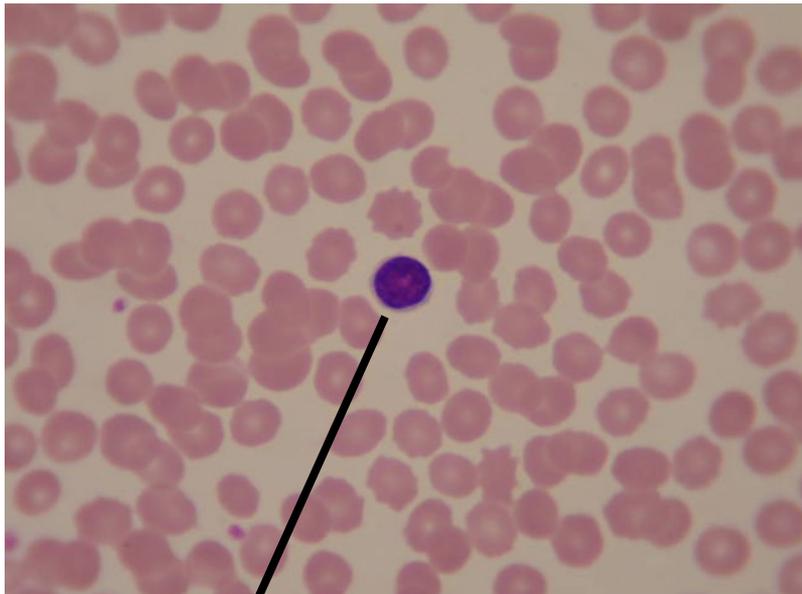


Núcleo Interfásico

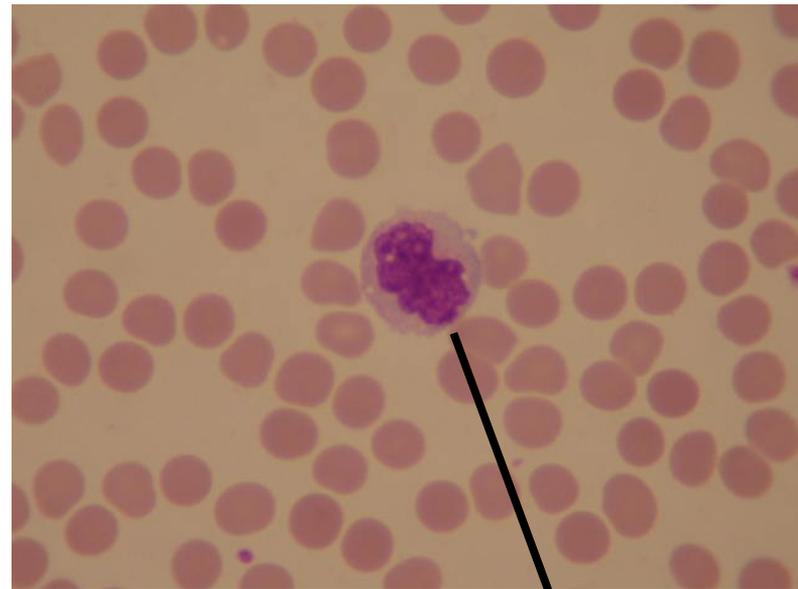
- célula Procarionte e Eucarionte.
- o DNA possui grande parte da informação genética; mitocôndria e cloroplasto.
- Núcleo como controlador do metabolismo celular.
- DNA → RNA → proteína
- o ciclo de vida das células é dividido em duas fases:
 - - Interfase
 - - Mitose
- DNA → DNA (replicação)
- DNA → RNA (Transcrição) → PROTEÍNA (Tradução)

Forma

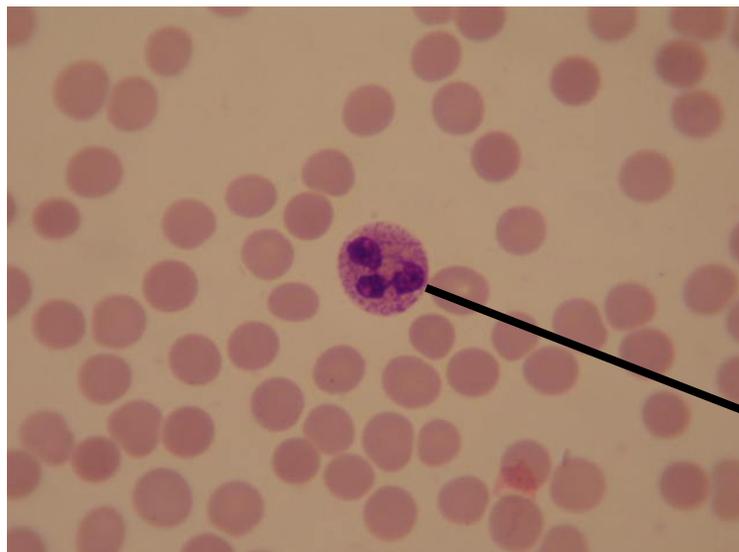
- células prismáticas – alongadas
- células poligonais – esféricas



Linfócito



Monócito



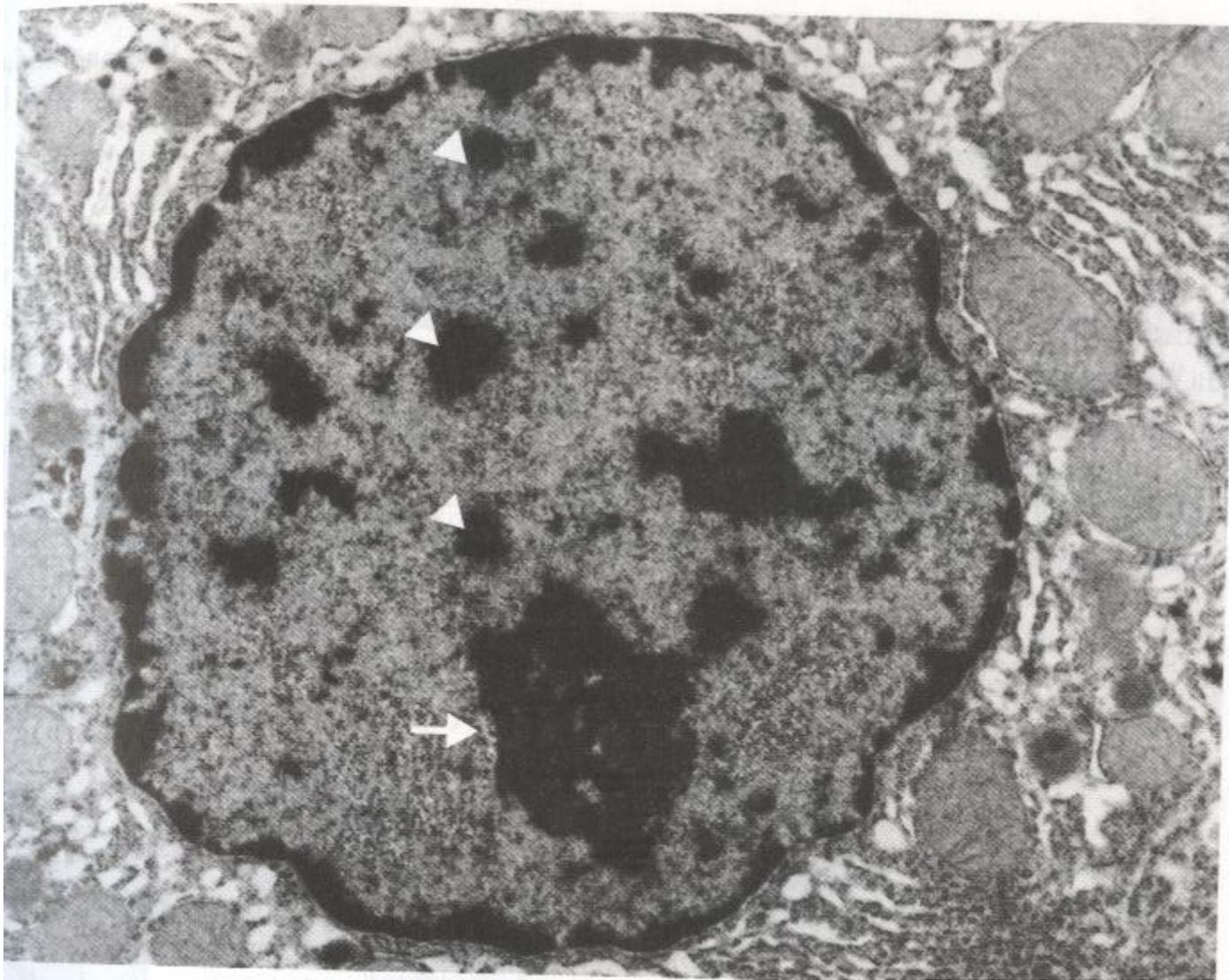
Neutrófilo

Tamanho

- varia com o metabolismo e conteúdo de DNA.

Envoltório Nuclear (EN)

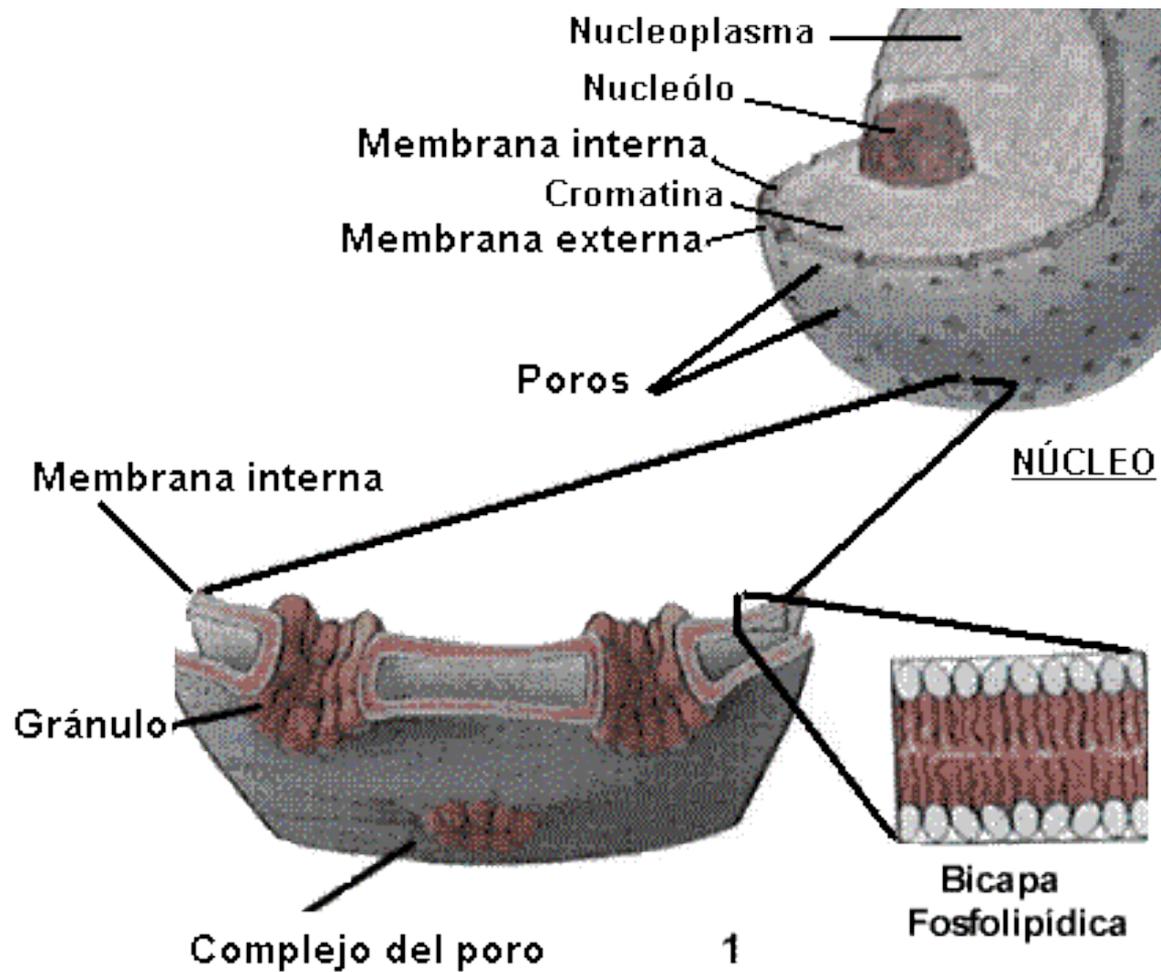
- separa núcleo do citoplasma.
- ME



Dra. Maria Izabel Gallão

Composição química

- constituído por duas membranas → 5-6 nm de espessura.
- membrana lipoprotéica



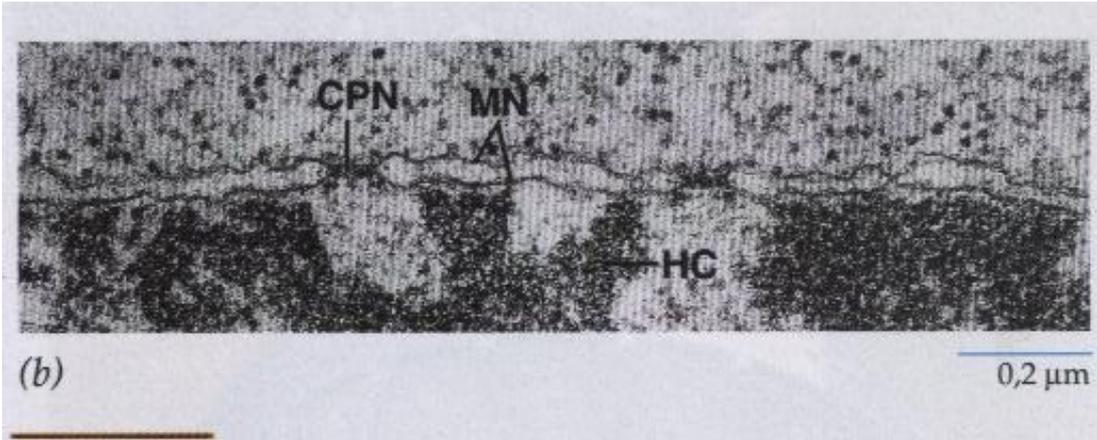
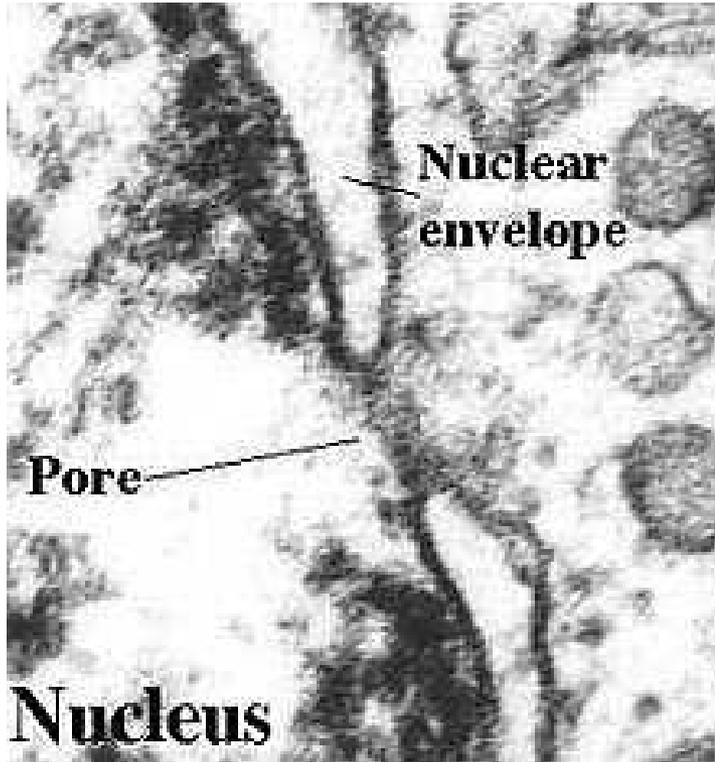
Estrutura

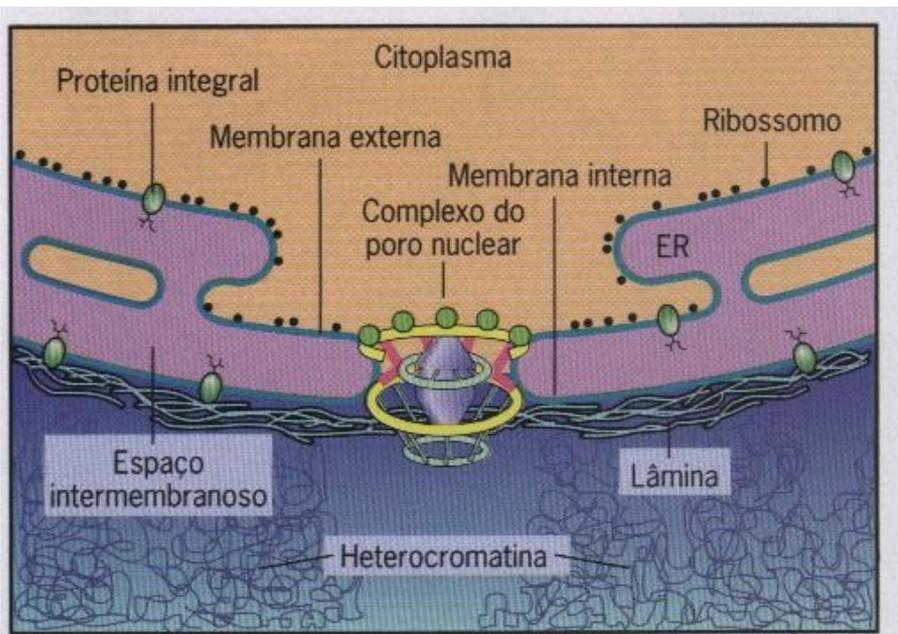
- 2 unidades de membrana
- **membrana interna** → lâmina nuclear
- **membrana externa** → com ribossomos, continuidade com o REG.

- **cisterna perinuclear** contém as mesmas proteínas presentes nas cisternas do RE.

- EN é uma porção especializada do RE.

