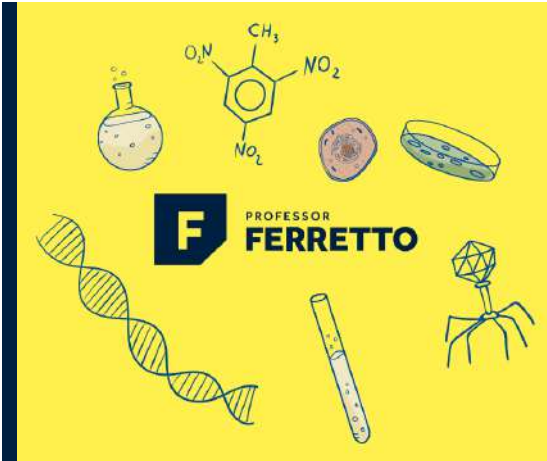


Biologia

PROFESSOR FLÁVIO LANDIM

INTRODUÇÃO À CITOLOGIA



Estima-se que existem entre 5 e 30 milhões de diferentes espécies de seres vivos no planeta Terra (das quais aproximadamente 1,7 milhões já foram devidamente estudadas e registradas). Esses seres vivos apresentam uma diversidade incrível, em termos de aspectos morfológicos, fisiológicos e de comportamento, podendo apresentar-se como bactérias, protozoários, algas, fungos, animais e vegetais. Apesar desta imensa variedade, todos estes seres vivos apresentam um plano padrão de organização. Este plano compreende o estudo da Bioquímica Molecular, uma vez que as regras da bioquímica são válidas para todos os seres vivos, e o estudo da Citologia, que estuda os blocos que formam a matéria viva, as células.

ASSUNTOS DA AULA.

Clique no assunto desejado e seja direcionado para o tema.

- [Teoria celular](#)
- [Teoria Celular x Vírus](#)
- [Microscopia](#)
- [Radioautografia](#)
- [Leis da Citologia](#)
- [Classificação das células](#)
- [Células procarióticas e células eucarióticas](#)
- [Algumas estruturas em células procarióticas](#)
- [Algumas estruturas em células eucarióticas](#)

Teoria Celular

A descoberta da célula é creditada às pesquisas do pesquisador inglês **Robert Hooke**, em 1655. Hooke, ao analisar uma delgada fatia de cortiça (o mesmo material do qual se faz rolhas), que corresponde a uma forma de tecido vegetal com função protetora, o tecido suberoso, que é formado de células mortas, evidenciou a presença de uma estrutura porosa, dotada de uma série de cavidades, "assemelhando-se muito a um favo de mel". A intenção de Hooke era entender as propriedades de leveza, flexibilidade e compressibilidade, mas acabou descobrindo a célula.

Na verdade, Hooke não observou células, mas sim os arcações correspondentes às paredes celulares das células do tecido vegetal morto. Estes arcações delimitavam espaços, que levaram Hooke a chamá-los 'cellula' (do latim *cellula*, diminutivo de *cella*, 'pequeno compartimento' ou 'espaço vazio', ou do grego *kytos*, 'célula'). O termo célula diz respeito a uma cavidade ou espaço vazio, que foi exatamente o que Hooke observou. Posteriormente ele observou células vivas, e notou que as mesmas não eram "vazias". O termo célula, entretanto, foi mantido, e se consagrou pelo uso.



Cortiça observada ao microscópio em desenho do próprio Hooke

No mesmo século XVII, em 1674, o holandês **Anton Von Leeuwenhök** descobriu células livres, isoladas, em oposição às células fixas e organizadas das descobertas anteriores. Eram os primeiros microorganismos descobertos, o que rendeu à Leeuwenhök o título de "Pai da Microbiologia". Além disto, ele foi o primeiro a observar certa organização dentro da célula, as primeiras organelas.

Em 1831, **Robert Brown** descobriu a existência de um núcleo celular. Além disso, o conteúdo celular passou a ser chamado protoplasma. Isto levou o conceito de célula a ser modificado, passando a ser uma massa de protoplasma limitada por uma membrana celular, contendo um núcleo. O protoplasma que rodeia o núcleo foi denominado citoplasma, para diferenciá-lo de carioplasma, o protoplasma nuclear.

Estas primeiras descobertas sobre as células, feitas por verdadeiros pioneiros da Citologia, foram as únicas durante muito tempo. Novas descobertas só vieram mais de um século depois, já no século XIX, Em 1838, o botânico alemão **Mathias Jakob Schleiden** postulou que "todos os vegetais são formados por células", No ano seguinte, em 1839, o zoólogo alemão **Theodor Schwann** estendeu esta afirmação ao postular que "todos os animais são formados por células". Juntas, estas duas afirmações correspondiam a "todos os seres vivos são formados por células". Esta é a premissa básica da chamada **Teoria Celular**.

A Teoria Celular foi rapidamente aceita pela comunidade científica da época. A maior importância no fato da célula estar presente em todos os seres vivos é que ela permitiu a unificação de dois campos até então considerados distintos, a Botânica e a Zoologia. Assim, estruturas até então vistas de maneira completamente diferentes, puderam ser estudadas dentro de uma mesma visão, e grandes semelhanças puderam ser notadas a partir daí.

O estudo da célula levou ao surgimento de dúvidas sobre a origem das células. Muitos acreditavam que era possível o surgimento de células pela simples aglomeração e organização adequada de substâncias químicas. Em 1855, porém, o patologista **Rudolf Virchow** ampliou a Teoria Celular com seu famoso aforismo "*Omnis Cellulae e cellula*" que quer dizer que "toda célula se origina de uma célula pré-existente". Isto implicava, por exemplo, que a reprodução deveria acontecer por intermédio de células. A maneira como as células garantiam a continuidade da vida foi descrita alguns anos depois, através de Hertwig em 1875. Ele descreveu o processo de fertilização, onde um gameta masculino (espermatozóide) e um feminino (óvulo), duas células, se fundem para garantir a formação de um embrião. As idéias de Virchow foram ainda mais reforçadas quando, em 1880, **Walther Flemming** descreveu detalhadamente o processo de mitose, para explicar como uma célula se divide originando duas outras e como a partir desta divisão celular a célula formada no processo de fertilização origina todas as outras células do organismo.

Por fim, a Teoria Celular foi completa com novos trabalhos de Virchow e do fisiologista Claude Barnard. Virchow demonstrou em 1858 que a causa das doenças deve ser investigada em nível celular, pois todos os sintomas e sinais de uma doença começavam devido a alterações promovidas pela doença no funcionamento celular. Barnard, por sua vez, ligou as características fisiológicas de um organismo às suas características celulares, explicando que toda função fisiológica é derivada de uma função celular específica e pode ser explicada em âmbito celular.

A Teoria Celular, assim como a Teoria Sintética da Evolução, é um dos grandes conceitos unificadores da Biologia. Em outras palavras, todos os campos da Biologia têm suas raízes nestas duas teorias. A moderna Teoria Celular afirma:

1. **As células constituem as unidades básicas morfofisiológicas de todos os organismos vivos, ou seja, todos os seres vivos são formados por células** (Schleiden, 1838 e Schwann, 1839);
2. **As propriedades de determinado organismo dependem das propriedades de suas células isoladas, ou seja, todas as características morfológicas (forma) e fisiológicas (funcionais) podem ser explicadas como derivadas de suas características celulares, bem como alterações nestas áreas podem ser vistas como alterações ao nível também celular** (Virchow e Barnard, 1858);
3. **As células se originam unicamente de outras células e sua continuidade é mantida através de seu material genético** (Virchow, 1855);
4. **A menor unidade da vida é a célula, ou seja, partículas subcelulares como organelas, por exemplo, não podem ser consideradas vivas.** Em níveis de organização, estruturas como átomos, moléculas ou organelas não são consideradas estruturas vivas. Só podem ser consideradas vivas estruturas de células em diante, do ponto de vista de níveis de organização: células, tecidos, órgãos, sistemas, etc.

TEORIA CELULAR X VÍRUS

Atualmente, a célula é vista como uma massa de protoplasma limitada por uma membrana plasmática e contendo um núcleo. Esta é uma maneira simplista de se ver a célula. Uma célula só pode ser considerada como tal se possuir:

1. Um **programa genético específico**, na forma de moléculas de **DNA**, que permite a reprodução de células do mesmo tipo e o controle da função celular através de moléculas de RNA;
2. Uma **membrana celular** de natureza **lipoprotéica** que estabelece um limite que regula todas as trocas de matéria e energia;
3. Uma maquinaria biológica capaz de utilizar a energia armazenada pela célula ou obtida através de alimentos (ou seja, uma maneira de se **obter energia** através de nutrientes, seja por respiração ou fermentação);
4. Uma maquinaria biológica para **produção de proteínas (ribossomos)**.

Estas duas últimas correspondem a um metabolismo mínimo e obrigatório para a célula.

O vírus, como nós sabemos (espero), só possui o primeiro destes quatro requisitos, uma vez que ele possui seu material genético (DNA ou RNA) e pode se reproduzir (ainda que dependa de células por ele parasitadas para isso). Entretanto, vírus não possui membrana plasmática nem maquinarias biológicas relacionadas a metabolismo (lembre-se que o vírus é basicamente formado por material genético envolvido por um capsídeo protéico e em algumas ocasiões um envelope lipídico). Assim, claramente, os vírus não possuem organização celular.

Apesar da inexistência de organização celular e da ausência de uma atividade metabólica, o que os faz serem inertes fora de uma célula hospedeira, vírus são por vezes considerados organismos vivos. Isto se dá pela existência de duas das principais características de seres vivos em vírus, mesmo que estas só sejam evidenciadas quando dentro da célula hospedeira. Tais características são a habilidade de se reproduzir e a capacidade de se adaptar ao meio ambiente pela ocorrência de mutações. Para que tais características se expressem, os vírus dependem da atividade metabólica da célula hospedeira (vírus são “parasitas intracelulares obrigatórios”), usando os componentes moleculares e a energia da célula para gerar novos capsídeos e replicar seu material genético.

Assim, mesmo que se considere os vírus como seres vivos, a Teoria Celular não é invalidada. Uma vez que os vírus só se reproduzem no interior da célula hospedeira, pode-se argumentar que os vírus dependem de uma organização celular para se comportarem como seres vivos.

A relação entre vírus e células é tal que se acredita que os ancestrais dos vírus fossem células que simplificaram enormemente sua estrutura para se tornarem parasitas mais eficientes.

MICROSCOPIA

Dá-se o nome de **poder de resolução** à capacidade de distinguir dois pontos próximos. Por suas pequenas dimensões, a maioria das células está fora do poder de resolução do olho humano, que tem um poder de resolução de apenas 0,1 mm, o equivalente a 100 μm . Apesar de existirem células visíveis a olho nu, como o óvulo humano e o óvulo de galinhas (correspondente à gema do ovo), a Citologia só pôde se desenvolver como ciência com o auxílio de artifícios para aumentar o poder de resolução do olho humano.

Assim, para visualizar células, foi desenvolvido o **microscópio**. Este foi inventado pelos holandeses da **Hans e Zacharias Janssen**, pai e filho, em 1595. Robert Hooke, pelo que se sabe, foi o primeiro a usá-lo na pesquisa biológica. E, somente em 1932, através das pesquisas dos russos **Knoll e Ruzka**, foram desenvolvidos os primeiros modelos de microscópio eletrônico.

Tome nota:

MICROSCÓPIO ÓPTICO

O **microscópio óptico ou microscópio de luz (MO)** utiliza **lentes de aumento e luz** para promover aumento da imagem a ser estudada. O microscópio óptico simples possui uma só lente e praticamente não é mais utilizado. O microscópio óptico composto é dotado de duas lentes, a **ocular**, mais próxima do olho do observador, e a **objetiva**, mais próxima do objeto. O aumento total promovido pelo microscópio óptico é o aumento da ocular multiplicado pelo da objetiva.

$$\text{aumento total} = \text{aumento da ocular} \times \text{aumento da objetiva}$$

Esse aumento total é algo em torno de 500 a 1000 vezes, suficiente para ver tecido e células, paredes celulares, núcleos e cromossomos, mas não estruturas como bactérias, membranas celulares, organelas ou vírus.

Qual a menor estrutura que pode ser visualizada com o auxílio de um microscópio óptico? Para responder a esta pergunta, pode-se utilizar o seguinte raciocínio: a estrutura que se quer observar, multiplicado pelo aumento do microscópio, tem que ser igual, no mínimo, ao limite de resolução do olho humano para ser visível. Assim, podemos escrever:

$$\text{estrutura} \times \text{aumento} = \text{limite de resolução do olho}$$

No caso em questão:

$$\text{menor estrutura visível ao MO} \times \text{aumento máximo do MO} = \text{limite de resolução do olho humano}$$

↓

$$\text{menor estrutura visível ao MO} \times 1000 = 0,1 \text{ mm}$$

↓

$$\text{menor estrutura visível ao MO} = 0,1 \text{ mm} / 1000$$

↓

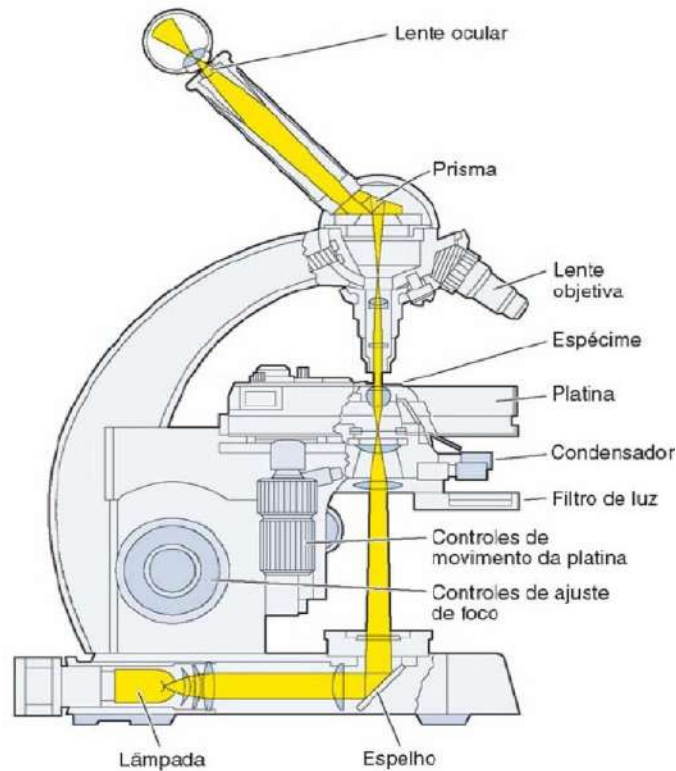
para a resposta não ficar em números muitos pequenos, vamos substituir a unidade de mm para μm , lembrando que $1 \text{ mm} = 10^3 \mu\text{m}$

↓

$$\text{menor estrutura visível ao MO} = 0,1 \times 10^3 \mu\text{m} / 1000 = 0,1 \mu\text{m}$$

O limite de resolução do MO depende não apenas das lentes usadas, mas também do próprio comprimento de onda da luz visível (que está entre 390 nm e 760 nm). Na prática, apesar de alguns autores mencionarem aumentos de 1500 a 2000 vezes para o MO, ele não atinge tudo isso, pois a menor estrutura observada tem que ser maior que o comprimento de onda da luz visível.

Existe também o microscópio óptico binocular, que é dotado de duas oculares e várias objetivas, organizadas num dispositivo giratório que permite a seleção da lente com o aumento desejado. Observe a figura abaixo:

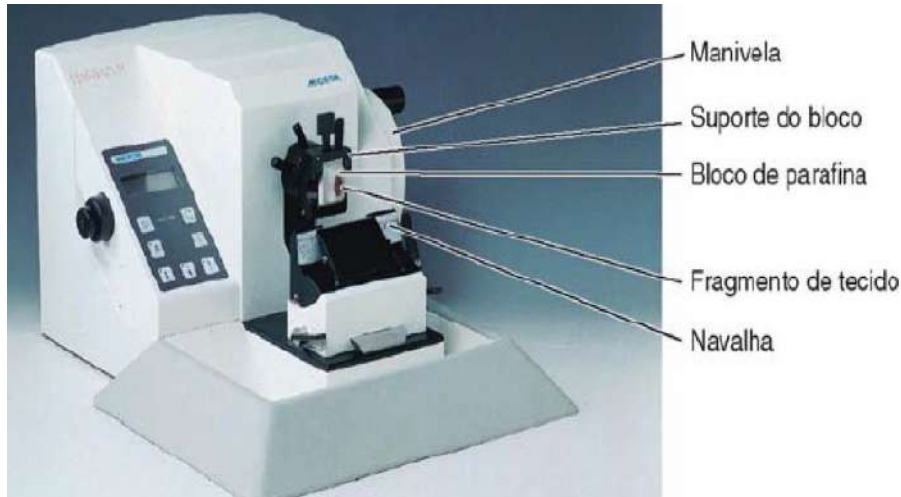


Microscópio óptico binocular. Platina é o suporte para o espécime a ser observado, funcionando como uma mesa móvel para que se possa selecionar a parte do espécime que se deseja observar. O foco é ajustado por dois botões, o macrométrico, que dá o foco geral, e o micrométrico, que ajusta o foco fino.

INCLUSÃO

Para preparar estruturas a serem visualizadas no microscópio óptico, várias técnicas podem ser utilizadas, algumas inclusive capazes de observar células vivas. Para isso são usados corantes denominados de corantes vitais, que permitem que a célula continue viva durante a visualização. Isto só funciona com células isoladas ou com organização frouxa, como na técnica de esmagamento (uma gota de água do mar, por exemplo, pode ser esmagada entre duas lâminas de vidro para a visualização do plâncton) e de esfregaço (uma gota de sangue, por exemplo, pode ser depositada e esfregada sobre uma lâmina de vidro para a observação de células sanguíneas). Em tecidos organizados em blocos mais espessos, utiliza-se principalmente uma técnica conhecida como inclusão, que só possibilita a visualização de tecidos já mortos:

1. **Fixação:** Coloca-se o material biológico num fixador (como o formol), o que se chama fixação, para impedir a ação de bactérias decompositoras sobre o material;
2. **Inclusão:** Coloca-se o material em parafina ou resinas plásticas, o que se chama inclusão, para endurecê-lo e cortá-lo em finas fatias (através de um aparelho chamado **micrótomo**), a fim de que a luz possa atravessar o material e a visualização seja possível.
3. **Coloração:** Utilizam-se corantes para permitir a visualização de estruturas celulares; alguns corantes importantes são o corante de Feulgen (que cora estruturas com DNA em vermelho), o verde Janus (que cora mitocôndrias) e o método HE (a hematoxilina cora estruturas ácidas como o núcleo em azul e a eosina cora estruturas básicas como o citoplasma em cor de rosa).



Micrótomo.

MICROSCÓPIO ELETRÔNICO

O **microscópio eletrônico** ou **microscópio de elétrons (ME)** usa **feixes de elétrons** e **campos magnéticos gerados por bobinas** ("lentes magnéticas") para promover aumentos muito maiores, de até 300 mil vezes.

Ele pode ser usado para visualizar células bacterianas, membranas celulares, organelas celulares e até vírus.

Existem dois tipos, o **ME de transmissão** e o **ME de varredura**. O ME de transmissão (TEM) visualiza as partes internas do espécime e o ME de varredura (SEM) visualiza a superfície externa das estruturas, gerando uma imagem com perspectiva em 3 dimensões.

Qual a menor estrutura que pode ser visualizada com o auxílio de um microscópio eletrônico?

menor estrutura visível ao ME x aumento máximo do ME = limite de resolução do olho humano

↓

menor estrutura visível ao ME x 300000 = 0,1 mm

↓

menor estrutura visível ao ME = 0,1 mm / 300000

↓

(para a resposta não ficar em números muito pequenos, vamos substituir a unidade de mm para nm, lembrando que 1 nm = 10⁶ mm)

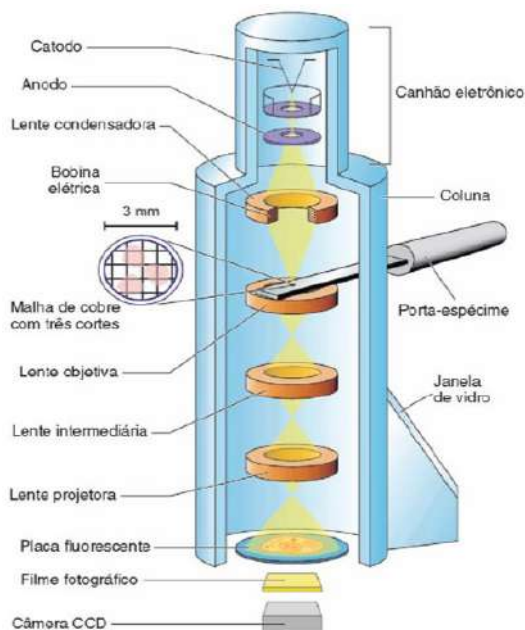
↓

menor estrutura visível ao ME = 0,1 x 10⁶ nm / 300000 = 0,33 nm

Pelo amor de Deus, você não tem que decorar estes valores de 0,1 μm ou 0,33 nm, mas entender o raciocínio para se chegar até eles, falou?

Na década de 1980 foi desenvolvido o **microscópio eletrônico de tunelamento**, capaz de proporcionar aumentos de até **100 milhões de vezes** (!!!). Este é capaz de observar até mesmo átomos e moléculas individuais devido ao seu absurdo poder de resolução.

Em todos os tipos de ME, faz-se uma preparação de lâminas semelhante à inclusão, uma vez que o material a ser observado deve ser cortado em fatias extremamente finas e corado com corantes elétron-densos a base de chumbo ou ósmio, na técnica de transmissão (SEM), ou coberto em sua superfície com uma camada de substâncias elétron-densas como ouro, na técnica de varredura (TEM).



Microscópio eletrônico.

