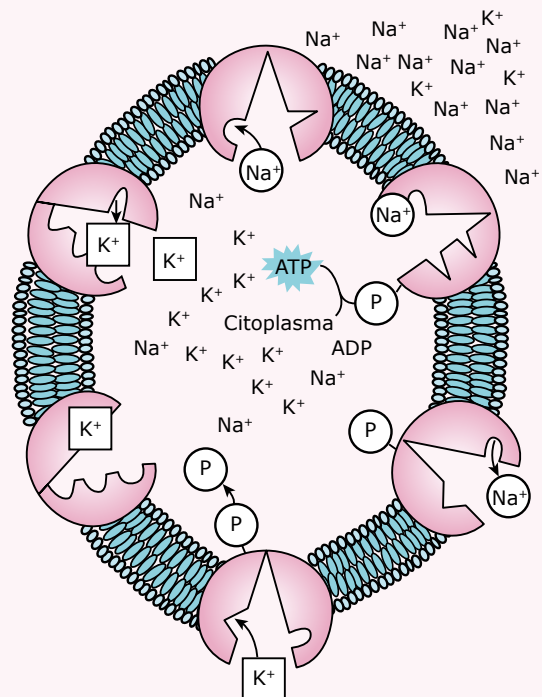
06.  
206P



(Unioeste-PR) Considerando que a existência e a integridade da membrana plasmática são fundamentais para a célula, é correto afirmar que essa estrutura

- A) contém moléculas de lipídios que são incapazes de se deslocarem, não permitindo a passagem de substâncias entre os meios extracelular e intracelular.
- B) permite, pelo processo de osmose, a passagem de solutos em direção à maior concentração de suas moléculas.
- C) possibilita à célula manter a composição intracelular igual à do meio extracelular, em relação à água, sais minerais e macromoléculas.
- D) para a realização do transporte ativo, proteínas de membrana atuam como bombas de íons, capturando ininterruptamente íons de sódio ( $\text{Na}^+$ ) e mantendo igual concentração entre os meios extracelular e intracelular.
- E) permite o movimento de fosfolipídios que lhes confere um grande dinamismo, pois deslocam-se continuamente sem perder o contato uns com os outros.

07. (UFPE) Medindo-se a concentração de dois importantes íons,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ , observa-se maior concentração de íons  $\text{Na}^+$  no meio extracelular do que no meio intracelular. O contrário acontece com os íons  $\text{K}^+$ . Íons de  $\text{Na}^+$  são capturados do citoplasma para o meio extracelular, e íons de potássio ( $\text{K}^+$ ) são capturados do meio extracelular para o meio intracelular, como mostrado na figura adiante.





Esse processo é conhecido como

- A) difusão facilitada por permeases intracelulares.
- B) osmose em meio hipertônico.
- C) difusão simples.
- D) transporte ativo.
- E) transporte por poros da membrana plasmática.

**08.** (UNITAU-SP) A membrana plasmática, também conhecida como plasmalema, envolve as células e controla a passagem de substâncias entre os meios intra e extracelular. Com relação a essa membrana, assinale a alternativa correta.

- A) A membrana é composta por lipídios que apresentam uma região polar e uma apolar. A região apolar fica em contato com o meio aquoso do exterior e do interior da célula.
- B) Os desmossomos, encontrados na membrana plasmática de células, são poros pelos quais passa o citoplasma e por onde é facilitada a passagem de substâncias entre as células.
- C) Glicídios ligados a proteínas de membrana formam o glicocálice, um canal responsável pela passagem de íons e de pequenas moléculas entre uma célula e outra.
- D) Proteínas podem estar presentes na bicamada lipídica das membranas e podem ser receptoras hormonais ou transportadoras de substâncias.
- E) Zônulas ou junções oclusivas são encontradas na membrana de células, e têm a função de diminuir a velocidade de eliminação de substâncias da célula.

