

# Biologia

PROFESSOR FLÁVIO LANDIM



## ASSUNTOS DA AULA.

Clique no assunto desejado e seja direcionado para o tema.

- [Hialoplasma](#)
- [Citoesqueleto](#)
- [Citoplasma figurado](#)
- [Ribossomos](#)
- [Centríolos](#)
- [Cílios e flagelos](#)
- [Retículo endoplasmático](#)
- [Complexo de Golgi](#)

## CITOPLASMA I

### CITOESQUELETO, RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO E COMPLEXO DE GOLGI

A parte viva da célula recebe o nome de **protoplasma**. Em **células procarióticas** ele corresponde ao **citoplasma**. Em **células eucarióticas**, ele se subdivide em **nucleoplasma** ou **carioplasma** (protoplasma do núcleo) e citoplasma (protoplasma compreendido entre a membrana nuclear e a membrana plasmática). O termo **paraplasma** é utilizado para designar a parte não viva da célula, que corresponde a inclusões de substâncias inertes no citoplasma.

As **inclusões citoplasmáticas** correspondem a acúmulos de sais minerais em vegetais, conhecidos como drusas, ráfides e cistólitos. **Drusas** e **ráfides** são acúmulos de **oxalato de cálcio**, enquanto que **cistólitos** são acúmulos de **carbonato de cálcio**. Estas inclusões estão armazenadas em estruturas citoplasmáticas denominadas **vacúolos**.

O citoplasma se apresenta ao microscópio óptico como uma massa gelatinosa e homogênea. Entretanto, ao microscópio eletrônico, verifica-se que, na verdade, ele corresponde a uma massa heterogênea, onde existe uma série de estruturas imersas na mesma. Estas estruturas correspondem às organelas citoplasmáticas e a constituintes inertes e muitas vezes temporários, sendo conhecidas como inclusões, que, como já visto, correspondem ao paraplasma.

Desta maneira, em células eucarióticas, é possível dividir o citoplasma em:

- **hialoplasma**: massa amorfa onde se situam as demais estruturas.
- **citoplasma figurado**: as próprias organelas

## HIALOPLASMA

---

O **hialoplasma**, também chamado **citoplasma fundamental** ou **matriz citoplasmática** ou **citossol**, é uma **massa amorfa, gelatinosa e homogênea** que constitui a base para a constituição do citoplasma. Este é constituído principalmente por água e substâncias nela dissolvidas, como sais minerais, proteínas, e outras moléculas orgânicas. A mistura de água e outras moléculas que constitui o hialoplasma se encontra sob a forma de uma **solução coloidal**.

**Soluções coloidais** ou **coloides** são sistemas homogêneos (unifásicos, isto é, não se percebe que é formado por mais de uma substância) formados por um meio dispersante ou dispergente (que corresponde ao solvente; na célula, ele corresponde ao solvente universal, a água) e um meio disperso, formado por partículas denominadas micelas (que corresponde ao soluto; na célula, várias moléculas orgânicas desempenham esse papel de soluto no coloide). Para uma mistura ser considerada uma solução coloidal, as partículas dispersas têm que possuir dimensões entre 1 e 100nm, para constituírem as **micelas**. Acontece que a maioria das moléculas orgânicas, como proteínas, polissacarídeos, ácidos nucleicos e outras, são macromoléculas, isto é, moléculas de grande dimensão cujo diâmetro se situa entre 1 e 100nm. Desta maneira, qualquer macromolécula dispersa em água assume o papel de micela e o sistema resultante é um sistema coloidal. As principais moléculas formadoras de sistemas coloidais em células são as proteínas.

As soluções coloidais possuem várias propriedades, que conferem a elas grande estabilidade e explicam a sua importância para a matéria viva. Dentre elas, podemos destacar:

- As **micelas** possuem uma **mesma carga elétrica**, que depende da natureza da molécula e do pH da solução. Como elas possuem a mesma carga elétrica e de mesmo sinal, elas tendem a se repelir incessantemente. A presença de cargas elétricas idênticas faz com que as moléculas permaneçam se repelindo, o que gera um movimento desordenado e contínuo das micelas, movimento este denominado **movimento browniano**. Este aumenta a entropia e, por consequência, a estabilidade do sistema.

- a presença de cargas elétricas nas micelas atrai as moléculas de água. Assim, se a micela tem, por exemplo, uma carga negativa, a porção positiva da molécula polar de água (ou seja, os hidrogênios) serão atraídos. Uma camada de água se forma ao redor da micela, e as partes positivas da molécula de água neutralizam parcialmente a carga negativa da micela. Esta neutralização, e o fato da camada de água impedir o choque direto entre micelas, reduz a energia do sistema, contribuindo para sua estabilidade. A camada que envolve a micela é denominada **camada de solvatação**.