Envoltório Nuclear - MET





(a)

Endoplasmic Reticulum

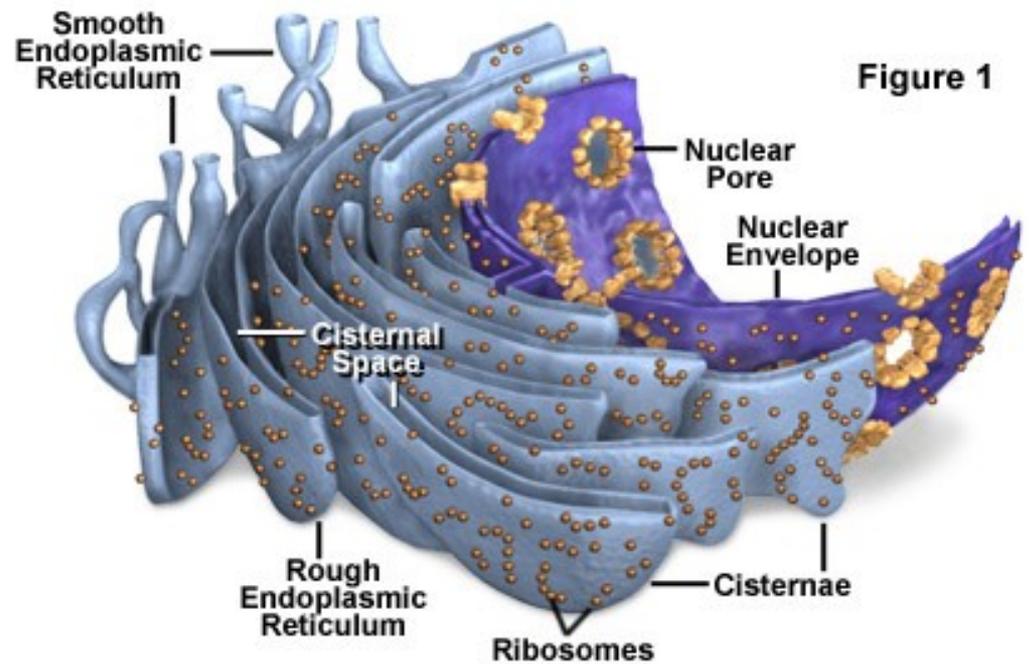
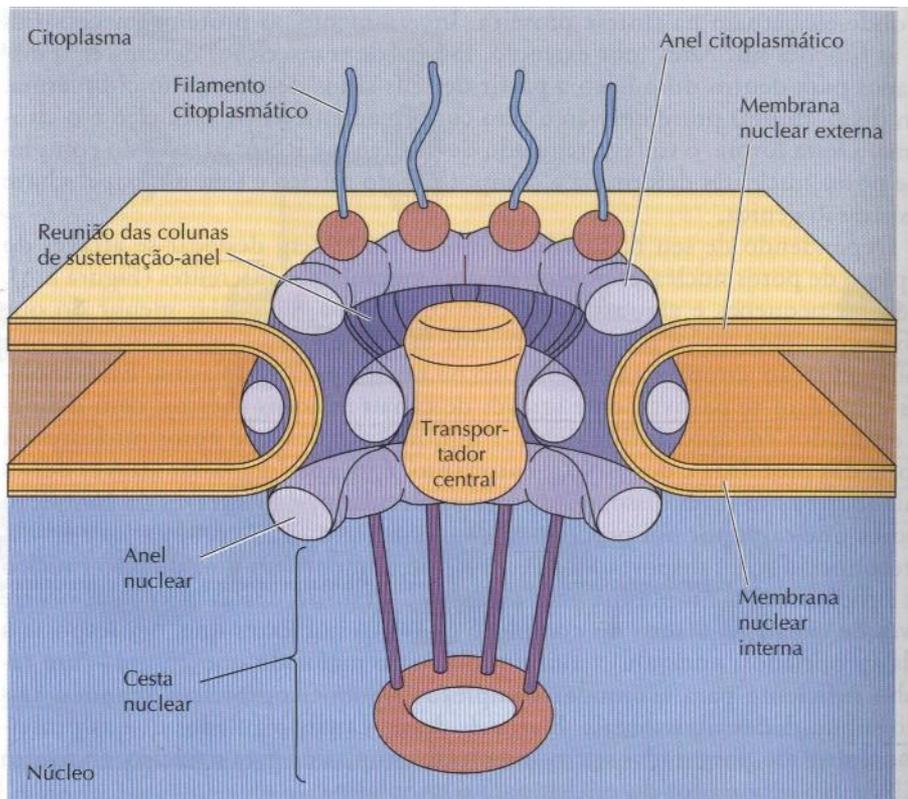


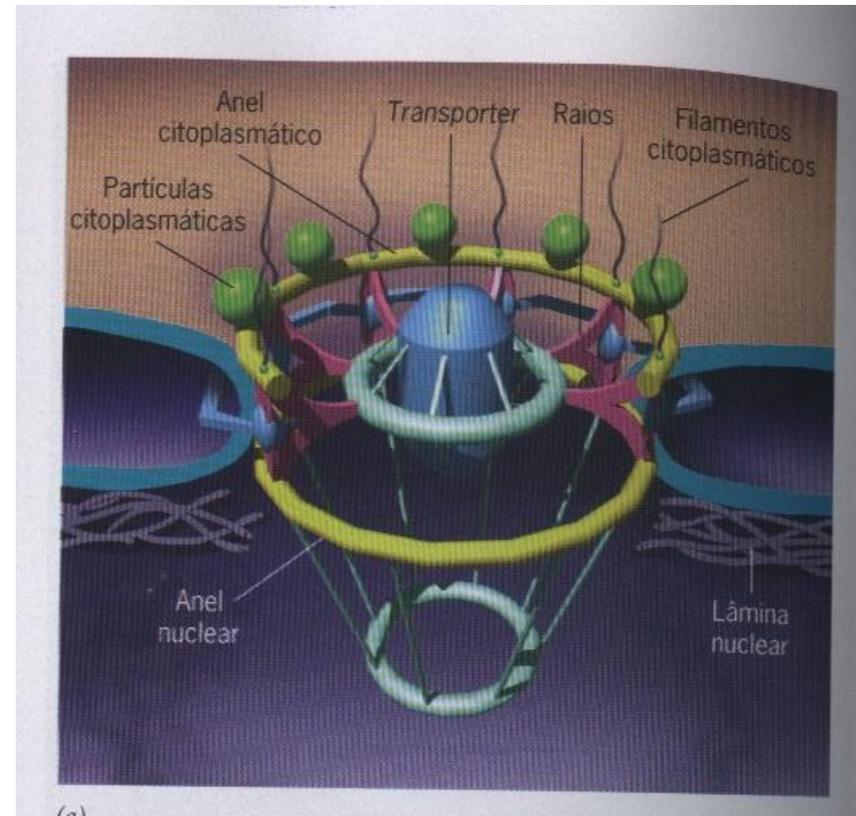
Figure 1

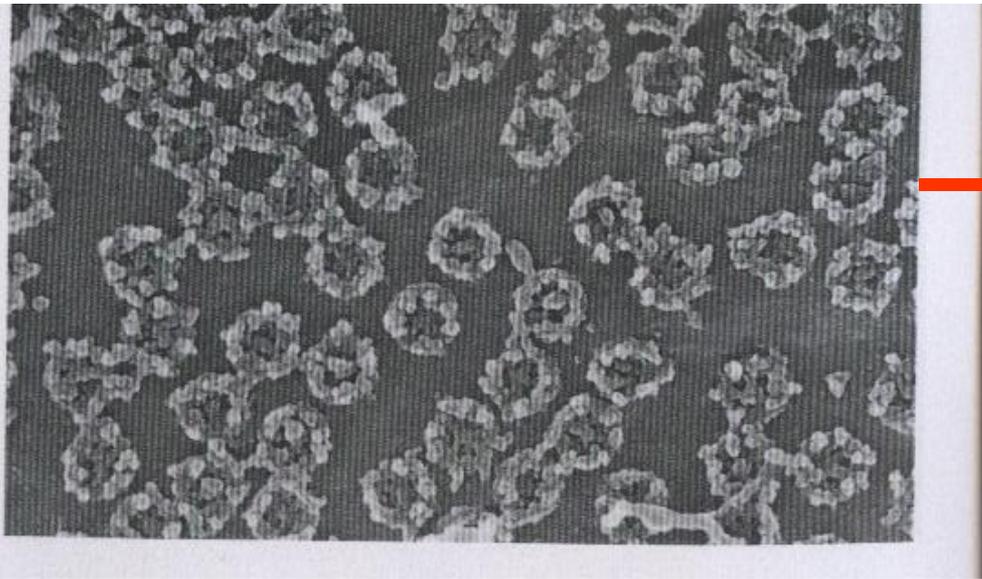
Poros

- as membranas do EN são interrompidas por **poros** que se formam com a fusão da membrana interna e com a membrana externa.
- quantidade de **poros** varia com o tipo de célula e com o seu estágio funcional, ex:
 - - células embrionárias → alta atividade de síntese protéica → **maior** quantidade de **poros**.
 - - espermatozóide maduro → célula com baixa atividade metabólica → **menor** quantidade de **poros**.



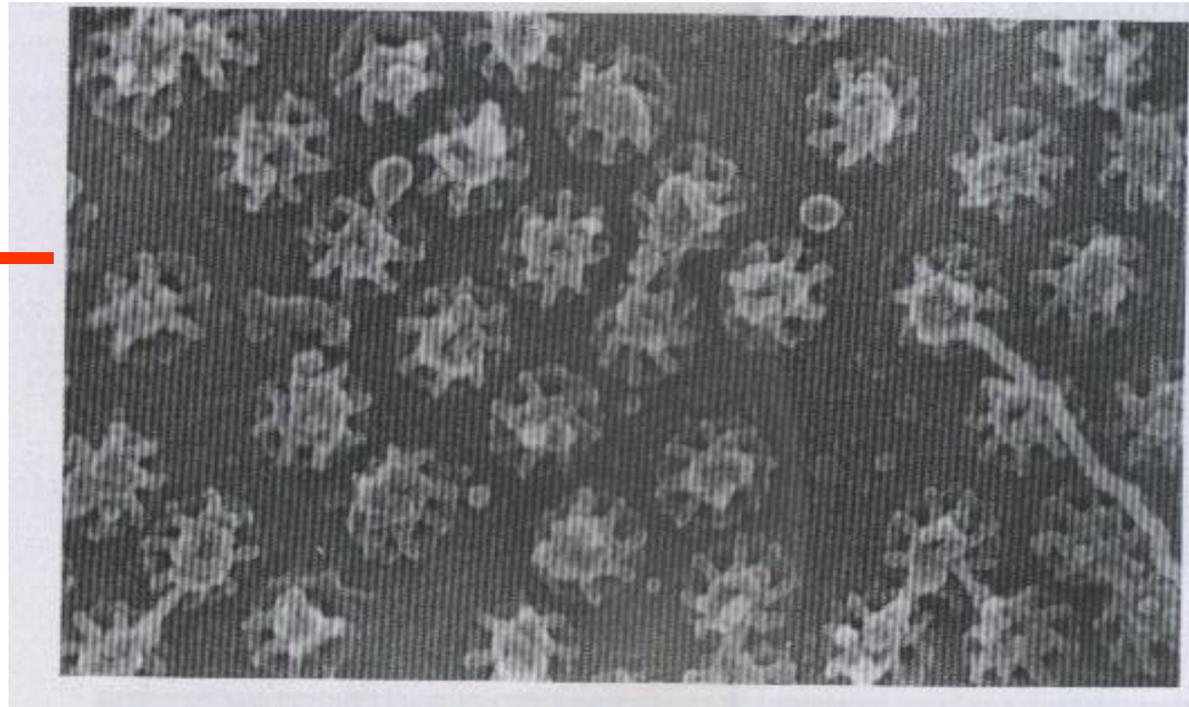
Complexo de poro





→ **Face citoplasmática**

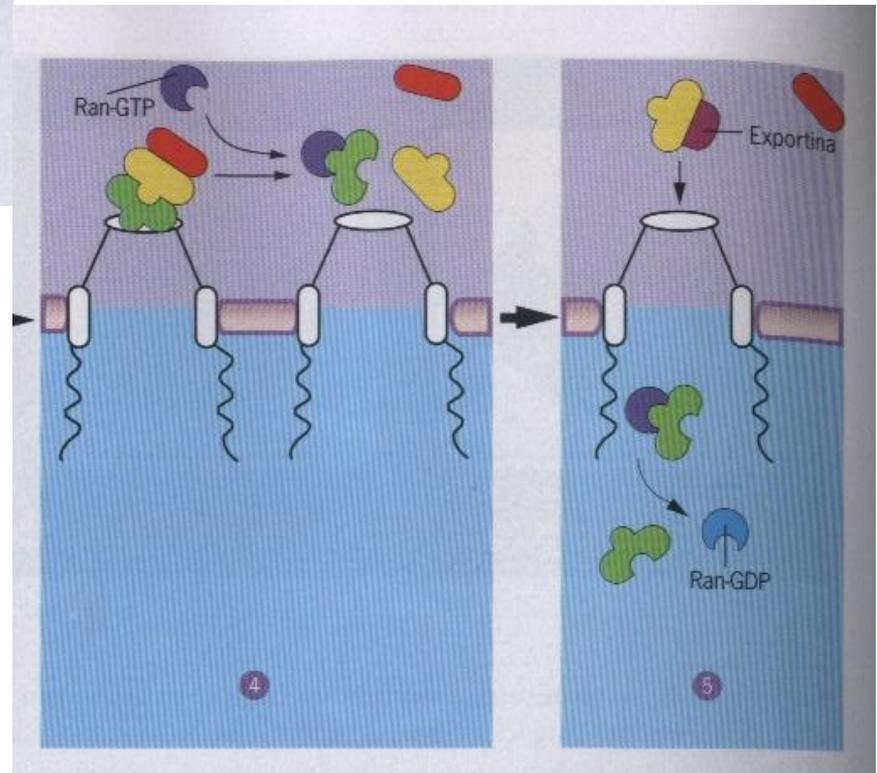
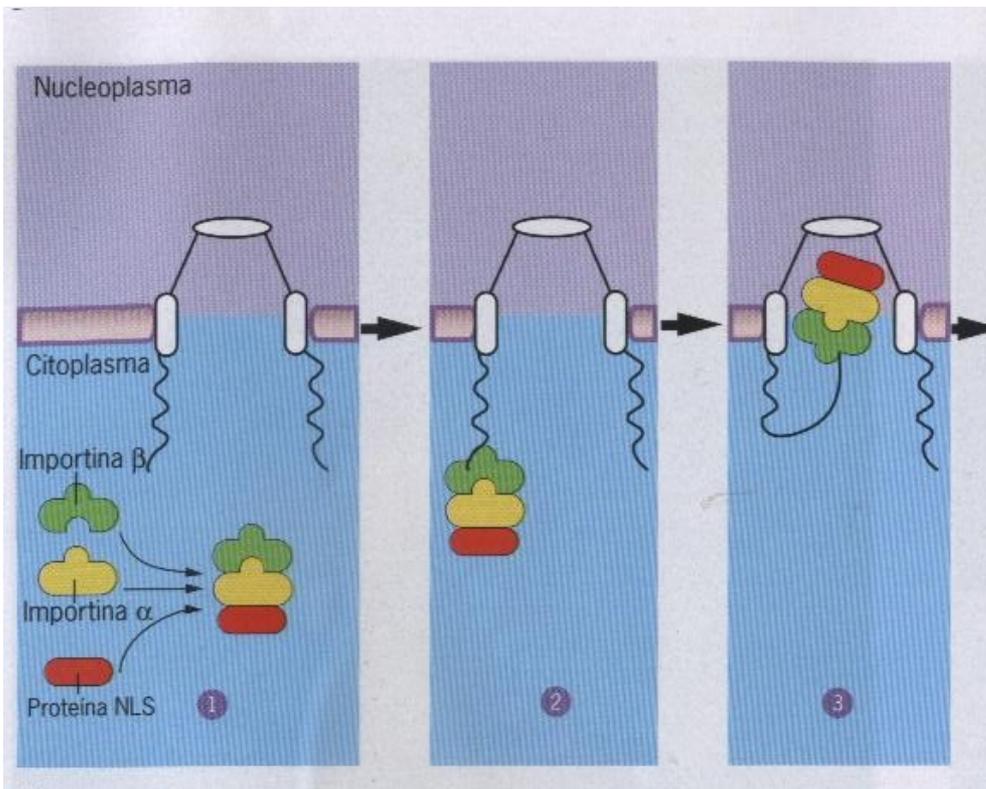
Face nuclear ←



Complexos de poro → Núcleo → citoplasma

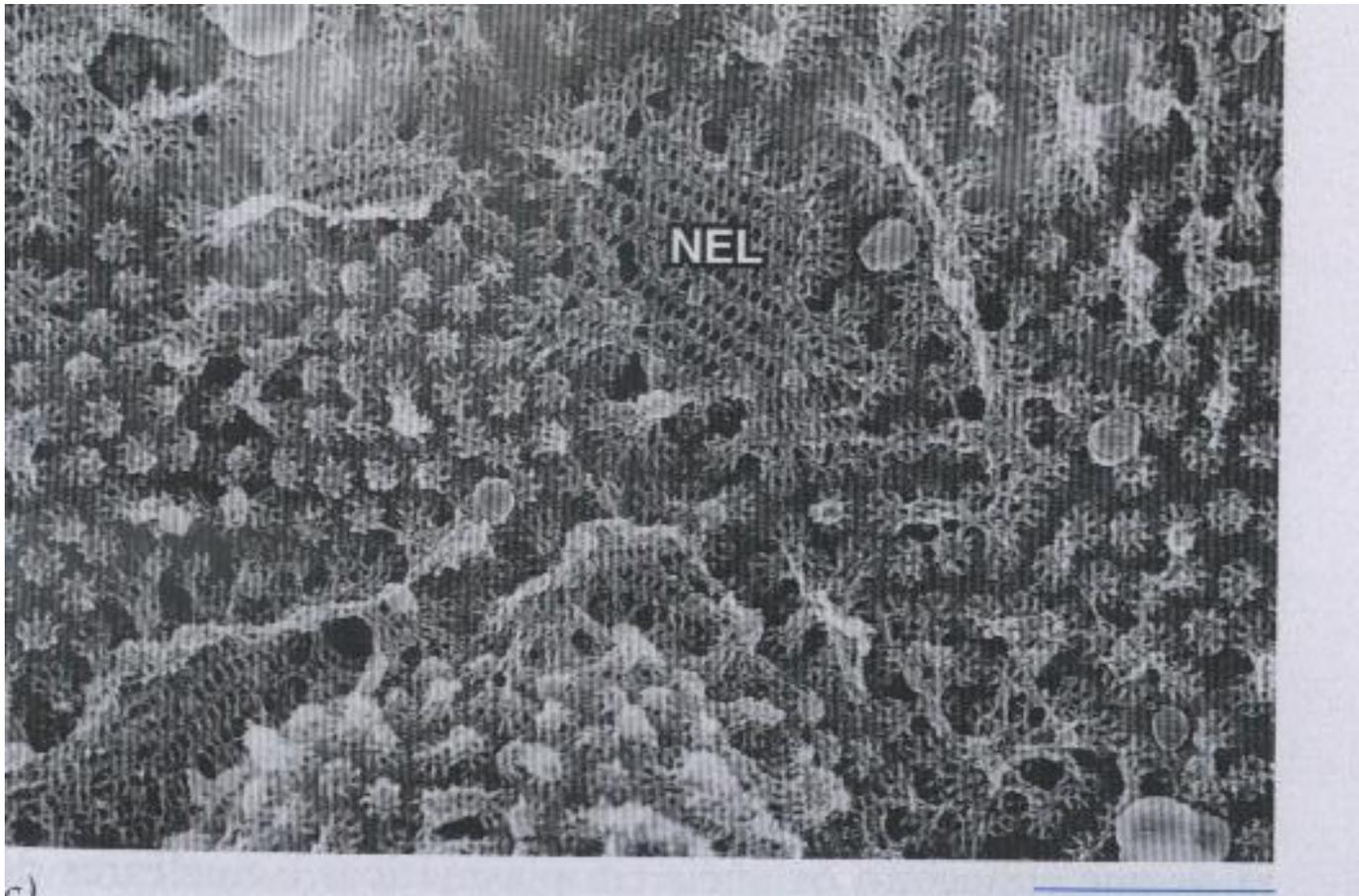
- **Função**

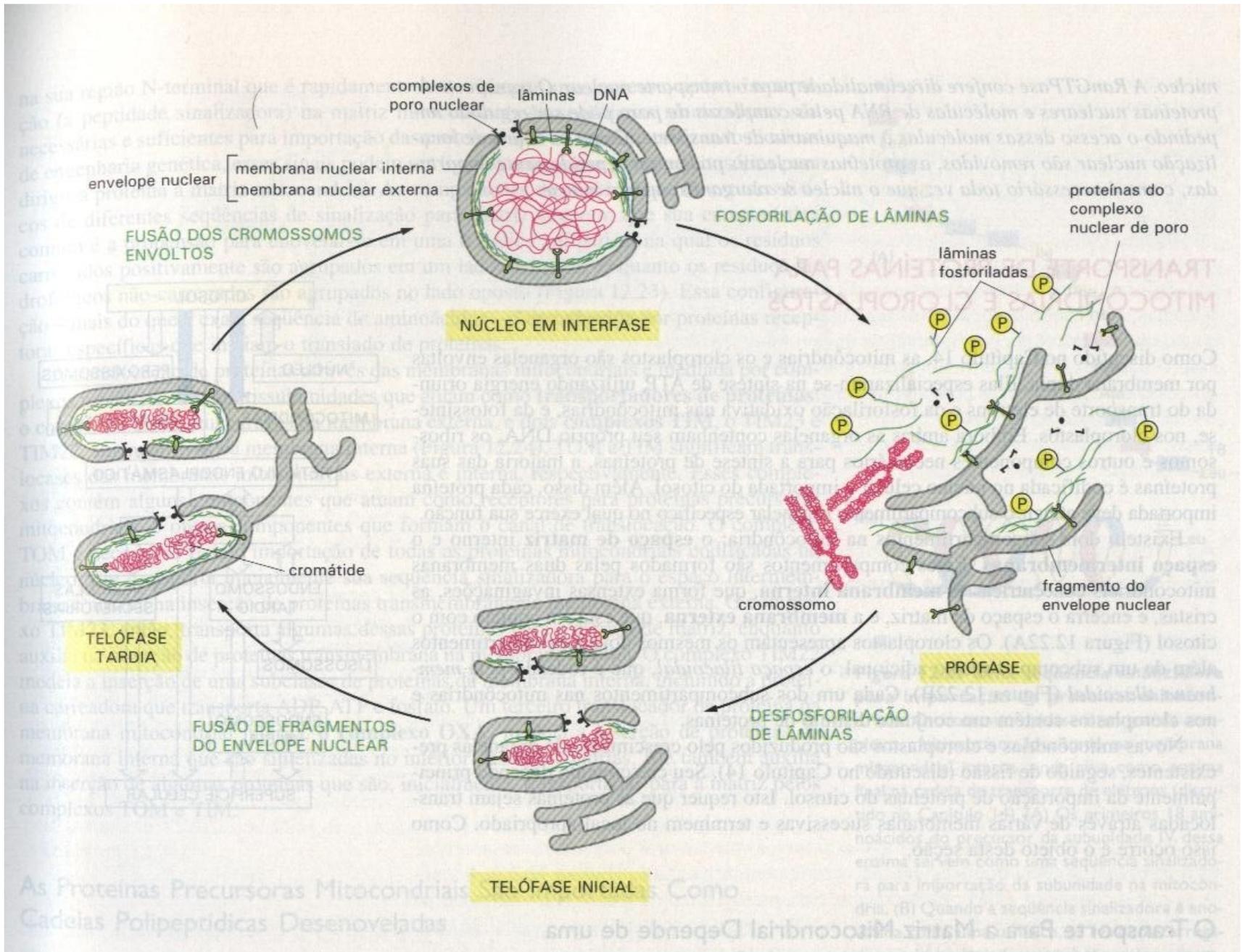
- moléculas pequena → transporte passivo
- moléculas grandes → transporte ativo → através de receptores presentes nas membranas do EN ocorre o reconhecimento dos RNAs e proteínas.



Lâmina Nuclear

- 10-20 nm de espessura.
- Proteínas laminas A, B e C → filamentos intermediários do citoesqueleto.
- **Lamina B** → possui uma porção lipídica que se insere na bicamada, a essa proteína se associam as laminas A e C.
- **Função**
- manter a forma e dar suporte estrutural ao EN → ligação da fibras cromatínicas ao EN.
- **Mitose** → fosforilação e desfosforilação.

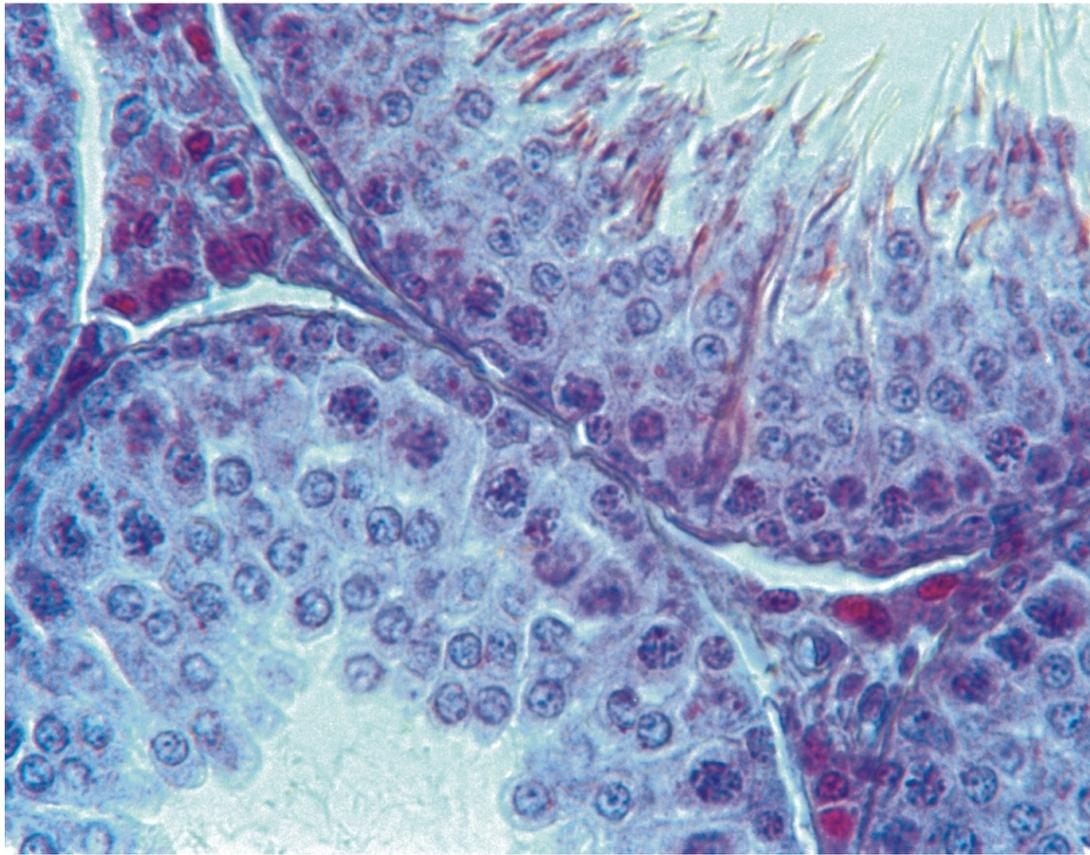




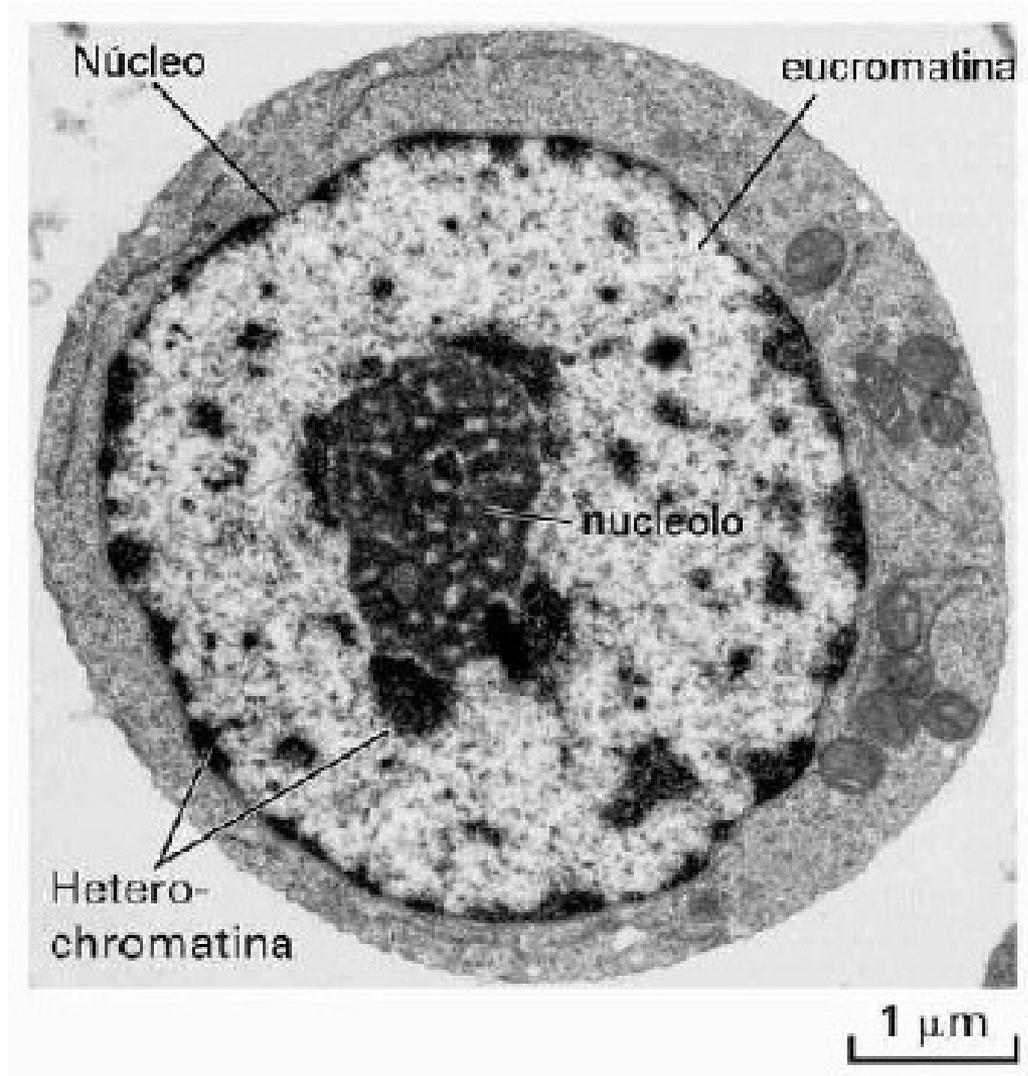
- **Nucleoplasma** → porção aquosa constituída por proteínas, RNAs, nucleosídeos e íons, onde estão mergulhados nucléolo e cromatina.

CROMATINA

- porção do núcleo, com exceção do nucléolo, se cora e é visível ao MO.
- cromatina e cromossomos representam dois aspectos morfológicos da mesma estrutura.



Testículo de rato – espermatócito I e II - HE



Composição química

- DNA, RNA, proteínas histônicas e não histônicas.
- **DNA**
- 2 cadeias de polinucleotídeos complementares e antiparalelas.
- quantidade de DNA por núcleo varia de espécie para espécie.

- **RNA**
- - cerca de 3%.

Histonas

- proteínas básicas devido a grande presença de aminoácidos ARGININA e LISINA.
- proteínas de baixo peso molecular.
- não são renovadas constantemente como a maioria das outras proteínas.

- corantes básicos → basofilia → basófila

- H2A, H2B, H3 e H4 → são menores com 102-135 aminoácidos → altamente conservados.

- H1 → possui cerca de 220 aminoácidos → menor grau de conservação durante a evolução.

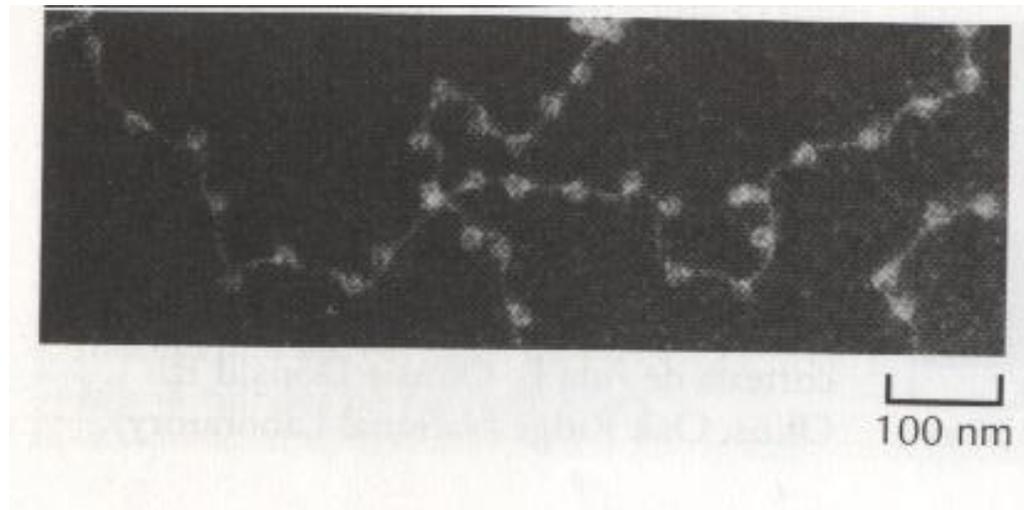
- H5 → eritrócitos nucleados de aves.

- **Proteínas não histônicas**
- ácidas, podem ser encontradas ligadas ao DNA ou dispersas no nucleoplasma:
 - a) 30 proteínas participam da estrutura dos cromossomos;
 - b) proteínas relacionadas com os processos de replicação e reparo do DNA;
 - c) proteínas que participam do processo de ativação e repressão gênica.

Estrutura

- 1974 → Olins e Olins → núcleos em diferentes choque osmótico → ME → **colar em contas.**
- Kornberg → ao mesmo tempo comprovou que a fibra cromatínica era constituída por unidades repetitivas compostas de H2A, H2B, H3 e H4, duas moléculas cada e cerca de 200 pb de DNA.
- 1975 → Oudet → nucleossomo → nucleóide (core nucleossômico).

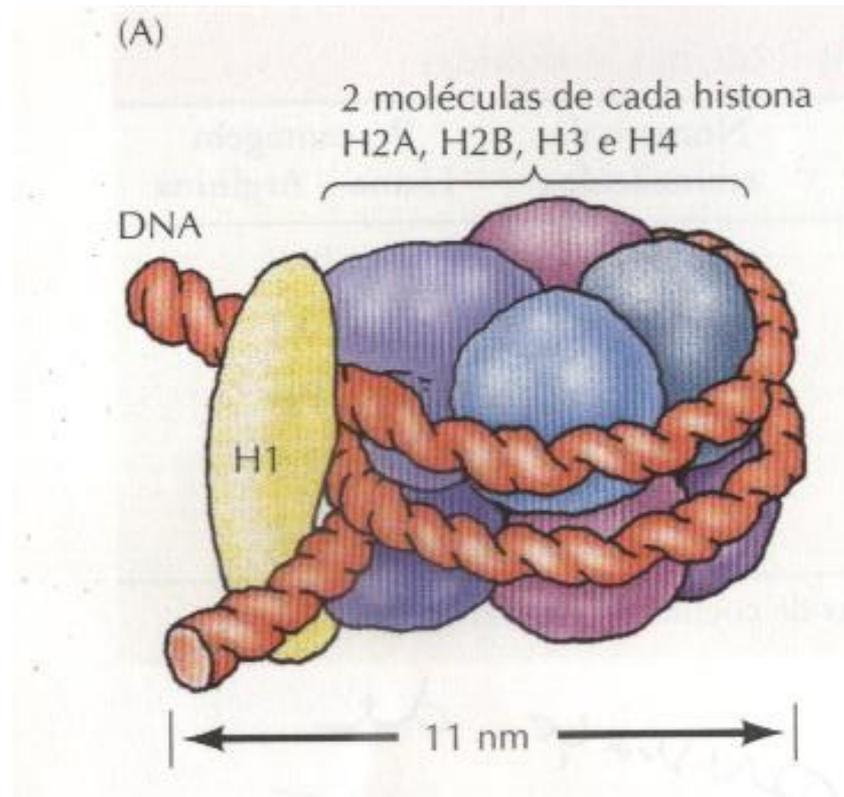
Colar de contas

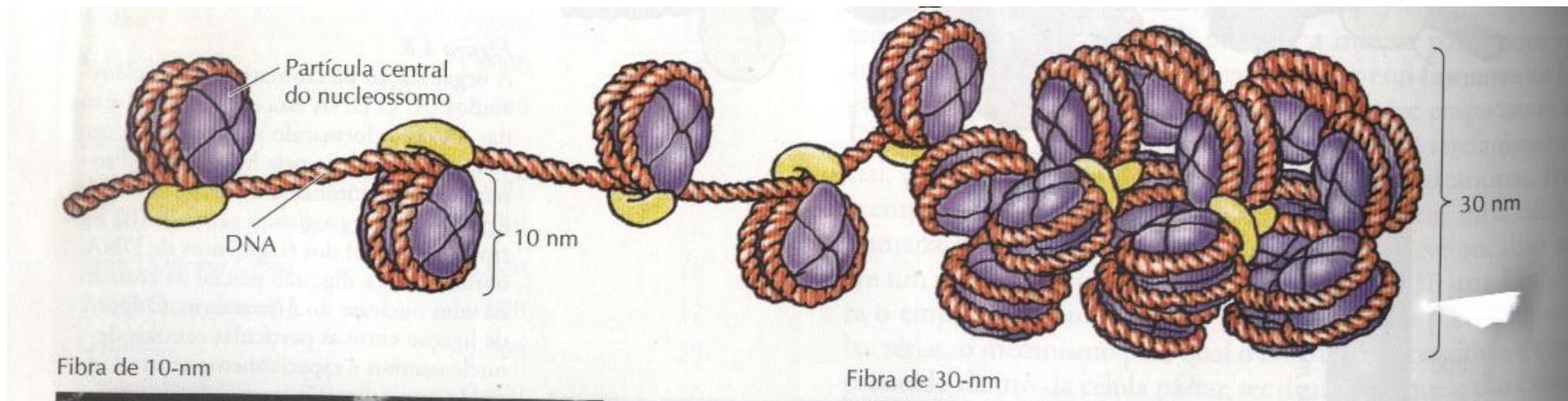


- **Nucleosomo** → unidade repetitiva da cromatina → forma cilíndrica achatada → com 10 nm de diâmetro e 6 nm de altura.

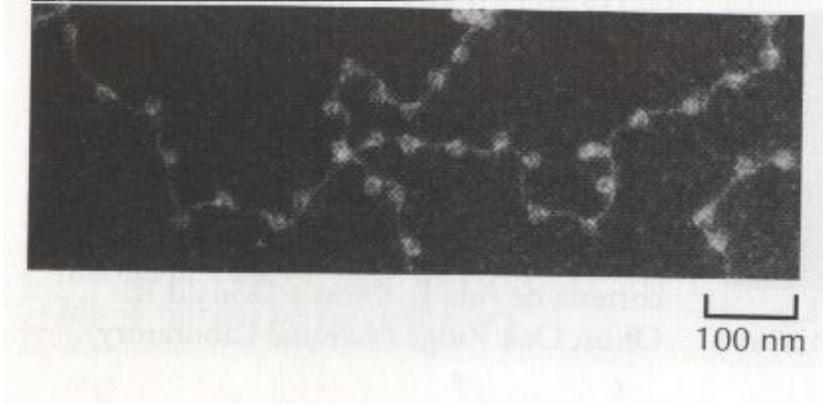
- **Centro do nucleossomo**
- - Fibra de 10nm de diâmetro ou nucleofilamento.
- - Fibra de 30 nm ou solenóide.

Nucleossomo

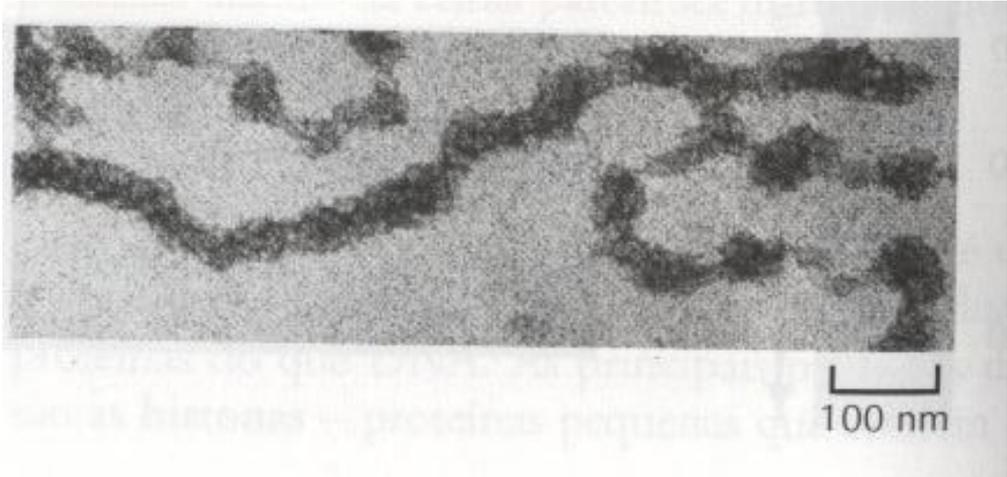




Fibra de 10nm

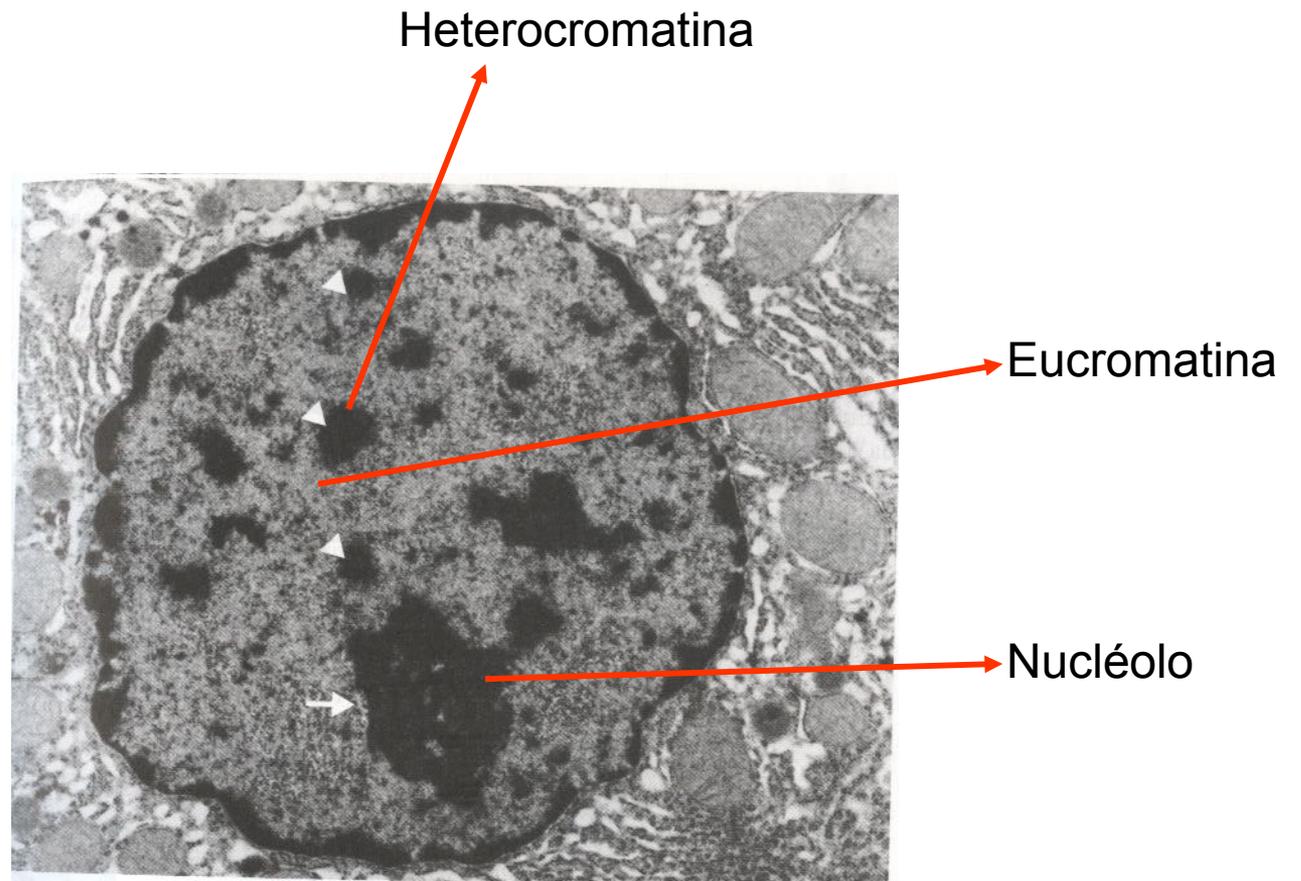


Fibra de 30nm



Estados conformacionais da cromatina

- - ao MO o núcleo interfásico apresenta dois padrões distintos de coloração da cromatina.
- - porção de coloração intensa → **heterocromatina**
- - porção menos corada e mais homogênea → **eucromatina**

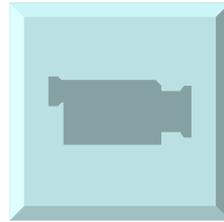


- **Heterocromatina facultativa**

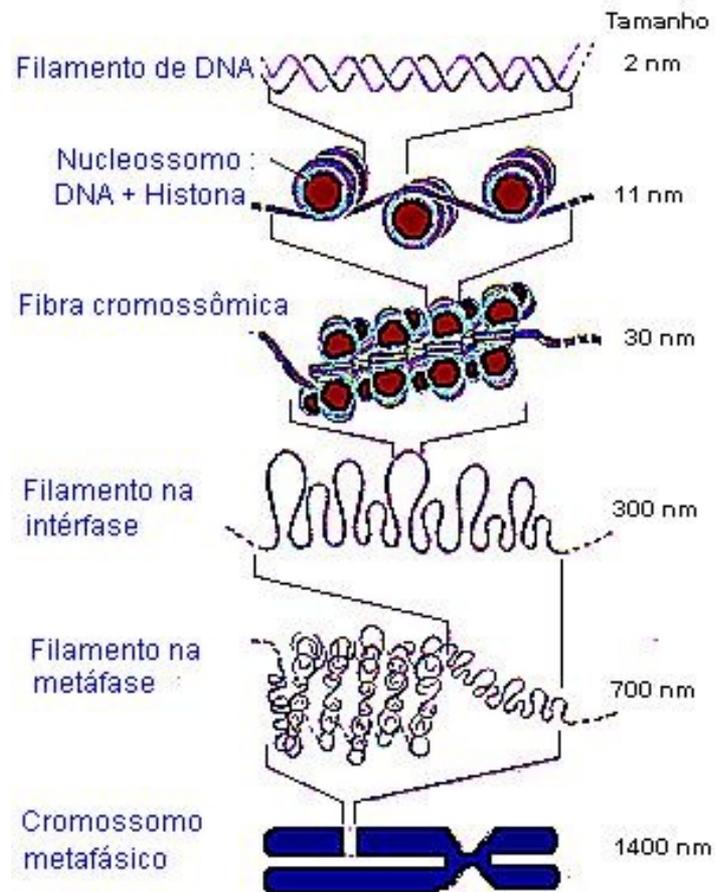
- **Heterocromatina constitutiva** → centrômeros, telômeros e ao redor das constrições secundárias.

- **Cromossomos**

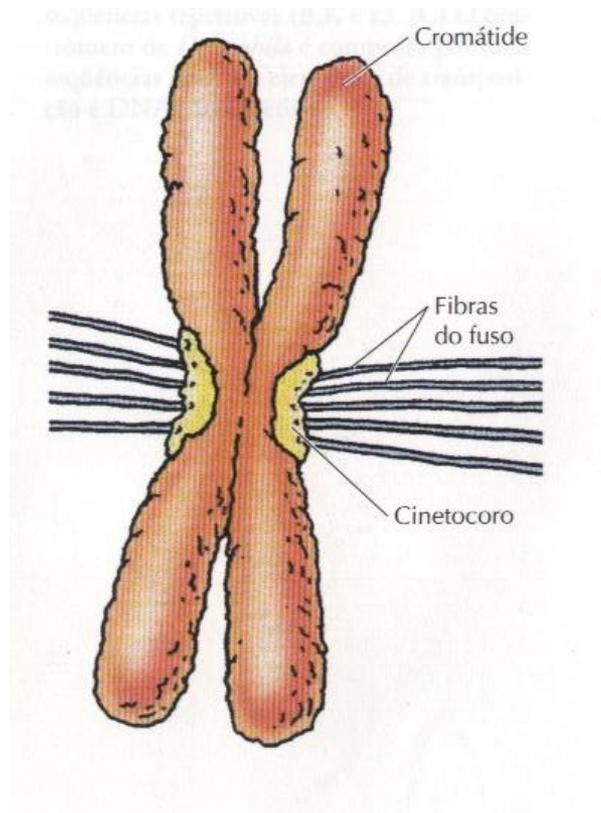
- - **cromátide** → cada uma das metades cromossômicas observadas durante a divisão celular e que irão constituir um novo cromossomo.
- - **cromátide irmã e homóloga.**
- - **Centrômero** ou **constrição primária** → é a região onde se situa o **cinetócoro** → estrutura organizadora da polimerização das fibras cromossômicas do fuso mitótico.



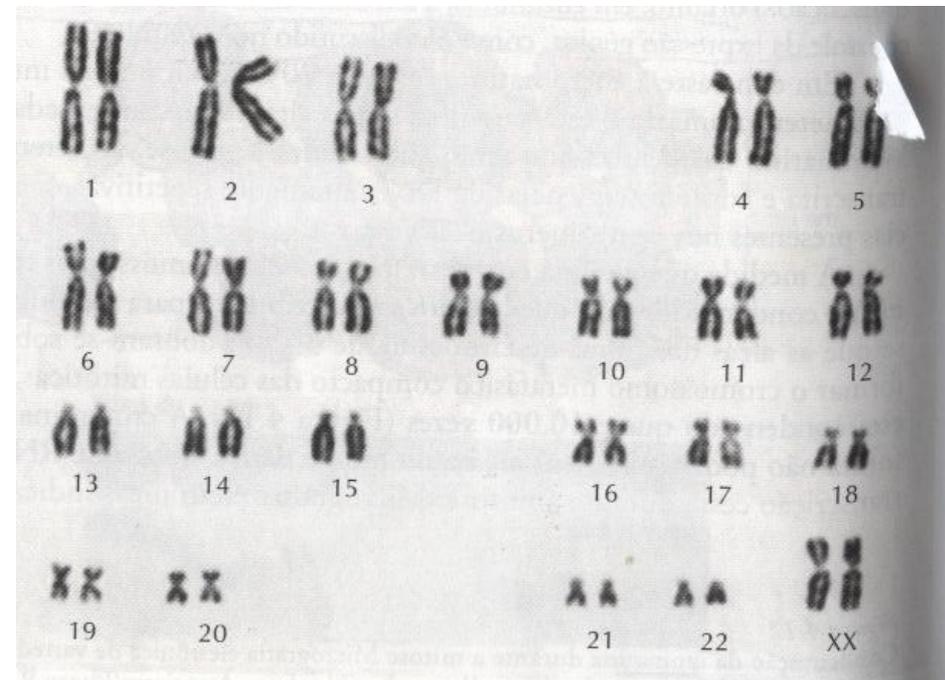
Dra. Maria Izabel Gallão



- metacêntrico, submetacêntrico, acrocêntrico ou telocêntrico.
- **Constrições secundárias** → outras constrições presentes nos cromossomos onde poderão conter a **Região Organizadora do Nucléolo**.
- **Telômeros** → são as extremidades cromossômicas.

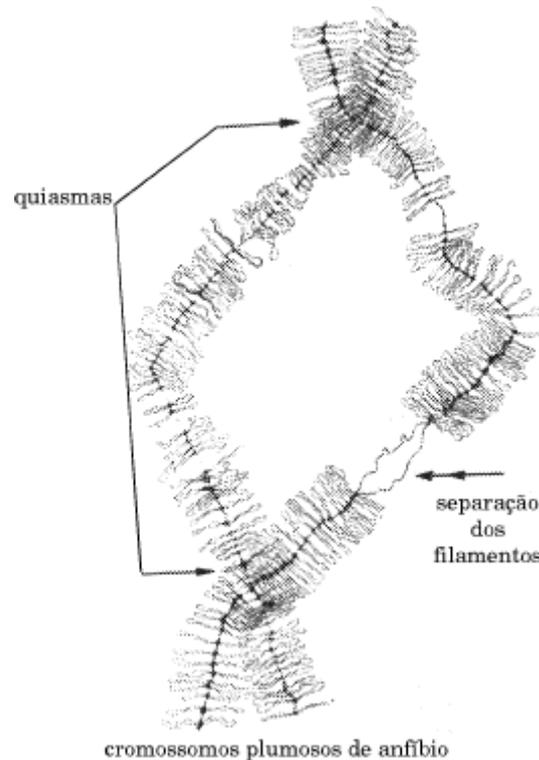


- - **cariótipo** → conjunto de características morfológicas que permite a caracterização dos lotes cromossômicos de um indivíduo.

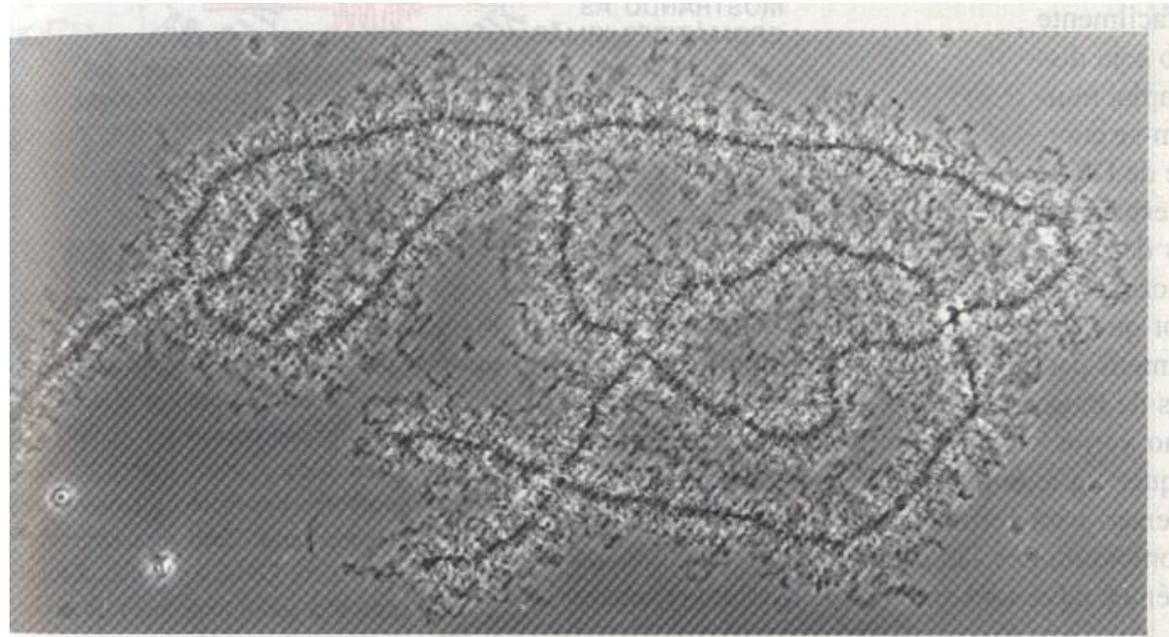
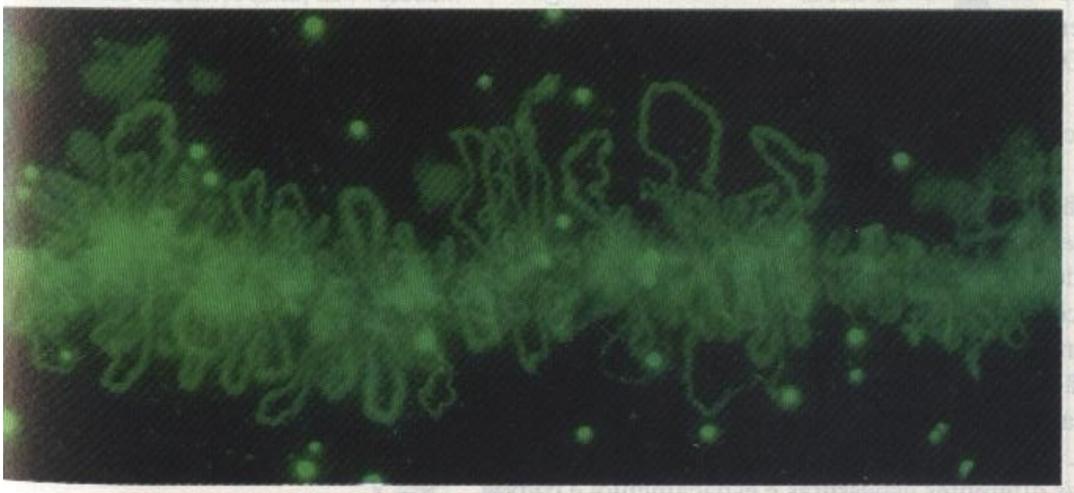


Dra. Maria Izabel Gallão

- **Cromossomos plumosos** → cromossomos grandes podendo atingir 800 μm de comprimento → oócito e espermatócitos → peixes, répteis e aves → meiose
- (diplóteno) → nas alça há uma intensa síntese de RNA.



Cromossomos Plumosos



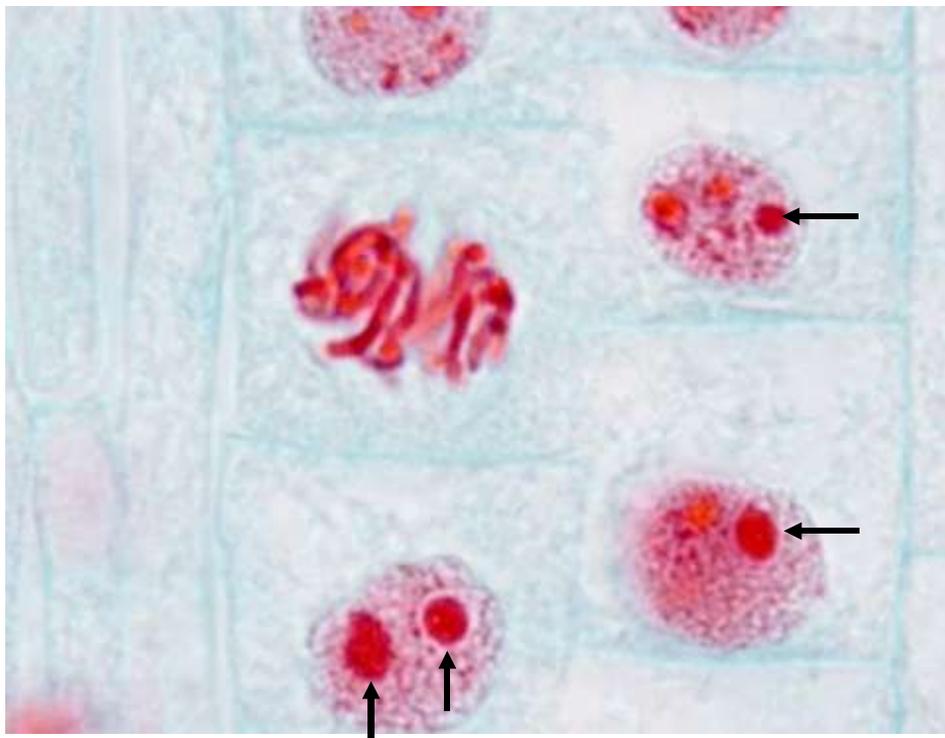
- **Cromossomos politênicos** → 150 a 250 μm de comprimento → células somáticas → vários tecidos de dípteros, em insetos colembolídeos e em protozoários ciliados → pareamento ponto a ponto de cromossomos homólogos → síntese de RNA.



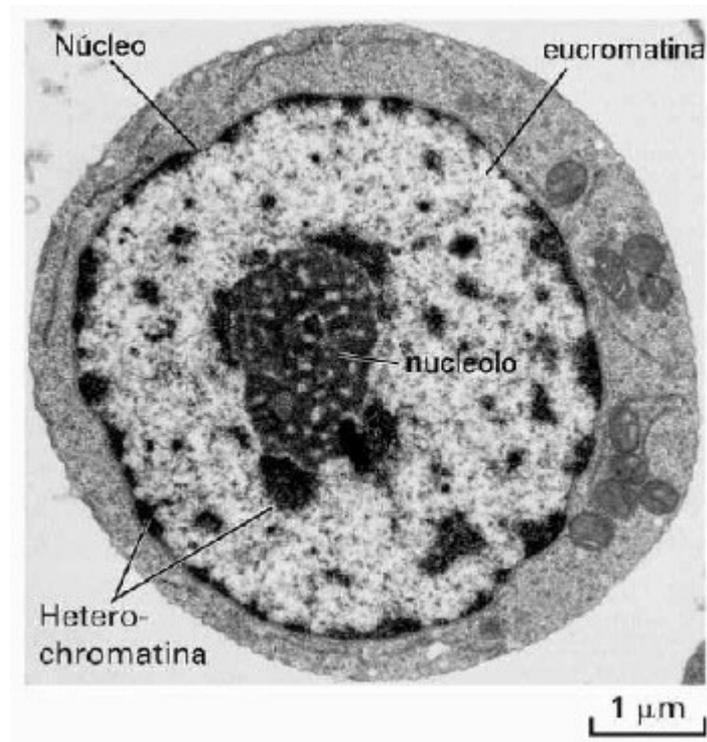
Nucléolo

- estruturas esféricas e não envolvidas por membrana.
- MO

Esmagamento de raiz de cebola



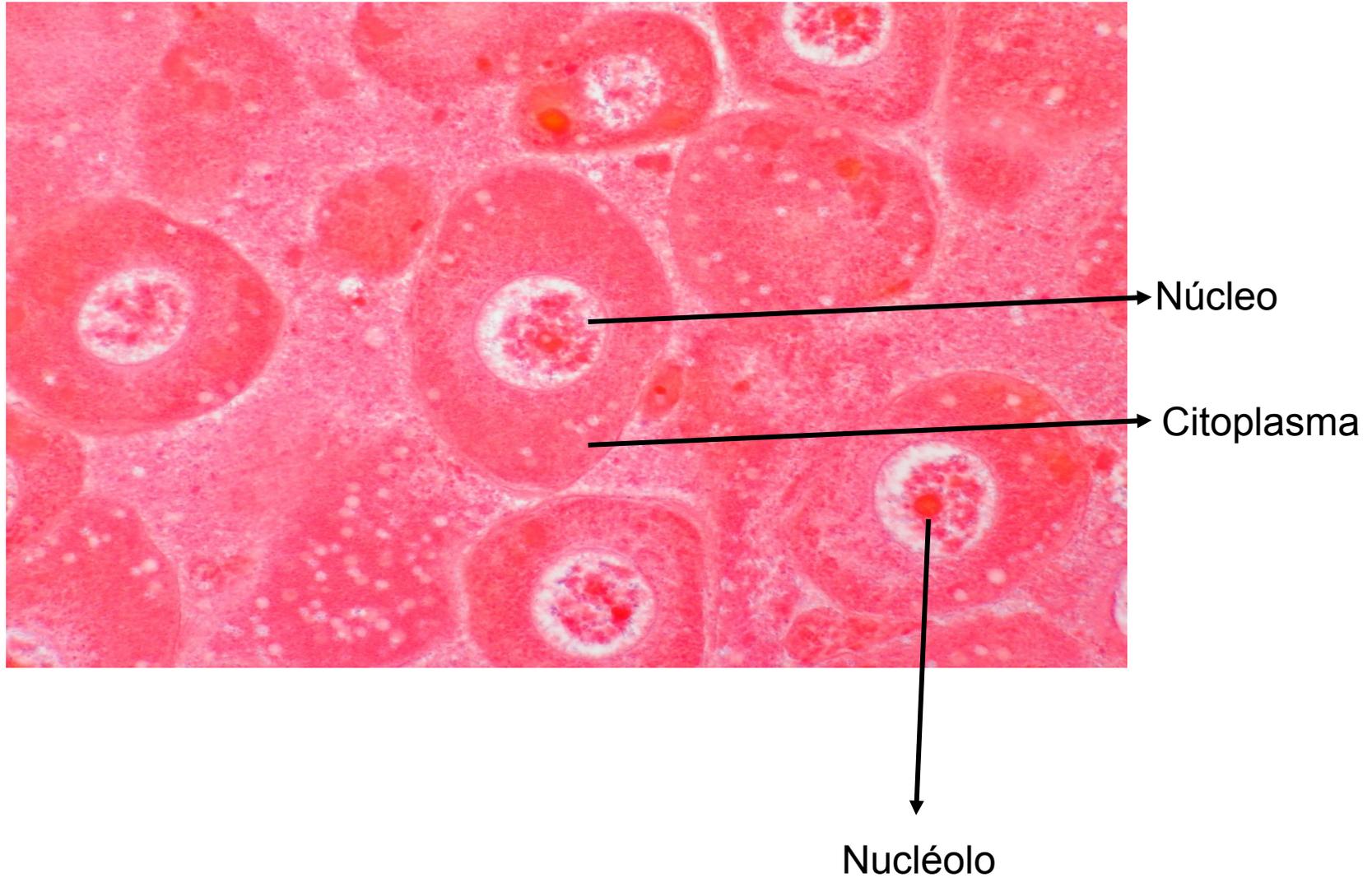
MET



Tamanho

- Está relacionado com a intensidade de síntese protéica da célula.
- Ex: células indiferenciadas de embriões; certos tumores malignos.

Ovócito de Lagosta - HE



- **Número**

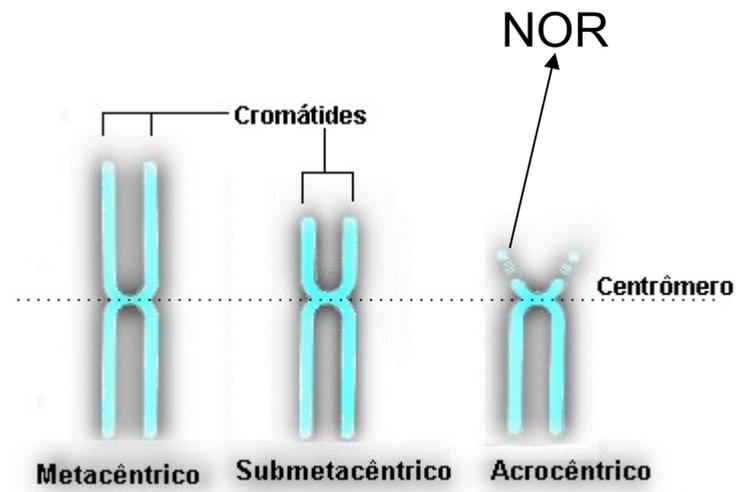
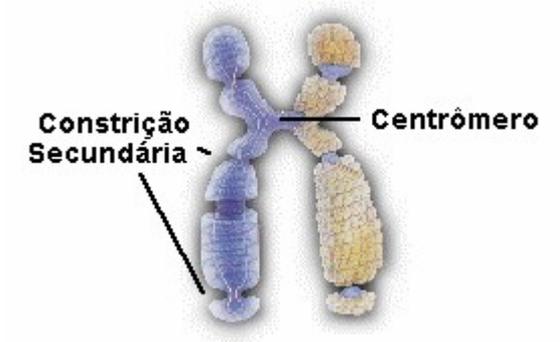
- geralmente único

Composição química

- proteínas
- RNAr
- DNAr (DNA ribossômico)

Biogênese dos ribossomos

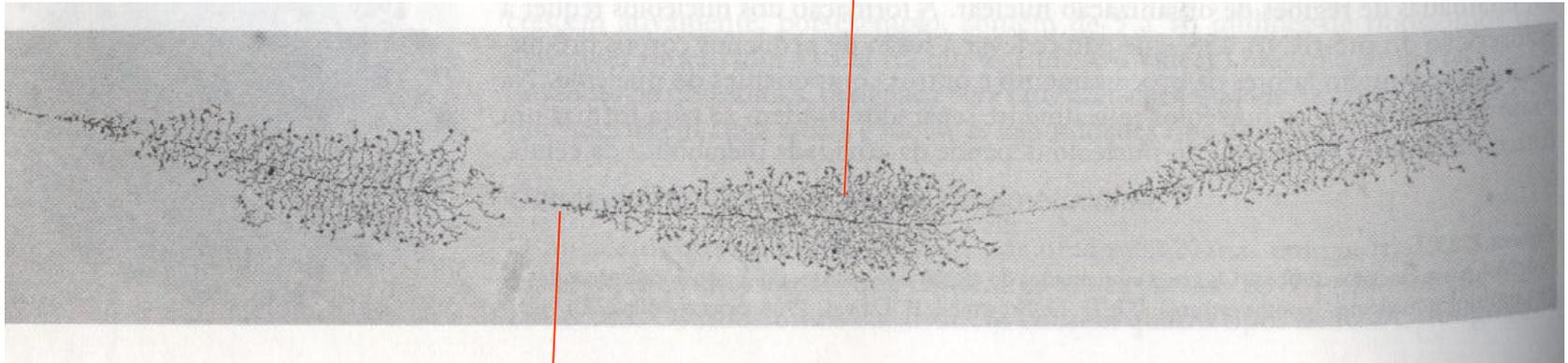
- Os genes que codificam o RNAr estão localizados em porções de fibras cromáticas que após sua compactação irão constituir as **construções secundárias** de cromossomos específicos – **regiões organizadoras do nucléolo – NOR.**
- Humanos → 5 pares de cromossomos
- Feijão → 1 par de cromossomo.



- Em células eucariontes os genes que codificam os RNAr estão presentes em múltiplas cópias por genoma.
- Humano → contém cerca de 400 cópias, dispersos em 5 cromossomos.
- Xenopus → contém cerca de 600 cópias em um único cromossomo.
- As várias cópias do gene estão arranjadas *in tandem*, ou seja, repetidos seqüencialmente estando cada gene separado do próximo por um segmento de **DNA não transcrito**.

Árvore de Natal

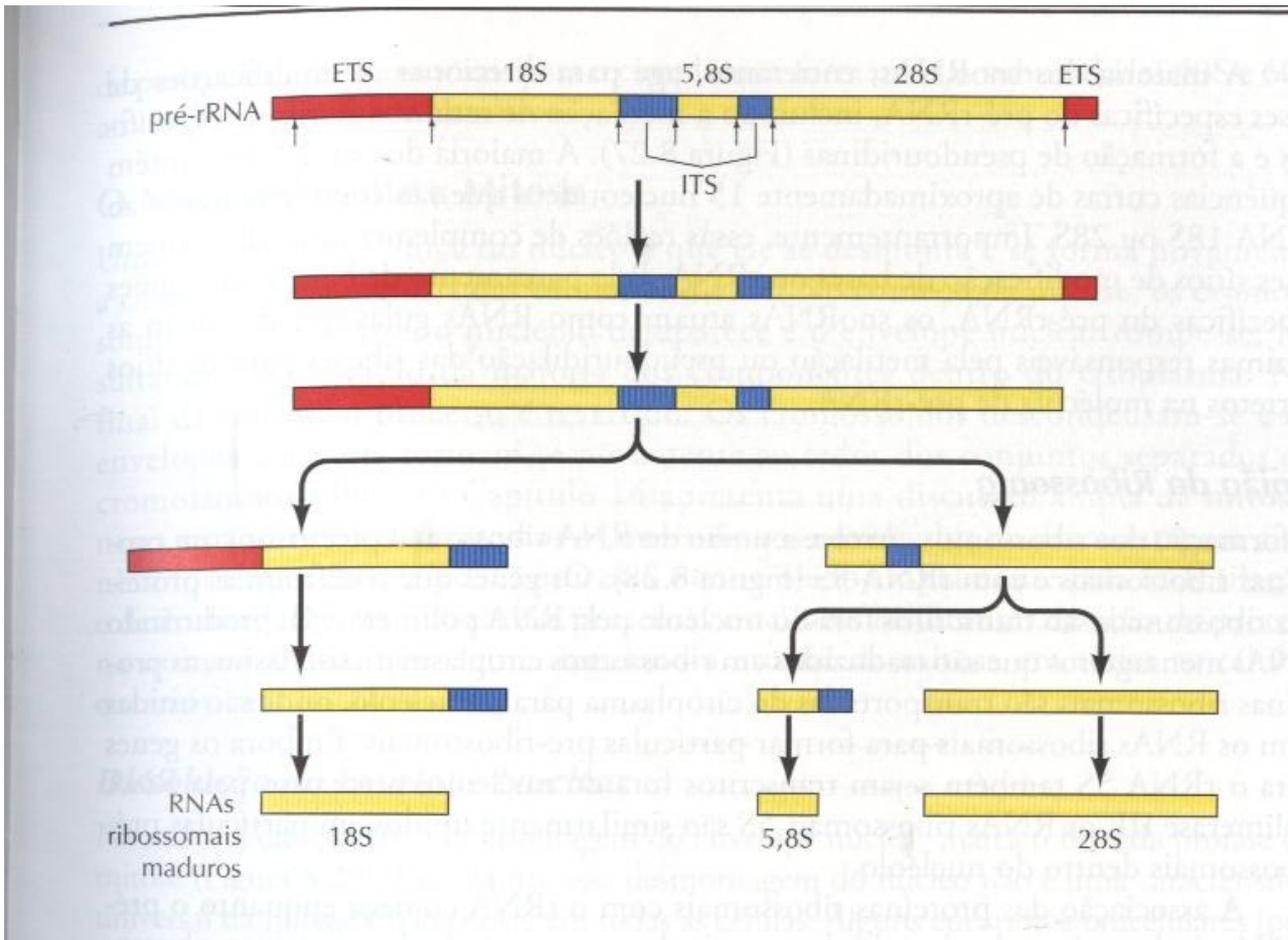
Fibrilas de RNAr



DNA espaçador

Síntese e processamento do RNAr

- RNA polimerase I
- RNAr 45S → transcrito primário (pré-RNAr), essa molécula é clivada dando origem as moléculas finais de RNAr:
 - RNAr 28S (5.000 nucleotídeos)
 - RNAr 18S (2.000 nucleotídeos)
 - RNAr 5,8 S (160 nucleotídeos)



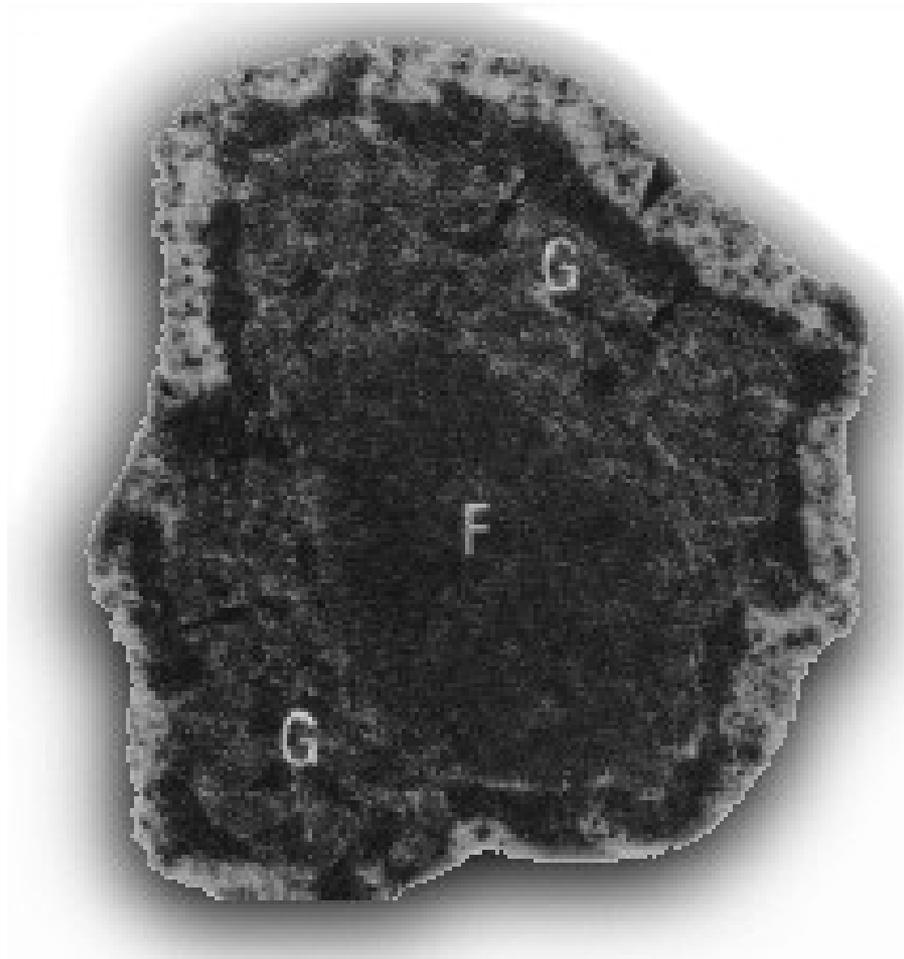
ITS – segmentos intercalares transcritos

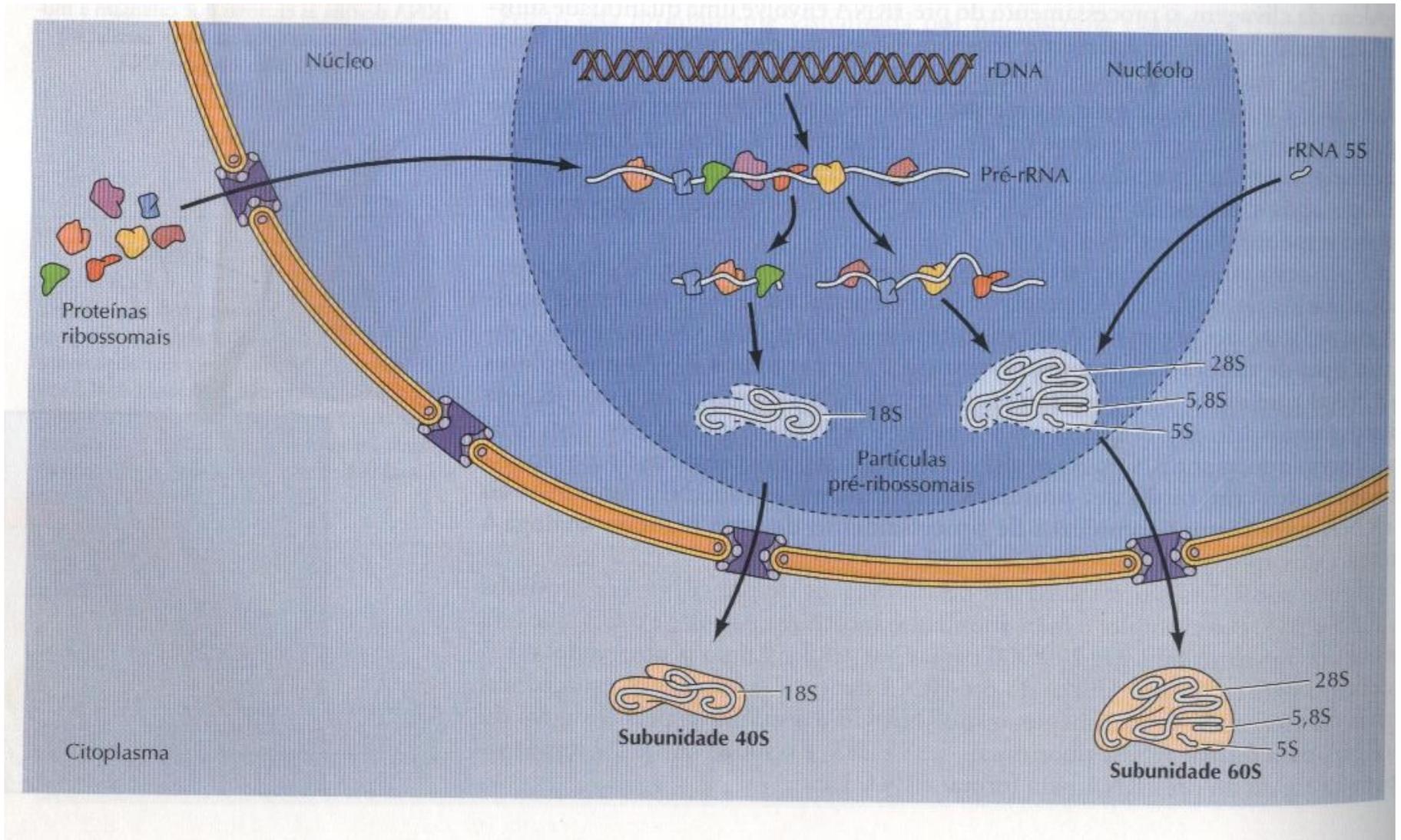
ETS – sequência externa transcrita

Dra. Maria Izabel Gallão

- À medida que a RNA polimerase I transcreve o DNAr, proteínas são adicionadas às moléculas dos pré-RNAr nascentes.
- Os genes que codificam o RNAR 5S (120 nucleotídeos) não estão presentes nos DNAr, ou seja, esses genes estão localizados em outra região do DNA que não a NOR → RNA polimerase III → depois de transcrito migra para o nucléolo onde é complexado os RNAr 28S e 5,8S para formar a subunidade maior do ribossomo.
- 49 tipos diferentes de proteínas serão adicionadas aos RNAR 28S, 5,8S e 5S.
- 33 tipos se associarão ao RNAr 18S.

Estrutura





RNA ribossômico

Procarionte		Eucarionte	
70S		80S	
Subunidade menor	Subunidade maior	Subunidade menor	Subunidade maior
30S	50S	40S	60S
RNAr 16S	RNAr 23s	RNAr 18S	RNAr 28S
21 proteínas	RNAr 5S	33 proteínas	RNAr 5,8S
	34 proteínas		RNAr 5S
			49 proteínas

Ciclo Celular

- Para que ocorra a divisão celular, quatro eventos são necessários:
- **Deve haver um sinal reprodutivo** → esse sinal pode vir tanto de dentro como de fora da célula, e inicia os eventos de reprodução celular.
- **Replicação do DNA** → o material genético, e outros componentes vitais para a célula precisam estar presentes para que cada uma das duas novas células tenham suas funções celulares completas.
- **A célula precisa distribuir** → segregar o DNA replicado para cada uma das duas novas células.
- **Membrana celular** (e a parede celular, em organismos que a possuem) precisa crescer para separar as duas novas células em um processo chamado *fissão*.

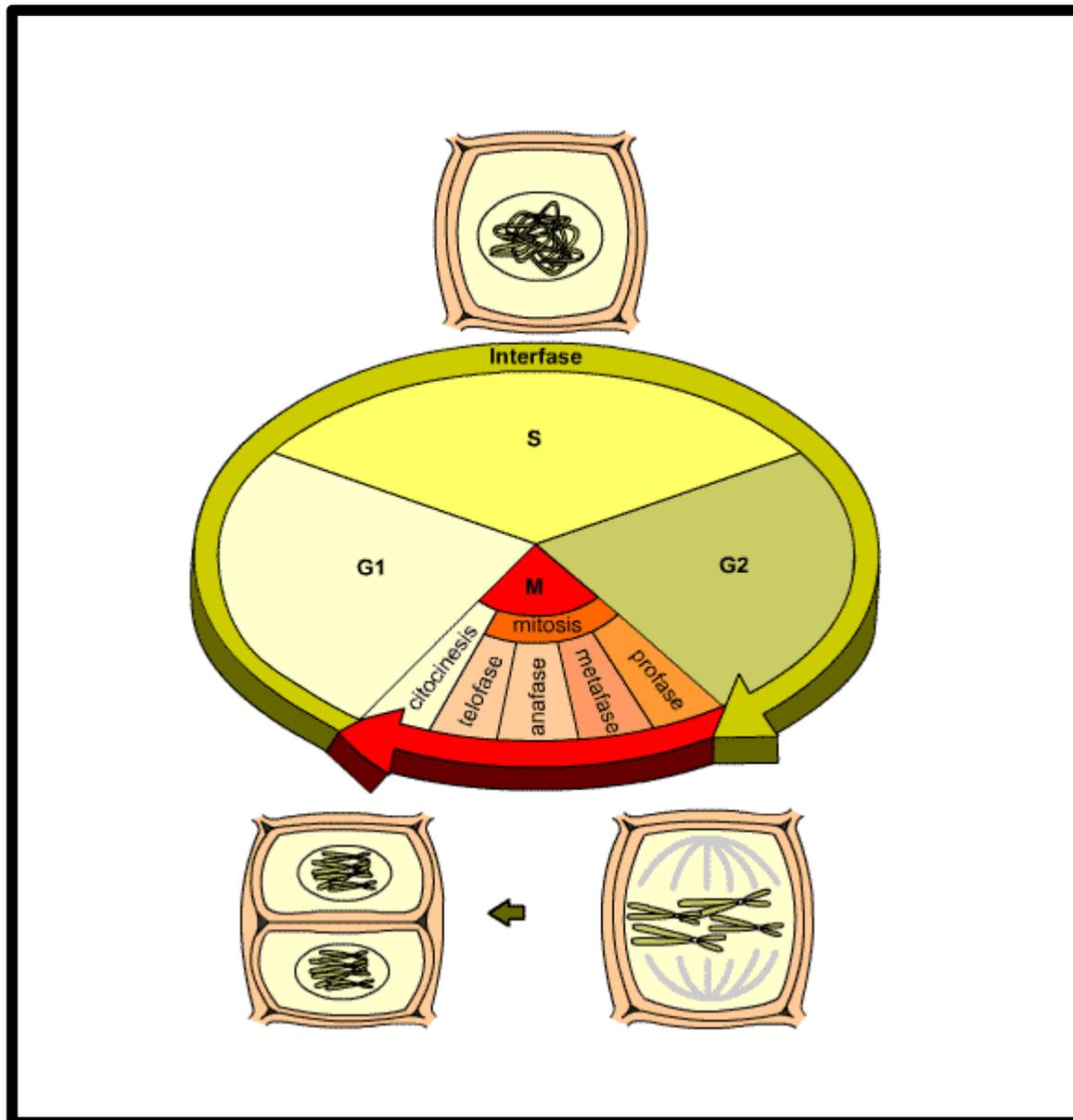
- **Procariotos** → divisão celular freqüentemente significa reprodução de todo o organismo unicelular.
- A célula cresce em tamanho.
- Replica o seu DNA.
- Divide-se em duas novas células → *fissão*
- - a privação de alimento pode ser um dos fatores que interrompe a divisão celular → ex: bactéria *Bacillus subtilus*.
- - o aumento na quantidade de alimento pode levar a um aumento na velocidade de divisão celular → *Escherichia coli* aumenta de velocidade de divisão quando colocada em um meio com abundância de carboidrato.

Ciclo celular em Eucariotos

- No indivíduo adulto as divisões celulares continuam frequentemente, seja para a reposição de células mortas como para a regeneração de partes danificadas de tecidos e órgãos.
- Células embrionárias, células do epitélio que reveste o intestino (a cada 3 dias), as do folículos capilares, as do sistema linfático e as da medula óssea → são células que se dividem rapidamente → são alvos nos tratamentos pela quimioterapia.
- Hepatócito, fibroblasto da pele, células renais, células do músculo liso, de pâncreas, do ovário, de pulmão → células que podem permanecer sadias por longos períodos em um estado não-proliferativo.

Substâncias utilizadas na quimioterapia

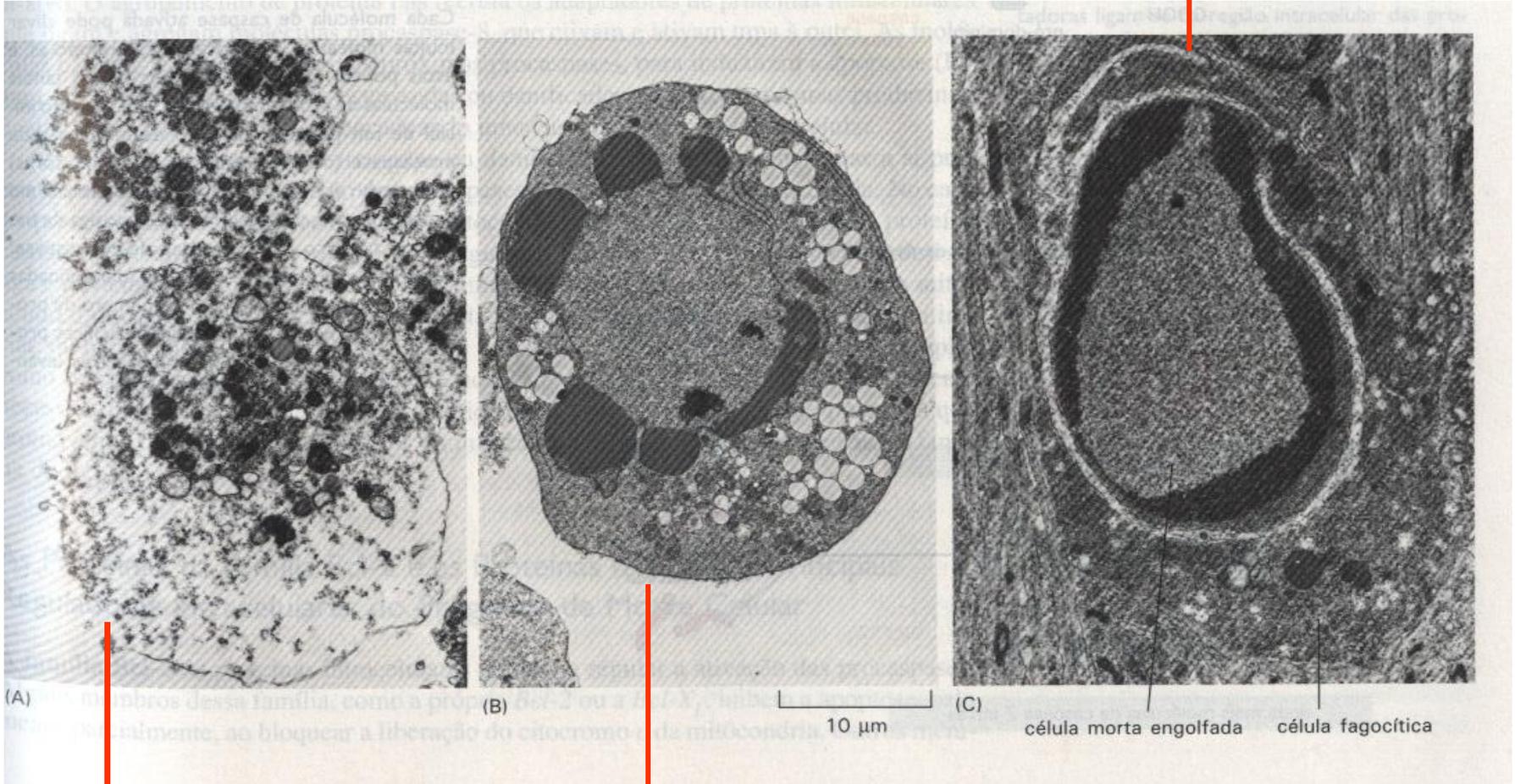
- 6-mercaptopurina (uma análoga das purinas) → Inibe a síntese dos compostos que irão formar o DNA.
- Mitomicina → Inibe a síntese de DNA, liga-se fortemente a dupla hélice do DNA.
- Actinomicina D → Impede a síntese de RNA, se combina com a guanina do DNA.



- **Interfase** → três subclasses identificadas como **S**, **G1** e **G2**.
- **Fase S** → significa síntese, período onde ocorre a duplicação do DNA.
- **Fase G1** → período entre o fim da mitose e o começo da fase S – intervalo 1 – nesta fase a célula se prepara para entrar na fase S.
- **Fase G2** → separa o fim a fase S e o início da Mitose – intervalo 2 – nesta fase a célula se prepara para entrar em Mitose.

- **Apoptose** → processo fisiológico normal de morte celular → caspases → cascatas de eventos → levando a uma desorganização da célula.
- - mudanças que ocorrem na célula durante a **APOPTOSE**.
- - fragmentação do DNA, resultante de clivagens entre os nucleossomos;
- - condensação da cromatina;
- - fragmentação nuclear em pequenos núcleos, o que dá à célula um aspecto granulado;
- - a própria célula se contrai e se fragmenta em vesículas revestidas por membrana denominadas corpos apoptóticos.

Célula morta em um tecido em desenvolvimento – foi fagocitada por uma célula vizinha



Necrose

Célula em cultura – apoptose –
grandes vacúolos característico

Dra. Maria Izabel Gallão

- **Período G0** → em estado de dormência ou queiscência com relação ao crescimento.
- podem sair desta fase mediante um estímulo apropriado:
 - - nutrientes;
 - - hormônios de crescimento;
 - - estímulo mecânico, lesão provocada por uma intervenção cirúrgica.
- - neurônios, células da musculatura esquelética e cardíaca → permanecem indefinidamente em G0, são consideradas como sendo terminalmente diferenciadas.
- Ex: ataque cardíaco

- **Ponto de RESTRIÇÃO** → momento pouco anterior ao de transição da fase G₁/S, seria um ponto **crítico** a ser vencido pela célula para que a fase S possa ser iniciada.

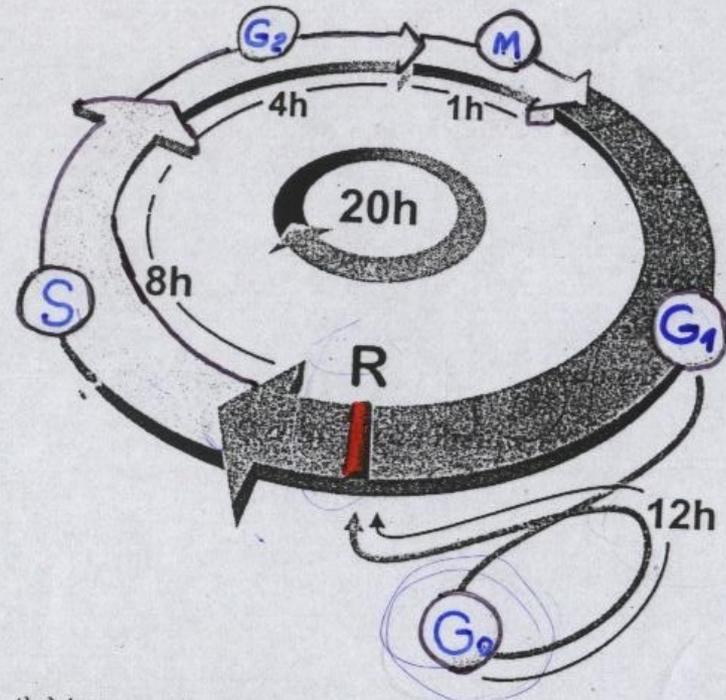


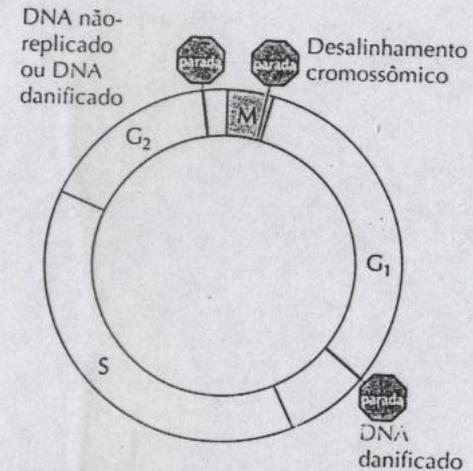
Fig. 9.2 As quatro fases sucessivas do ciclo de divisão de uma célula eucariótica típica. No início da fase G₁, em resposta a sinais externos, a célula "decide" se continua em ciclo ou se assume um estado quiescente chamado G₀. Desse estado, ela pode voltar ao ciclo mediante estímulo. No final de G₁, existe um importante ponto de controle do ciclo, chamado ponto de restrição (R), que impede a progressão do ciclo em condições desfavoráveis ou insatisfatórias. Quando o ponto R é ultrapassado, a célula atravessa as demais fases do ciclo celular até que duas células-filhas idênticas sejam formadas ao final da mitose (M).

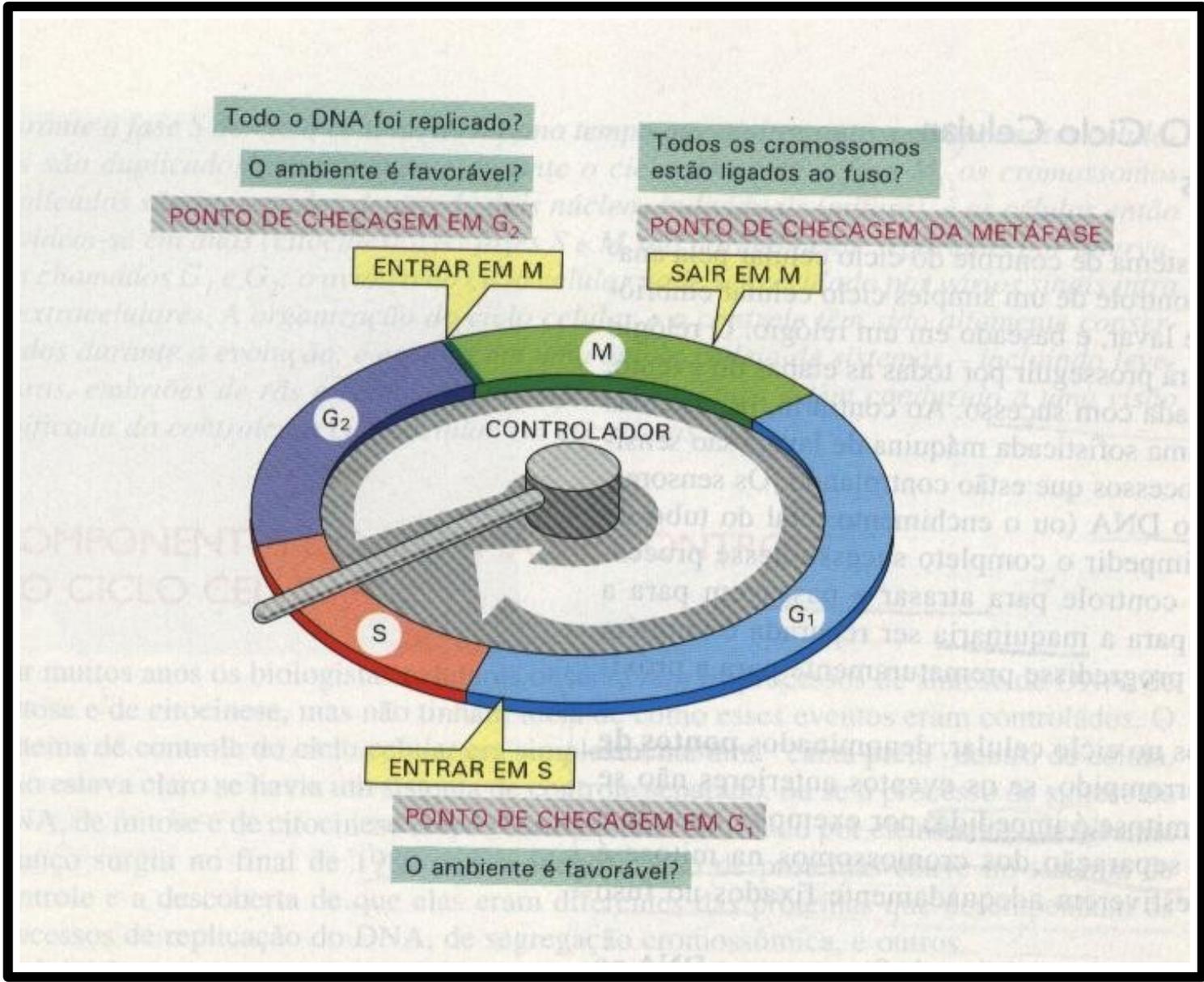
- **Calonas** → são substâncias presentes em alguns tecidos que inibe a atividade mitótica → impedindo a proliferação excessiva das células → regulando o ritmo de crescimento dentro dos limites normais.
- Ex: FÍGADO → diminuição das calonas específicas → aumento das mitoses nas células → à medida que a regeneração se processa → aumenta a produção de calonas → reduz a proliferação celular.

Pontos de verificação →
asseguram que o genoma
completo seja transmitido para as
células filhas.

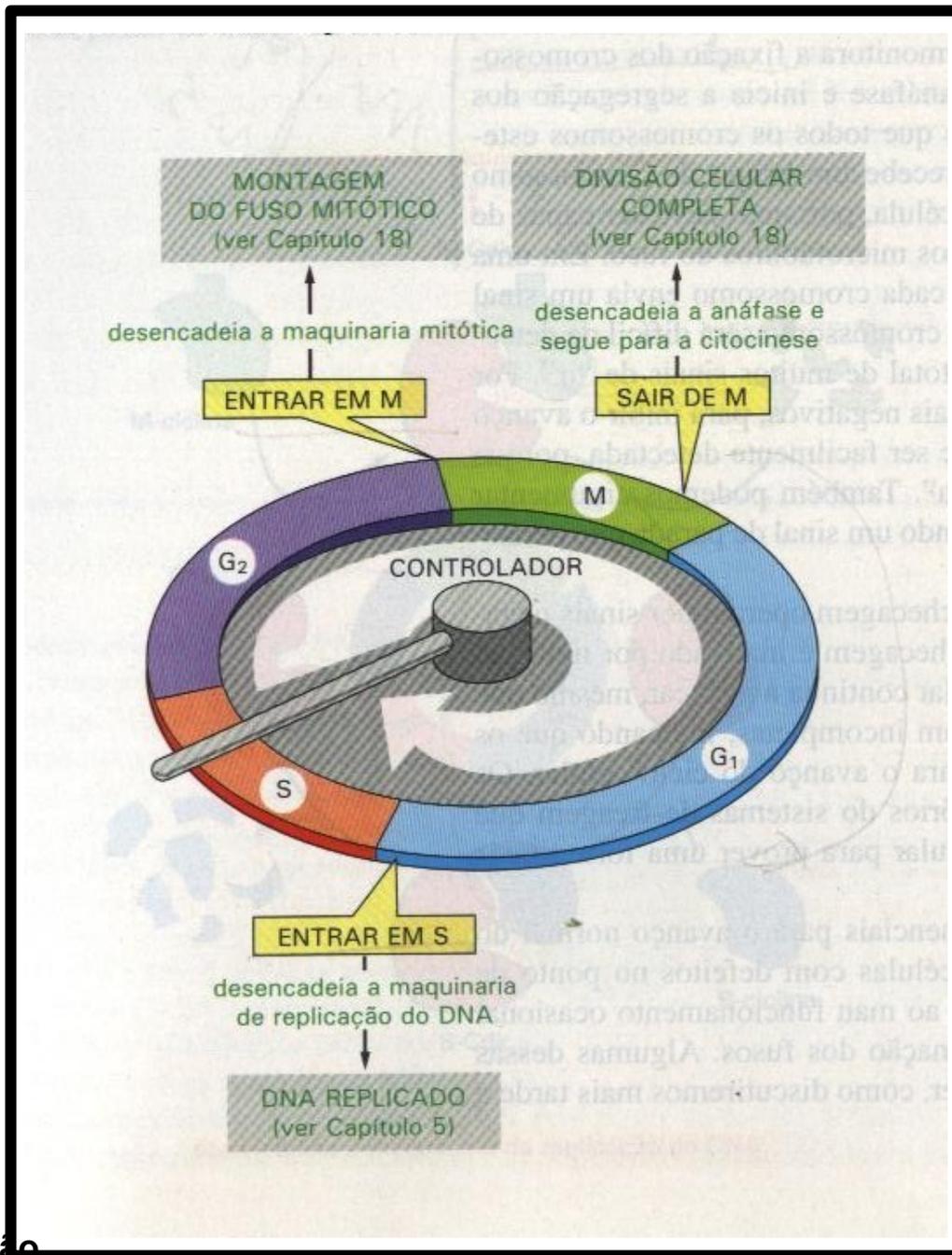
Figura 14.8

Pontos de verificação do ciclo celular Muitos pontos de verificação do ciclo celular asseguram que o genoma completo seja transmitido para as células-filhas. Um dos mais importantes pontos de verificação bloqueia as células em G_2 em resposta a danos ou à não-replicação no DNA. A presença de DNA danificado também leva ao bloqueio do ciclo celular no ponto de verificação em G_1 . Outro ponto de verificação, na fase M, bloqueia a mitose se os cromossomos-filhos não estiverem apropriadamente alinhados no fuso mitótico.

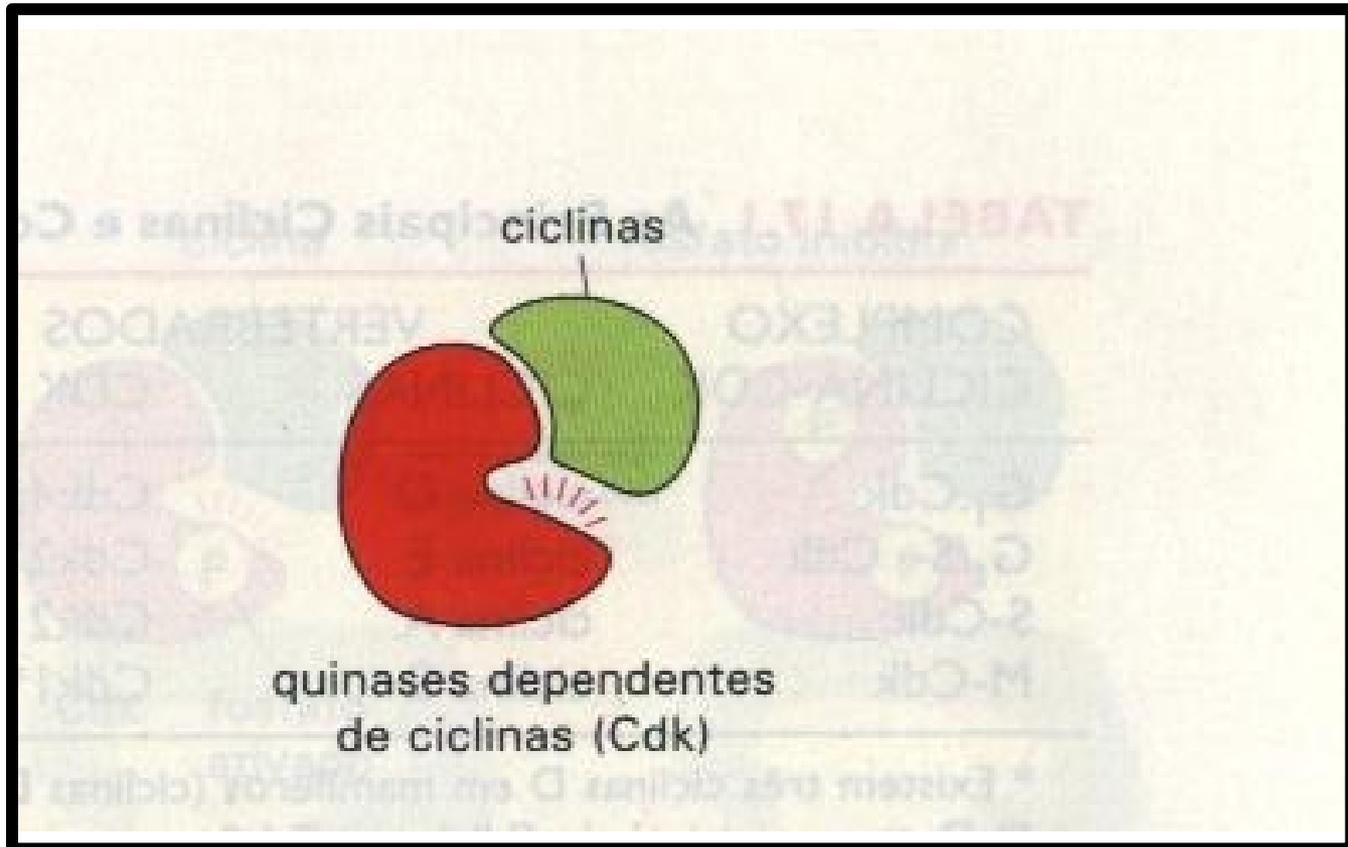




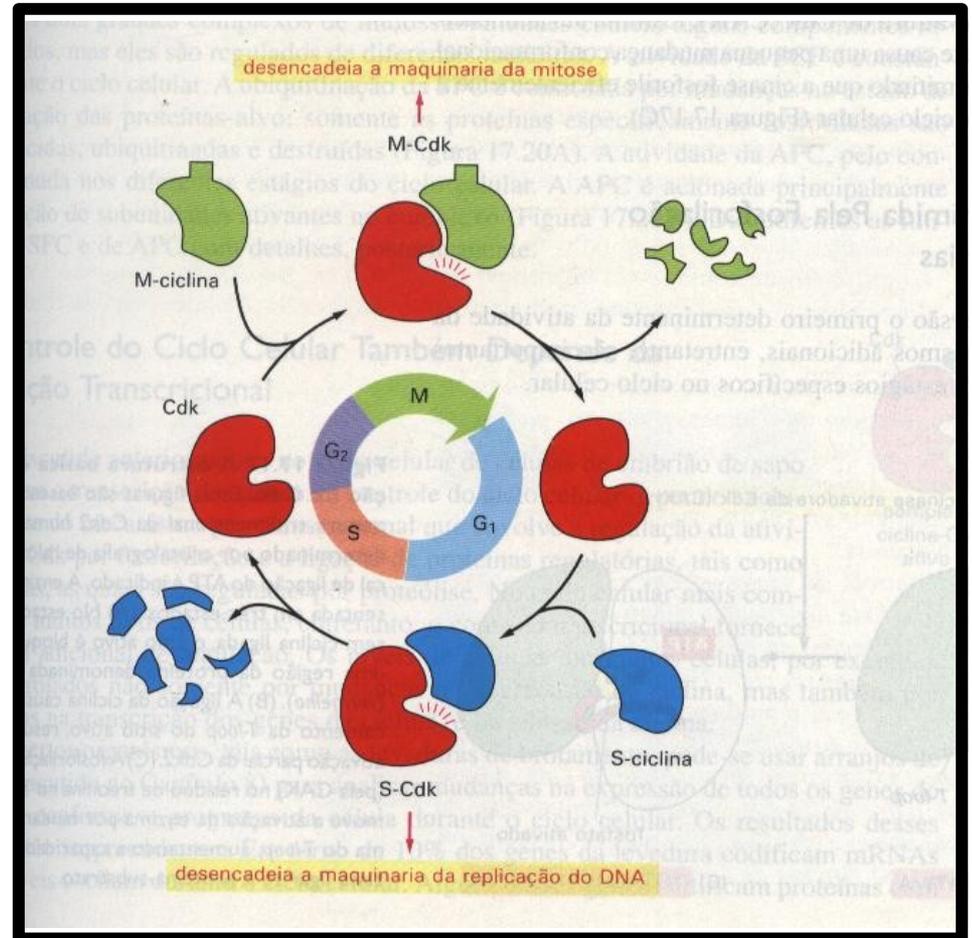
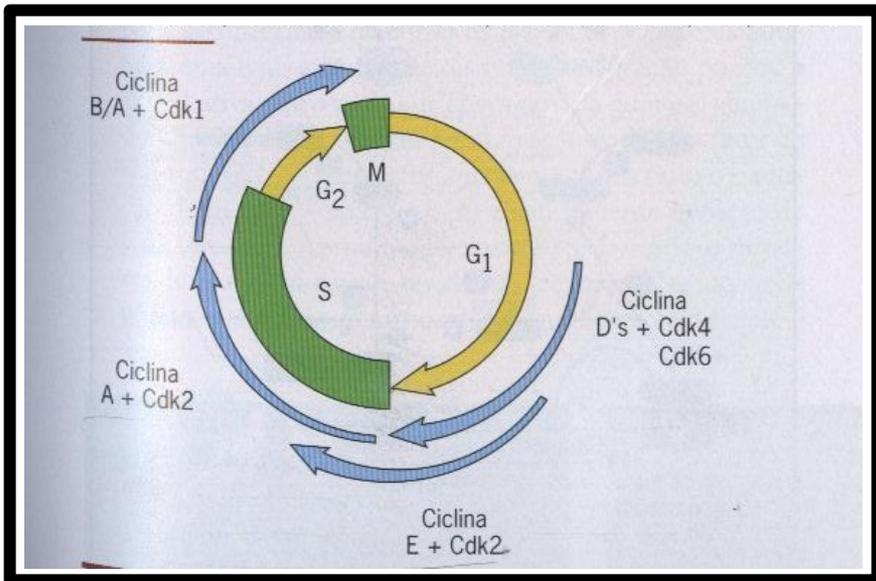
Dra. Maria Izabel Gallão



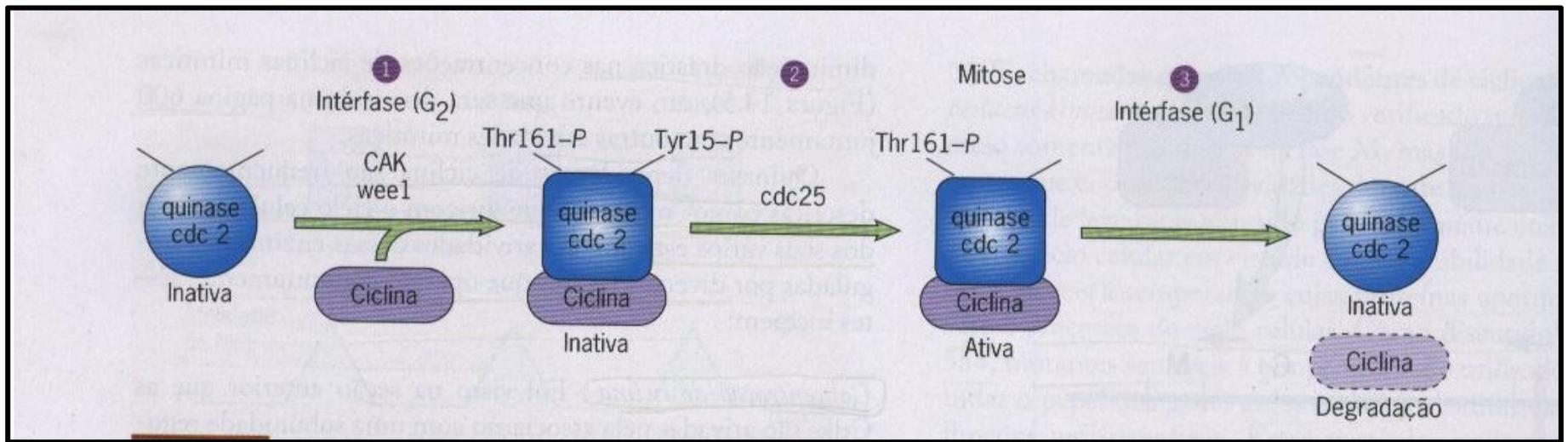
- **quinase** → enzima que catalisa a transferência grupamentos fosfato do ATP para outra molécula → **fosforilação** → muda a estrutura tridimensional da proteína-alvo, algumas vezes trocando simultaneamente a função da proteína.
- **ciclins** → seria uma proteína regulatória que controla a capacidade das quinases para fosforilar proteínas-alvo adequadas.
- **CDK** → é uma quinase que pode catalisar a fosforilação de certos aminoácidos em proteínas → quinase dependente de ciclina.



- **Combinação de diferentes ciclinas-CdK atuam em vários estágios do ciclo celular em mamíferos:**
- **no início de G1** a enzima Cdc2 (p34) está dissociada da ciclina e, portanto, inativa.
- **durante G1** enquanto a célula cresce, as ciclinas de G1 se acumulam, quando alcançam um nível crítico, elas se ligam e ativam a enzima Cdc2.
- uma vez esse complexo quinase ativado, este fosforila substratos apropriados necessários para desencadear a síntese de DNA, e, então, as ciclinas de G1 são degradadas e o complexo quinase ativado.
- **em G2**, as ciclinas mitóticas se acumulam, ligam-se à enzima Cdc2 (p34) e a ativam, uma vez o complexo formado, quinase Cdc2/ciclina (MPF) ativado fosforila novos substratos, direcionando a célula através da mitose.



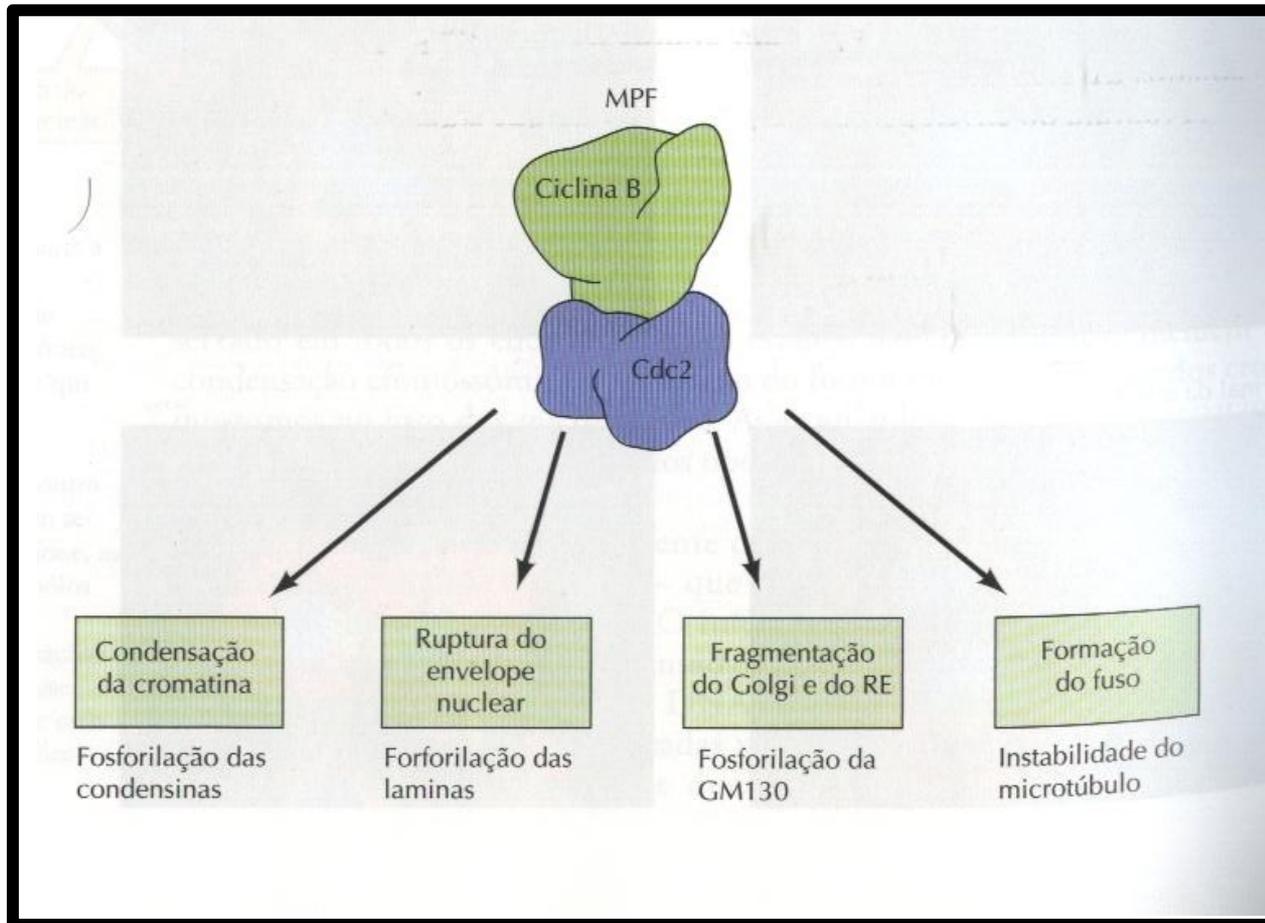
Dra. Maria Izabel Gallão



a rápida degradação das ciclinas mitóticas leva a inativação da quinase Cdc2, o que dirige a célula para completar a mitose e entrar na interfase do próximo ciclo celular.

provavelmente, enzimas fosfatases agem, tanto em G1 como em M, revertendo os efeitos dos complexos quinase Cdc2/ciclinas.

MPF ativo induz a condensação cromossômica, o rompimento do envoltório nuclear e a reorganização do citoesqueleto, para a montagem do fuso.



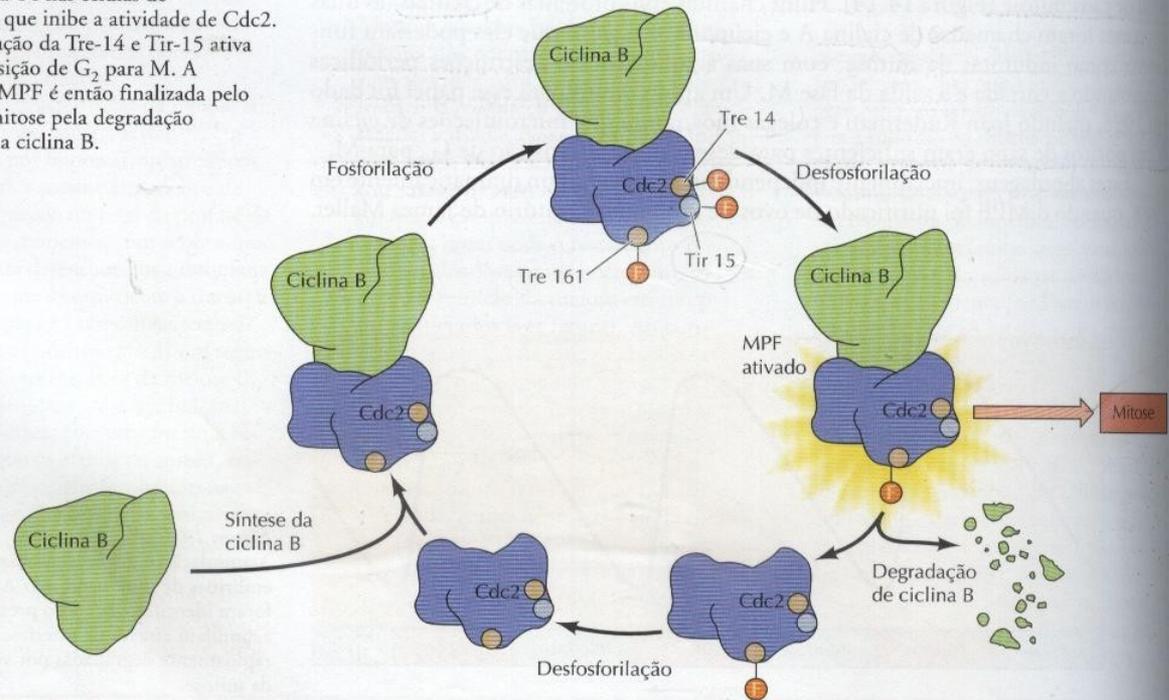
- Todos esses eventos se realizam mediante a fosforilação de proteínas essenciais nesses processos, como:
- na condensação cromossômica ocorre a fosforilação da H1 e de outras proteínas nucleares.
- a **desorganização do EN** resulta principalmente da fosforilação de resíduos específicos de serinas presentes nas laminas da lâmina nuclear, o que provoca a separação dos filamentos de lamina em dímeros individuais.

Além de ser o responsável pela fosforilação de várias proteínas celulares que iniciam os eventos mitóticos, durante a passagem entre metáfase e anáfase, o MPF ativa um sistema enzimático de degradação da própria ciclina.

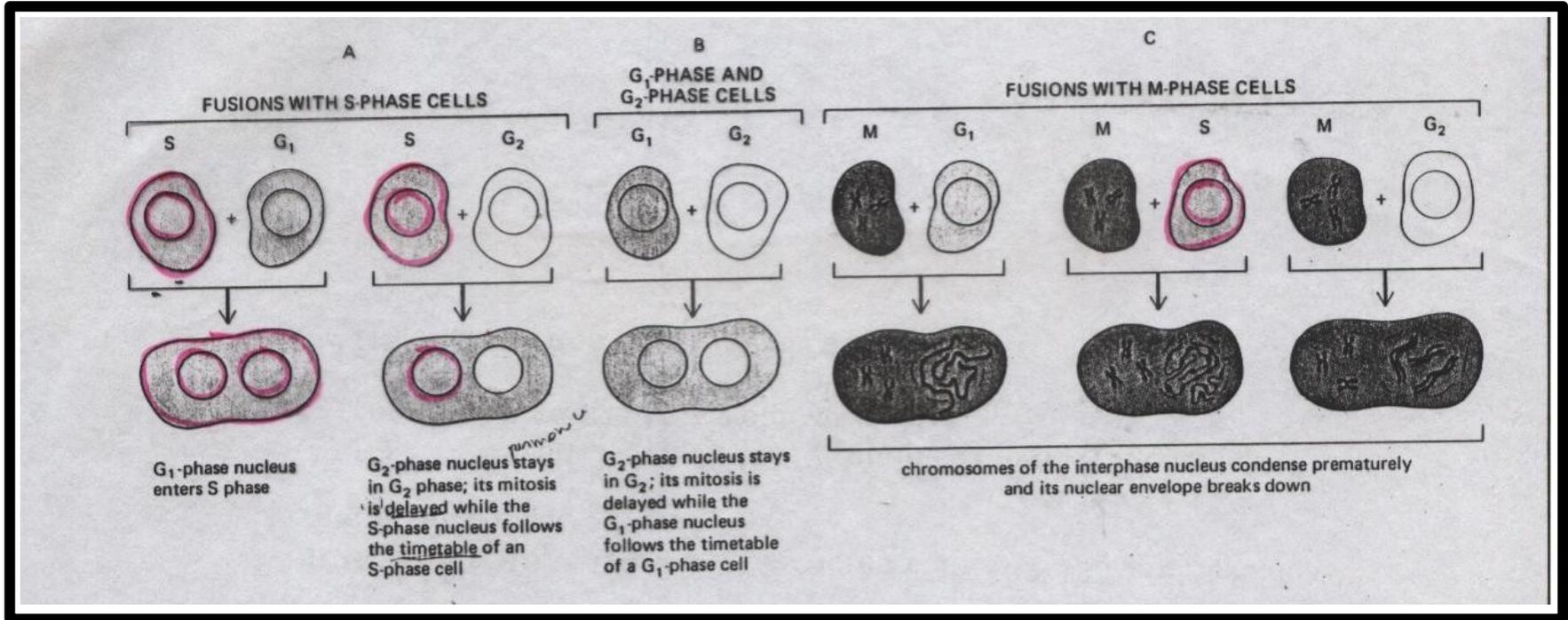
Essa degradação da ciclina inativa Cdc2, ou seja, o próprio MPF, levando a célula a sair da mitose e a progredir para a interfase do próximo ciclo, onde novamente a ciclina será sintetizada e acumulada até disparar nova mitose.

