

**Universidade Estadual do Rio Grande do Sul**  
**Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental**  
**Biologia Geral**  
**Aula 5**

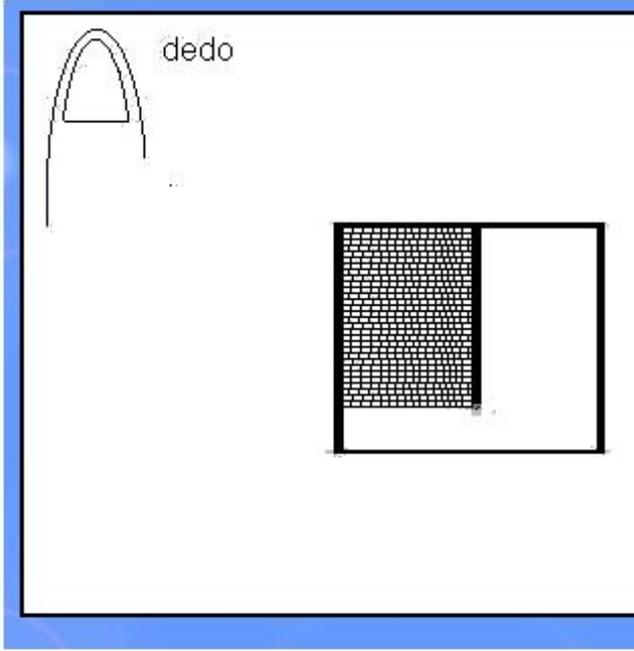
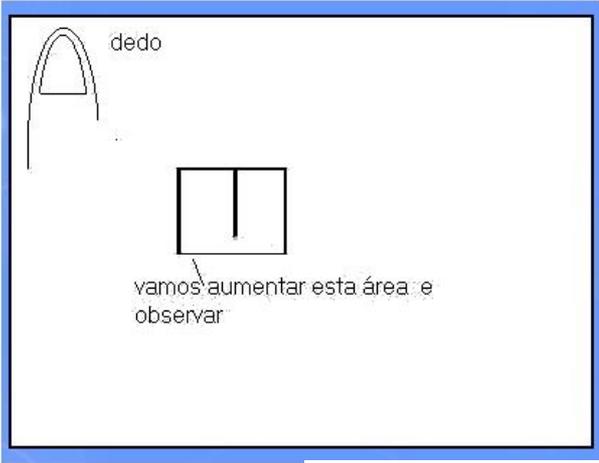
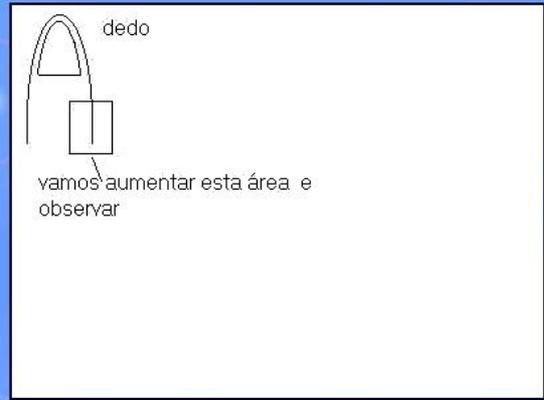
Professor Antônio Ruas

- 1. Créditos: 60**
- 2. Carga horária semanal: 4**
- 3. Semestre: 1º**
- 4. Assuntos:**
  - Divisão celular, mitose**

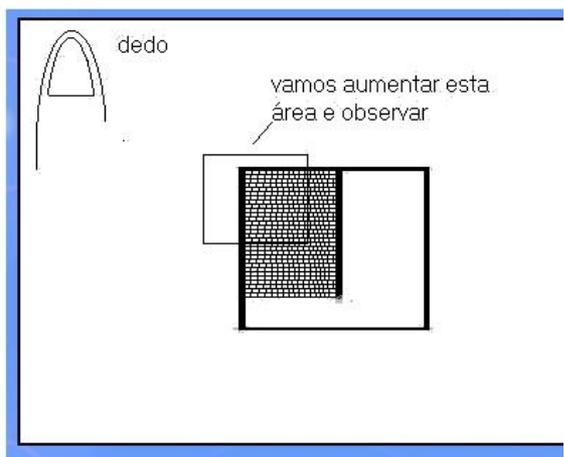
# ● 1. Introdução: Ciclo de Vida Celular

- As células se reproduzem pela duplicação de seus conteúdos e, então, dividem-se em duas. Este ciclo de divisão celular é a maneira fundamental pela qual todos os seres vivos são reproduzidos.
-

# O que é uma célula?



# O que é uma célula?



## • 1.2 A divisão do DNA

- Para uma célula se dividir, é necessário que haja uma nova síntese de DNA.
- Os detalhes da duplicação do DNA, dita semi-conservativa, serão detalhados posteriormente.
- Por ora, vamos considerar que o DNA é uma molécula replicável, capaz de formar cópias exatas de si mesma. Erros neste processo podem ocorrer e serão estudados no capítulo das mutações.
- Na duplicação do DNA, três enzimas são necessárias: DNA helicase (distende), DNA primase (elabora um molde inicial) e DNA polimerase, a mais importante e que de fato, promove a ligação dos nucleotídeos (ver figuras a seguir).





## • 1.2 A divisão do DNA

- O DNA na célula eucariótica organiza-se em cromossomos. O que são os cromossomos?
- 
- **Cromossomos** são estruturas de DNA que cumprem funções genéticas distintas. Lembramos que o DNA é uma fita dupla, portanto cada fita é um cromossomo. As partes do cromossomo, que sintetizam proteínas são os genes. Nestas estruturas, há também numerosas proteínas que cumprem várias funções. No conjunto as proteínas são chamadas de **histonas**.
- O conteúdo nuclear formado por DNA e histonas é chamado de **cromatina**.
-

## • 1.2 A divisão do DNA

- Os cromossomos são visíveis apenas em momentos do ciclo divisional da célula. Na interfase, encontram-se expandidos. Ficarão definidos após a interfase, devido à condensação da cromatina.
- Ocorre que as células eucarióticas são geralmente diplóides, o seja, possuem pares de cromossomos. Qual é a vantagem desta situação?
-

## • 1.2 A divisão do DNA

- Na maioria dos organismos **diplóides** existem células **haplóides**, onde cada cromossomo apresenta-se isolado.
- As células haplóides são parte do ciclo sexual de reprodução.
- Estas células haplóides nos organismos superiores são chamadas de gametas.

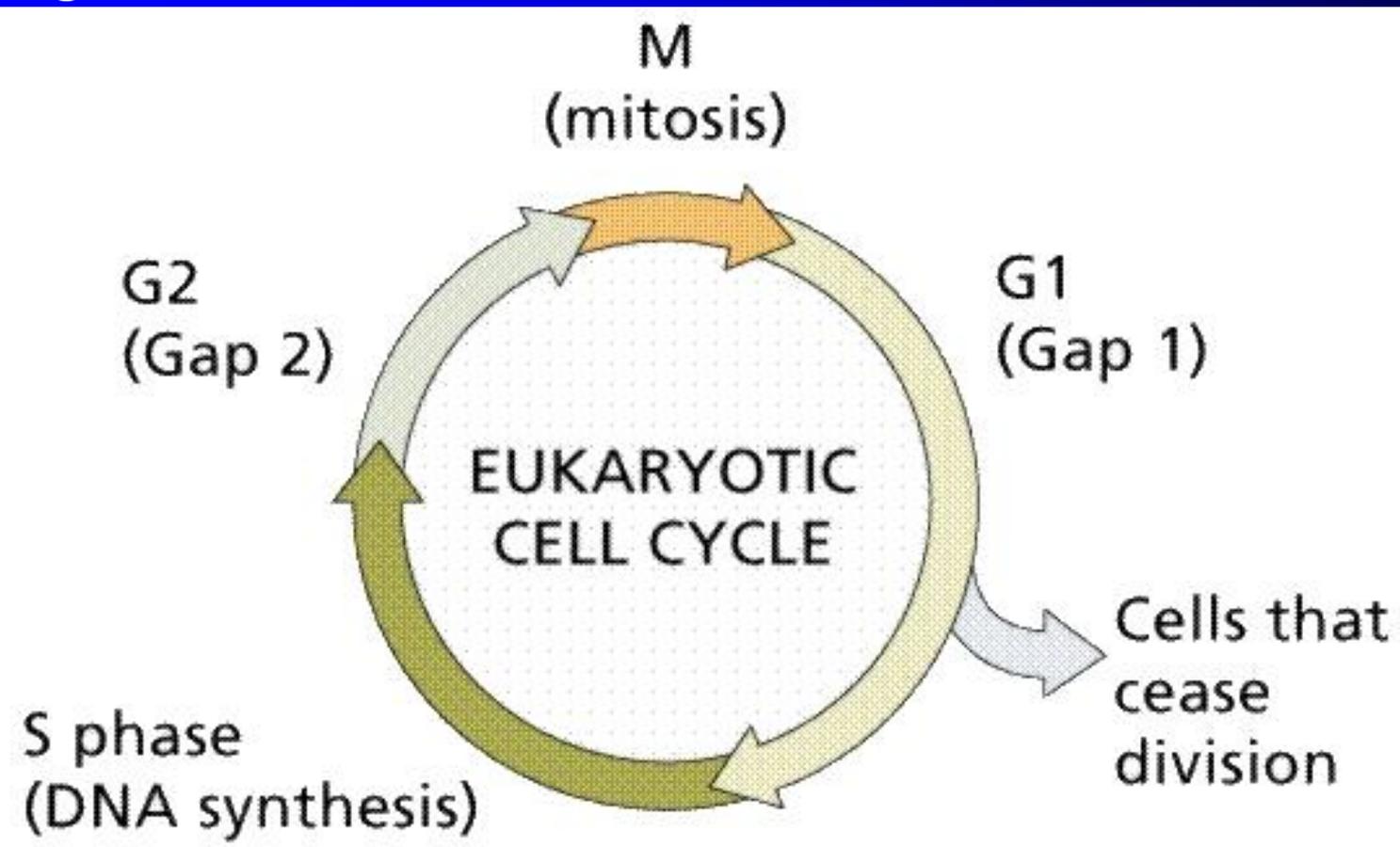
## • 1.3 Ciclo de Vida Celular

- Uma célula em crescimento passa por um ciclo celular que compreende essencialmente dois períodos: a **interfase** e a **divisão**.
- A interfase foi compreendida mais recentemente. Inicialmente foi considerada com uma fase de "repouso".
- As células passam a maior parte de sua vida em interfase, que é um período de atividade e não de repouso. A atividade é de síntese e de duplicação do genoma.
- A divisão celular ou **mitose**, é a fase final do processo, sendo microscopicamente visível. Antes, na interfase, houve uma alteração ao nível molecular, não visível.

## • 1.4 Estágios da interfase

- A síntese do DNA para a duplicação do genoma, ocorre num período da interfase, denominado S (de síntese).
- O período S é precedido por G1 seguido por G2, que significam intervalos (GAPS), quando não ocorre a síntese de DNA.
- Esta observação levou os cientistas a dividir o ciclo celular em quatro intervalos sucessivos, três de interfase e um de mitose:
  - **G1**- é o período que transcorre entre o final da mitose e o início da síntese do DNA;
  - **S** - é o período de síntese do DNA;
  - **G2** - é o intervalo entre o final da síntese do DNA e o início da mitose. Durante o período G2 a célula possui o dobro (4C) da quantidade de DNA presente na célula diplóide original (2C)

# Estágios da interfase nas células eucariontes.



## ESTÁGIOS DA INTERFASE

## •1.4 Estágios da interfase

- 
- Considera-se a mitose é a divisão celular propriamente dita.
- 
- Depois da mitose as células filhas entram novamente no período G1 e possuem o conteúdo de DNA equivalente à situação diplóide.
- A duração do ciclo celular varia consideravelmente de um tipo celular a outro. Para uma célula de mamífero crescendo em cultura com um tempo de geração de 16 horas, o tempo dos diferentes períodos seria:
  - G1 = 5 horas
  - S = 7 horas
  - G2 = 3 horas
- MITOSE = 1 hora

# Estágios da interfase nas células eucariontes e variação do volume de DNA

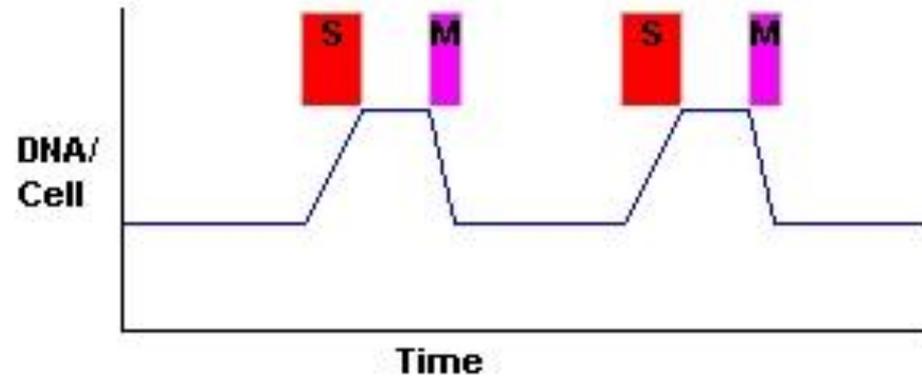


Gráfico mostrando a quantidade de DNA e a variação deste no Ciclo Celular

## •1.4 Estágios da interfase

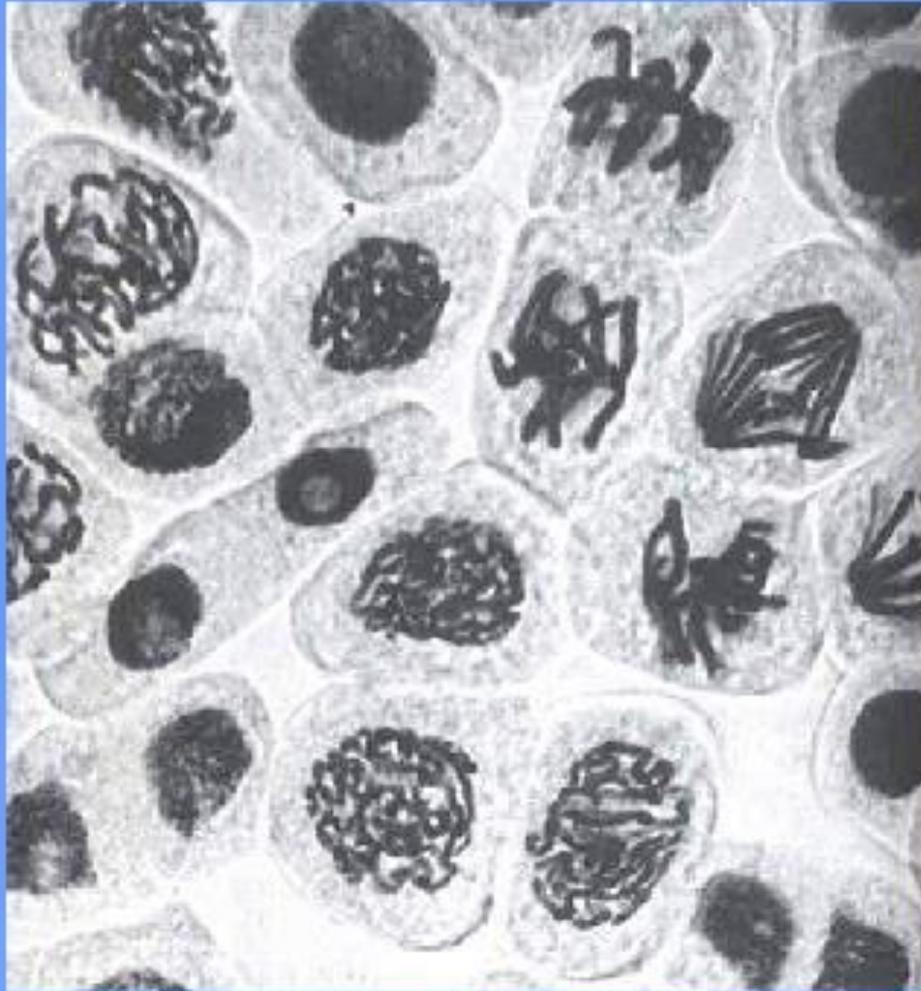
- Geralmente, os períodos S, G2 e mitótico são relativamente constantes nas diversas células de um mesmo organismo. O período G1 é o mais variável.
- Dependendo da condição fisiológica das células, podem durar dias, meses e até anos.
- Nos tecidos onde as células normalmente não se dividem (como nervoso ou músculo esquelético), ou que raramente se dividem (células hepáticas), possuem a mesma quantidade de DNA presente do período G1.
- Pode-se saber em que fase do ciclo a célula se encontra pela medida de seu conteúdo de DNA, o qual duplica durante a fase S.

## • 2. A divisão celular ou mitose

- A mitose consiste de divisão nuclear seguida de divisão citoplasmática. Esta é chamada de citocinese.
- A divisão nuclear depende do chamado fuso mitótico, um tipo de rede guiadora, formada por microtúbulos. Nesta rede, os cromossomos são separados e guiados.
- A divisão citoplasmática depende da formação de um tipo de anel contrátil, semelhante aos microtúbulos, formado por filamentos de actina.
- A mitose inicia com a duplicação dos centrossomos, organelas que na interfase estão em repouso.
- Ao redor dos dois centrossomos, forma-se uma rede inicial, os ásteres. Depois completa-se o fuso mitótico.

# Células em mitose observadas no microscópio óptico.

## MITOSE:



## • 2. A divisão celular ou mitose

- A duplicação dos centrosomos começa durante as fases S e G2 do ciclo celular.
- Os centrosomos duplicados são separados e movem-se para lados opostos do núcleo no início da fase M, para formar os dois pólos do fuso mitótico.
- Conjuntamente, organelas ligadas à membrana, como complexo de Golgi e retículo endoplasmático, são fragmentados em vários pedaços menores durante a fase M, assegurando a sua distribuição parelha entre as células filhas durante a citocinese.

### •3. As fases da divisão celular: 3.1 Prófase

- A primeira fase da mitose é a prófase. Esta fase inicia-se com uma transição da fase G2 para a fase M que no microscópio não é um evento claramente definido.
- A cromatina, que está difusa na interface, vagarosamente condensa-se em cromossomos bem definidos. Eles são as fitas de DNA condensadas.
- Cada cromossomo foi duplicado durante a fase S precedente e consiste de duas estruturas ligadas, as cromátides, ditas irmãs.
- Cada cromátide apresenta uma parte central destacada, o centrômero. No centrômero, há uma seqüência de DNA específica. O centrômero é necessário para separação adequada.
- Junto aos centrômeros forma-se um disco protéico, o cinetócoro, importante para a separação das cromátides.
-

### •3. As fases da divisão celular: 3.1 Prófase

- Mais para o final da prófase, os microtúbulos citoplasmáticos que eram parte do citoesqueleto da interface, desmontam-se e o principal componente do aparato mitótico, o fuso mitótico, começa a ser formado.
- Esta estrutura é bipolar e consiste de microtúbulos e proteínas associadas.
- O fuso inicialmente é montado fora do núcleo entre os centrosomos em separação.

## 1 PRÓFASE

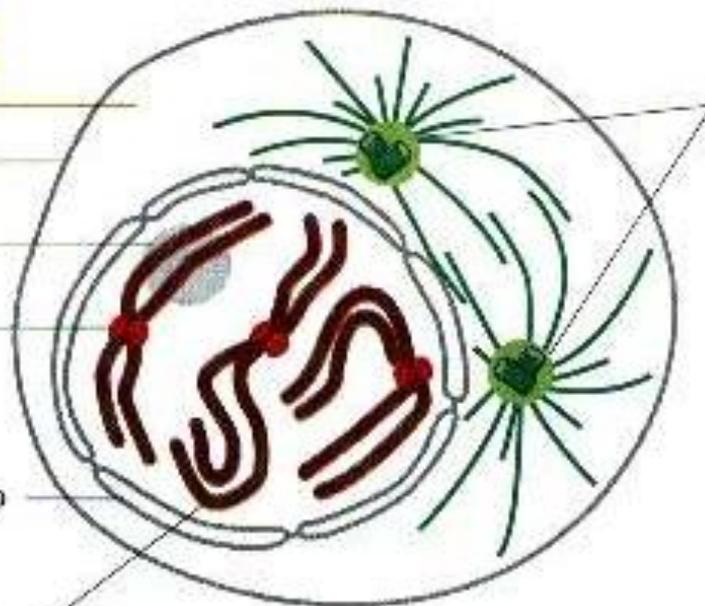
citoplasma  
membrana plasmática

nucléolo disperso

cinetocoros  
ligados ao  
centrômero

envelope nuclear intacto

cromossomo condensado com  
as duas cromátides-irmãs  
unidas pelo centrômero



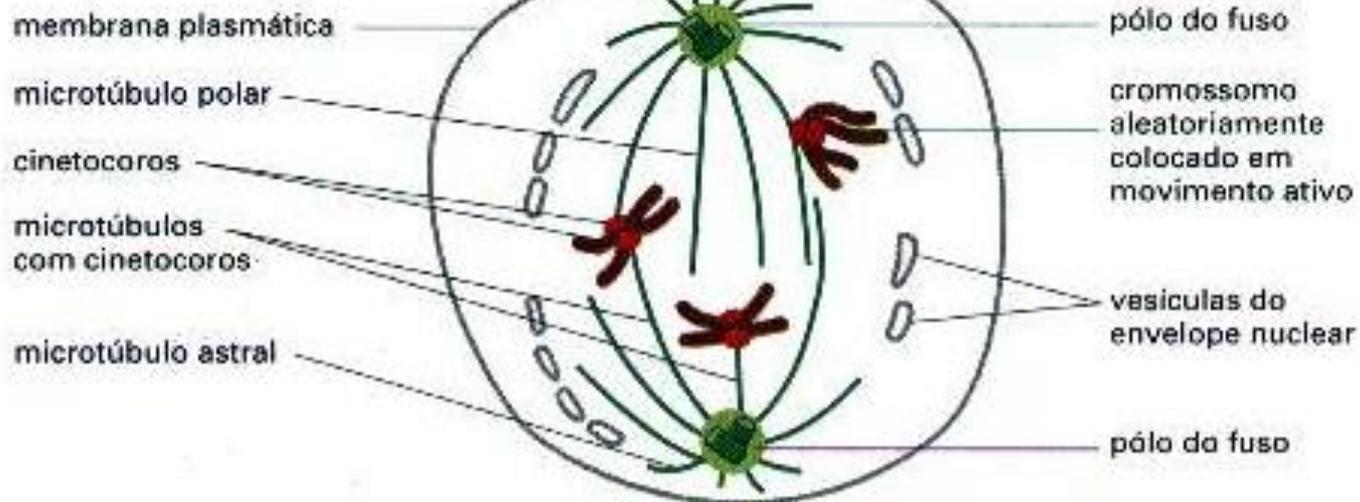
centrossomos  
em separação  
irão formar os  
pólos do fuso

### •3. 1 As fases da divisão celular: 3.2 pró-metáfase

- A pró-metáfase começa com o rompimento do envelope nuclear que quebra em vesículas membranosas indistinguíveis dos pedaços do retículo endoplasmático. Essas vesículas permanecem visíveis ao redor do fuso durante a mitose.
- Os microtúbulos do fuso, que estavam fora do núcleo, podem agora entrar na região nuclear.
- Os cinetócoros, maturam-se em cada centrômero e se fixam a alguns dos microtúbulos do fuso, que são então chamados microtúbulos com cinetocóros.
- Os microtúbulos restantes do fuso são chamados microtúbulos polares, enquanto os microtúbulos fora do fuso são chamados microtúbulos astrais.
- Os microtúbulos com cinetócoros tensionam os cromossomos, os quais entram então em movimento agitado.

ROMPIMENTO DO ENVELOPE CELULAR

## 2 PRÓ-METÁFASE

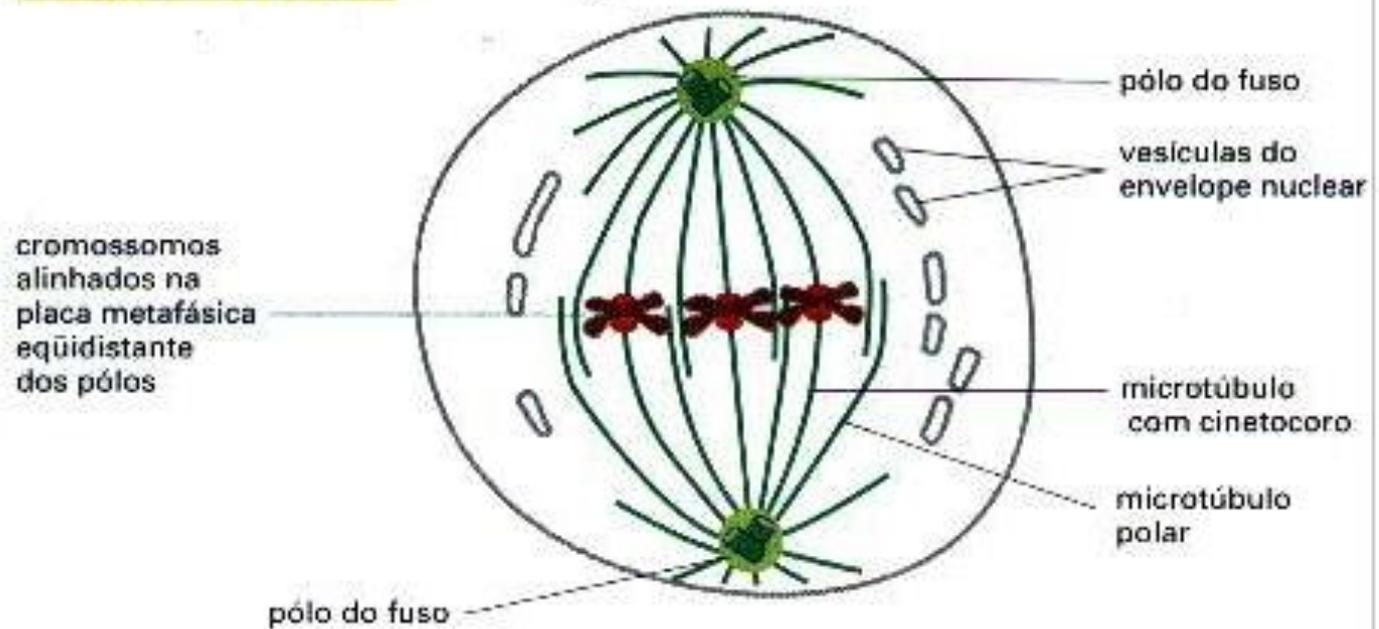


### • **3. As fases da divisão celular: 3.3 metáfase**

- Os microtúbulos com cinetócoros eventualmente alinham os cromossomos em um plano a meio caminho dos pólos do fuso. Este local medial é chamado de placa metafásica.
- Cada cromossomo é mantido tensionado na placa metafásica pelos cinetócoros pareados e seus microtúbulos associados, os quais estão ligados a pólos opostos do fuso.

### 3 METÁFASE

CROMOSSOMOS MOVEM-SE PARA PLACA DA METÁFASE



### • 3. As fases da divisão celular: 3.4 anáfase

- Ativada por um sinal específico, a anáfase inicia rapidamente quando os cinetócoros de cada cromossomo separam-se, permitindo que cada cromátide (agora chamadas de cromossomo novamente) seja lentamente movida em direção ao pólo do fuso a sua frente, ou seja, migram em direção oposta.
- Todos os cromossomos recém-separados movem-se na mesma velocidade.
- Durante a anáfase, dois tipos distintos de movimento são observados.
- No **movimento de anáfase A**, os microtúbulos com cinetócoro encurtam à medida que os cromossomos aproximam-se dos pólos.
- No **movimento de anáfase B**, os microtúbulos polares alongam-se e os dois pólos do fuso distanciam-se. Normalmente, a anáfase dura poucos minutos.

SEPARAÇÃO REPENTINA  
DOS CINETOCOROS-IRMÃOS  
INICIA A ANÁFASE

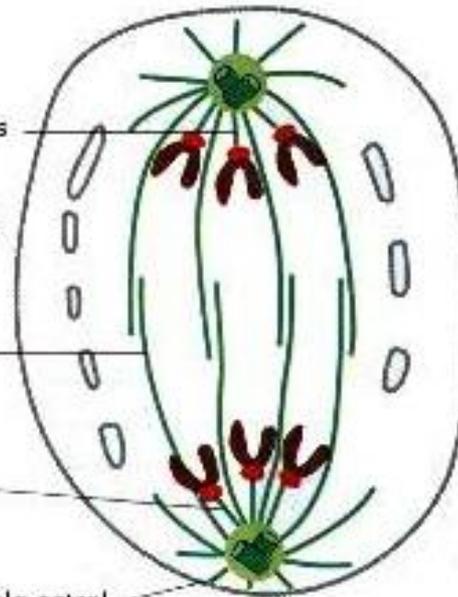
#### 4 ANÁFASE

cinetocoro com microtúbulos  
encurtam à medida que a  
cromátide (cromossomo)  
é trazida em direção ao pólo

alongamento polar  
do microtúbulo

encurtamento do  
cinetocoro com  
microtúbulo

microtúbulo astral



aumento progressivo  
da distância entre  
os pólos do fuso

### •3. As fases da divisão celular: 3.5 Telófase

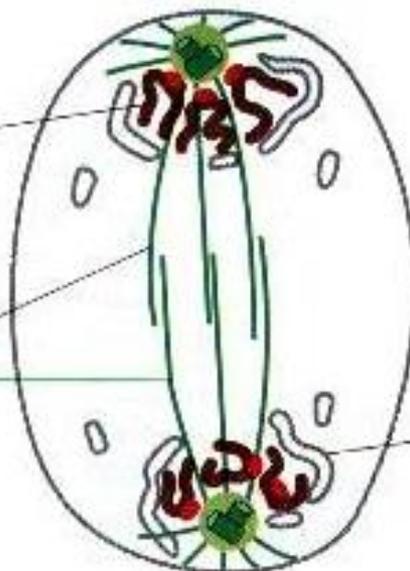
- Na telófase (telos significa fim), os cromossomos recém separados chegam aos pólos e os microtúbulos com cinetócoros desaparecem.
- Os microtúbulos polares alongam-se ainda mais e um novo envelope nuclear é reconstituído ao redor de cada grupo de cromossomos.
- A cromatina condensada expande-se uma vez mais e o nucléolo, ausente desde o início da prófase, reaparece, marcando o término da mitose.

## 5 TELÓFASE

expansão dos cromossomos  
sem microtúbulos  
com cinetocoros

microtúbulos polares

REGENERAÇÃO DO  
ENVELOPE NUCLEAR



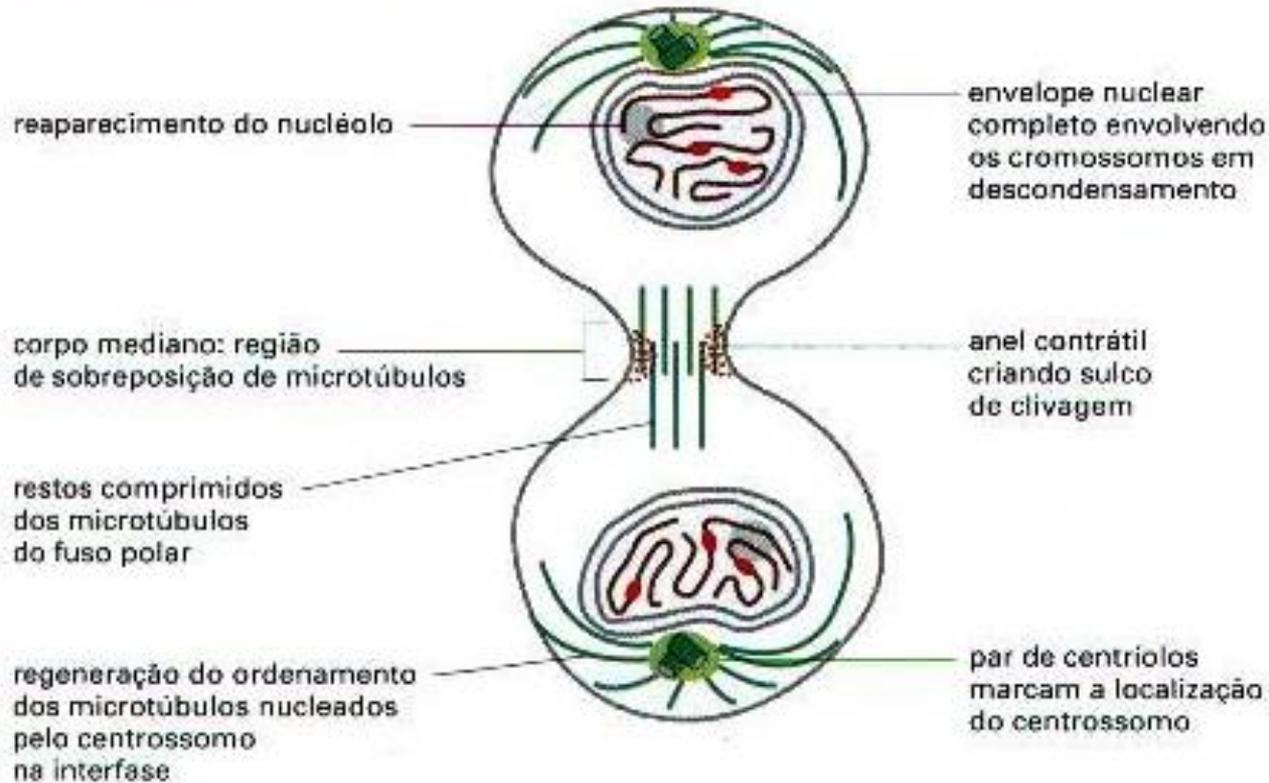
regeneração do envelope  
nuclear ao redor dos  
cromossomos individuais

### •3. As fases da divisão celular: 3.6 Citocinese

- O citoplasma se divide por um processo conhecido como clivagem que usualmente começa durante a anáfase.
- Nas células animais, ocorre o seguinte:
  - A membrana mais ou menos no meio da célula, perpendicular ao eixo do fuso e entre os novos núcleos é puxada para dentro formando o sulco de clivagem, o qual vai gradualmente aprofundando-se até encontrar restos estreitados do fuso mitótico entre os dois núcleos.
  - Esta ponte estreita, ou corpo mediano, pode persistir por algum tempo antes de estreitar-se e finalmente quebrar em cada extremidade deixando duas novas células (ou células-filhas) separadas.

SULCO DE DIVISÃO  
DIVIDE A CÉLULA EM DUAS

## 6 CITOCINESE



## ● 4. Introdução à meiose. Diferenças com a mitose.

- Na mitose, a divisão é dita equacional, por que mantém o número de cromossomos da célula e as células-filhas resultantes são iguais à célula mãe. Estas células diplóides são codificadas como  $2n$ , por possuírem um número dobrado de cromossomos.
- Na mitose, uma célula  $2n$  dá origem à duas células  $2n$ . Isto é o que ocorre nas células ditas somáticas do organismo multicelular. As células somáticas formam os tecidos e diferenciam-se dos gametas, células destinadas à reprodução sexual.

## ● 4. Introdução à meiose. Diferenças com a mitose.

- A meiose é uma divisão dita reducional, por que há uma redução no número de cromossomos das células filhas ao final do processo. Cada célula filha é diferente da célula mãe porque tem um número equivalente à metade dos cromossomos.
- As células filhas na meiose são diferentes também geneticamente, porque houve troca de genes entre os cromossomos homólogos ("crossing-over), que compõe os pares.



## ● 4. Introdução à meiose. Diferenças com a mitose.

- Esta é uma diferença importante. Na mitose não há permutação de genes entre cromossomos homólogos, ou pares, chamada de crossing-over.
- Finalizando, na meiose, de uma célula  $2n$  formam-se 4 células  $n$ .
- A meiose ocorre apenas nas células germinativas, que originam os gametas.
- É o caso das espermatídes e das ovogônias que dão origem a espermatozóides e óvulos, como está proposto no exercício.