---

Tome nota:

Os componentes de uma solução coloidal não se precipitam, devido ao constante movimento browniano. Para separá-los, filtros e centrifugas convencionais não adiantam, deve-se usar ultrafiltros e ultracentrifugas (estas últimas utilizadas na centrifugação fracionada para separar as organelas e os demais componentes do hialoplasma). Além disto, suas partículas só são visualizadas através de microscopia eletrônica ou difração de raios X, e apenas em estudos especiais.

Tipo de dispersão	Solução verdadeira	Solução coloidal	Suspensão
Tamanho da partícula dispersa	menos de 1 nm	de 1 a 100 nm	mais de 100 nm
Características das partículas	não visíveis ao microscópio, não filtráveis e não centrifugáveis	visíveis ao microscópio eletrônico, filtráveis em ultrafiltros e centrifugáveis em ultracentrifugas	visíveis ao microscópio óptico, filtráveis em filtros convencionais e centrifugáveis em centrifugas convencionais
Exemplo de partícula biológica formadora da dispersão	monômeros como aminoácidos e glicose	polímeros como proteínas	células, como hemácias em sangue

## ESTADOS DO COLOIDE

As soluções coloidais podem se apresentar sob dois estados físicos: sol e gel:

- **sol: grau mínimo de agregação das partículas**, devido a temperaturas mais altas ou menor concentração das micelas. Como exemplo deste estado, temos a gelatina quente, em estado líquido.
- **gel: grau máximo de agregação das partículas**, devido a temperaturas mais baixas ou maior agregação das micelas. Como exemplo deste estado, temos a gelatina fria, com típica consistência gelatinosa.

Alguns fatores podem alterar o estado físico do coloide. Assim, a incorporação de mais soluto ou o agregação das partículas por resfriamento passam o coloide do estado sol para gel (fenômeno este conhecido como **gelação**). Da mesma maneira, a diminuição na concentração do soluto ou o descarregamento das partículas por aquecimento passam o coloide do estado gel para sol (fenômeno este conhecido como **solução**). A este fenômeno da reversibilidade do estado físico coloidal dá-se o nome de **tixotropismo**.

A região mais **externa do citoplasma**, denominada **ectoplasma**, apresenta uma maior concentração protéica, sendo bastante viscosa e se apresentando na forma de um **gel coloidal**. Já a região mais **interna**, denominada **endoplasma**, apresenta uma menor concentração protéica, sendo mais fluida e se apresentando como um **sol coloidal**.

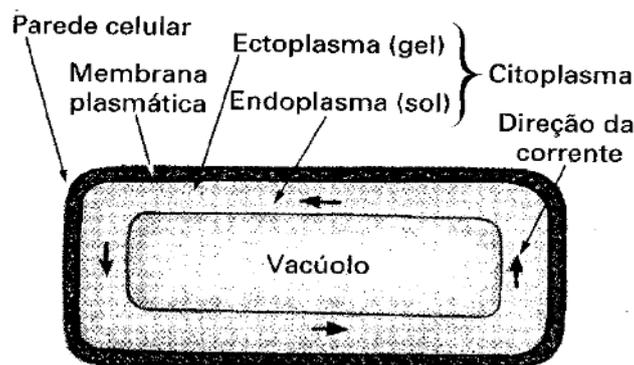
Tome nota:

## MOVIMENTOS CELULARES

Através do tixotropismo, a alteração sol gel ou gel sol é responsável pela presença de duas formas de movimento celular:

### CICLOSE

É uma forma de movimento típico de células vegetais. Nestas células, existe um vacúolo de suco celular que preenche quase a totalidade do conteúdo celular, estando o citoplasma restrito a uma estreita faixa na periferia da célula. Na porção endoplasma do mesmo, é possível observar um fluxo interno no citosol, que arrasta as organelas ao redor do vacúolo central. Esta corrente citoplasmática no endoplasma (que é a região mais fluida do hialoplasma) é conhecida como ciclose, e o movimento deve-se a proteínas contráteis presentes no próprio hialoplasma. A ciclose pode ser facilmente evidenciável em células vegetais, como a alga *Nitella* e a flor da trapoeraba (gênero *Tradescantia*). Sua função é permitir uma distribuição constante das organelas na célula através do movimento citoplasmático. Em células animais, pode-se observar com menor intensidade o fenômeno da ciclose. Nelas, o fenômeno aumenta com o aumento de temperatura e diminui com a diminuição da temperatura, bem como com a presença de anestésicos e a falta de oxigênio.



Ciclose em célula vegetal.

### MOVIMENTO AMEBOIDE

É observado principalmente em certos protozoários, como a ameba (daí o nome movimento ameboide) e células animais de defesa (leucócitos, também conhecidos como glóbulos brancos). Nesta forma de movimento, a célula emite prolongamentos citoplasmáticos, denominados **pseudópodes**, o que é conseguido através de transformações controladas gel sol e sol gel. Este movimento está associado, além da locomoção, ao processo de fagocitose. Normalmente o movimento ameboide acontece devido a um estímulo químico, que atrai a célula em direção à fonte do estímulo, num fenômeno conhecido como quimiotaxia.