**09.** (UEA-AM) Um estudante, utilizando um microscópio óptico comum, realizou o seguinte experimento com um fragmento de tecido vegetal:

Etapa 1: Sobre a lâmina onde se encontrava a amostra, pingou algumas gotas de solução de sacarose em concentração muito próxima à das células. Aguardou alguns minutos, observou o resultado e fez uma contagem das células.

Etapa 2: Removeu a primeira solução de sacarose com um papel absorvente e pingou algumas gotas de água destilada. Aguardou alguns minutos, observou o resultado e fez nova contagem.

Etapa 3: Removeu a água destilada com papel absorvente e pingou algumas gotas de solução de sacarose em concentração muito superior à do tecido em questão. Aguardou alguns minutos, observou o resultado e realizou a última contagem.

Se esse mesmo experimento fosse realizado com uma cultura de células animais, o estudante observaria

- A) uma redução significativa do volume celular ao final da etapa 2.
- B) um aumento do número de células ao final da etapa 3.
- C) uma redução significativa no número de células ao final da etapa 2.
- D) um aumento do volume celular ao final da etapa 1.
- E) uma redução significativa no número de células ao final da etapa 1.

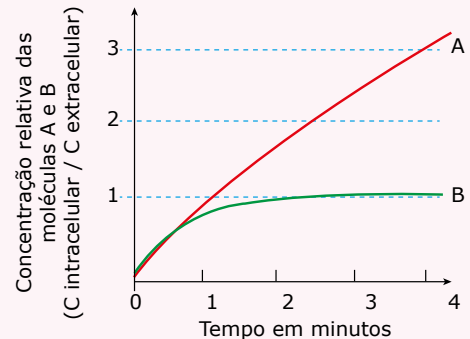
**10.** (UEMA) Ao longo do tempo, os cientistas têm estudado várias modificações sofridas pela membrana plasmática, tais como microvilosidades e interdigitações que desempenham funções importantes na manutenção da saúde do ser vivo.

Conceitue microvilosidades e interdigitações, relacionando-as com a nutrição e a proteção do ser humano.

**11.**  
HG40



(PUC Minas) Uma célula animal foi colocada em um meio líquido e as concentrações relativas de duas diferentes moléculas (A e B) foram determinadas pela razão entre a concentração intracelular e a concentração extracelular, no início (tempo zero), a cada minuto. Proteínas de membrana são responsáveis pelos dois transportes, e os resultados foram utilizados para a elaboração do gráfico a seguir:



Pela análise das informações anteriores e outros conhecimentos sobre o assunto, não se pode afirmar que a célula

- A) absorve a molécula A por transporte ativo, gastando energia para a realização desse trabalho.
- B) realiza difusão facilitada, aumentando a concentração intracelular da molécula B no intervalo de 0 a 2 minutos.
- C) após três minutos no meio, tanto excreta como absorve a molécula B, mas continua absorvendo a molécula A.
- D) transporta a molécula B por difusão simples, tornando a célula hipotônica em relação ao meio.

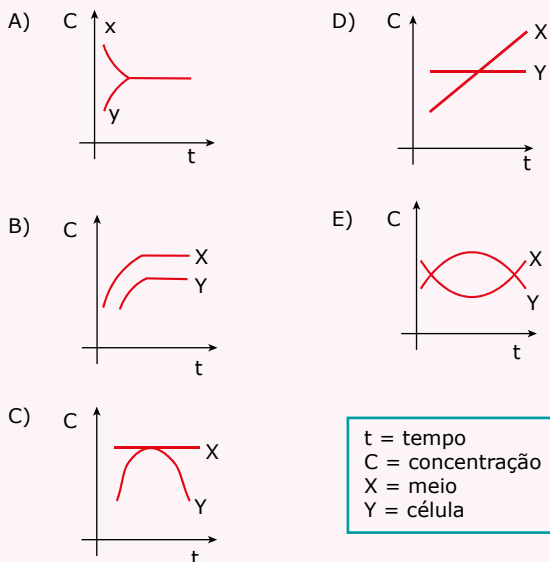
**12.** (UNIRIO-RJ) As células animais apresentam um revestimento externo específico, que facilita sua aderência, assim como reações a partículas estranhas, como as células de um órgão transplantado. Esse revestimento é denominado

- A) membrana celulósica.
- B) glicocálix.
- C) microvilosidades.
- D) interdigitações.
- E) desmossomos.