Tabela comparativa entre MO e ME

| | MO | ME |
|--|---|---|
| Aumento máximo | 1000 X | 300 000 X |
| Pode observar estruturas vivas? | Sim (a luz não mata a célula...) | Não (o processo de preparação do espécime, envolvendo corantes para contraste à base de metais pesados, bem como a colocação do espécime em vácuo para evitar que o ar desvie os elétrons, mata a célula) |
| Imagem | Em cores | Em preto e branco |
| Menores estruturas visíveis | - tecidos - células eucarióticas - núcleos de células - cromossomos - parede celulósica | - células procarióticas - organelas - membrana plasmática - vírus |

Tome nota:

RADIOAUTOGRAFIA

A radioautografia é uma técnica que torna possível a localização de estruturas nos tecidos através de isótopos radioativos previamente injetados. Estes isótopos radioativos são detectados nos tecidos graças à propriedade que eles têm de impressionar emulsões (chapas) fotográficas, onde os cristais de brometo de prata da emulsão são transformados em prata metálica pela ação da radioatividade, virando prata metálica, que aparece negra ao microscópio óptico, ou altamente elétron-densa ao microscópio eletrônico. Onde há pontos negros, há isótopos. Como a quantidade de prata metálica é proporcional à quantidade de radiação, quanto maior a área negra, maior a presença dos isótopos.

A técnica consiste em colocar finos cortes de tecido em contato com a película fotográfica por algum tempo (período de exposição). Depois, é só revelar a mesma.

Vários processos podem ser estudados com esta técnica. A síntese de proteínas é estudada através de aminoácidos marcados com isótopos como C_{14} e H_3 (os normais são C_{12} e H_1). Desta maneira, pode-se acompanhar o caminho do aminoácido radioativo pela célula. O metabolismo do DNA é estudado pelo acompanhamento da timidina- H_3 (timidina-trítio), do RNA pela uridina- H_3 e daí por diante.

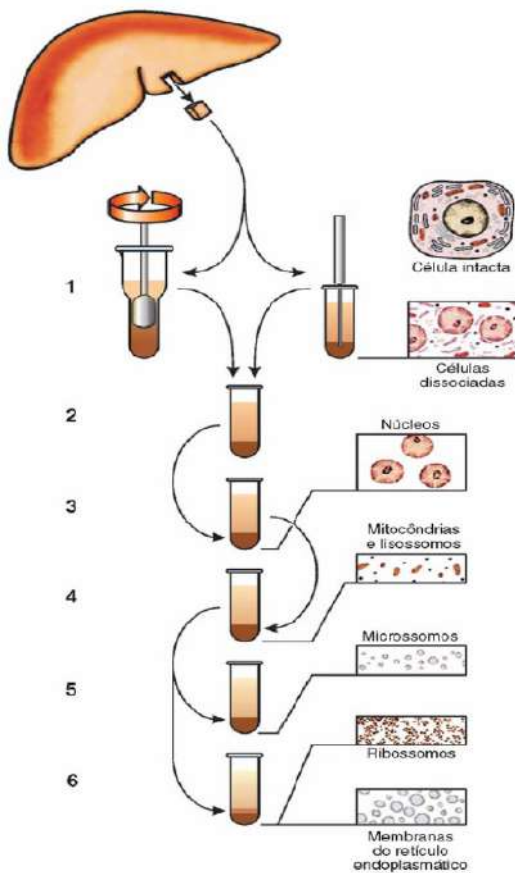
CENTRIFUGAÇÃO FRACIONADA OU FRACIONAMENTO CELULAR

Chama-se **centrifugação fracionada** ou **fracionamento celular** o método que aplica a força centrífuga para separar componentes celulares de acordo com seu coeficiente de sedimentação. Este coeficiente depende do tamanho, forma e densidade da partícula, e da densidade e viscosidade do meio.

Submetendo-se uma célula à ação de uma força centrífuga adequada, suas organelas se distribuem em diferentes camadas. Em cada camada encontra-se um único tipo de organela, e esta posição depende de seu **coeficiente de sedimentação** (medido numa unidade conhecida como S, ou *Svedberg*).

O procedimento para fazer a centrifugação consiste em triturar o tecido ou órgão cujas células vão ser estudadas e colocar os fragmentos num homogeneizador, que esmaga as células, rompendo as membranas plasmáticas e libertando as organelas. Após a homogeneização, deixa-se a mistura em repouso por alguns minutos, para que se sedimentem fibras de tecido e células intactas.

A mistura é então colocada em uma centrífuga. As partículas mais densas sedimentam primeiro. O sobrenadante de cada centrifugação é submetido a forças cada vez maiores, obtendo-se desse modo a separação dos diversos componentes celulares.



Representação das frações obtidas em cada etapa do fracionamento celular.

LEIS DA CITOLOGIA

LEI DE SPENCER OU DA RELAÇÃO SUPERFÍCIE/VOLUME

A membrana é a estrutura celular responsável pela nutrição da célula. Quanto maior a superfície da membrana, maior a entrada de substâncias e, conseqüentemente, melhor a nutrição.

No século XIX o matemático Herbert Spencer, baseado nisso, propôs uma teoria que explicasse a razão das células se dividirem após um período de crescimento.

Ao pegar-se uma célula cúbica cuja aresta é de $1 \mu\text{m}$, tem-se uma área de superfície de membrana de $6\mu\text{m}^2$ e um volume celular de $1 \mu\text{m}^3$. Se esta célula cresce e passa a ter uma aresta de $2 \mu\text{m}$, sua superfície passará a $24 \mu\text{m}^2$ e seu volume a $8 \mu\text{m}^3$.

Antes, a superfície, por onde a célula absorve seus nutrientes, possuía uma relação de 6:1 quan-

do comparada com o volume. Depois que a célula cresceu, a relação passou a ser de 3:1. Em outras palavras, a superfície da célula cresceu insuficientemente em relação ao volume. Assim, ela passa a possuir um grande volume (e conseqüentemente uma grande necessidade de nutrientes) e uma pequena superfície (por onde entram os nutrientes). A célula se divide para restabelecer sua relação superfície volume e poder se nutrir adequadamente. Esta relação é conhecida como **Lei de Spencer: quanto maior a célula, menor sua relação superfície/volume e pior sua nutrição.**

- **Células procarióticas** são pequenas, de modo que tem uma relação superfície/volume grande, tendo, pois, uma nutrição adequada.