## FUNÇÕES DO HIALOPLASMA

O hialoplasma desempenha uma série de funções graças às enzimas presentes em sua composição. Dentre elas, podemos destacar:

- **meio de difusão para reações químicas**, pois é formado de água, principalmente, além de conter enzimas; a glicólise é um exemplo de reação que ocorre no citoplasma;
- **sustentação interna**, através do citoesqueleto nele presente;
- **movimento**, tanto citoplasmático, como os já descritos ciclose e movimento ameboide, como o movimento ciliar e flagelar, movimentos de vesículas e outros através também da ação do citoesqueleto.

## CITOESQUELETO

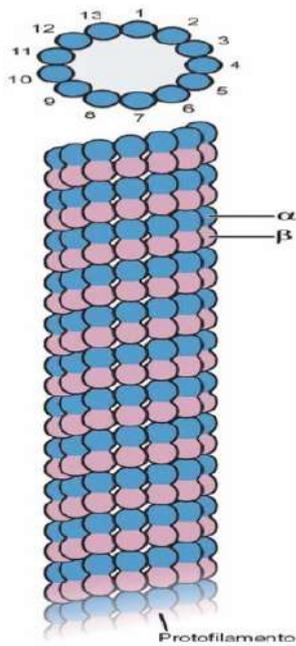
Atualmente, consegue-se explicar melhor a ocorrência dos movimentos citoplasmáticos graças à descoberta e entendimento da função de estruturas protéicas do hialoplasma, visíveis apenas ao microscópio eletrônico, que correspondem aos chamados **microtúbulos**, **microfilamentos** e **filamentos intermediários**. Juntos, estes são responsáveis pela sustentação da célula e definição da sua forma, através de uma rede de filamentos protéicos que constitui o chamado citoesqueleto.

### 1. MICROTÚBULOS

Os **microtúbulos** são estruturas presentes em todas as células eucarióticas, formadas por proteínas e visíveis apenas ao M.E.. Os microtúbulos são formados basicamente por uma proteína globular denominada **tubulina**. Esta forma filamentos, lineares ou em espiral, para originar o microtúbulo.

Os microtúbulos têm a capacidade de se polimerizar (através da incorporação de tubulina livre no citoplasma) ou se despolimerizar (através da liberação de tubulina para o citoplasma), aumentando ou diminuindo de comprimento, respectivamente. Na célula, existem alguns sítios de organização, tais como centríolos, corpúsculos basais de cílios e flagelos e centrômeros de cromossomos, a partir dos quais o processo de polimerização acontece de maneira orientada. A polimerização dos microtúbulos pode ser inibida através da adição da substância química colchicina ao meio. Com a colchicina na célula, a despolimerização pode continuar ocorrendo, e os microtúbulos já formados podem ir se desmontando. A falta de ATP na célula inibe tanto a polimerização como a despolimerização dos microtúbulos.

Tome nota:



Tome nota:

Organização molecular de um microtúbulo. Nesta estrutura polarizada existe uma alternância das duas subunidades ( $\alpha$  e  $\beta$ ) da molécula de tubulina. As moléculas de tubulina se dispõem de modo a formar 13 protofilamentos, como pode ser visto na parte superior do desenho.

Os microtúbulos desempenham diversas funções, como:

- **sustentação e proteção mecânica à célula**, através de uma rede de microtúbulos no citoplasma. Por exemplo, a forma típica de neurônios com seus dendritos e axônios é devida à disposição ordenada do citoesqueleto.
- os microtúbulos estão relacionados a **modificações celulares que ocorrem durante o processo de diferenciação ou especialização** celular. Assim, a formação de neurônios e de espermatozoides envolvem a formação de prolongamentos, alteração na posição de organelas e outras alterações mediadas por microtúbulos.
- os microtúbulos **podem facilitar o transporte e circulação de substâncias no citoplasma**, funcionando como uma rede de tubos.
- a ação dos microtúbulos permite **o deslocamento de vesículas no interior celular**, estando relacionado com os processos de fagocitose e pinocitose, clasmocitose, secreção celular e deslocamento de vesículas como neurotransmissores na sinapse neuronal.
- os microtúbulos estão relacionados à motilidade celular, uma vez que eles **entram na composição de organelas como cílios e flagelos**.
- várias organelas e estruturas celulares são formadas a partir de microtúbulos, como os já citados cílios e flagelos, mas também os **centríolos, além das fibras do fuso e do áster**, que aparecem durante a divisão celular com a função de dividir os cromossomos.

## 2. MICROFILAMENTOS

Os **microfilamentos** são estruturas também protéicas com forma filamentar sólida e diâmetro entre 6 e 8nm, sendo formados por **actina**. Esses filamentos de actina se associam com a **miosina** para desempenharem juntos a função de contração celular.

As funções dos microfilamentos são:

- **organização do citoesqueleto**, junto aos microtúbulos.
- **motilidade celular**: todos os processos de motilidade celular, como **ciclose**, **pseudópodes**, **movimento de vesículas**, **motilidade ciliar** e **flagelar**, estão relacionados aos microfilamentos de actina e miosina. A actina e a miosina estão presentes em todas as células desempenhando função contrátil. Em células musculares, porém, elas se dispõem em estruturas denominadas miofibrilas e ocupam quase todo volume celular, uma vez que estas células são especializadas em contração.
- **motilidade de proteínas de membrana**: como se sabe, a bicamada lipídica da membrana plasmática é uma estrutura fluida que permite a livre movimentação de moléculas protéicas em sua superfície. Estas moléculas de proteína são movimentadas graças à interação das mesmas com o citoesqueleto do ectoplasma em contato com a membrana.
- **adesão celular**: os filamentos de queratina que organizam desmossomos contribuem para a adesão entre células epiteliais.

## 3. FILAMENTOS INTERMEDIÁRIOS

**Filamentos intermediários** ou **tonofilamentos** são fios de proteína com diâmetro intermediário entre microfilamentos e microtúbulos. As proteínas que compõem esses filamentos intermediários são bastante variáveis, mas a principal é a **queratina**, que também ocorre na pele e forma pelos e penas. Neste caso, filamentos de queratina aumentam a resistência mecânica do citoplasma, bem como aumentam a adesão entre células vizinhas (quando associadas com especializações de membrana plasmática denominadas desmossomos). Células epidérmicas apresentam tais filamentos em grande abundância.

Tome nota:

### Leitura – “Ossos” moles de proteínas

Células também têm esqueleto. Não igual ao dos mamíferos. Nas células, o que dá sustentação são redes de proteínas. Como os tubos de ferro que mantêm de pé a lona de um circo.

Basicamente, três proteínas formam o citoesqueleto: tubulina, que dá rigidez às células, actina, que as torna resistentes à tensão; misoína, que, com a actina, causa contrações.

Anomalias no esqueleto celular estão ligadas a doenças que vão da infertilidade ao câncer, passando por distúrbios menos conhecidos. Na Universidade de Chicago, por exemplo, informações químicas propositalmente truncada em laboratório deram origem a camundongos com um cruel defeito: células da pele com ligação deficiente. Por isso, o mais delicado toque faz com que a pele se rompa, como nos portadores da doença *Epidermolysis bullosa simplex*.

Alguns cientistas estão tentando provar a hipótese de que uma espécie de código postal leva o citoesqueleto a se organizar de forma precisa. Erros de endereçamento criariam esqueletos defeituosos, originando doenças, como o câncer.

Já se mostrou em testes de laboratório que uma falha de organização da proteína actina faz com que as células não parem de se dividir. Em ratos, isso dá origem a tumores.

A síndrome de Kartagener, que faz o coração crescer do lado direito, também leva à infertilidade. Os dois problemas têm a mesma origem: um defeito protéico que paralisa os microtúbulos (estruturas do esqueleto). Células que dão origem ao tecido cardíaco não conseguem migrar para o lado certo do corpo, assim como os espermatozoides não têm meios de chegar aos óvulos (sua cauda, feita de microtúbulos, não é funcional).

Dois tipos de anemia também resultam de problemas na actina. Os defeitos tornam os glóbulos vermelhos extremamente frágeis, fazendo com que se rompam prematuramente.

*Adaptado de Hara, Hélio. O Globo, Rio de Janeiro, 18/7/1993*

## CITOPLASMA FIGURADO

O citoplasma figurado compreende as chamadas **organelas citoplasmáticas**. Estas são estruturas presentes no interior do hialoplasma que, de acordo com sua natureza, especializam-se em funções determinadas relacionadas ao metabolismo celular. O aparecimento de organelas leva a célula a uma compartimentalização, ou seja, divisão da célula em compartimentos (as próprias organelas) específicos para a realização de cada função.

As organelas podem ser de dois tipos: **membranosas e não membranosas**. As primeiras são estruturas formadas com mesma composição química lipoproteica e organização em mosaico fluido que a membrana plasmática, formando o chamado sistema de endomembranas. Já as organelas não membranosas não têm composição e organização relacionadas à membrana plasmática.

O sistema de endomembranas compreende retículo endoplasmático, complexo de Golgi, lisossomas, peroxissomas, glioissomas, vacúolos, mitocôndrias, plastos e núcleo, que pode ser considerado como uma organela. Estas organelas são exclusivas de células eucarióticas, mas não necessariamente de todas, uma vez que existem estruturas exclusivamente vegetais ou animais. É importante notar que nenhuma destas organelas está presente em células procarióticas, uma vez que procariontes não possuem sistema de endomembranas.

