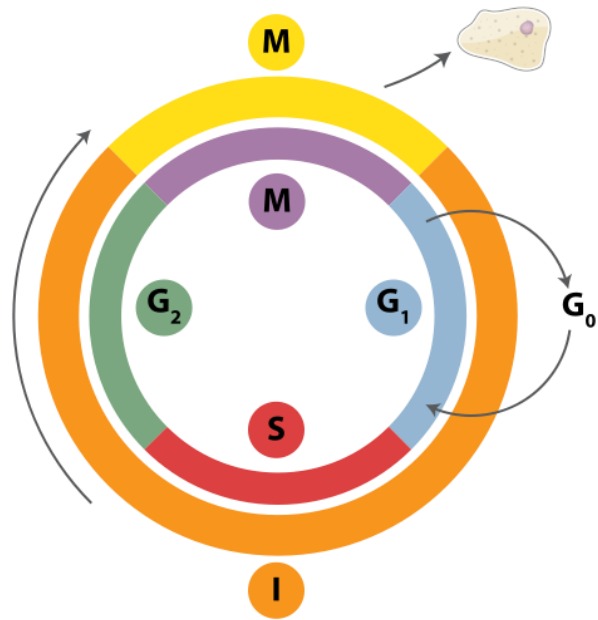


LGN0114 – Biologia Celular

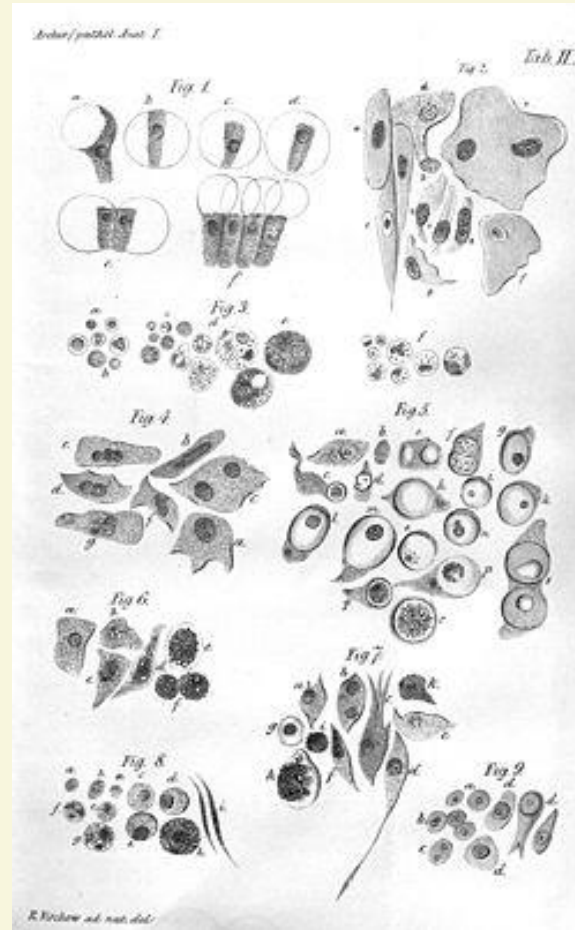
Ciclo Celular e Mitose



Aula 10

Antonio Figueira
figueira@cena.usp.br

Rudolf Virchow – (1858) patologista



Omnia cellula ex cellula

Todas as células se originam de outras células

Omne vivum ex ovo

Divisão Celular

- Células geradas de outra célula - divisão *Omnis cellula ex cellula*
- Divisão celular: sequência ordenada de eventos
- Requer duplicação de todos os componentes seguido da divisão

- **Organismos Unicelulares = novo indivíduo**
- **Organismos Multicelulares = manutenção e crescimento**
 - origem: ex. ovo -> zigoto -> indivíduo 10^{14} células
 - várias rodadas de divisão celular
 - divisão persiste por toda vida - depende tecido
- **Apoptose ou morte celular programada**

Divisão Celular

Crescimento e reprodução são atributos fundamentais de todas as células

Função:

- Manter a vida em organismos pluricelulares -> reposição de células mortas, regeneração de tecidos ou órgãos danificados, apoptose (morte celular programada)
- Gerar a vida em organismos unicelulares.

Divisão Celular

Processos:

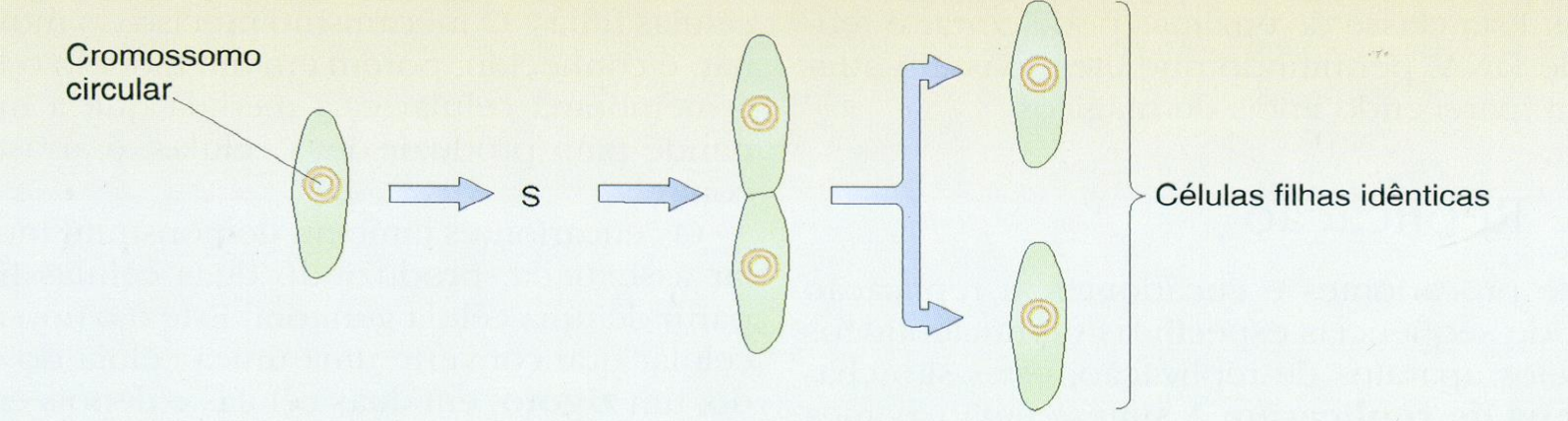
- Replicação de DNA
- Síntese de componentes celulares
- Organelas
- Segregação do DNA
- Divisão da massa celular e organelas

Mitose (**cariocinese**) = divisão do núcleo

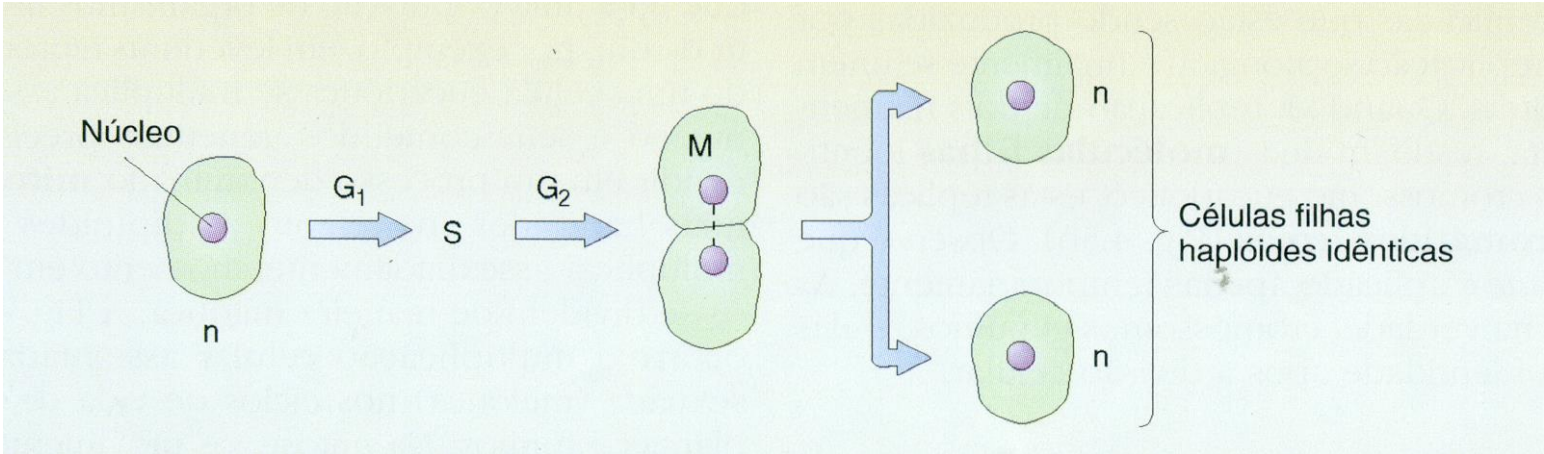
Citocinese = divisão do citoplasma

Multiplicação Assexuada

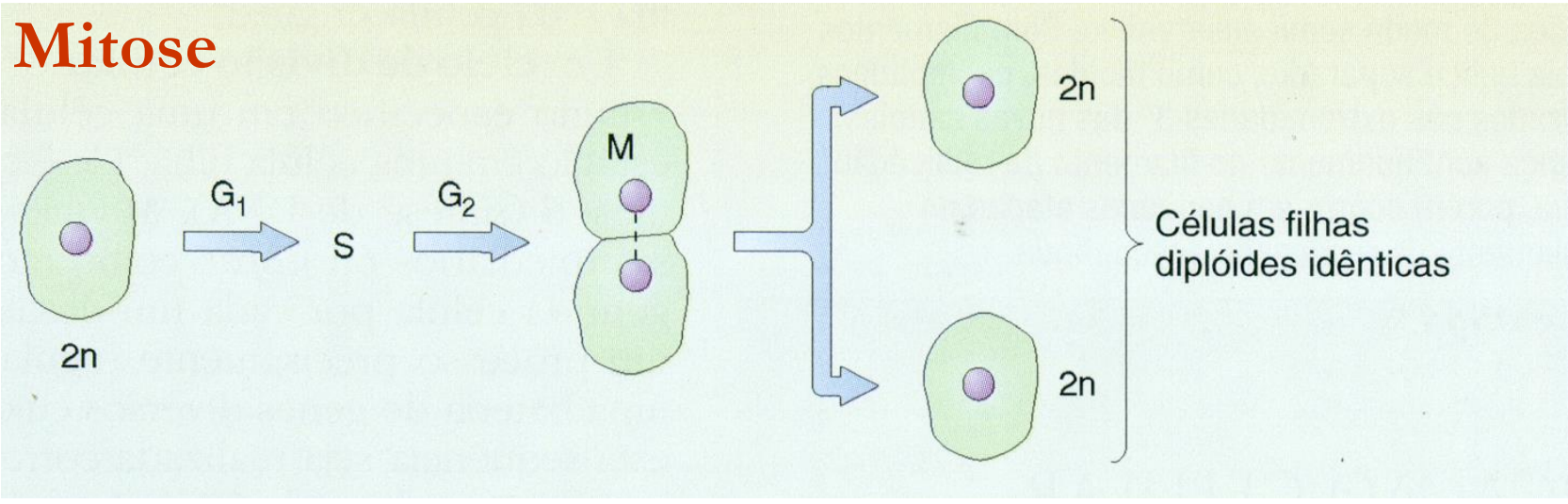
Procariótica



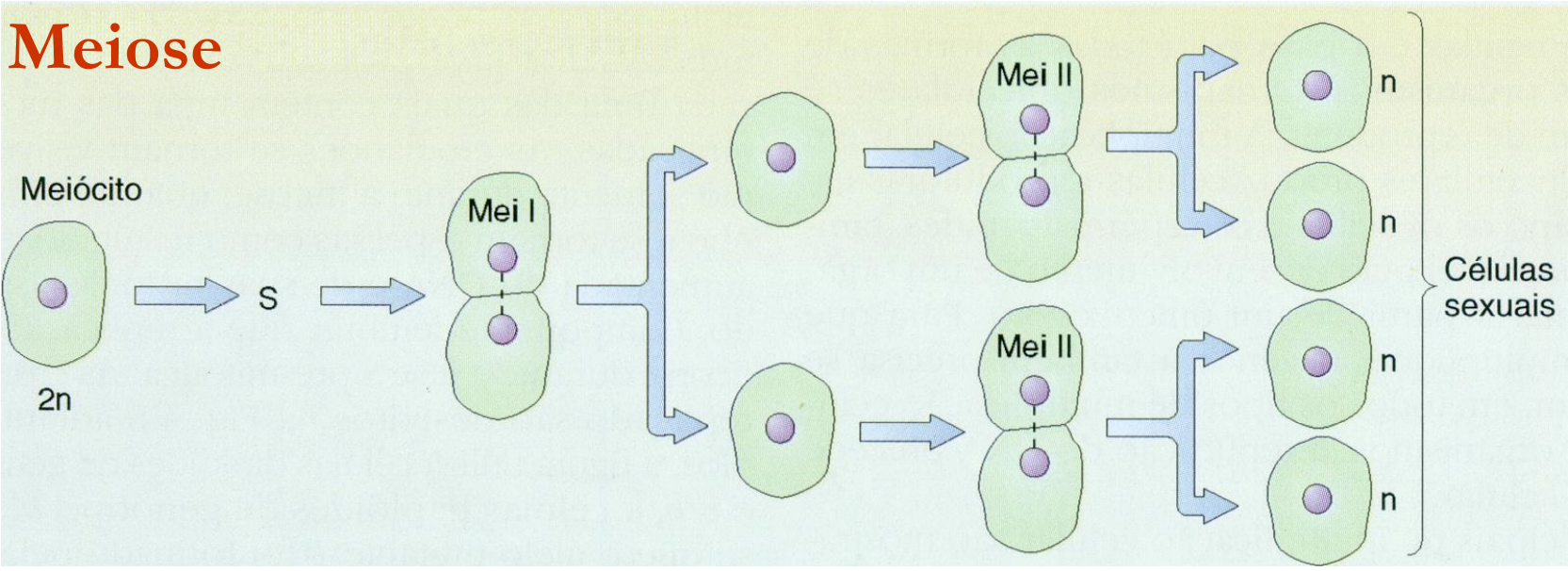
Eucariótica



Mitose

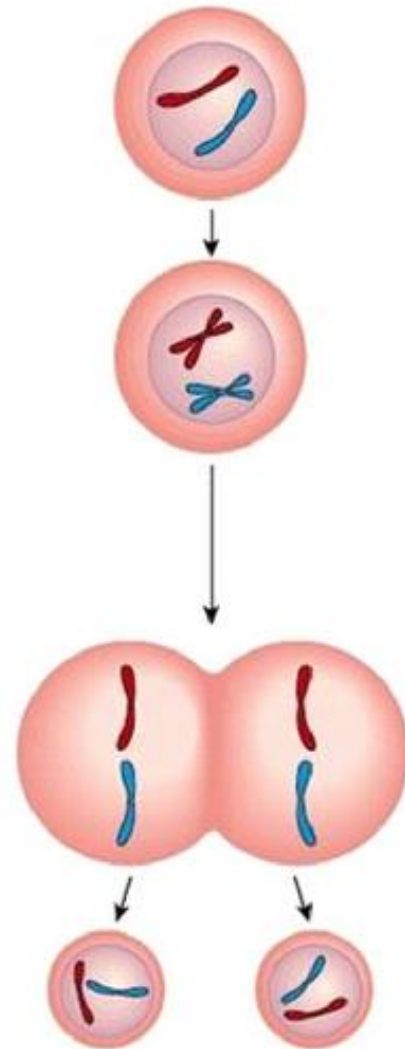


Meiose

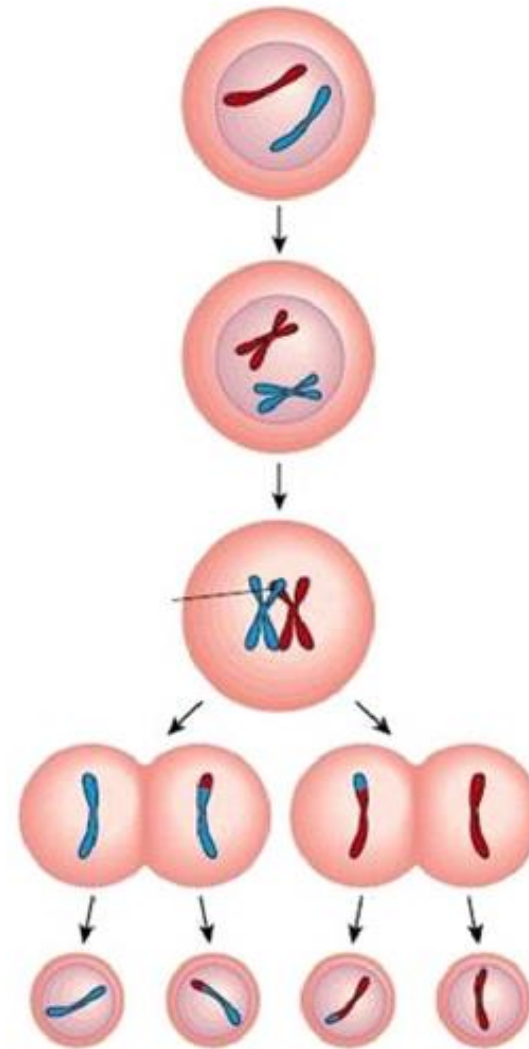


Mitose x Meiose

Equacional



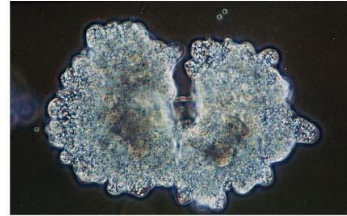
Reducional



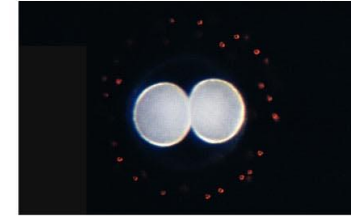
Tipos de Divisão Celular

- **Procaríotos:**

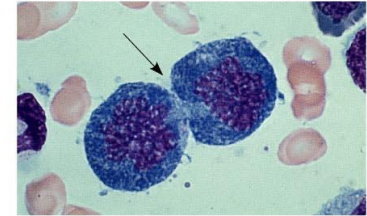
- Fissão binária



(a)



(b)



(c)

Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

- **Eucariotos:**

- ✓ **Mitose:**

- Crescimento, desenvolvimento e reparo
 - Reprodução assexuada (gera duas células idênticas)
 - Ocorre nas células somáticas

- ✓ **Meiose:**

- Reprodução sexuada
 - Ocorre em células reprodutivas
 - Origina gametas

Divisão Celular

- **Unicelular:**

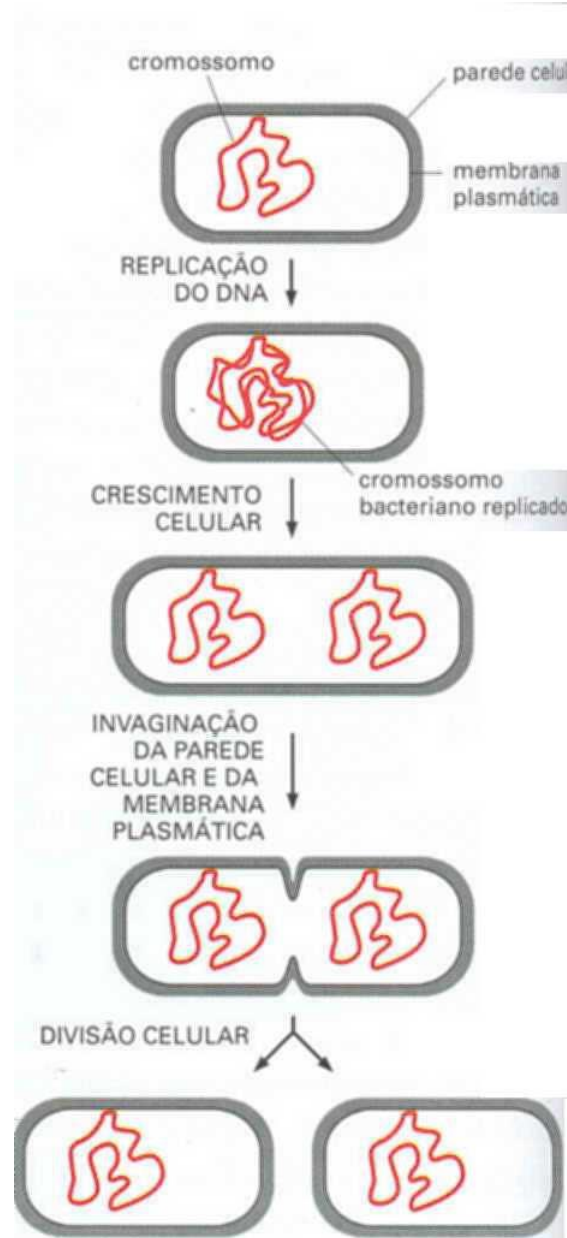
- Ex. *Escherichia coli* - **fissão binária** - 20 min!
- Cromossomo preso a membrana, duplicado
- Separado pelo crescimento da célula (2X volume)
- Depósito de nova membrana e parede

- **Multicelular**

- DNA em cromossomos - separação individual
- organelas com genoma
- organelas vesiculares

Procarioto

Fissão Binária



Ciclo Celular: Interfase e Mitose

É dividido em duas fases distintas: **Fase M** e **Interfase**.

A **MITOSE** + **CITOCINESE** são referidas como fase **M**

Mitose é o estágio do ciclo celular quando cromossomos condensados migram para o meio da célula e segregam em dois núcleos antes da citocinese

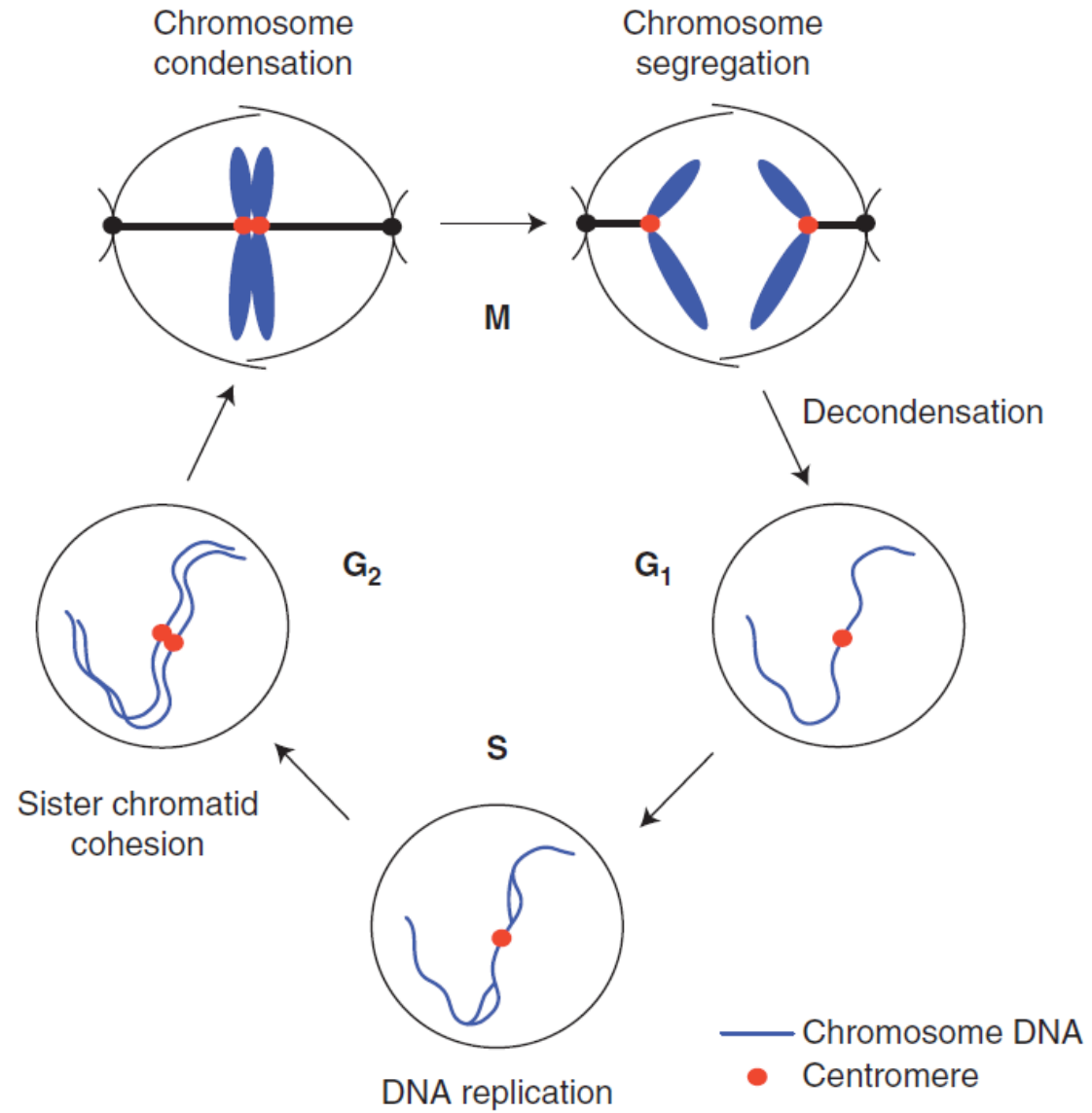
Interfase - é dividida em 3 fases:

- **G1**: Crescimento celular e preparação para a duplicação do DNA nuclear
- **S**: Duplicação do DNA
- **G2**: Crescimento da célula e duplicação completa do DNA

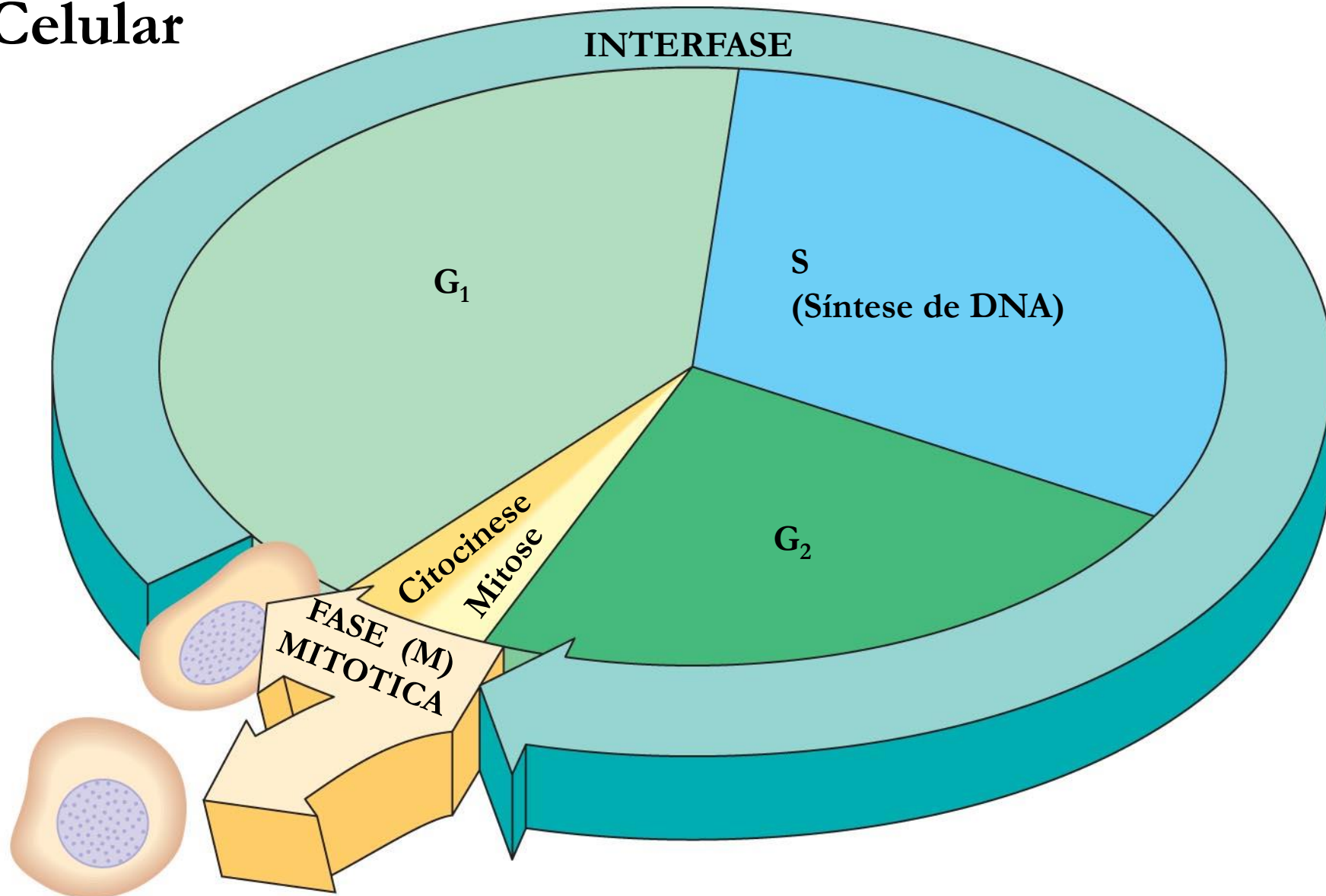
G = *Gap* (intervalo)

S = Síntese

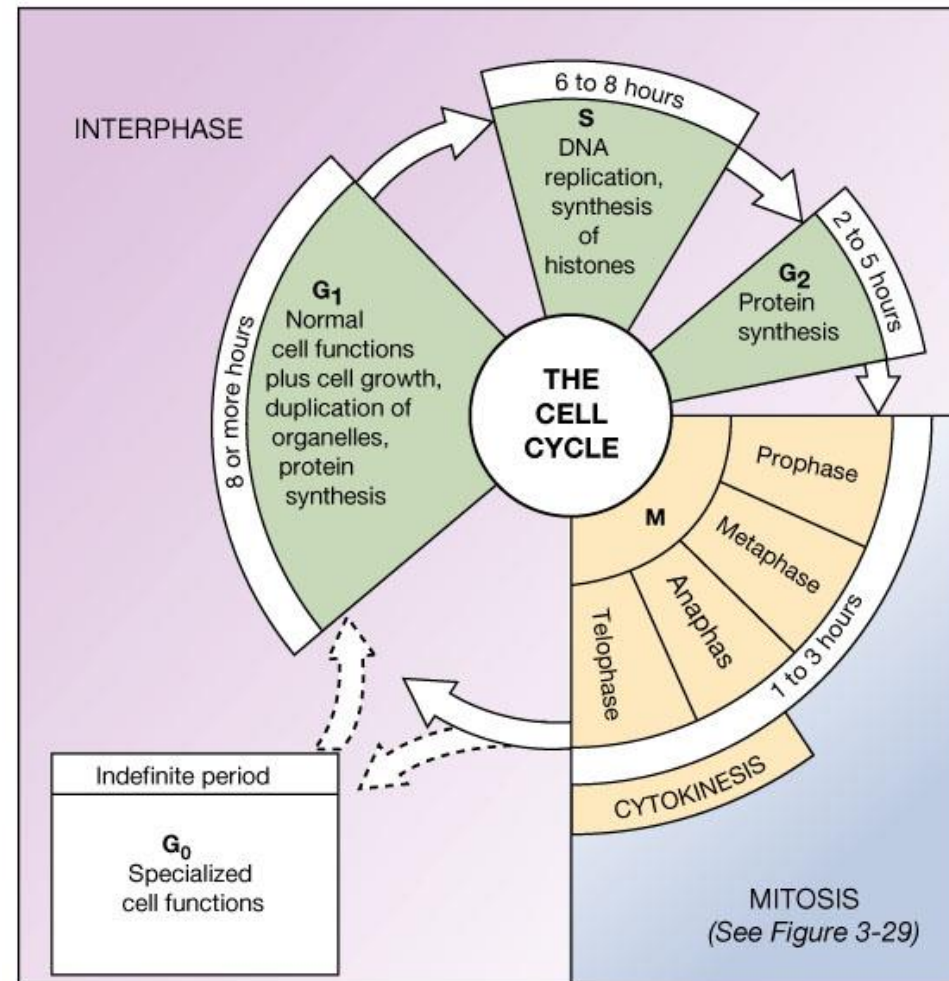
Ciclo Celular



Ciclo Celular



FASE G_0



G_0 : célula com ciclo de divisão estacionado em G_1 (animais e plantas), sem atividade fisiológica. Pode ser induzida pelo frio, desidratação. Ex: sementes

Ciclo Celular

Duração do ciclo celular

- levedura 90 a 120 min; célula hepática - 1 ano!

Sequência de eventos do ciclo celular

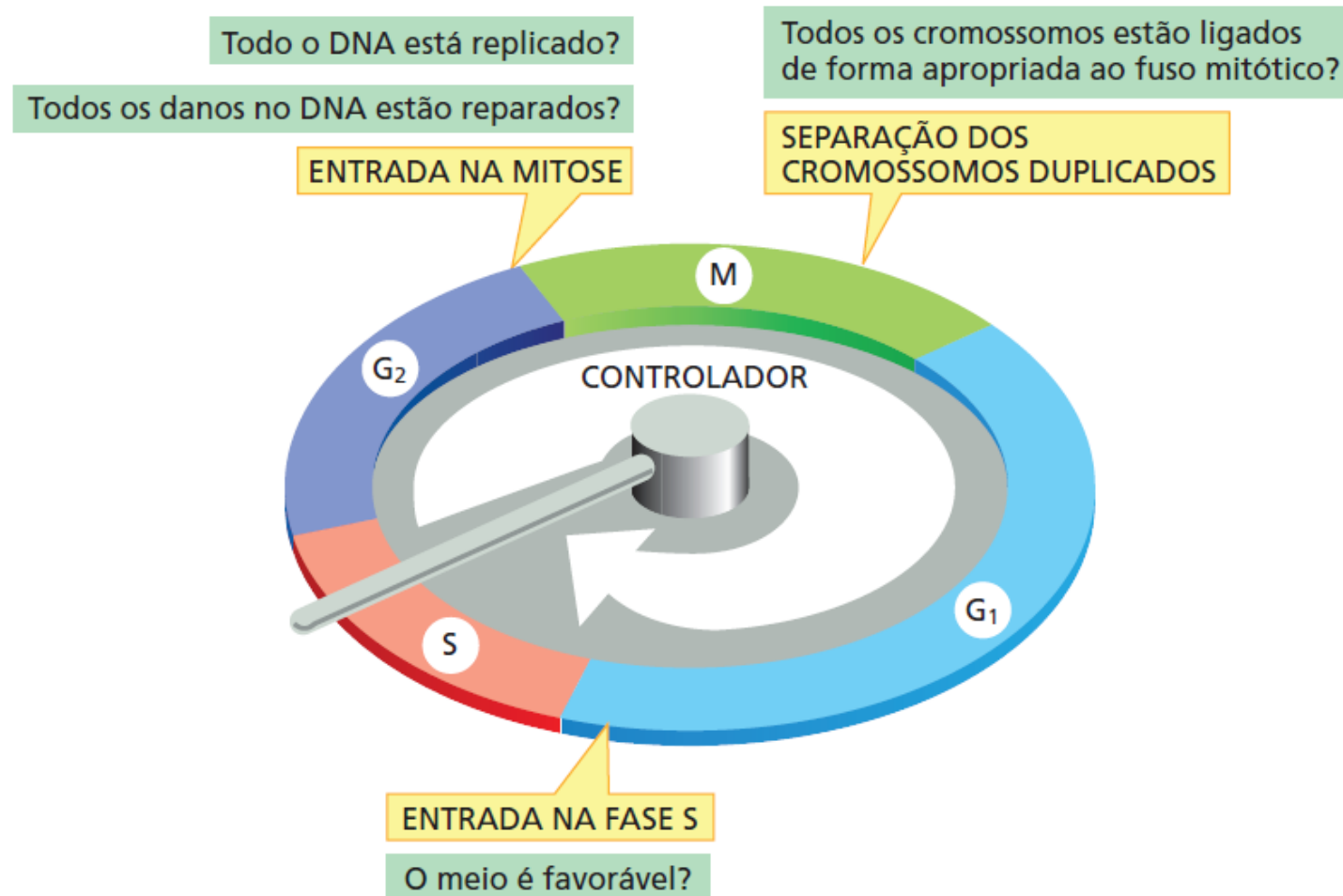
Fases:

- **Fase M** = mitose e citocinese - mais marcante!
- **Fase G1** = antecede fase S e após fase M
- **Fase S** (síntese) = replicação do DNA
- **Fase G2** = da fase S até fase M
 - pós-sintético e pré-mitótico

Período entre fases M = interfase

Tipo celular	Duração do ciclo celular
Células jovens de embrião de rã	30 minutos
Células de leveduras	1,5 hora
Células epiteliais do intestino de mamíferos	~12 horas
Fibroblastos de mamíferos em cultura	~20 horas