- **Células eucarióticas** são muito maiores, possuindo, pois, uma relação superfície/volume pequena. Sua nutrição só não é deficiente porque ela desenvolve uma série de membranas internas, as organelas ou sistema de endomembranas para aumentar sua superfície relativa de membrana, para, por sua vez, garantir trocas metabólicas de modo correto.

Tome nota:

LEI DE DRIESCH OU DO VOLUME CONSTANTE

A existência de seres unicelulares e pluricelulares explica o fato de existirem indivíduos de maior ou menor tamanho. Isto porque, para células do mesmo tipo em indivíduos da mesma espécie, as células possuem volume constante. Assim, as células de uma criança tem o mesmo tamanho das células de um adulto. A diferença é que no adulto existe uma quantidade muito maior de células (para se ter uma idéia, um homem de cerca de 70 quilos tem algo em torno de 65 a 70 trilhões de células). Esta observação foi feita através dos estudos de um pesquisador chamado Boveri, ainda no começo do século, e a partir dela veio a chamada **Lei de Driesch ou do Volume Celular Constante**.

Na espécie humana há duas exceções notáveis a esta lei: células musculares e neurônios podem ter tamanhos diferentes de um indivíduo para o outro. Fibras musculares podem ser hipertrofiadas pelo exercício constante, bem como podem ser atrofiadas pela falta de exercício. Células nervosas têm uma quantidade de dendritos variando de indivíduo para indivíduo, o que pode estar relacionado à diferença de inteligência, memória e habilidades de uma pessoa para outra.

LEI DE HERTWIG OU DA RELAÇÃO NÚCLEO/CITOPLASMA

A relação entre o núcleo e o citoplasma é mais ou menos constante para a maioria das células. Assim, essa relação pode ser expressa como a relação núcleo-citoplasma ou relação núcleo-plasmática (RNP):

$$\text{RNP} = \frac{\text{volume do núcleo}}{\text{volume do citoplasma}} = \frac{1}{3} \text{ ou } \frac{1}{4}$$

Alterando essa relação, o tamanho do núcleo passa a ser insuficiente para o adequado controle da célula. Essa relação é conhecida com Lei de Hertwig.

Se a RNP for menor, o núcleo não consegue controlar a célula adequadamente; se a RNP for maior, o citoplasma não consegue sustentar o núcleo adequadamente.

CLASSIFICAÇÃO DAS CÉLULAS

O número de tipos celulares diferentes é muito grande. Entretanto, alguns padrões são seguidos. De uma maneira geral, a maioria das células têm entre 10 e 30 μm , sendo que algumas células podem ser bem maiores (como o óvulo humano que tem cerca de 100 μm ou 0,1 mm, sendo inclusive visível a olho nu) ou bem menores (a maioria das bactérias têm entre 1 e 10 μm). As menores células conhecidas, entretanto, correspondem às bactérias do gênero *Mycoplasma*, conhecidas como **micoplasmas** ou **PPLO**, uma sigla que significa "*pleuro-pneumonia like organisms*" ou "organismos semelhantes aos da pleuropneumonia", uma vez que eles podem causar doenças semelhantes à pleuro-pneumonia, uma doença causada por bactérias convencionais, de maiores dimensões. Estas pequenas bactérias têm entre 0,1 e 0,25 μm , um tamanho menor do que alguns dos maiores vírus. Para se ter uma idéia, elas chegam a ser mil vezes menores do que uma bactéria média e um milhão de vezes menores que uma célula humana média.

Já a forma das células é extremamente variável e depende diretamente da função que a mesma desempenha, sendo condicionada pelo seu material genético. A maioria das células animais, entretanto, tem uma forma esférica ou ovóide, enquanto que a maioria das células vegetais tem a forma poliédrica (figura espacial com vários lados), bem angulosa, o que é determinado pela presença de uma parede celulósica.

Em relação ao número de células que o organismo possui, pode-se classificar os seres vivos em unicelu-

lares e pluricelulares, conforme sejam respectivamente formados por uma célula ou mais de uma célula. Entre os organismos unicelulares temos todos os organismos do reino Monera (ou seja, bactérias, arqueobactérias e cianobactérias ou algas azuis), protozoários, que são unicelulares eucariontes pertencentes ao reino Protista, algumas algas unicelulares eucariontes, também pertencentes ao reino Protista e alguns fungos unicelulares, chamados leveduras e pertencentes ao reino Fungi. Já os organismos pluricelulares correspondem a algas pluricelulares (pertencentes ao reino Protista), fungos pluricelulares (pertencentes ao reino Fungi, todos os organismos no reino Animalia e todos os organismos do reino Plantae.

CÉLULAS PROCARIÓTICAS E CÉLULAS EUCARIÓTICAS

As células possuem uma região chamada **núcleo** cuja função é abrigar o material genético dos organismos. Em algumas células, este núcleo é delimitado por um envoltório denominado **carioteca**. Algumas células, porém, não possuem uma carioteca, sendo que o material genético está diretamente em contato com o citoplasma. Nestes casos, o núcleo não está organizado e é preferencialmente chamado de nucleóide.

Células que não possuem carioteca (núcleo não organizado ou nucleóide) são ditas **procarióticas** e células que possuem carioteca (núcleo organizado) são ditas **eucarióticas**.

Várias diferenças podem ser evidenciadas entre a célula procariótica e a célula eucariótica. De maneira geral, as células procarióticas são estruturas bem mais simples, uma vez que foram as primeiras células a surgir na natureza há cerca de 3,5 bilhões de anos atrás. As células eucarióticas só viriam a aparecer há cerca de 1 bilhão de anos apenas.

São procariontes os membros do Reino Monera (arqueobactérias, eubactérias e cianobactérias ou algas azuis) e eucariontes os membros dos demais reinos: Protista, Fungi, Animalia e Plantae.

As principais diferenças entre os dois tipos celulares são:

NÚCLEO ORGANIZADO

Como já visto, **células procarióticas não possuem carioteca**, possuindo um **nucleóide**, e **células eucarióticas possuem carioteca**, possuindo um **núcleo organizado**.

Tome nota:

MATERIAL GENÉTICO

Nas células procarióticas, o DNA **não se encontra associado a proteínas histonas**, mas a outras proteínas, sendo chamado o DNA de desnudo; além disso, o **chromossomo é circular e único**. Pode haver no procarionte a presença de DNA extracromossomal, imerso no citoplasma, sendo denominado **plasmídeo**, utilizado na troca de genes num processo chamado de conjugação bacteriana. Alguns plasmídeos, chamados de **plasmídeos R**, estão particularmente relacionados à resistência bacteriana contra antibióticos. Outros, chamados de **plasmídeos F**, permitem à bactéria realizarem reprodução sexuada por conjugação. Em bactérias, ocorre **colinearidade** de genes, de modo que os **RNAm são policistrônicos**. **Não ocorrem introns** em procariontes, de modo que não há necessidade de mecanismos de edição do RNAm antes da tradução, ou seja, **não ocorre splicing**.

Nas células eucarióticas, o DNA se encontra associado a proteínas histonas, se apresentando em cadeia aberta e dividido em **vários cromossomos**. Ocorrem **introns** e **splicing** em eucariontes.

SISTEMA DE ENDOMEMBRANAS

Não há organelas membranosas em células procarióticas. Pode-se então dizer que elas não possuem **compartimentalização**. Assim, o chamado **sistema de endomembranas**, composto por retículo endoplasmático, complexo de Golgi, mitocôndrias, etc, está ausente. **Nas células eucarióticas, estas organelas estão presentes, havendo a compartimentalização**, a divisão do citoplasma em compartimentos (organelas), o que possibilita um aumento na superfície relativa de membrana (para aumentar a relação superfície/volume) e uma melhor divisão de trabalho.

RIBOSSOMOS

As únicas organelas presentes em células procarióticas são os ribossomos. Em células procarióticas, **os ribossomos são menores, ditos 70S** (com subunidade maior 50S e subunidade menor 30S; *pelamordedeus* notem que os valores de S não são aditivos!). **Em células eucarióticas os ribossomos são maiores, ditos 80S** (com subunidade maior 60S e subunidade menor 40S).

RESPIRAÇÃO AERÓBICA

Apesar de não possuírem mitocôndrias, os seres procariontes podem fazer respiração celular aeróbica. Nesse caso, as etapas da respiração que ocorreriam **na matriz mitocondrial (ciclo de Krebs)** e **cristas mitocondriais (cadeia respiratória)** de células eucarióticas ocorrem, respectivamente, **no citoplasma e na membrana plasmática de células procarióticas**. **A cadeia respiratória ocorre principalmente numa área da membrana denominada mesossomo, que é uma invaginação da mesma**.

O **mesossomo**, além de ser **o principal responsável pela cadeia respiratória na bactéria, se liga ao cromossomo único bacteriano para orientar sua divisão celular, num processo denominado amitose**.

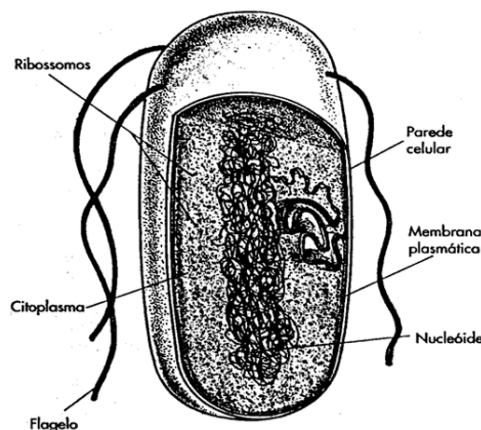
Observação: Segundo alguns autores, mesossomos seriam resultantes das técnicas usadas na preparação das células para a observação ao microscópio eletrônico. Quando preparadas por técnicas mais modernas, que evitam tratamentos drásticos, as células bacterianas não apresentariam os mesossomos.

FOTOSÍNTESE

As células procarióticas não possuem cloroplastos. Assim, nos **procariontes fotossintetizantes**, como as **cianobactérias**, a **fotossíntese é feita em estruturas denominadas lamelas fotossintetizantes ou cromatóforos**, que são membranas no citoplasma contendo pigmentos fotossintetizantes como clorofila ou bacterioclorofila.

ALGUMAS ESTRUTURAS EM CÉLULAS PROCARIÓTICAS

- **Parede celular:** envoltório celular rígido que determina a forma da célula bacteriana e a protege de danos mecânicos. É formada por compostos denominados **peptoglicanas** e **lipopolissacarídeos**. Está ausente em bactérias do gênero *Mycoplasma*.
- **Flagelos:** filamentos móveis que permitem o deslocamento das bactérias. São formados pela **proteína flagelina**.
- **Membrana plasmática:** localiza-se internamente à parede celular e controla a entrada e a saída de substâncias da célula.
- **Citoplasma:** região interna da célula, delimitada pela membrana plasmática.
- **Ribossomos:** grânulos responsáveis pela fabricação de proteínas.
- **Nucleóide:** região onde se localiza o cromossomo bacteriano.