Já as organelas não membranosas correspondem a ribossomas e centríolos. Alguns autores não as consideram como organelas. Os ribossomos são as únicas organelas presentes em células procarióticas e eucarióticas, embora sejam um pouco diferentes nos dois grupos. Já os centríolos são exclusivos de células eucarióticas animais, apesar de presentes em gametas masculinos de vegetais, como briófitas e pteridófitas.

## RIBOSSOMOS

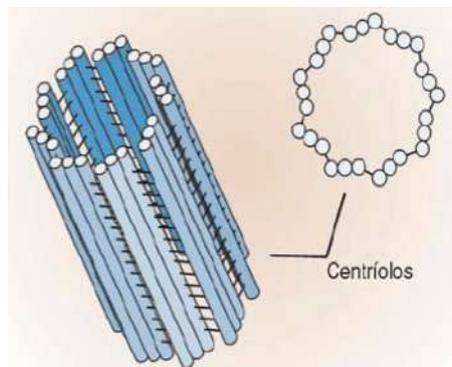
A estrutura dos **ribossomos** já foi descrita no processo de síntese protéica. Vamos apenas lembrar aqui que eles são formados por cerca de 50% de proteína e 50% de RNAr, possuindo duas subunidades (maior e menor) em forma de 8. São responsáveis pela síntese protéica e são as únicas organelas presentes em células procarióticas. Entretanto, o ribossomo eucariótico (80S) é diferente do ribossomo procariótico (70S).

## CENTRÍOLOS

Os **centríolos** são estruturas presentes em células eucarióticas de protistas, animais e vegetais inferiores, estando ausentes em vegetais superiores. Costumam se localizar próximos ao núcleo na região central da célula, daí o nome centríolo. Essa região onde os centríolos se localizam é denominada **centrossoma** ou **centro celular**. Tal região organiza a polimerização da tubulina para a formação de microtúbulos.

Os centríolos são formados por **microtúbulos: 9 grupos de 3 microtúbulos arranjados como um cilindro**. Normalmente, encontram-se aos pares, dispostos perpendicularmente um em relação ao outro, formando uma unidade chamada **diplossoma**.

Como são formados microtúbulos, os centríolos podem se formar através de polimerização e organização da tubulina de microtúbulos.



Desenho de um centrossoma, com seu material proteico circulando um par de centríolos dispostos em ângulo reto um em relação ao outro (diplossoma).

**FUNÇÕES:**

- **Originam cílios e flagelos;**
- **Originam o áster em animais**, bem como auxiliam a formação do fuso mitótico nesses organismos.

**Observação:** Não existem centríolos em células vegetais. A exceção está nos **anterozoides biflagelados** de briófitas e pteridófitas, que, por terem flagelos, têm centríolos relacionados às suas origens. Em algumas gimnospermas dotadas de gametas masculinos flagelados, como ginkgo e cicas, também são encontrados centríolos.

## CÍLIOS E FLAGELOS

Ambos são estruturas derivadas dos centríolos, ocorrendo em algumas células dos mesmos organismos que possuem centríolos.

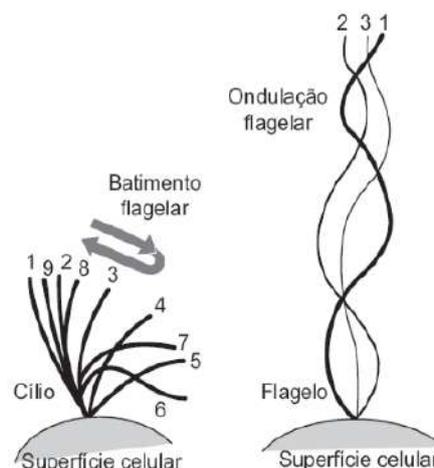
Os **cílios** e **flagelos** (estes últimos chamados **undulipódios** por alguns autores) se originam por alongamento dos centríolos. A parte basal dessas estruturas, denominada **corpúsculo basal** ou **cinetossomo**, tem a mesma estrutura do centríolo. Do corpúsculo basal, ocorre crescimento de dois microtúbulos de cada um dos 9 grupos de 3. São formados ainda dois microtúbulos centrais. Os cílios e flagelos são formados por 9 grupos de dois microtúbulos periféricos e 1 grupo de dois centrais, numa estrutura denominada **axonema**. Esta estrutura é dita simplesmente “9 + 2”.

Além de microtúbulos, são encontrados em cílios e flagelos outras proteínas, como as **proteínas contráteis** e a **dineína**, importante na movimentação dos mesmos.