**13.** (IFPE) A difusão simples e a osmose são dois fenômenos puramente físicos que promovem a entrada e a saída de substâncias na célula. Ambos os fenômenos citados ocorrem devido a um gradiente de concentração entre o meio interno e o externo da célula. Sobre esses dois fenômenos, assinale a única afirmativa correta.

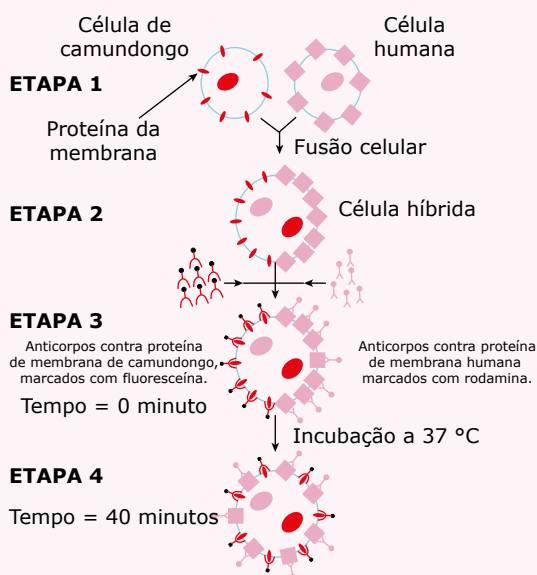
- A) Quando o meio intracelular é hipotônico, em relação ao meio extracelular, poderá ocorrer saída de solutos da célula por difusão.
- B) Os fenômenos de difusão e osmose, que permitem a troca de substâncias entre a célula e o meio no qual ela se encontra, somente ocorrerão em células vivas.
- C) A entrada de substâncias na célula por difusão consome muito mais energia que a saída de substâncias da célula por osmose.
- D) Em uma célula cujo meio intracelular é hipotônico em relação ao meio extracelular, deverá ocorrer a saída de água.
- E) A difusão somente ocorrerá de fora para dentro da célula se o meio intracelular for hipertônico em relação ao meio extracelular.

**14.** (PUC Minas) O gráfico que melhor representa o que acontece com célula hipotônica em meio hipertônico e com a concentração do meio é:



## SEÇÃO ENEM

**01.** (Enem-2017) 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.



ALBERT, B. et al. *Biologia molecular da célula*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997 (Adaptação).

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 fosfolípidios da membrana plasmática.
- D) são mobilizadas em razão da inserção de anticorpos.
- E) são bloqueadas pelos anticorpos.

**02.** (Enem-2017) Uma das estratégias para conservação de alimentos é o salgamento, adição de cloreto de sódio (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 Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> 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.

## SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento

### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01.
- A) Células vegetais, pois as células possuem parede celular, cloroplasto e um vacúolo central.
  - B) 1- Parede celular. Suas funções são de proteção e sustentação mecânica. 2 - Cloroplasto. Sua função é fazer fotossíntese.
02. D     03. A     04. B     05. C

### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. C     04. D     07. D
  - 02. A     05. A     08. D
  - 03. A     06. E     09. C
10. Microvilosidades são evaginações da superfície da membrana. Elas estão presentes em determinadas células eucariotas com a finalidade de aumentar a superfície de absorção. As interdigitações são projeções laterais da membrana, que se encaixam em depressões da membrana vizinha, evitando a saída de fluidos e a entrada de agentes nocivos nos espaços intercelulares.
11. D     12. B     13. D     14. A

### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. A     02. E



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %