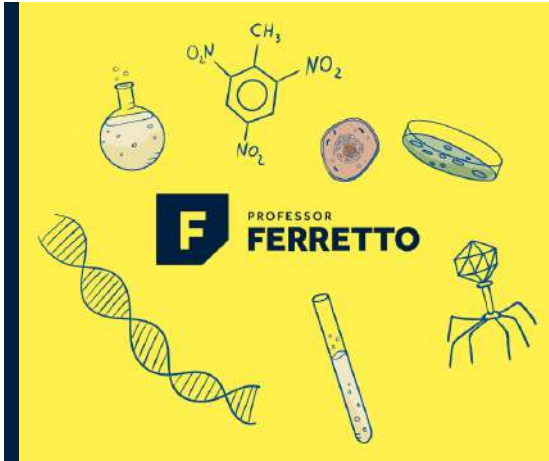


Biologia

PROFESSOR FLÁVIO LANDIM



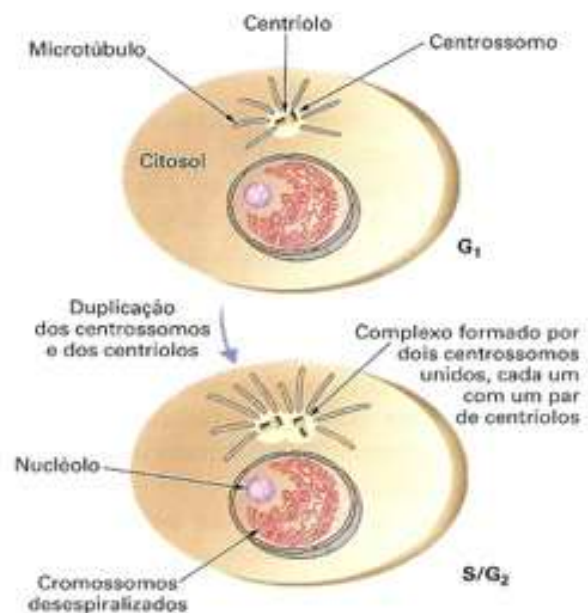
MITOSE

A mitose é uma forma de divisão celular que gera células geneticamente idênticas às células iniciais (clones das células iniciais). Ou seja, nela não há variabilidade genética. A partir de uma célula somática diploide (célula-mãe), duas outras células somáticas diploides (células-filhas) são formadas.

A mitose tem o papel de reprodução em organismos unicelulares (fala-se em bipartição ou cissiparidade ou divisão binária) e o papel de crescimento e regeneração em organismos pluricelulares.

FASES DA MITOSE

Antes da mitose, uma caracterização de célula em intérfase:



Observe a carioteca intacta, O DNA desespiralizado e a presença de um único par de centríolos.

O processo mitótico apresenta-se dividido em quatro etapas: prófase, metáfase, anáfase e telófase.

ASSUNTOS DA AULA.

Clique no assunto desejado e seja direcionado para o tema.

- [Fases da Mitose](#)
- [1. Prófase](#)
- [2. Metáfase](#)
- [3. Anáfase](#)
- [4. Telófase](#)
- [Citocinese animal](#)
- [Citocinese vegetal](#)
- [Diferenças entre mitose animal e mitose vegetal](#)
- [Mitose em fotografias](#)
- [Inibição da mitose](#)

1. PRÓFASE

Durante a prófase, a mais longa das fases da mitose, dentre outros eventos, tem-se:

- **Entrada de água na célula:** Isto visa tornar o citoplasma mais fluido promovendo a passagem de gel para sol (solação no tixotropismo). Estando o citoplasma mais fluido, os cromossomos o atravessam com maior facilidade, para que se desloquem aos polos da célula em divisão na anáfase.

- **Espiralização ou condensação dos cromossomos:** Os cromossomos na intérfase estão na forma desespiralizada (ou descondensada). Estes cromossomos são extremamente longos para um espaço tão pequeno quanto o núcleo. Para haver a separação dos cromossomos na divisão celular, a espiralização ocorre para reduzir-lhes o comprimento e aumentar o diâmetro, facilitando fenômenos como o posicionamento na placa equatorial, a ligação com o fuso e a separação dos mesmos. Como consequência da espiralização, os cromossomos durante a divisão celular estão inativos (por estarem espiralizados, não há a possibilidade de pareamento de novas bases nitrogenadas, e conseqüentemente não há a possibilidade de síntese de RNA). Começa a se evidenciar as duas cromátides do cromossomo duplo (cromátides-irmãs).