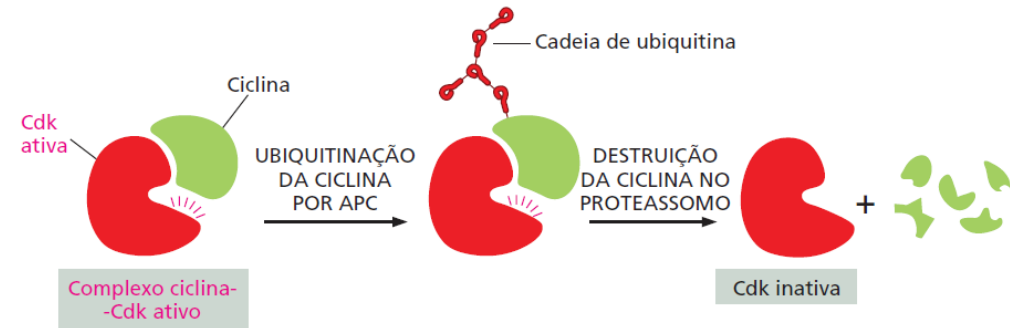
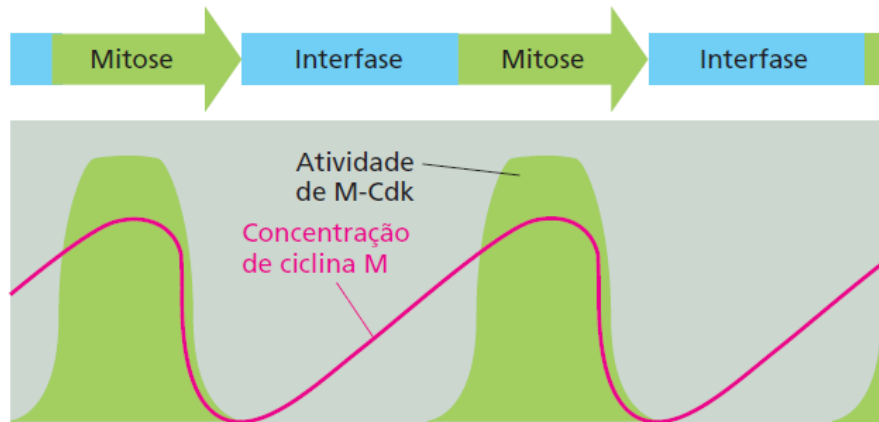
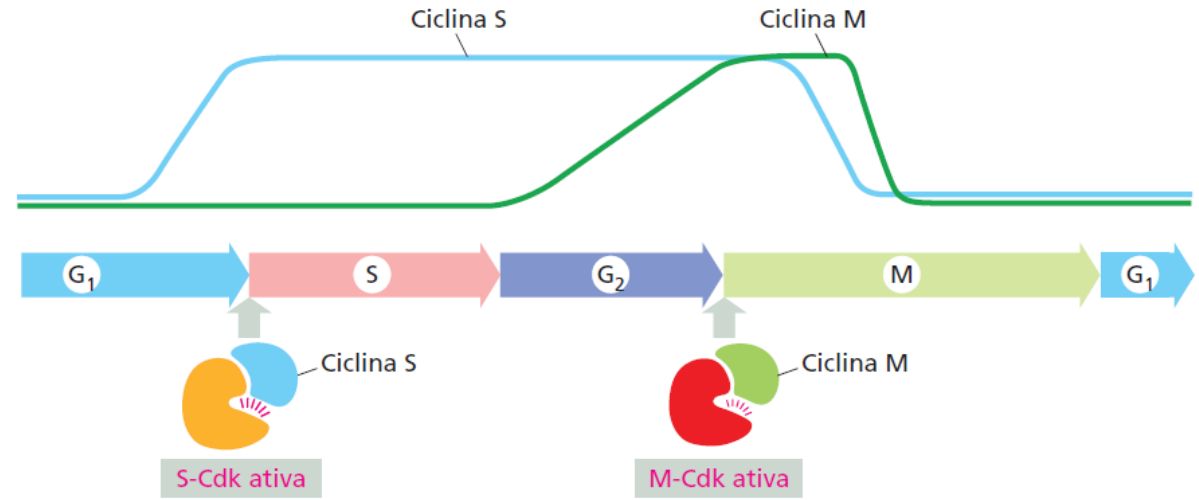
Ciclo Celular



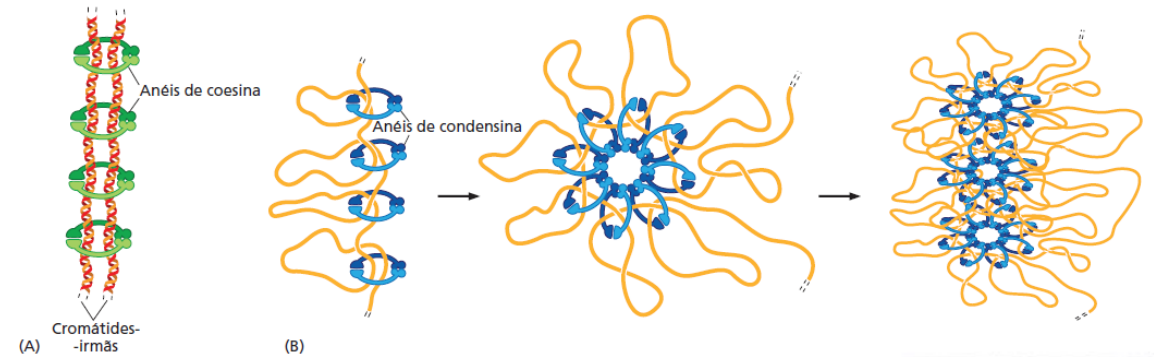
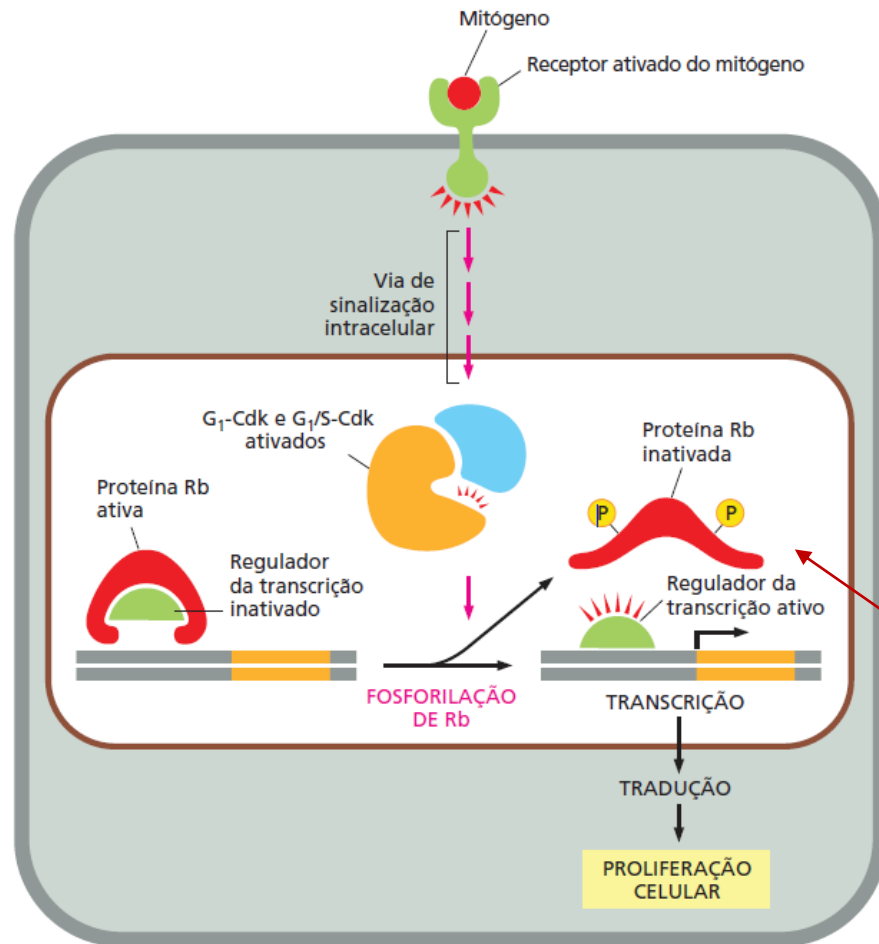
Ciclo Celular

- Regulação do ciclo celular
 - **Ciclina**s
 - **CDKs** – quinase dependente de ciclina
- Assegurar cada fase completa antes de prosseguir
 - replicação de DNA e componentes
 - mitose e citocinese
- Responder sinais internos e externos
 - câncer: divisão celular descontrolada
 - apoptose: formação de órgãos, defesa,..

Ciclina e Cinase-dependente de Ciclina (CDK)

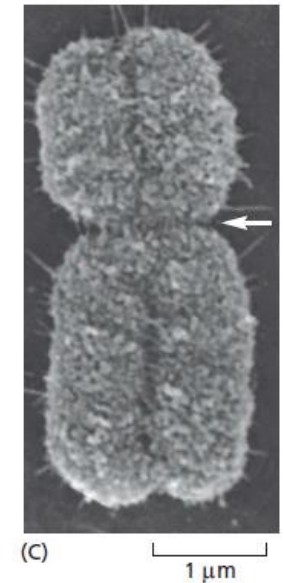


Ciclins e Cinase-dependente de Ciclina (CDK)



Coesinas e Condensinas

Retinoblastoma - Rb



Ciclo Celular

Interfase:

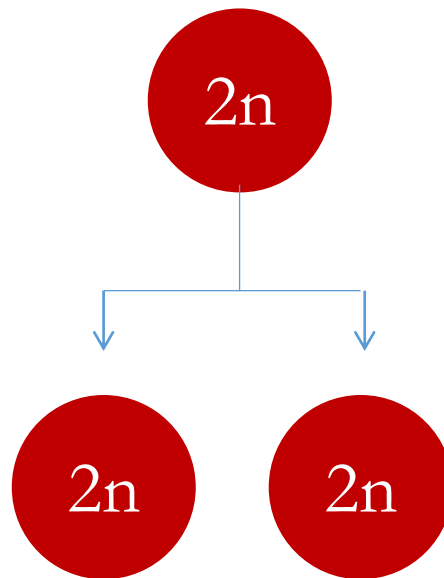
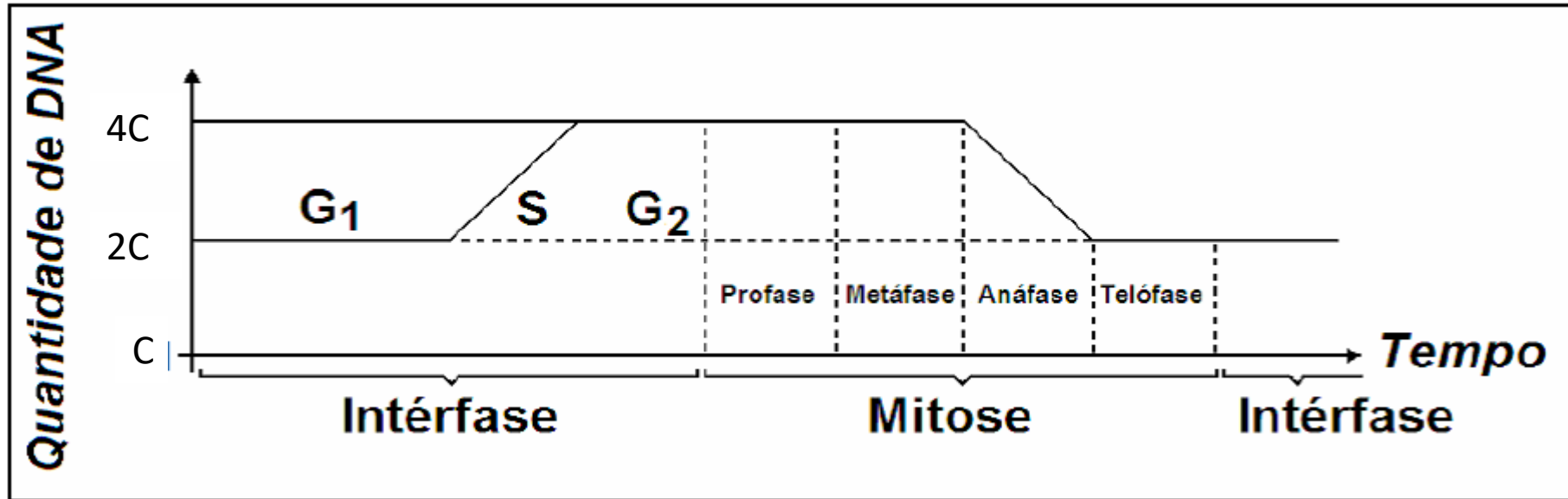
- célula aumenta de tamanho - fase de síntese
- citologicamente: pouca atividade visível
- replicação de DNA – fase S
- G1 e G2: responsáveis crescimento celular
 - duplicar volume para gerar células tamanhos iguais
 - embrião: redução tamanho da célula
- duplicação de organelas

Ciclo Celular

Fase M (Mitose)

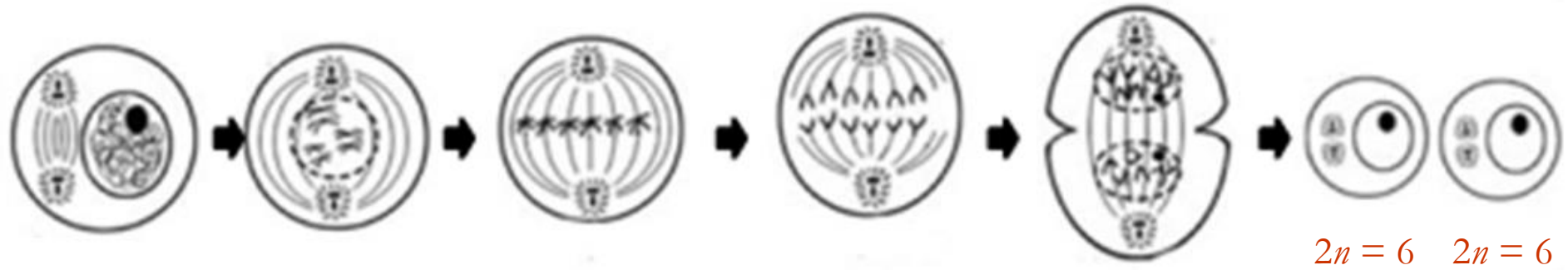
- condensação dos cromossomos
 - individualização para separação
 - mitose: divisão nuclear
 - citocinese: divisão citoplasmática
-
- organelas (mitocôndria e cloroplasto): divisão e distribuição
 - organelas vesiculares: fragmentação e distribuição

Conteúdo de DNA



MITOSE

FINAL DA INTERFASE PRÓFASE METÁFASE ANÁFASE TELOFÁSE CITOCINESE

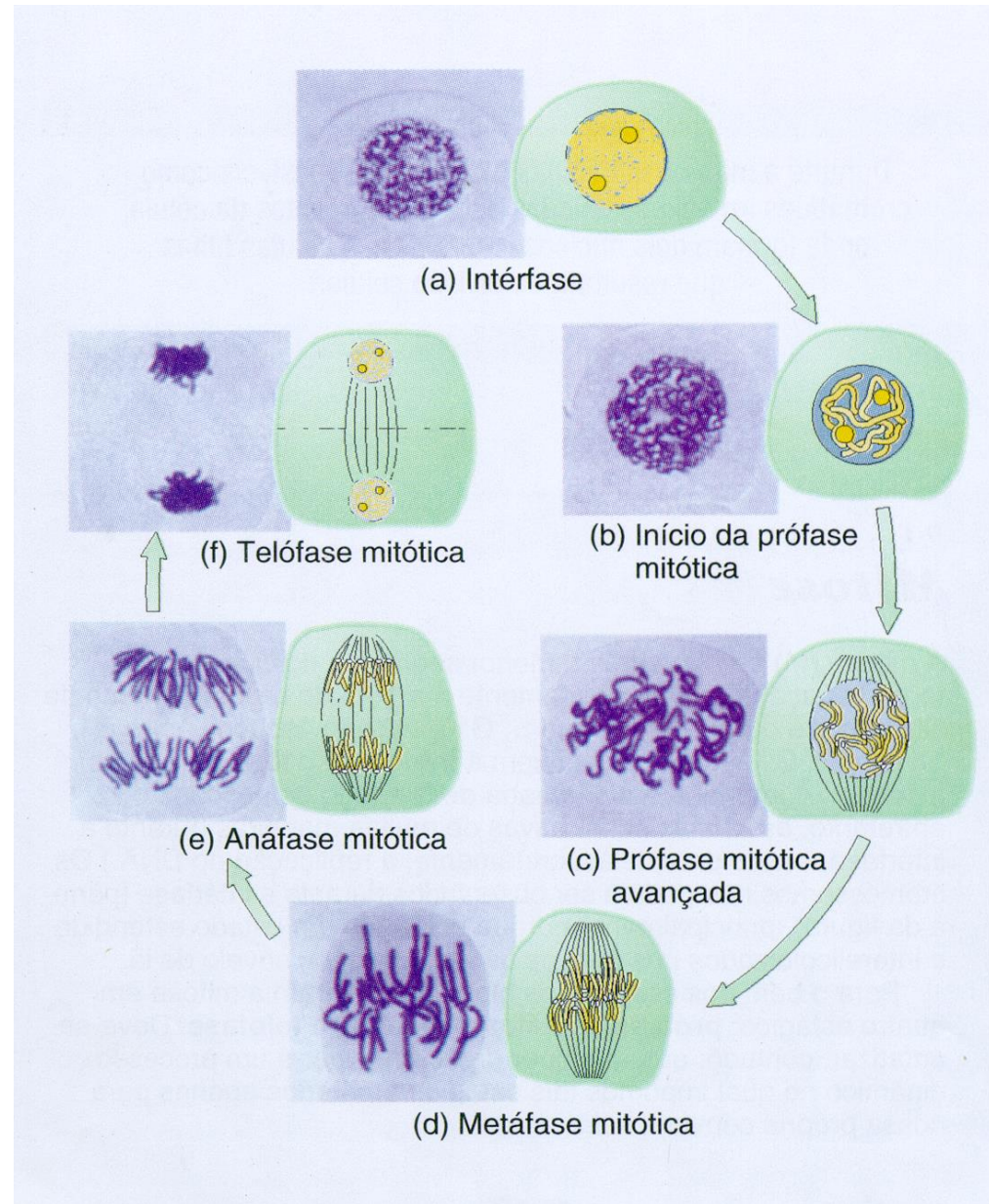


$2n = 6$

$2n = 6$ $2n = 6$

DIVISÃO EQUACIONAL

Fases da mitose



Mitose

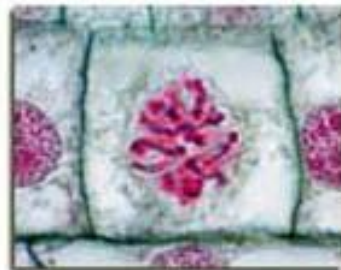
- DNA replicado, cromossomos condensados
- Cromátides unidas por proteínas - **clivagem**

Fases:

- **Prófase:** cromossomos condensam, formação fuso mitótico
- **Prometáfase:** membrana nuclear rompe e fuso contata cromátides
- **Metáfase:** fuso leva cromossomos ao centro
- **Anáfase:** separação das cromátides - pólos
- **Telófase:** membrana nuclear refeita

PRÓFASE

- Cromatina se condensa gradualmente, formando cromossomos bem definidos (no início aparecem como filamentos alongados dispersos pelo núcleo)
- A medida que a Prófase avança, os cromossomos tornam-se mais visíveis (claramente evidenciando as duas cromátides)
- As cromátides irmãs mantêm-se unidas pelo centrômero
- Aparecimento dos fusos mitóticos
- Núcleo desaparece, a desorganização do envoltório nuclear marca o final da prófase



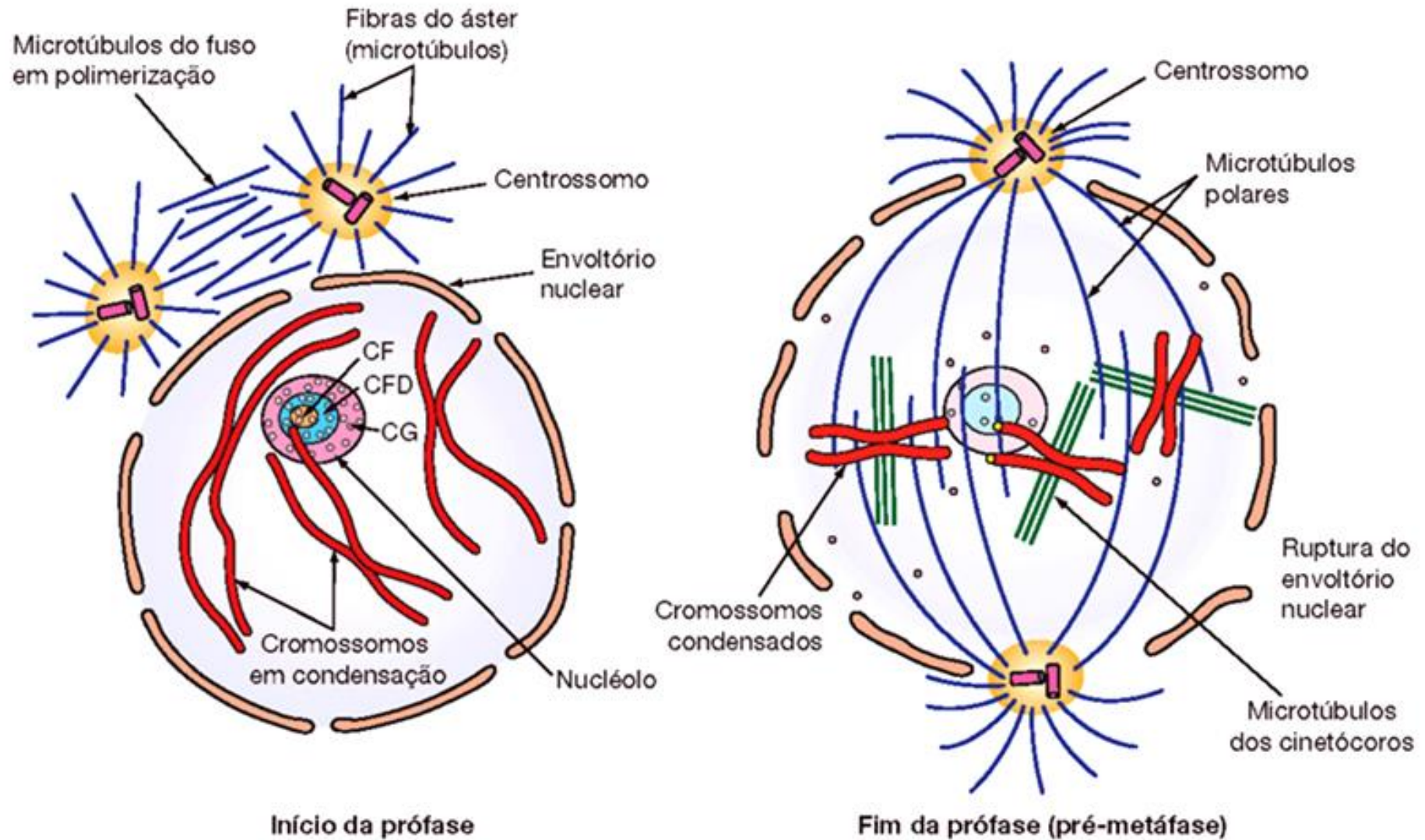
Mitose

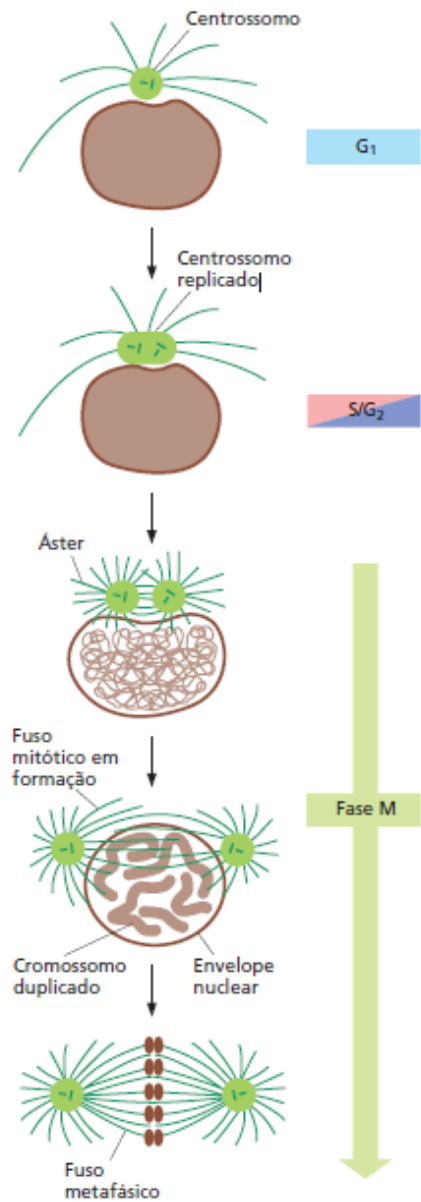
Elementos do Citoesqueleto

- **fuso mitótico:** separação dos cromossomos
 - composto de microtúbulos – ligados ao centrossomo
 - montagem fase G2
- **anel contrátil:** constrição da membrana em animais
 - composto de actina e miosina
 - perpendicular à célula
- em células vegetais processo distinto
- deposição de vesículas e construção de parede celular



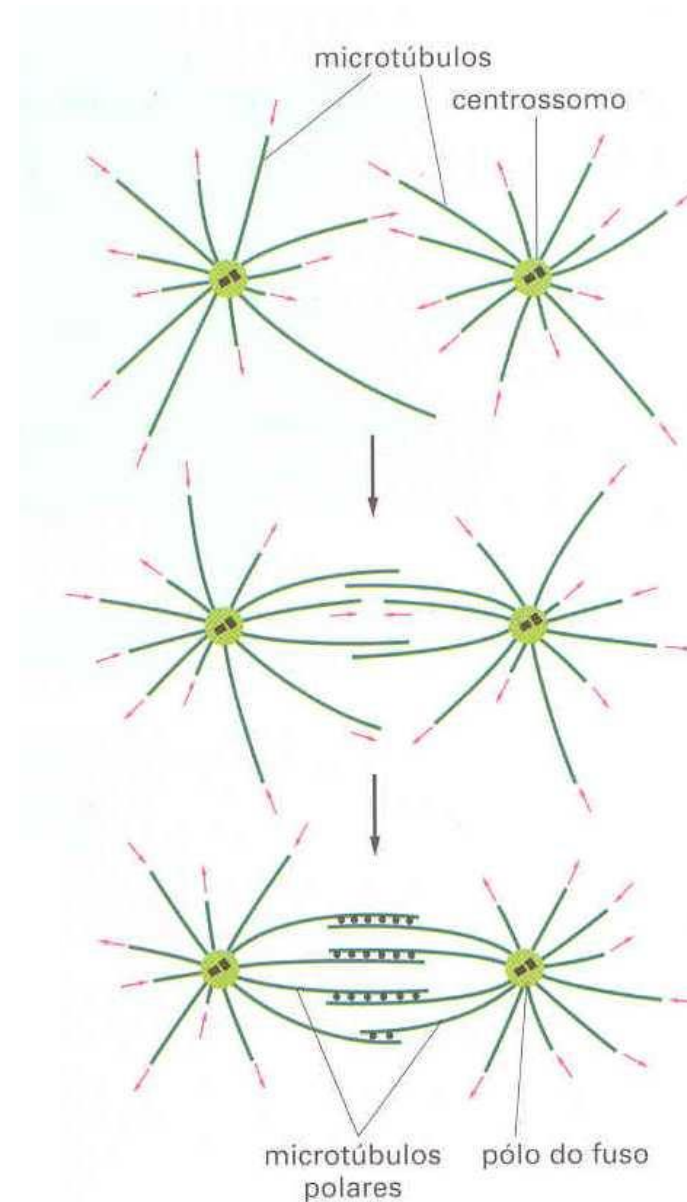
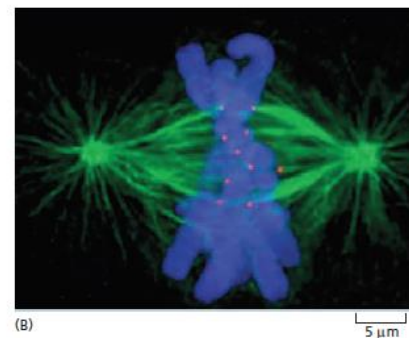
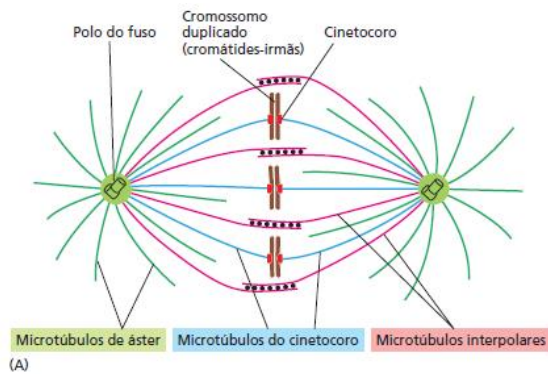
PRÓFASE





Formação do fuso mitótico microtúbulos

Centrossomos Centro organizador de microtúbulos



PRÓFASE



Célula vegetal

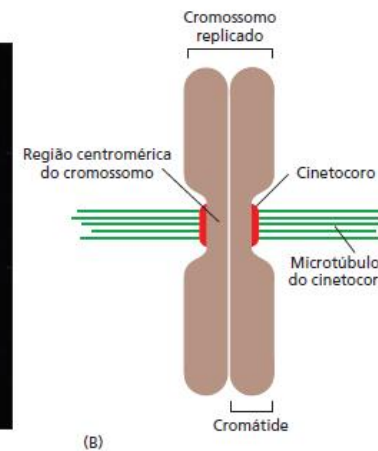
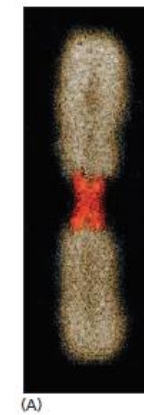
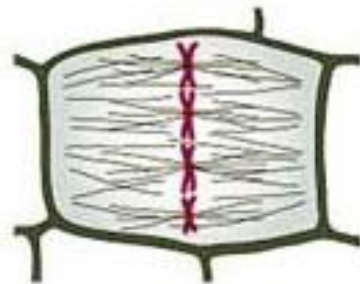
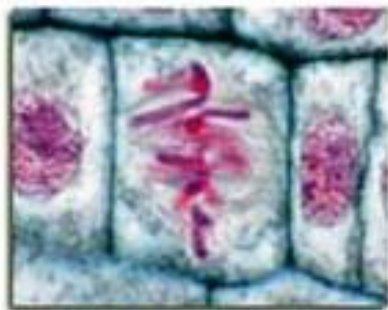
O **centrossomo** em células de plantas organiza os fusos sem a presença de centríolos

Célula animal

O **centrossomo** em células animais organiza os fusos com a presença de **centríolos** e ásteres

METÁFASE

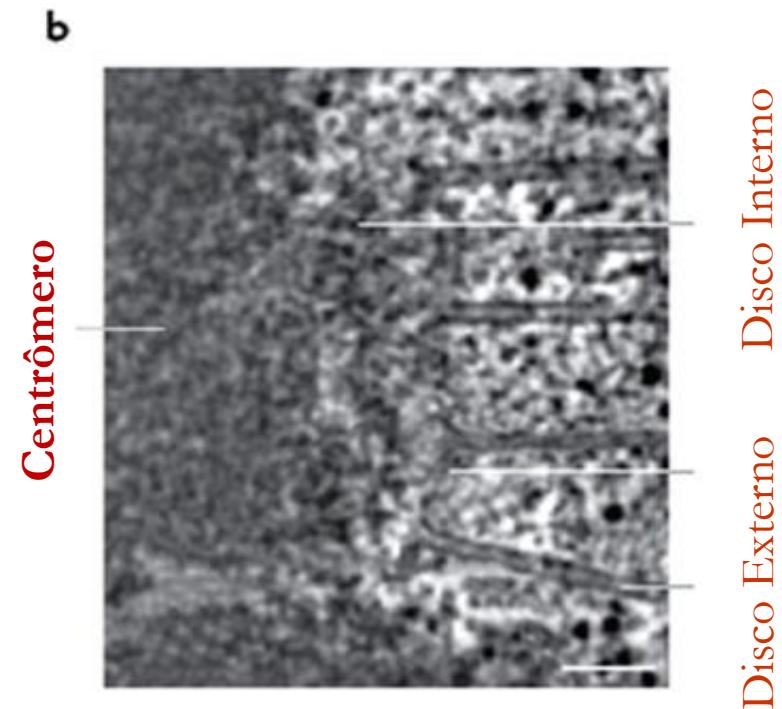
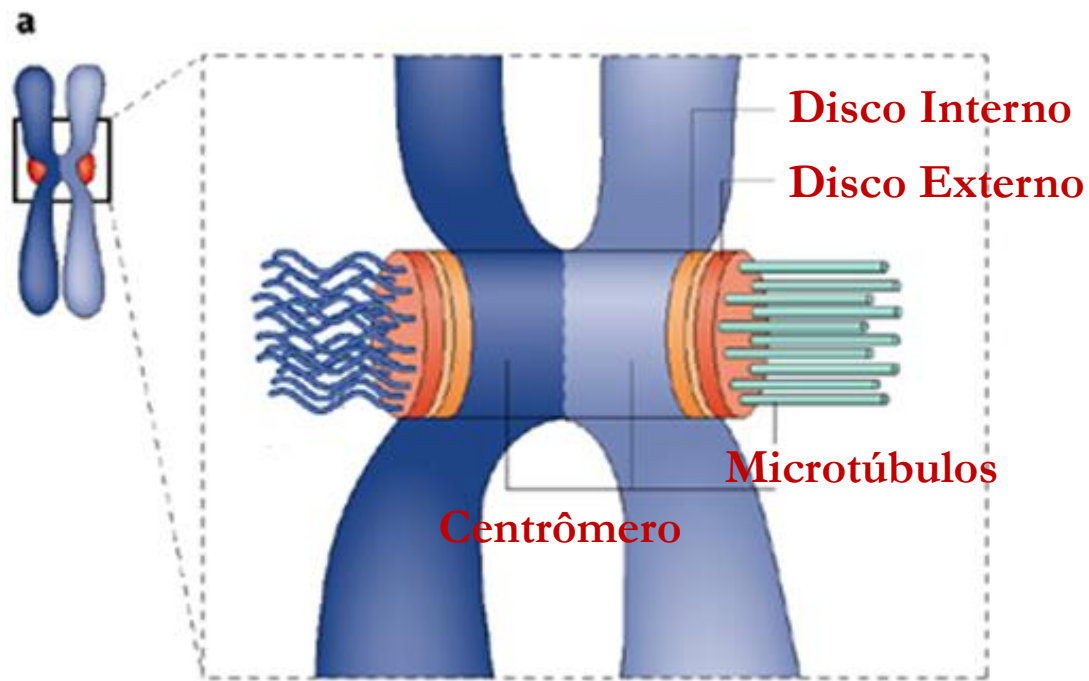
- Cromossomos se alinham no plano equatorial do fuso mitótico
- **Fuso mitótico:** consiste nas fibras que são feixes de microtúbulos
- Fuso mitótico se liga aos **cinetócoros**
- Os cromossomos alinhados na placa equatorial ou placa da metáfase marcam o final da metáfase.



cinetócoro

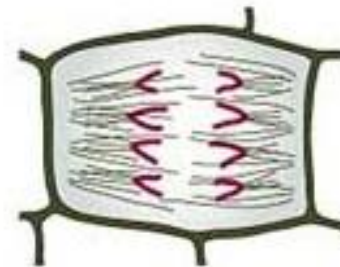
CINETÓCORO – estrutura proteica lateralmente associada ao centrômero de cada cromátide.

- O disco mais interno se conecta ao centrômero e o mais externo aos microtúbulos que compõem o fuso de divisão
- Os cinetócoros dirigem a migração dos cromossomos durante a divisão celular.

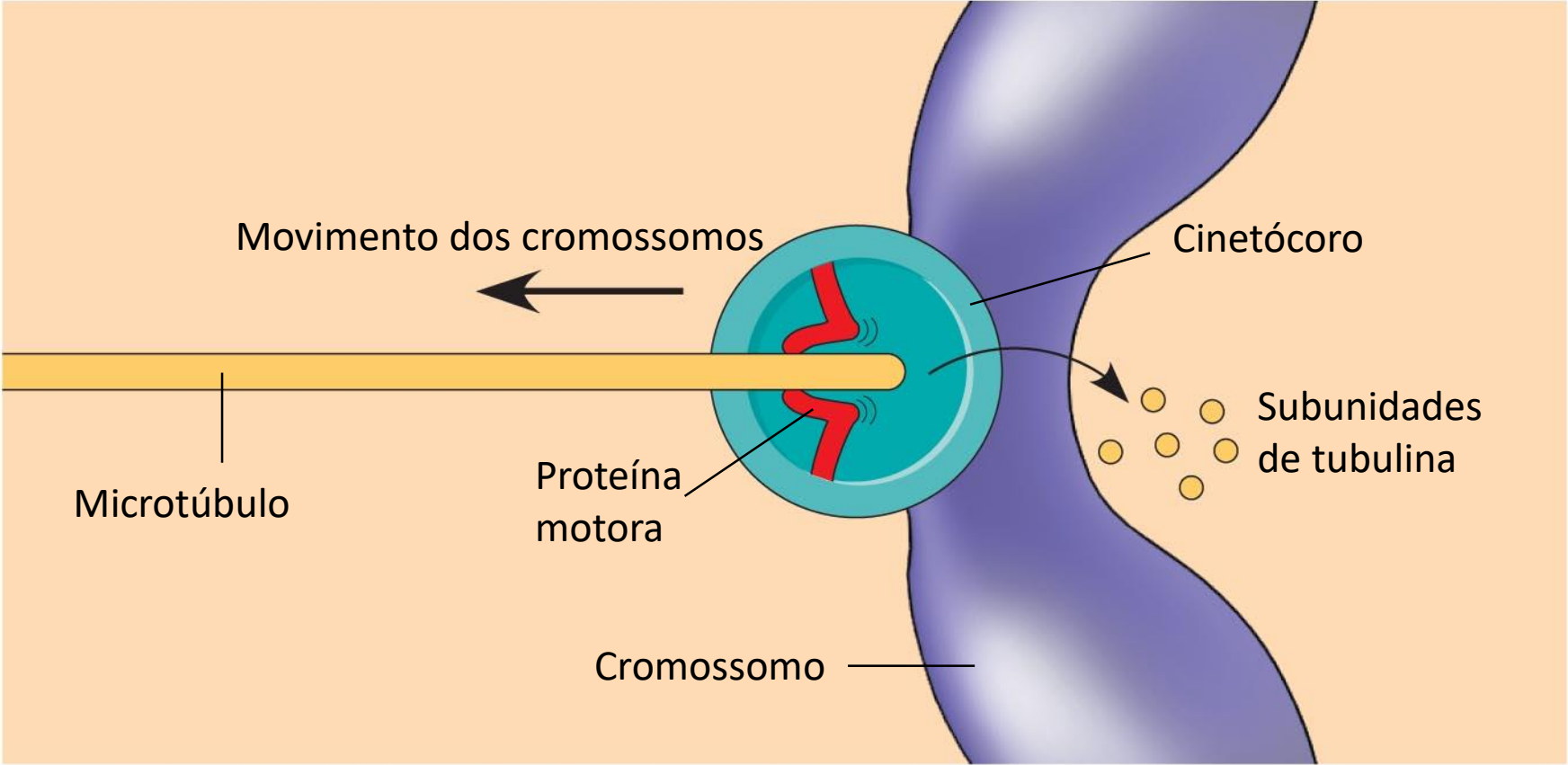


ANÁFASE

- Inicia-se com a **separação das cromátides irmãs** junto aos centrômeros (agora são chamadas **cromossomos filhos**)
- Com o deslocamento dos cromossomos filhos por meio do cinetócoro em direção aos **polos opostos** da célula, os braços dos cromossomos parecem voltados para trás
- Ao final da anáfase, os conjuntos idênticos de cromossomos moveram-se para os polos opostos
- O **encurtamento dos microtúbulos** se dá por perdas de subunidades de **tubulina**. Existem também evidências de proteínas motoras que utilizam ATP no processo para puxar os cromossomos ao longo dos microtúbulos para os polos, enquanto subunidades da tubulina são simultaneamente eliminadas junto ao cinetócoro.

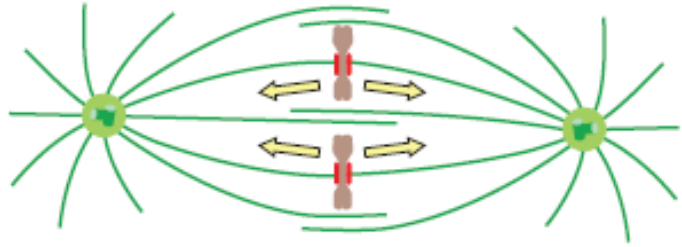


ANÁFASE

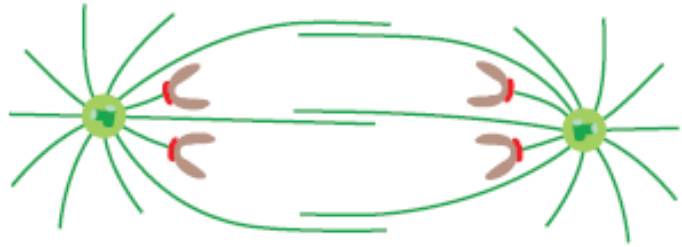


Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

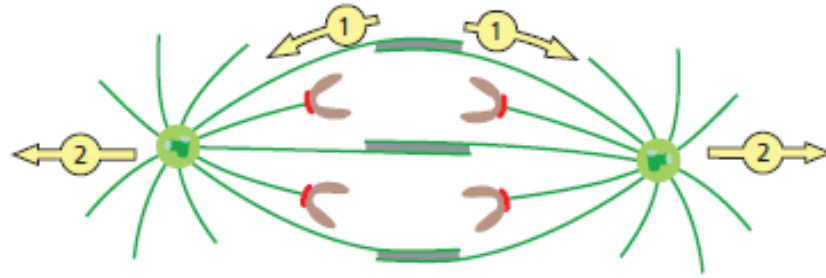
(A) **ANÁFASE A** OS CROMOSSOMOS SÃO PUXADOS NA DIREÇÃO DOS POLOS



Por meio do encurtamento dos microtúbulos do cinetocoro, são geradas forças nos cinetocoros para mover os cromossomos na direção do seu polo do fuso



(B) **ANÁFASE B** OS POLOS SÃO EMPURRADOS E SEPARADOS UM DO OUTRO



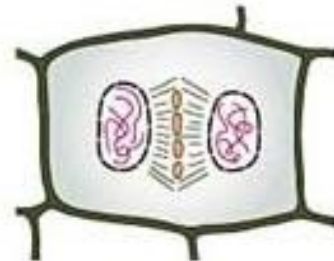
Uma força deslizante (1) é gerada entre os microtúbulos interpolares, a partir dos polos opostos, para separar os polos; uma força que puxa (2) desloca os polos em direção do córtex celular, separando os dois polos

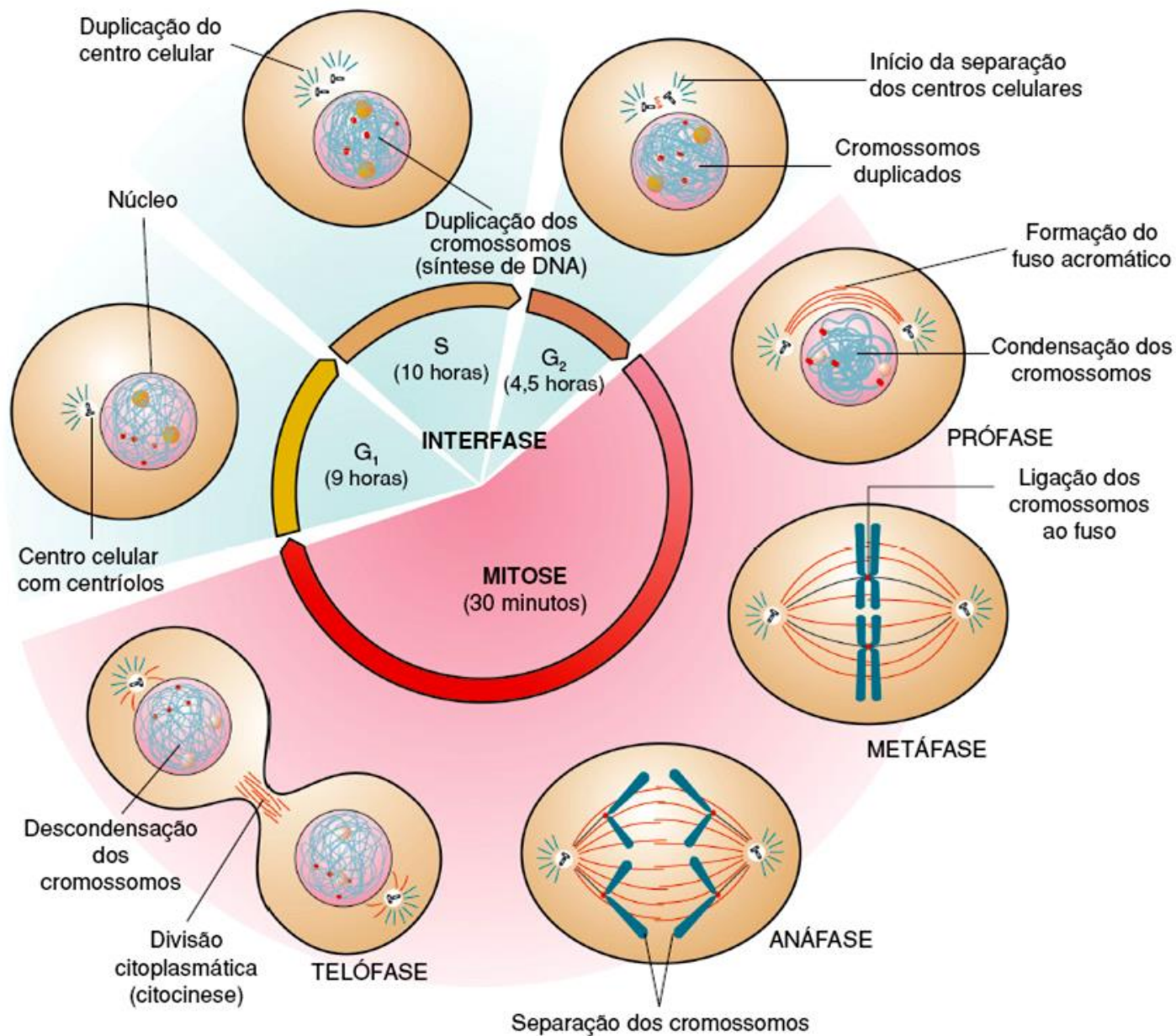


Crescimento do microtúbulo na extremidade mais (+) dos microtúbulos interpolares

TELÓFASE

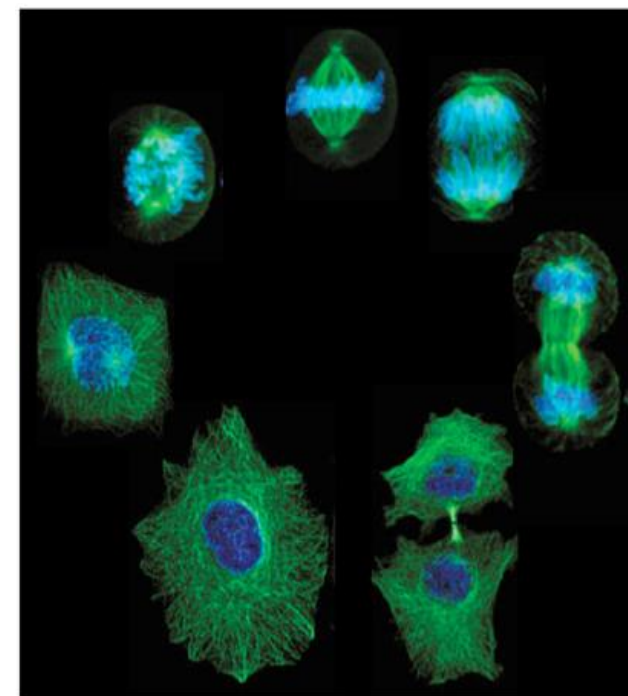
- **Envoltório nuclear é reorganizado** ao redor de cada lote de cromossomos;
- As membranas desses envoltórios são derivadas de vesículas do retículo endoplasmático
- Os **fusos mitóticos** desaparecem
- Os cromossomos descondensam
- Reorganização dos nucléolos
- Quando a telófase está completa, os núcleos filhos entram em **interfase**



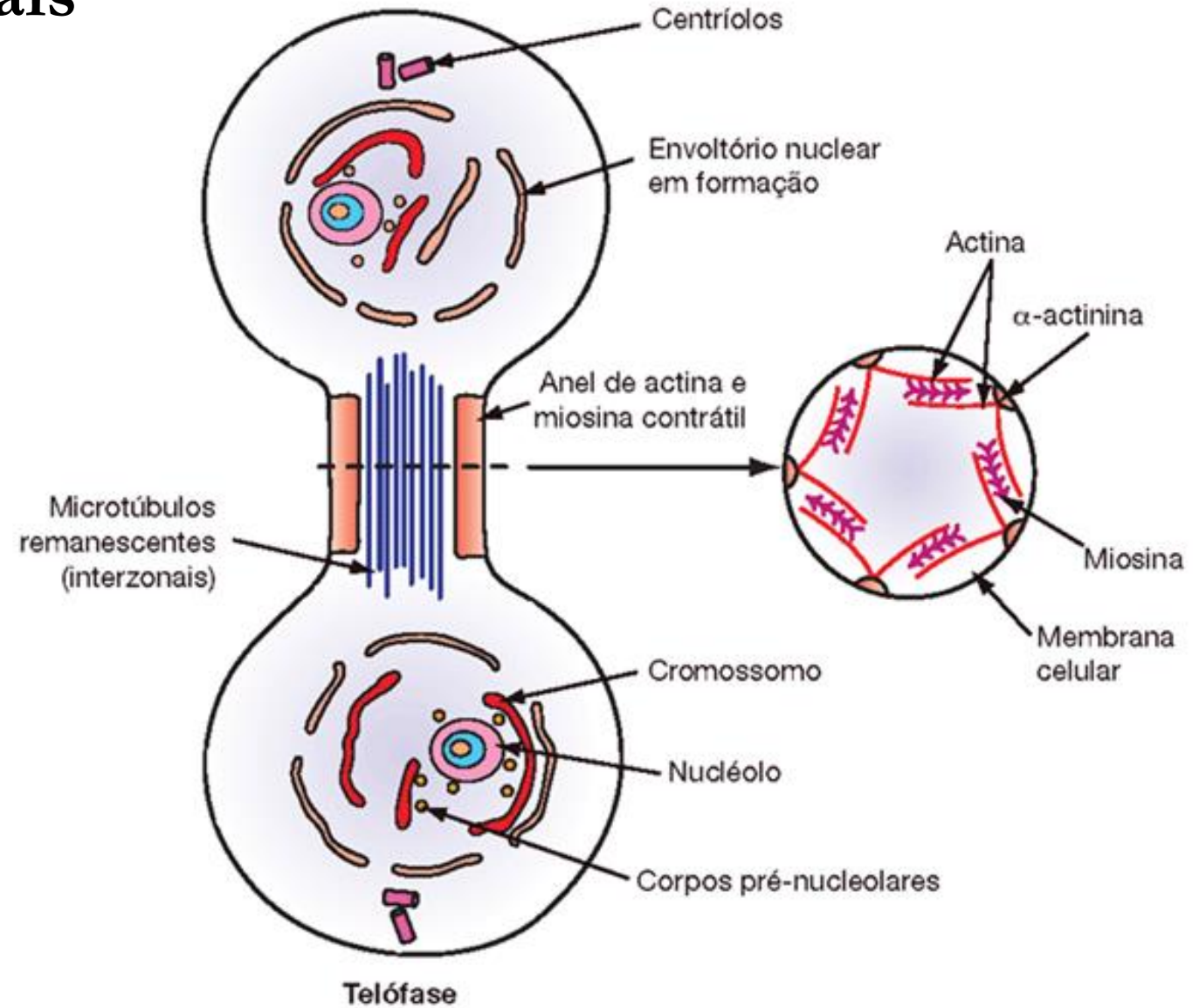


Célula Animal

Yong Wan Lab



Citocinese em Animais

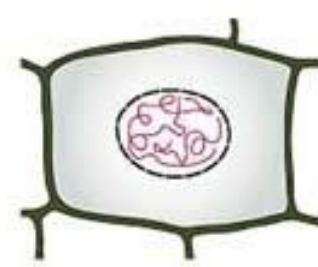
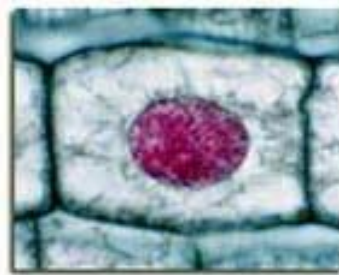


Célula Vegetal

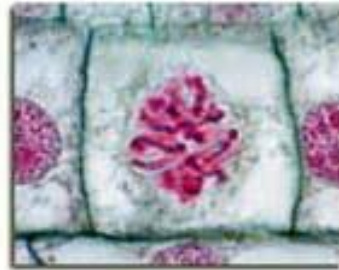
Microscopia de luz da ponta da raiz de cebola



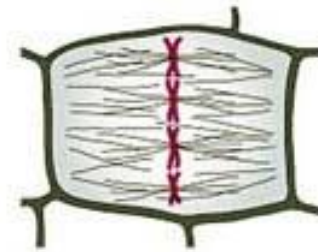
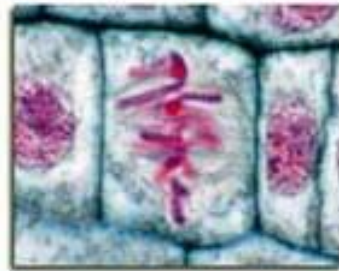
Célula Vegetal



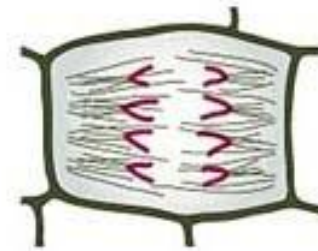
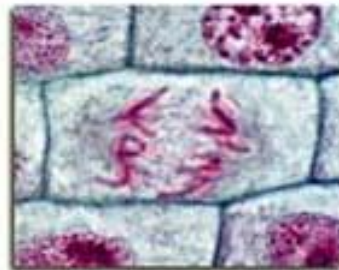
Interfase



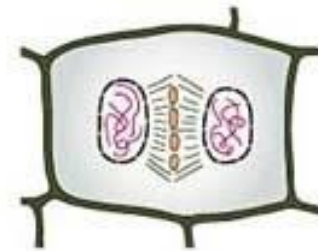
Prófase



Metáfase



Anáfase

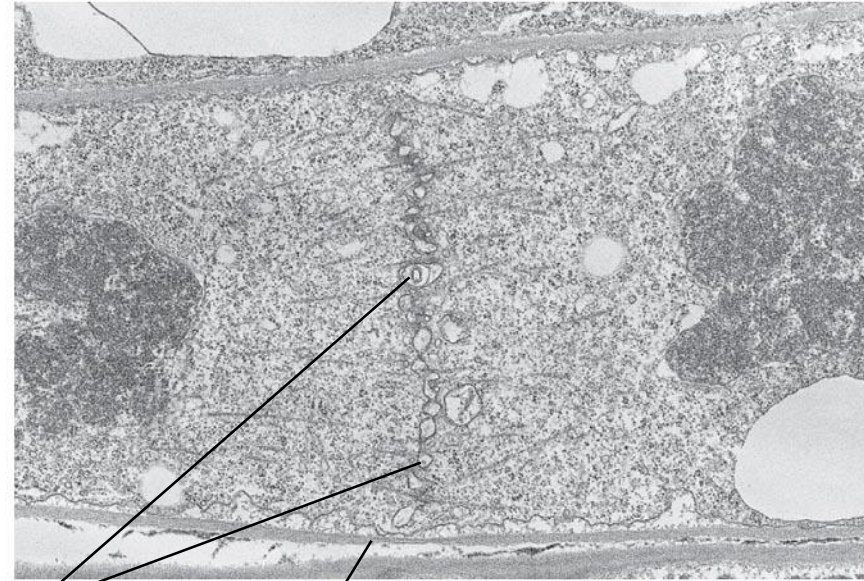


Telófase

Citocinese em Plantas

- O núcleo deve se deslocar para o centro da célula
- O complexo de Golgi origina microvesículas que se depositam na região central do citoplasma
- Essas microvesículas organizam-se do centro para a periferia celular, culminando com a formação de uma placa denominada **fragmoplasto**
- A fusão das vesículas do **fragmoplasto** determina a formação de uma membrana fina e elástica, constituída de pectatos de cálcio e magnésio, que é denominada **lamela média**
- Ao redor da lamela média ocorre deposição de celulose, de maneira a formar as paredes que acabam delimitando as duas novas células.

Citocinese em Plantas



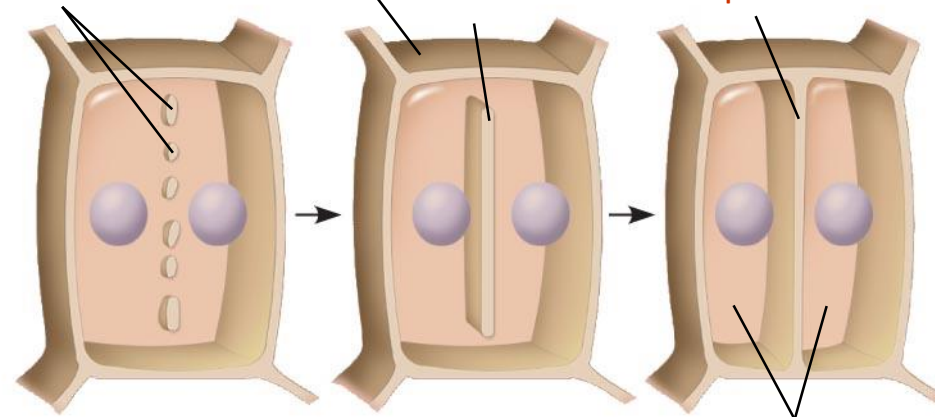
Vesículas formando a placa celular

Parede celular da célula mãe

1 μm

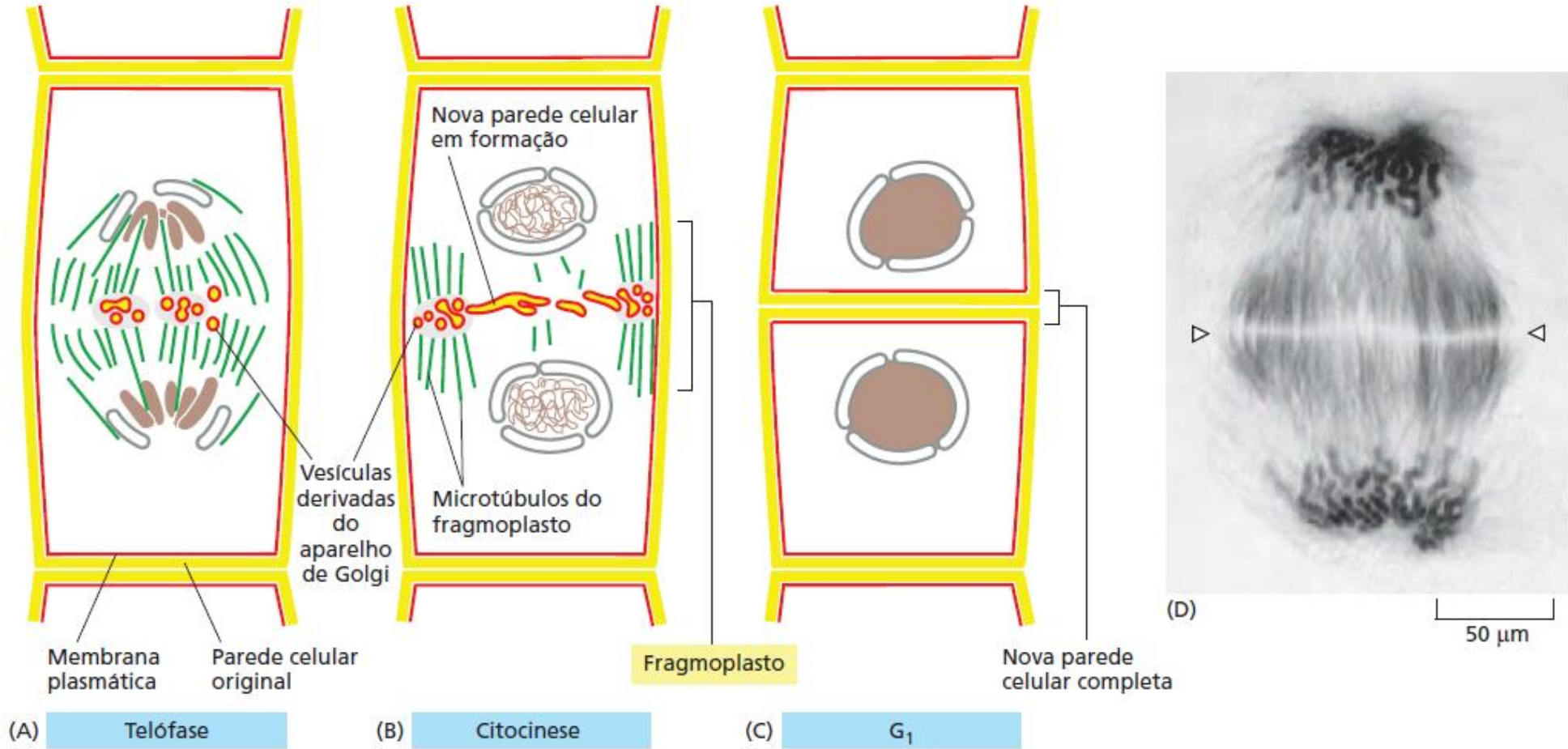
Placa celular

Nova parede celular



Células filhas

Citocinese em Plantas



Citocinese

Célula animal



Célula vegetal



ESTUDO DIRIGIDO

1. Ciclo celular
2. Etapas da interfase
3. Etapas da mitose
4. Proteínas associadas à regulação do ciclo celular: quinases e ciclinas

Capítulo 18 –O Ciclo da divisão celular (páginas 603 – 633)

Alberts, B.; Bray, D.; Hopkin, K.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.;

Roberts, K.; Walter, P. 2011. *Fundamentos da Biologia*

Celular. 3ª Edição brasileira. Artmed, Porto Alegre