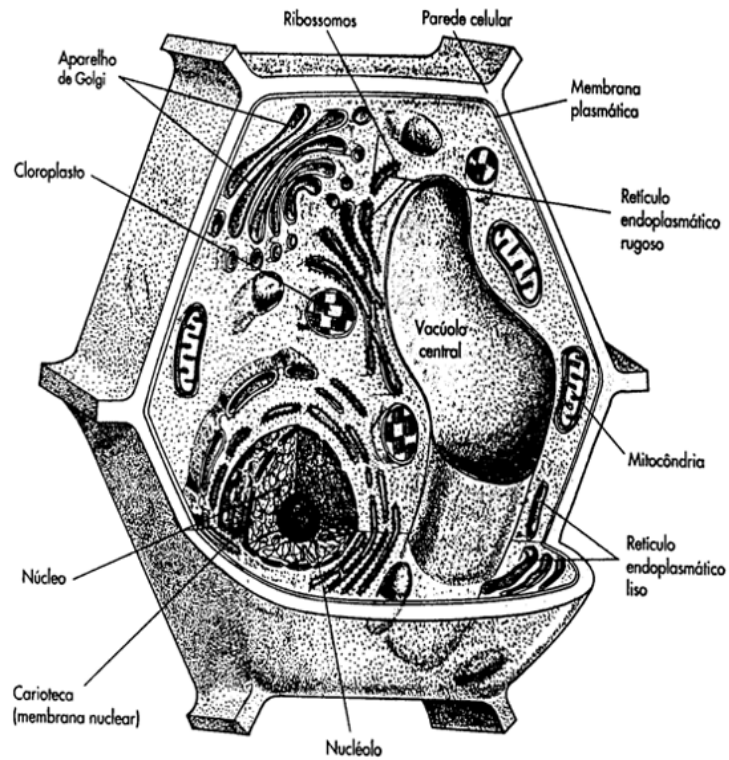


Célula procariótica (bacteriana) padrão. Observe a ausência de carioteca envolvendo o material genético (nucleóide) e a ausência de membranas internas (ausência de compartimentalização).

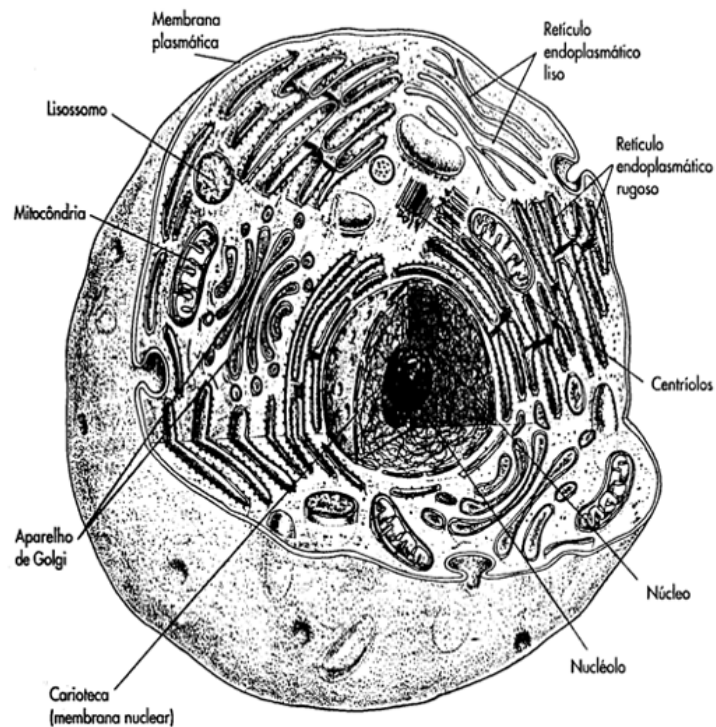
ALGUMAS ESTRUTURAS EM CÉLULAS EUCARIÓTICAS

- **Parede celular:** envoltório de celulose que protege a célula vegetal e determina sua forma; está ausente em células animais.
- **Membrana plasmática:** envoltório que seleciona a entrada e a saída de substâncias.
- **Citoplasma:** toda a região interna da célula, situada entre a membranas plasmática e o envoltório nuclear. Apresenta inúmeros compartimentos membranosos.
- **Retículo endoplasmático:** conjunto de tubos, canais e vesículas membranosas, dentro dos quais circulam substâncias fabricadas pela célula. O retículo endoplasmático liso se diferencia do retículo endoplasmático rugoso porque esse último possui ribossomos aderidos às suas membranas.
- **Complexo golgiense:** conjunto de vesículas membranosas achatadas e empilhadas, cuja função é armazenar substâncias que a célula fabrica.
- **Ribossomos:** grânulos responsáveis pela fabricação das proteínas celulares. Podem ser encontrados livres no citoplasma ou aderidos às membranas do retículo endoplasmático.
- **Mitocôndrias:** bolsas dotadas de duas membranas onde ocorre a respiração celular.
- **Lisossomos:** vesículas membranosas que contêm sucos digestivos. Digerem partículas ou estruturas celulares desgastadas pelo uso.
- **Núcleo:** central de informações da célula, onde se localizam os cromossomos, que contêm os genes, responsáveis pela hereditariedade.
- **Carioteca ou envelope nuclear:** envoltório que separa o conteúdo nuclear do citoplasma.
- **Nucléolo:** local de fabricação e armazenamento temporário de ribossomos. Encontra-se no interior do núcleo.
- **Centríolos:** cilindros de paredes tubulares, relacionados com o esqueleto da célula e com os movimentos celulares. Estão ausentes em células de plantas superiores.
- **Vacúolo de suco celular:** bolsa membranosa que contém água e sais. Estão ausentes em células animais.
- **Cloroplastos:** estruturas membranosas que contêm clorofila, sendo responsáveis pela fotossíntese. Estão ausentes em células animais.

Tome nota:



Célula eucariótica vegetal padrão. Observe a presença de parede celular, cloroplastos e vacúolo de suco celular, todas elas estruturas ausentes em células animais.



Célula eucariótica animal padrão. Observe a ausência de parede celular, cloroplastos e vacúolo de suco celular, todas elas estruturas presentes em células vegetais.