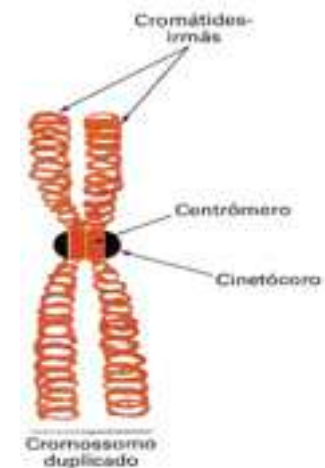
- **Formação dos cinetócoros:** proteínas especializadas presentes no núcleo organizam-se no centrômero de cada cromátide-irmã, formando um complexo proteico denominado cinetócoro. Desta maneira, cada cromossomo duplicado passa a ter dois cinetócoros, um para cada cromátide-irmã.

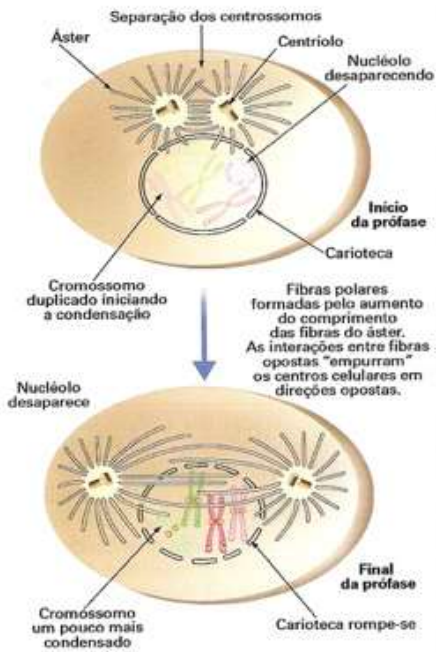
- **Desorganização da carioteca:** Isto visa permitir que os cromossomos se liguem às fibras do fuso e se dirijam aos polos das células.

- **Desaparecimento dos nucléolos:** Os nucléolos são estruturas formadas por RNAr e proteínas cuja função é produzir ribossomos (também formados por RNAr e proteínas), que serão enviados ao citoplasma para a realização de síntese proteica. Ao eliminar ribossomos, o nucléolo vai progressivamente perdendo parte de seus elementos constituintes e desaparecendo. Entretanto, a síntese de mais RNAr pelo DNA na intérfase (a região do DNA responsável pela formação de RNAr é a região organizadora do nucléolo, também conhecida como zona SAT) repõe o RNAr que saiu com os ribossomos, de forma que o volume do nucléolo não se altera. Entretanto, durante a divisão celular, o DNA está inativo, e a síntese de RNAr para. Assim, sai RNAr do nucléolo para haver formação dos ribossomos e este não é repostado pelo DNA. O nucléolo desaparece.

- **Duplicação dos centríolos:** os diplossomas se duplicam e cada um deles migra para um polo da célula, com auxílio de microtúbulos especiais denominados de **fibras polares**, que se estendem de um polo a outro da célula. Lá nos polos, os centríolos originam as **fibras do áster**, que vão manter o fuso acromático ancorado nessas regiões.

- **Formação das fibras do fuso (aparelho mitótico ou fuso acromático):** As fibras do fuso (polares e cinetocóricas) formam-se pela polimerização de microtúbulos citoplasmáticos, e não pelo centríolo como há pouco tempo se pensava. Algumas fibras polares se ligam a estruturas denominadas de **cinetócoros**, que são estruturas localizadas no centrômero do cromossomo. Cada centrômero possui dois cinetócoros. As fibras polares que se ligam aos cinetócoros passam a ser denominadas de **fibras cinetocóricas**. O fuso não é corado pelos corantes normalmente usados em citologia, daí o nome acromático ("sem cor"). Apesar de desenhado em esquemas, ele não é visível em fotografias de células em divisão.





As fibras do fuso não são formadas pelo centríolo, e sim pelos microtúbulos do citoesqueleto. Tanto é que as células vegetais não possuem centríolos mas possuem fibras do fuso. Já as fibras do áster têm origem nos microtúbulos do centríolo, de modo que os vegetais não têm áster.

Tome nota:

Prometáfase

A prometáfase se inicia após a desorganização da carioteca, quando nucleoplasma e citoplasma se misturam. Nela, completa-se a formação do aparelho mitótico. Os microtúbulos que estão organizando as fibras do fuso começam a entrar na área que correspondia ao núcleo, onde estão os cromossomos. Estas fibras do fuso podem então se ligar ao cinetócoro do centrômero de cada umas das cromátides-irmãs, originando fibras cinetocóricas ou cromossômicas.

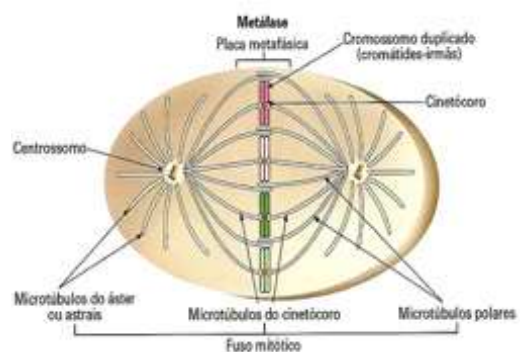
As duas fibras cinetocóricas se localizam em lados opostos do centrômero, voltadas para os polos da célula. Cada cromátide está presa, devido ao cinetócoro, aos microtúbulos do fuso acromático. Estes microtúbulos do fuso cromático começam a deslocar os cromossomos para a região equatorial da célula, em um movimento denominado metacinese.

A prometáfase vai do momento em que a carioteca se desorganiza, passando pela ligação das fibras do fuso aos cinetócoros, até a organização dos cromossomos na placa equatorial. Assim que os cromossomos atingem e se organizam na placa equatorial, termina a prometáfase e começa a metáfase.

2. METÁFASE

Durante a metáfase, tem-se os seguintes eventos:

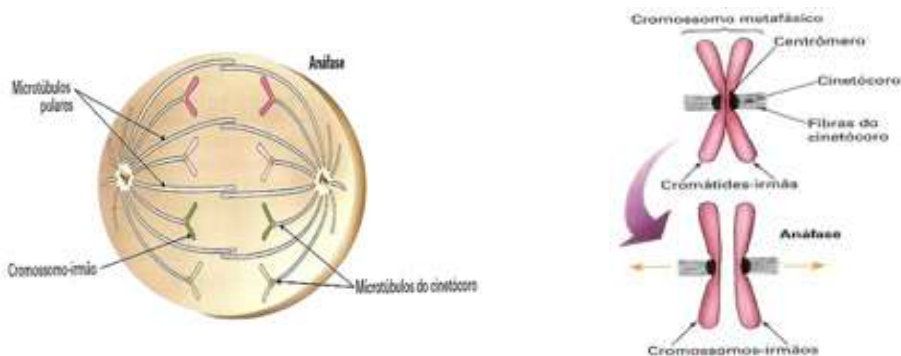
- Os cromossomos ficam dispostos na placa equatorial, região mediana da célula.
- Atinge-se o grau máximo de espiralização dos cromossomos: estando altamente espiralizados, eles ficam mais curtos e mais espessos, facilitando a visualização ao microscópio. É na metáfase que se tem a melhor visualização dos cromossomos. Isso devido à alta espiralização e ao posicionamento dos cromossomos na placa equatorial.



3. ANÁFASE

A anáfase começa com a ruptura longitudinal dos centrômeros, promovida pelas fibras do fuso que começam a se despolimerizar, contraindo-se. Elas estão ligadas aos centrômeros dos cromossomos dos dois lados, e esta pressão bilateral determina esta ruptura longitudinal do centrômero.

Com a ruptura do centrômero, as cromátides-irmãs de um mesmo cromossomo duplo se separam, originando dois cromossomos simples. Esses são ditos cromossomos-filhos ou irmãos.



As fibras do fuso continuam despolimerizando e encurtando, até que os cromossomos-filhos cheguem aos polos da célula. Paralelamente, as fibras cinetocóricas, que se prendem às fibras polares, tal qual um vagão desliza sobre seu trilho, deslizam sobre as fibras polares em direção aos polos da célula.

4. TELÓFASE

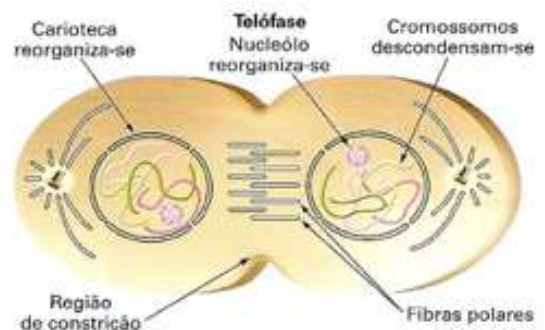
Na **telófase**, acontecem os eventos inversos ao da prófase. Assim temos:

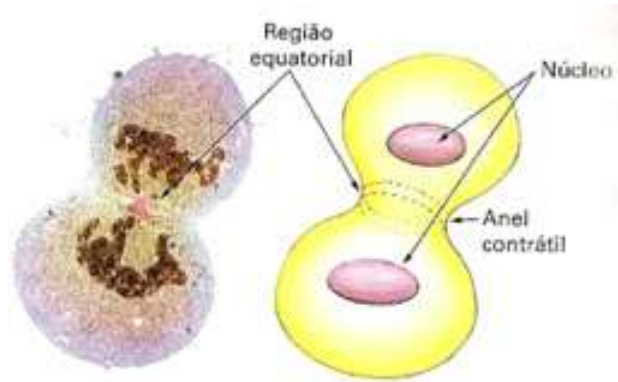
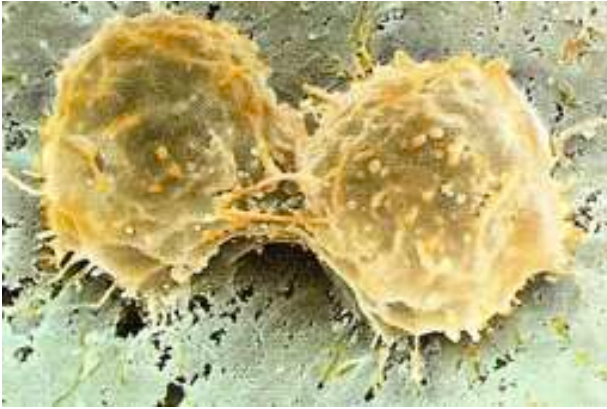
- **Saída de água da célula;**
- **Desespiralização dos cromossomos;**
- **Reorganização da carioteca**, o que é feito a partir do retículo endoplasmático rugoso;
- **Reorganização dos nucléolos**, a partir das regiões organizadoras dos nucléolos ou zonas SAT;
- **Desaparecimento do fuso e do áster.**

Ao fim da telófase, mas ainda como parte dela, está completa a divisão do núcleo celular, dita cariocinese, e há dois núcleos, cada qual em um dos polos da célula. Para completar a divisão celular, deve-se proceder à divisão do citoplasma, dita citocinese (ou citodírese).

CITOCINESE ANIMAL

A citocinese animal ocorre por estrangulamento porque, na região de placa equatorial, existem microfilamentos de actina e miosina dispostos em forma de anel (dito anel contrátil). Estes microfilamentos contraem-se e vão promovendo o estrangulamento do citoplasma na região equatorial até que ocorra a citocinese.





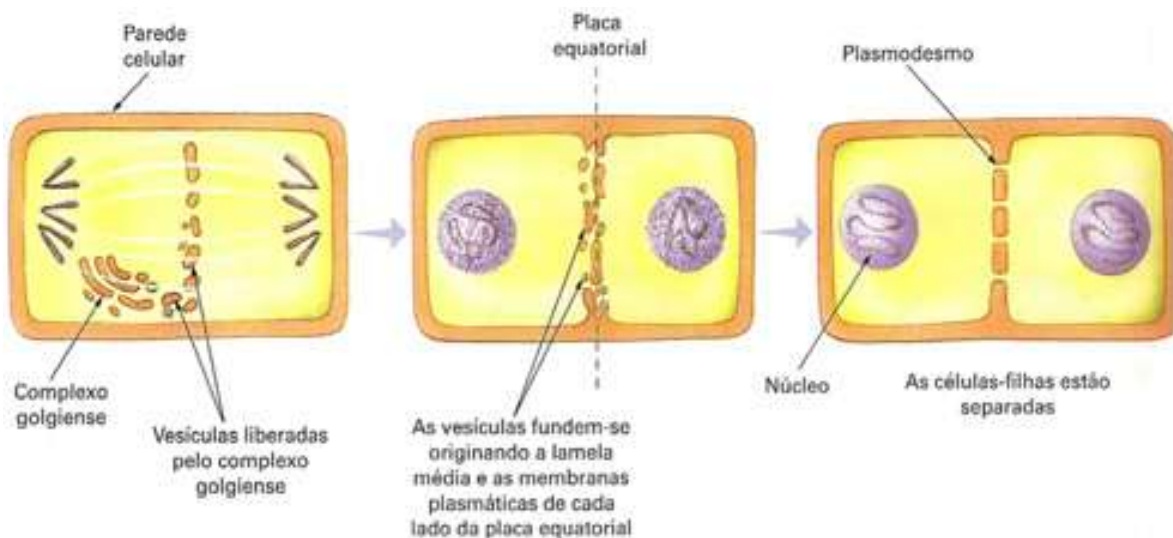
À esquerda, fotomicrografia eletrônica de varredura de citocinese em células animais.
 À direita, esquema representativo de citocinese em células animais.

CITOCINESE VEGETAL

Apesar de não haver centríolos ou áster na mitose vegetal, as fibras do fuso estão presentes. Ao contrário do que muitos pensam, as fibras do fuso não se originam a partir do microtúbulo do centríolo. Elas se originam a partir da polimerização dos microtúbulos do citoesqueleto (presentes tanto em células animais como em vegetais). Esta polimerização ocorre a partir do centríolo e do centrômero, que funcionam como centros organizadores de microtúbulos para a formação do fuso.

A citocinese vegetal não pode ocorrer por simples estrangulamento porque, se isto acontecesse, haveria divisão do citoplasma mas as duas células filhas não possuiriam parede celular entre elas. Para haver a formação da parede celular entre as duas células-filhas, a citocinese vegetal ocorre de

maneira diferente, por um processo centrífugo. Após a cariocinese (divisão do núcleo), vesículas produzidas a partir do complexo de Golgi, denominadas fragmoplastos, começam a se dispor na região média entre os dois núcleos recém formados. Estes fragmoplastos contêm um polissacarídeo denominado amilopectina. O conjunto de fragmoplastos na região média entre os dois núcleos é dito lamela média. Sobre os fragmoplastos, será depositada celulose, o que originará a parede celular propriamente dita. Os espaços entre os fragmoplastos permanecem como espaços na parede celular, formando comunicações entre os citoplasmas das células vizinhas, denominados plasmodesmos.



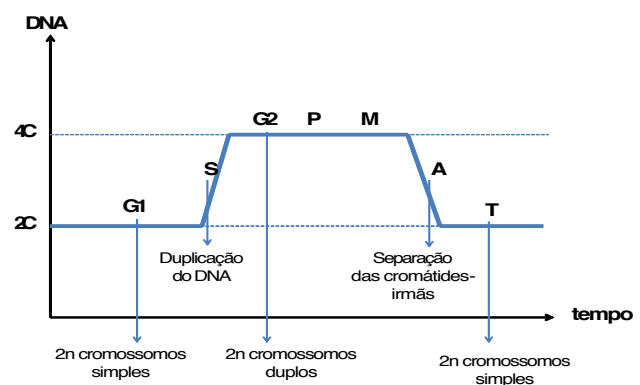
DIFERENÇAS ENTRE MITOSE ANIMAL E MITOSE VEGETAL

A mitose animal difere da vegetal pelos seguintes aspectos:

MITOSE ANIMAL	MITOSE VEGETAL
cêntrica (com centríolos)	ascêntrica (sem centríolos)
astral (com áster)	anastral (sem áster)
citocinese centrípeta (da periferia para o centro por estrangulamento)	citocinese centrífuga (do centro para a periferia)

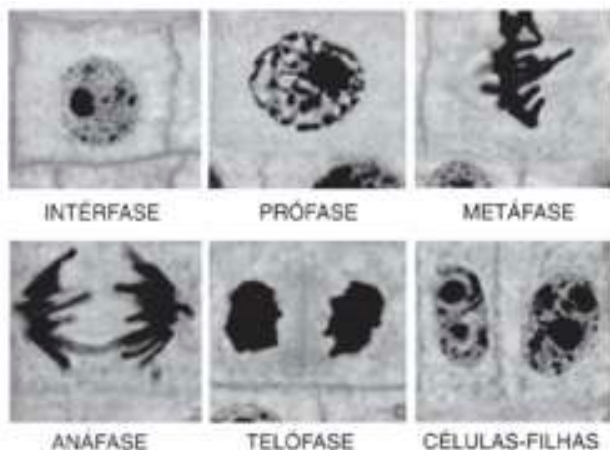
Na fase S a quantidade de DNA duplica devido à síntese de DNA. Entretanto, não há aumento no número de cromossomos, só de cromátides. A célula passa de $2n$ cromossomos simples (com apenas 1 cromátide cada) em G1 para $2n$ cromossomos duplos em G2 (com 2 cromátides cada).

Observe que na anáfase a quantidade de DNA reduz-se à metade devido à ruptura longitudinal dos centrômeros, o que separa as cromátides-irmãs de um cromossomo, sendo que cada cromátide passa a constituir um cromossomo-filho (considerando que, a partir daí, com a separação dos cromossomos-filhos e seu posicionamento nos polos das células, temos duas células distintas; apenas ainda não houve a citocinese que efetiva esta divisão entre as duas células através da divisão do citoplasma). A quantidade de DNA volta a ser $2n$ e os cromossomos voltam a ter uma cromátide cada, sendo pois cromossomos simples.



MITOSE EM FOTOGRAFIAS

Os desenhos apresentados até aqui não são representações muito fiéis do processo de mitose. A seguir, temos fotografias de células vegetais em mitose ao microscópio óptico.



Tome nota:

- A célula em **intérfase** pode ser reconhecida pelo núcleo uniforme, o que indica a presença de carioteca, e pelo material genético homogêneo, o que indica que não há cromossomos individualizados (o material genético está desespiralizado).

- A célula em **prófase** pode ser identificada pelo núcleo irregular, o que indica que a carioteca está se desorganizando, e pelo material genético que começa a ficar heterogêneo, o que indica que ele está condensando.

INIBIÇÃO DA MITOSE

Com o uso de substâncias químicas como a colchicina e a vimblastina, é possível interromper a mitose. Isso porque esta substância inibe a polimerização dos microtúbulos citoplasmáticos, impedindo a formação das fibras do fuso.

A consequência disso é que, quando os cromossomos localizam-se na placa equatorial na metáfase, não há fibras para tracionarem os mesmos aos polos da célula. A célula fica permanentemente em metáfase.

É isso que é utilizado na montagem do cariótipo. Como a mitose para na metáfase, tem-se uma excelente visualização dos cromossomos.

Tome nota:

- A célula em **anáfase** apresenta cromossomos em forma de letra “V” deitada, com os vértices voltados para os polos da célula, o que indica que os cromossomos-filhos estão migrando para esses polos.

- A célula em **metáfase** tem os cromossomos bem individualizados e espiralizados, mais ou menos na região central da célula (placa equatorial).

- A célula em **telófase** possui dois núcleos menores que o da célula em interfase, o que indica que a cariocinese já foi concluída.

Certos produtos químicos semelhantes a colchicina e vimblastina são usados como quimioterápicos no tratamento de pacientes com câncer. Esses produtos podem bloquear a divisão celular, constante em células cancerosas. Apesar de a quimioterapia exibir uma grande eficiência terapêutica, pessoas submetidas a ela podem sofrer efeitos colaterais, devido ao efeito dos quimioterápicos sobre as células normais.

Esses efeitos são mais intensos em tecidos como o epitelial e o hematopoiético, pois estes são formados por células em intensa atividade mitótica (células lábeis), e a quimioterapia atua exatamente sobre a divisão celular. Daí a queda de cabelo (não produção de novas células nos folículos pilosos), a anemia (não produção de novas hemácias) e a imunodepressão (não produção de novos leucócitos). Já os tecidos nervoso e muscular não são afetados porque são formados por células que não se dividem (células permanentes).