As diferenças entre cílios e flagelos são:

- Os **cílios** são mais **curtos** (2 a 10  $\mu\text{m}$ ) que os **flagelos**, bem mais **longos** (100 a 200  $\mu\text{m}$ );
- Os **cílios** são mais **numerosos** (centenas ou milhares) que os **flagelos**, que são **pouco numerosos** (de 1 a no máximo uns poucos);
- O movimento de **cílios** é **coordenado**, em **varredura** diferente dos **flagelos**, **desordenado**, em **chicote**.

Veja a figura a seguir.



Representação esquemática de cílios e flagelos em movimento, como seriam vistos em uma fotografia de múltipla exposição. À esquerda, batimento ciliar; os estágios de 1 a 5 representam o movimento de ida, e os de 6 a 9, o movimento de retorno à posição inicial. À direita, três estágios da ondulação flagelar.

## FUNÇÕES:

- **Possibilitam a locomoção celular**, como em espermatozóides e *Trypanosoma* (flagelados) ou *Paramecium* e *Balantidium* (ciliados).
- **Promovem a circulação de líquidos**, como ocorre com os flagelos de **coanócitos** em esponjas ou os flagelos em **células-flama** de platelmintos.
- **Promovem o deslocamento de partículas**, como ocorre nas **tubas uterinas humanas**, ciliadas para deslocarem o zigoto/embrião até o útero, onde ocorrerá a nidação, ou nas **vias aéreas com tecido pseudo-estratificado cilíndrico ciliado**, dotado de cílios para remover impurezas que adentrem a árvore respiratória.

**Observação:** Não existem cílios ou flagelos em células vegetais. A exceção está nos **anterozoides biflagelados** de briófitas e pteridófitas, que têm flagelos.

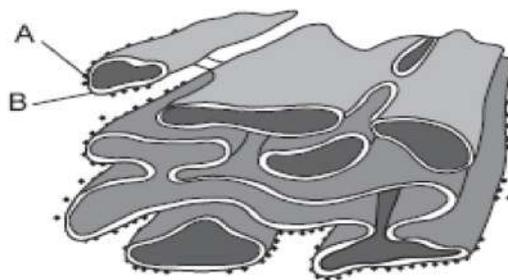
**Observação:** A única organela encontrada em procariontes é o ribossomo. Entretanto, há bactérias flageladas, dotadas de flagelo feito de uma proteína denominada **flagelina**. São exemplos de bactérias flageladas a *Vibrio cholerae* do cólera e a *Treponema pallidum* do sífilis.

## RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO

O **retículo endoplasmático (R. E.)** é uma estrutura membranosa que consiste em uma rede (“retículo”) de invaginações da membrana plasmática formando um conjunto de canalículos, vesículas (sacos de membrana) e cisternas (vesículas achatadas). Este sistema de canalículos, vesículas e cisternas se inicia na membrana plasmática e se continua com a estrutura da carioteca.

O R.E. está presente em **todas as células eucarióticas** (ele é ausente em células procarióticas), com exceção de células embrionárias indiferenciadas, hemácias e células de alguns fungos.

Distinguem-se duas variedades de R.E., o retículo endoplasmático liso e o retículo endoplasmático rugoso ou ergastoplasma. O primeiro não possui ribossomas aderidos à sua superfície, enquanto que o segundo os possui. É importante notar que as duas estruturas não são distintas ou isoladas no citoplasma, sendo que há apenas um retículo onde vai havendo uma gradual transformação de um tipo para outro. Assim, dentro do retículo, parte é lisa e parte é rugosa. Um pode se transformar no outro por incorporação ou perda de ribossomas.



Retículo endoplasmático rugoso ou granular. A. Ribossomo. B. Canalículo do R.E..

Os ribossomas do R.E. rugoso mantêm-se unidos à membrana pela sua subunidade maior (60S). Estes ribossomas encontram-se ligados a RNAm, portanto, sob a forma de polissomas ligados à parede do R.E.R.

### FUNÇÕES GERAIS DO RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO:

- **Suporte mecânico:** O retículo endoplasmático, juntamente com o sistema de microtúbulos e microfilamentos já descritos, participa do citoesqueleto.
- **Transporte de substâncias:** Bem mais eficiente e rápido que simples difusão.
- **Armazenamento de substâncias:** A presença de vesículas e cisternas, sacos membranosos, permite o armazenamento de substâncias produzidas pelo R.E. ou vindas de outras regiões da célula ou do meio extracelular.
- **Controle osmótico da célula:** Como o R.E. é formado por uma membrana com propriedades idênticas à membrana plasmática, como a permeabilidade seletiva, fenômenos osmóticos podem ocorrer através de suas membranas. Assim, ao retirar substâncias do hialoplasma, aumentando a concentração na luz, ele retira também água do hialoplasma; ao contrário, ao depositar substâncias no hialoplasma, diminuindo a concentração na luz, ele aumenta também a quantidade de água no hialoplasma.
- **Síntese de glicoproteínas:** A fração protéica é sintetizada pelo R.E.R. e os açúcares são incorporados pelo R.E.L. e depois adicionados à proteína.
- **Síntese de membranas:** As membranas celulares, tanto a membrana plasmática como a carioteca e as de organelas, são formadas por fosfolipídios e proteínas formadas pelo R.E.
- **Organização da carioteca:** Durante a divisão celular, a membrana nuclear se desorganiza, e a reestruturação da mesma dá-se a partir de vesículas do R.E.

### FUNÇÃO DO RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO RUGOSO (R.E.R.) OU GRANULAR OU ERGASTOPLASMA:

A função do retículo endoplasmático rugoso é a **síntese de proteínas de exportação**: Por possuir ribossomos aderidos à estrutura de sua membrana, o R.E.R., como já discutido, possui a capacidade de sintetizar proteínas.

Os ribossomos livres do citoplasma, que se associam em polissomas, participam principalmente da síntese de proteínas destinadas ao uso pela própria célula (proteínas de uso interno). Já os ribossomos aderidos ao R.E. participam de proteínas da membrana plasmática ou proteínas de exportação, que serão secretadas pela célula, como enzimas digestivas, anticorpos e outras. Desta maneira, há diferença entre os RNAm que serão traduzidos por ribossomos livres daqueles que o serão por ribossomos aderidos.

### FUNÇÕES DO RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO LISO (R.E.L.) OU AGRANULAR:

- **Síntese de lipídios:** Os lipídios produzidos pelo R.E.L. são basicamente o **colesterol** e os **esteróides** dele derivados, como hormônios sexuais e corticoides.
- **Destoxificação:** O retículo endoplasmático liso possui dentre suas proteínas de membrana, várias enzimas capazes de transformar substâncias tóxicas em substâncias não tóxicas, ou pelo menos com menor toxicidade. O principal exemplo da ação da destoxificação está na **acetilação**, pela qual são adicionados grupos acetila a certas moléculas, como muitos medicamentos, tornando-os mais polares e, conseqüentemente, mais solúveis em água, facilitando sua eliminação na urina. O principal órgão do corpo humano responsável pela destoxificação é o fígado. Nele, o R.E.L., chamado **sistema microsomial hepático**, é altamente desenvolvido.

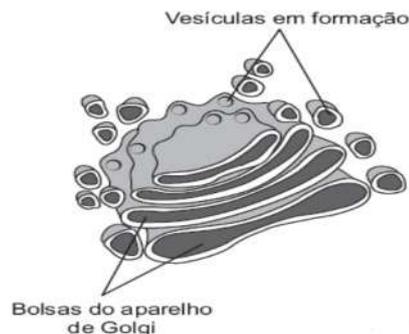
Quando grandes quantidades de droga são administradas com frequência a um organismo animal, aumenta consideravelmente a área do R.E.L. para promover uma rápida destoxificação do mesmo. Com o tempo, uma mesma dose da droga pode não fazer o efeito normal, uma vez que ela é mais eficientemente destruída por este R.E.L. mais desenvolvido. Assim, desenvolve-se **tolerância** à droga. Para manter o efeito usual da mesma, muitas vezes é necessário que se aumente a dosagem desta substância em relação à dosagem inicial.

A combinação de certas drogas com o álcool pode ter efeito fortemente prejudicial por uma série de razões. Por exemplo, o efeito tóxico somado da droga e do álcool pode acabar por causar lesões ao fígado. Outra possibilidade é o aumento da diurese induzido pela ação do álcool (que inibe a liberação do hormônio antidiurético) aumentar a excreção da droga, o que reduz o seu efeito no organismo.

**Células glandulares**, especializadas em secreção, são dotadas de **R.E. bem desenvolvido**. No caso de **pâncreas, estômago** ou **plasmócitos** (produtores de anticorpos), que fabricam proteínas de secreção, o **R.E.R.** está desenvolvido. Já no caso de **fígado, gônadas** e **córtex das glândulas adrenais** (produtoras de corticóides), que fabricam **esteróides**, o **R.E.L.** está bem desenvolvido.

## COMPLEXO DE GOLGI

O **complexo** ou **aparelho de Golgi** é uma parte diferenciada do sistema de endomembranas, localizado entre o R.E. e as vesículas secretoras, que irão eliminar seus conteúdos na membrana plasmática. Ele é formado por uma série de **dictiossomas** ou **golgiossomas**, que são cisternas discoides achatadas e empilhadas.



Representação tridimensional de um corte através do aparelho de Golgi. À direita, localização do Golgi em uma célula animal (acima) e em uma célula vegetal (abaixo). Dá-se o nome de **face cis (ou de formação)** àquela em que as vesículas entram no complexo de Golgi e, de **face trans (ou de maturação)** àquela em que as vesículas saem do mesmo.

O complexo de Golgi está presente em todas as células eucarióticas (ele é ausente em célula procarióticas), com exceção de células embrionárias indiferenciadas, hemácias e células fúngicas.

Em células vegetais e de animais invertebrados, o complexo de Golgi é formado por dictiossomas isolados e espalhados pelo citoplasma. Em animais vertebrados, entretanto, as vesículas de dictiossomas se reúnem em pilhas correspondentes ao complexo, sendo que estas pilhas se localizam próximas ao R.E.

## FUNÇÕES:

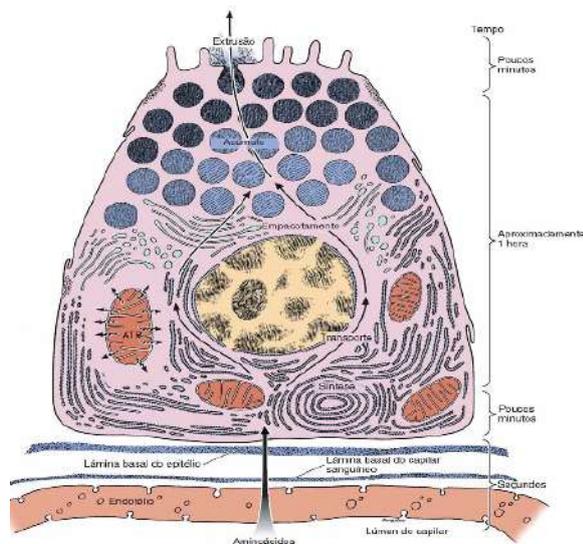
- **Síntese de polissacarídeos:** O complexo de Golgi forma diversos polissacarídeos, muitos deles importantes formadores de glicoproteínas e proteoglicanas, importantes formadores dos tecidos conjuntivos animais, como o **ácido hialurônico** e o **ácido condroitinossulfúrico**. Estes são mucopolissacarídeos ou glicosaminoglicanas, polissacarídeos com grupos amina.

- **Síntese de glicoproteínas e glicolipídios:** Golgi adiciona radicais glicídicos a lipídios e proteínas produzidas pelo R.E., formando assim glicolipídios e glicoproteínas. Como exemplo, temos as mucinas (que formam o muco). As principais células responsáveis pela síntese de muco são as chamadas células caliciformes, presentes no sistema digestivo e sistema respiratório, com função de proteção.

- **Armazenamento e acondicionamento:** O complexo de Golgi recebe vesículas com substâncias produzidas pelo RE. Além de armazenar, o complexo altera as substâncias por ação de enzimas próprias, o que é muitas vezes chamado acondicionamento ou empacotamento.

- **Secreção celular:** A partir do complexo de Golgi, vesículas são liberadas para o citoplasma, caminham para a membrana plasmática até se fundir com a mesma e liberar seu conteúdo no meio extracelular, através de um processo conhecido como **exocitose**.

**Células glandulares** são **polarizadas**, de modo que todas as suas organelas estão dispostas num sentido que facilita a eliminação de secreções. Na figura abaixo, a luz do ácino (ácino é uma modalidade de glândula) é o local onde a secreção será eliminada, o **pólo apical** da célula, em contraste com o **pólo basal**, a base da célula.



Na figura, o **núcleo celular** fica na base da célula, comandando a síntese da substância de secreção. Logo acima do núcleo, está o **retículo endoplasmático**, que produz a substância de secreção, e acima dele, o **complexo de Golgi**, que acondiciona as substâncias de secreção em vesículas para que sejam eliminadas. A face trans do complexo de Golgi libera **vesículas de secreção ou grânulos de zimogênio**, que transportam as substâncias de secreção para que sejam eliminadas no pólo apical, para a luz do ácino. Este processo de eliminação é a **exocitose**. As mitocôndrias que fornecem energia para a célula estão também representadas.

- **Formação do acrossomo de espermatozoides:** O espermatozóide humano possui em sua porção mais anterior uma bolsa contendo enzimas, como hialuronidase e acrosina, que auxiliam a penetração no óvulo, vencendo as suas camadas protetoras (corona radiata e zona pelúcida). Esta bolsa é o acrossomo, formada a partir do complexo de Golgi.

- **Formação da lamela média de células vegetais:** A citocinese após a mitose vegetal é feita pela formação de uma parede no citoplasma entre os dois núcleos formados, o que se chama de lamela média. Ela é formada por vesículas, os **fragmoplastos**, liberadas a partir do complexo de Golgi. Essas vesículas contêm o polissacarídeo pectina e se localizam na região média da célula. Sobre elas será depositada celulose, que formará a parede celular entre as duas células-filhas.

- **Formação de lisossomas:** Vesículas liberadas pelo complexo de Golgi contendo enzimas especiais são responsáveis pela formação de lisossomas.