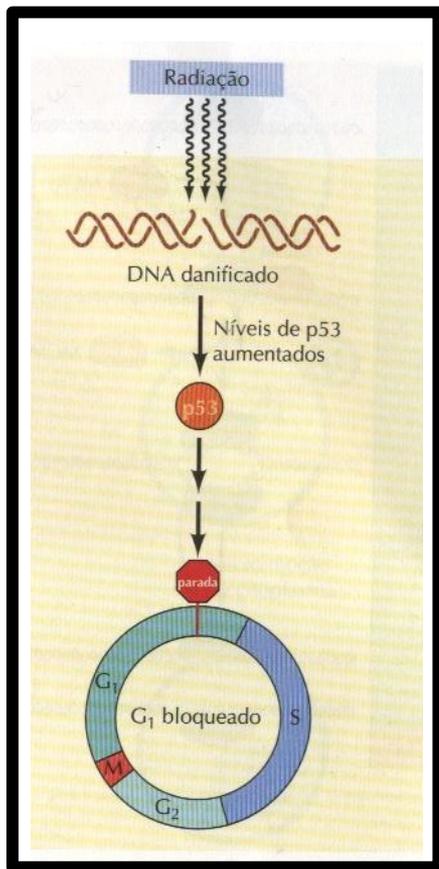
Dra. Maria Izabel Gallão

Atividade de Cdc2, assim como na tirosina-treonina-14 nas células de leveduras), que inibe a atividade de Cdc2. A fosforilação da Tre-14 e Tir-15 ativa a atividade de Cdc2. A atividade do MPF é então finalizada pelo início da mitose pela degradação seletiva da ciclina B.



Influência do MPF no desenvolvimento do ciclo celular de células que não estão em Mitose.





- O gene supressor de tumor p53 freqüentemente é alvo para mutações recessivas em um grande número de patologias.

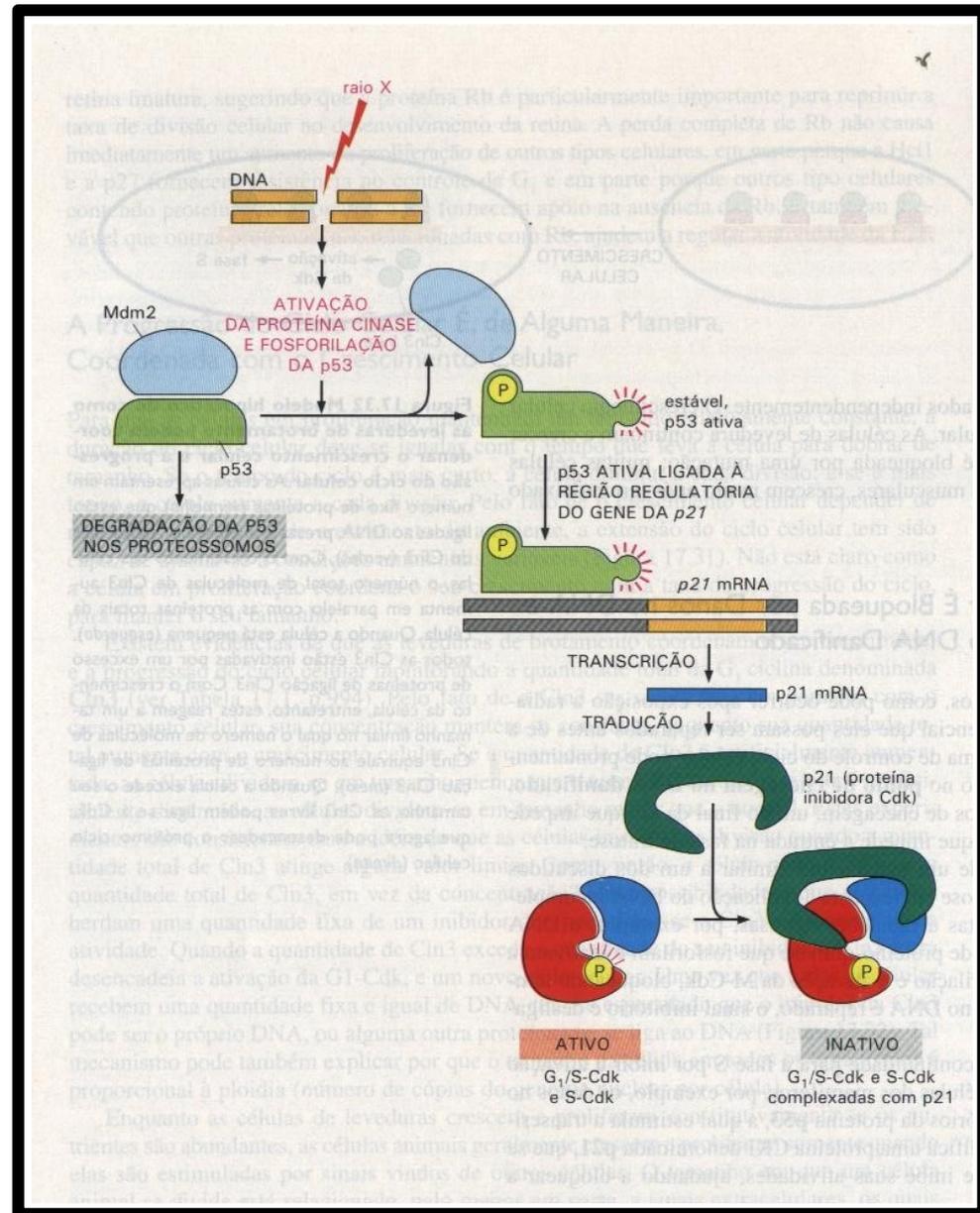
-A perda da expressão de p53 em células tumorais promove um super crescimento destas células in vivo.

- p53 participa na resposta intracelular ao dano no DNA atrasando a progressão do ciclo celular no checkpoint da fase G₁.

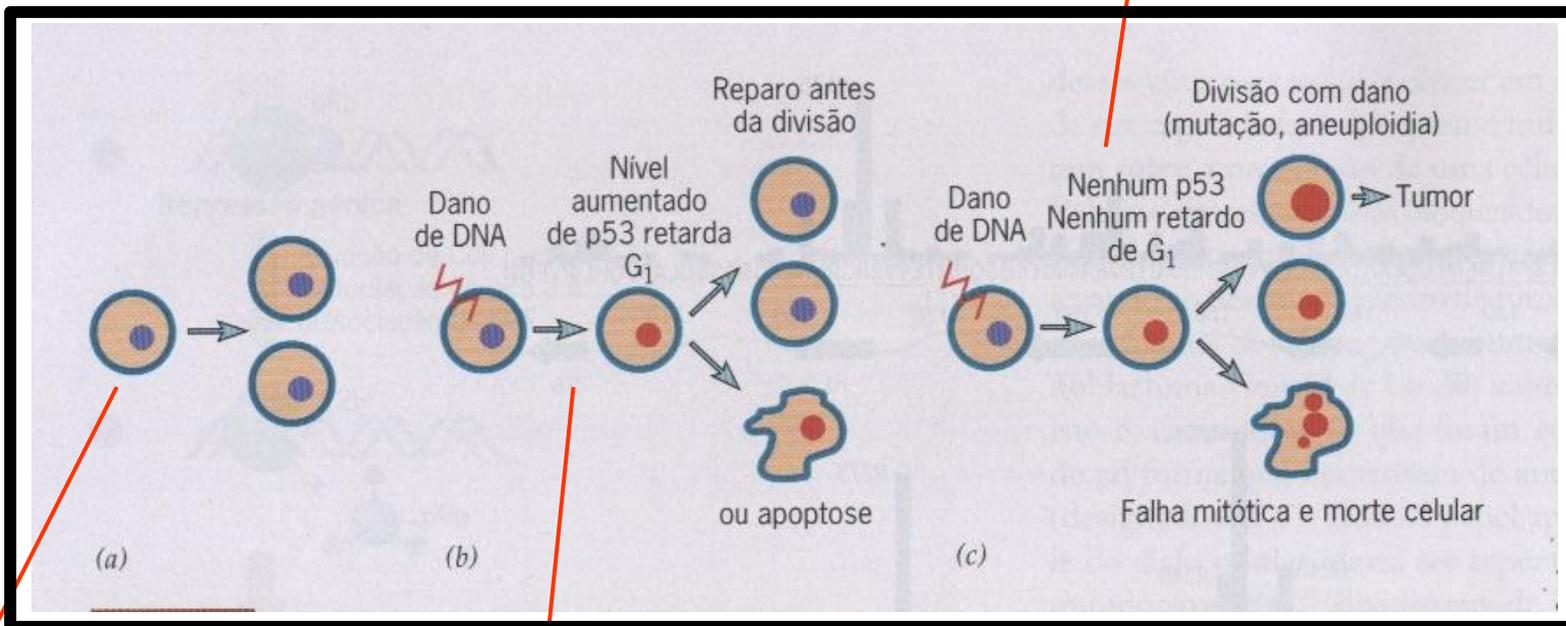
- Este atraso pode prover tempo para o reparo no dano ao DNA, e para reparo de lesões que seriam perpetuadas como mutações em células entrando na fase S.

- A proteína p53 parece iniciar o processo apoptótico celular em resposta a agentes que danificam o DNA.

- A proteína p53 é fosforilada in vivo em múltiplos resíduos de serina e treonina.
- Um grande número de quinases estão envolvidas na fosforilação de p53.
- Algumas observações sugerem que o checkpoint em G1 mediado por p53 deve envolver a inativação de genes efetores.
- Um segundo gene cuja expressão é regulada por p53 é o gene p21 CIP1/WAF1; o produto deste gene, p21, inibe a atividade de quinases dependentes de ciclinas necessária para a transição entre G1 e S.



Dano no DNA – ambas as cópias do gene de p53 inativadas



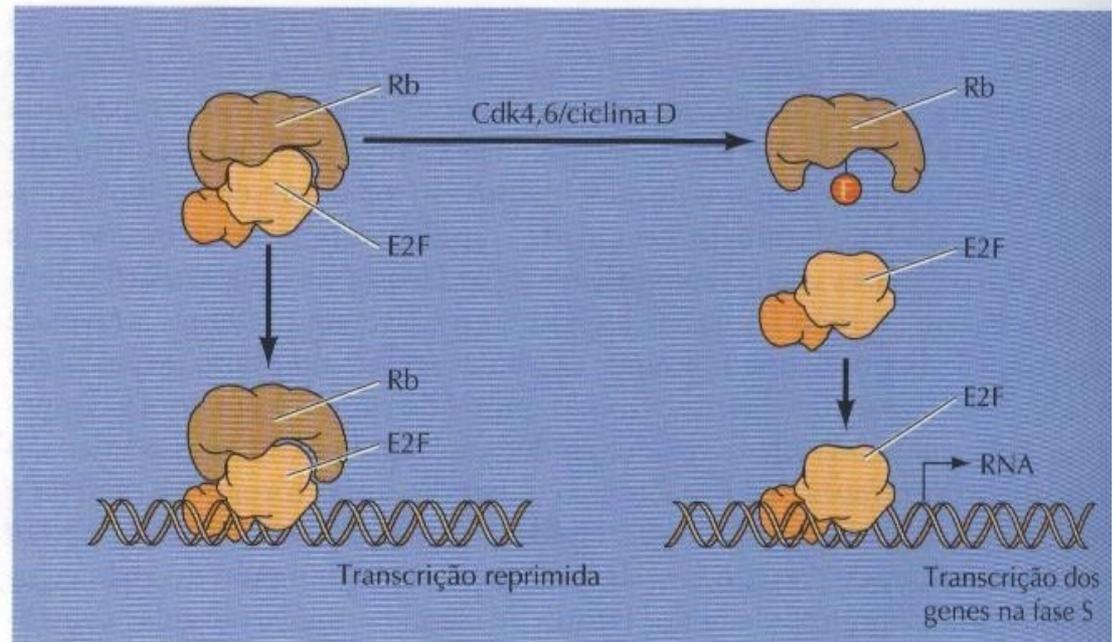
Divisão celular normal

Dano no DNA – níveis de p53 aumenta

- **Supressor de tumor** → controlam o ciclo celular → pt Rb apresenta papel chave na ligação da maquinaria do ciclo celular para a expressão dos genes necessários ao curso do ciclo celular e à síntese de DNA.
- **Rb é fosforilada pelos complexos Cdk 4,6/ciclina D** → libera a **E2F** → fatores de transcrição

Figura 14.20

Regulação do ciclo celular de Rb e E2F Em sua forma sob fosforilação, Rb se liga a membros da família E2F, reprimindo a transcrição do gene de regulação de E2F. A fosforilação de Rb pelos complexos Cdk4,6/ ciclina D resulta na sua dissociação de E2F no final de G₁. E2F então estimula a expressão de seus genes-alvo, os quais codificam proteínas necessárias para o curso do ciclo celular.



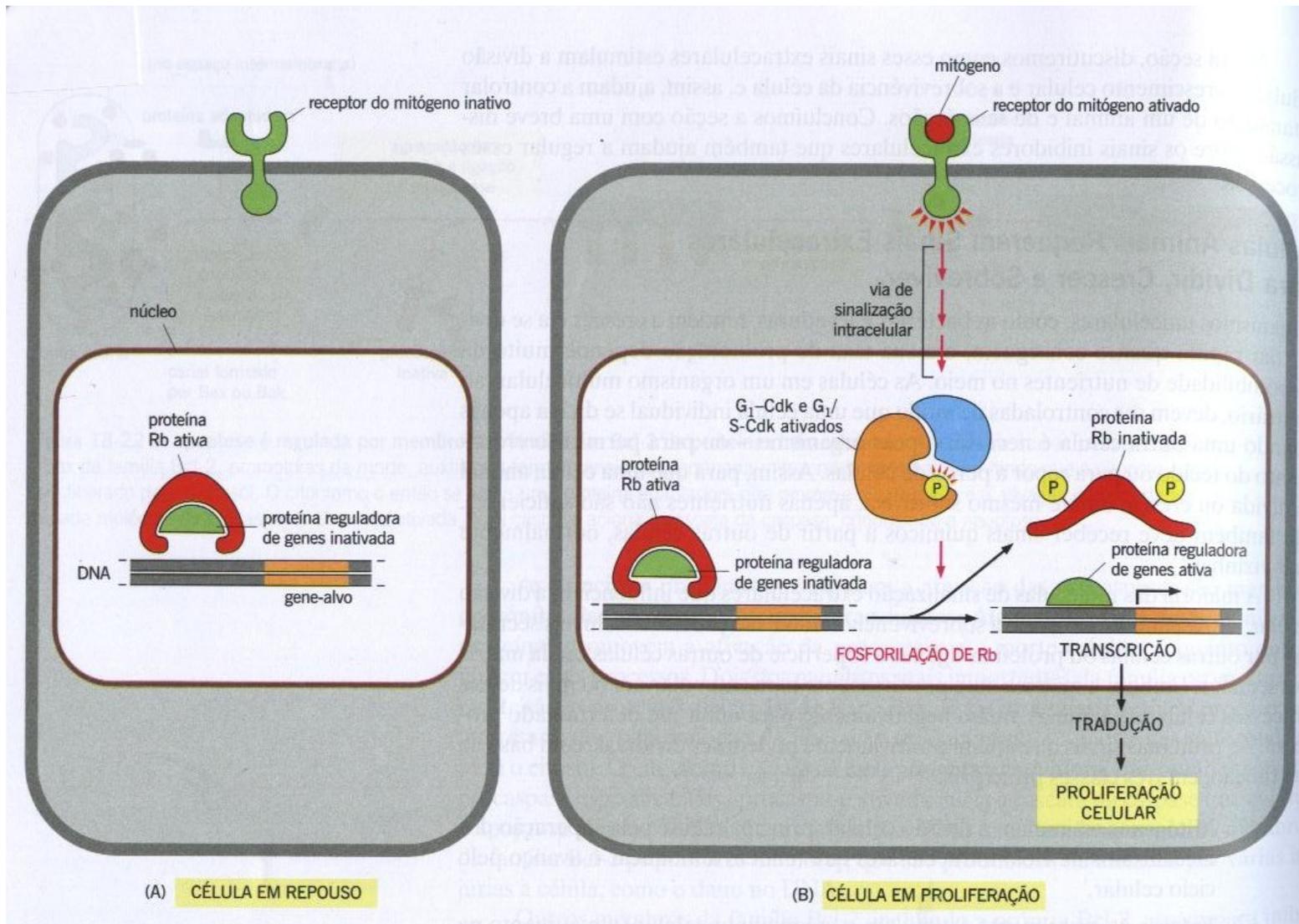


Tabela 16.1 Alguns exemplos de genes supressores de tumores

Genes	Detectados com mutações nos tumores malignos*
<i>RB</i>	Retinoblastoma
<i>p53</i>	50% da totalidade dos tumores
<i>p16</i>	adenocarcinoma do pâncreas e muitos outros tumores
<i>BRCA 1</i>	tumores da mama (frequentes) e do ovário (raros)
<i>BRCA 2</i>	tumores da mama
<i>APC</i>	carcinoma do cólon (intestino grosso)
<i>VHL</i>	carcinoma do rim, hemangioblastoma (tumor de vaso sanguíneo)

*É possível que pesquisas mais amplas mostrem alterações desses genes em outros tumores, além dos citados nesta Tabela.

- **Proto-oncogenes** → são genes celulares reguladores importantes, em muitos casos codificando pts que funcionam nas vias de transdução de sinal que controlam a proliferação celular normal (ex: *src*, *ras* e *raf*).

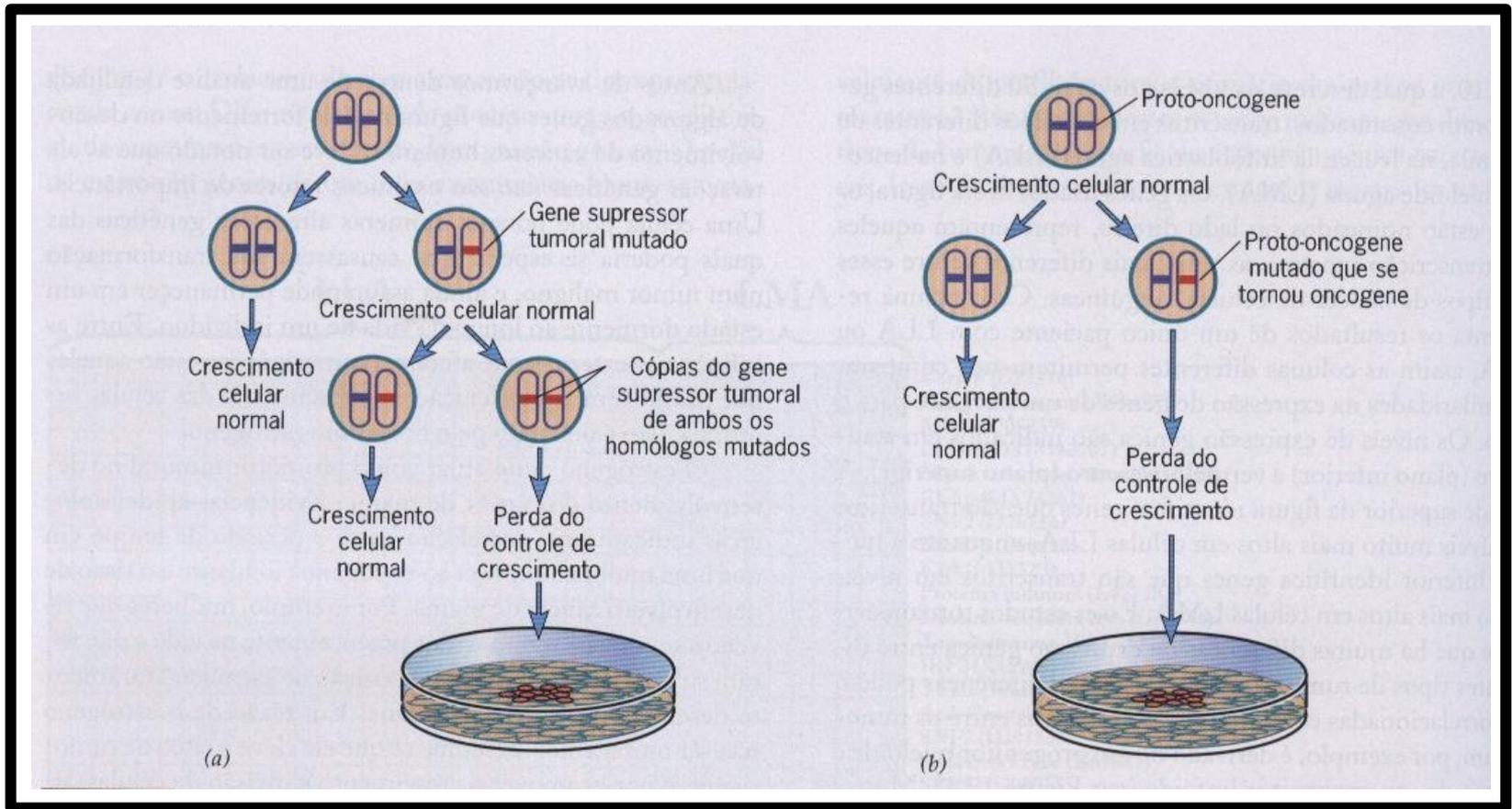
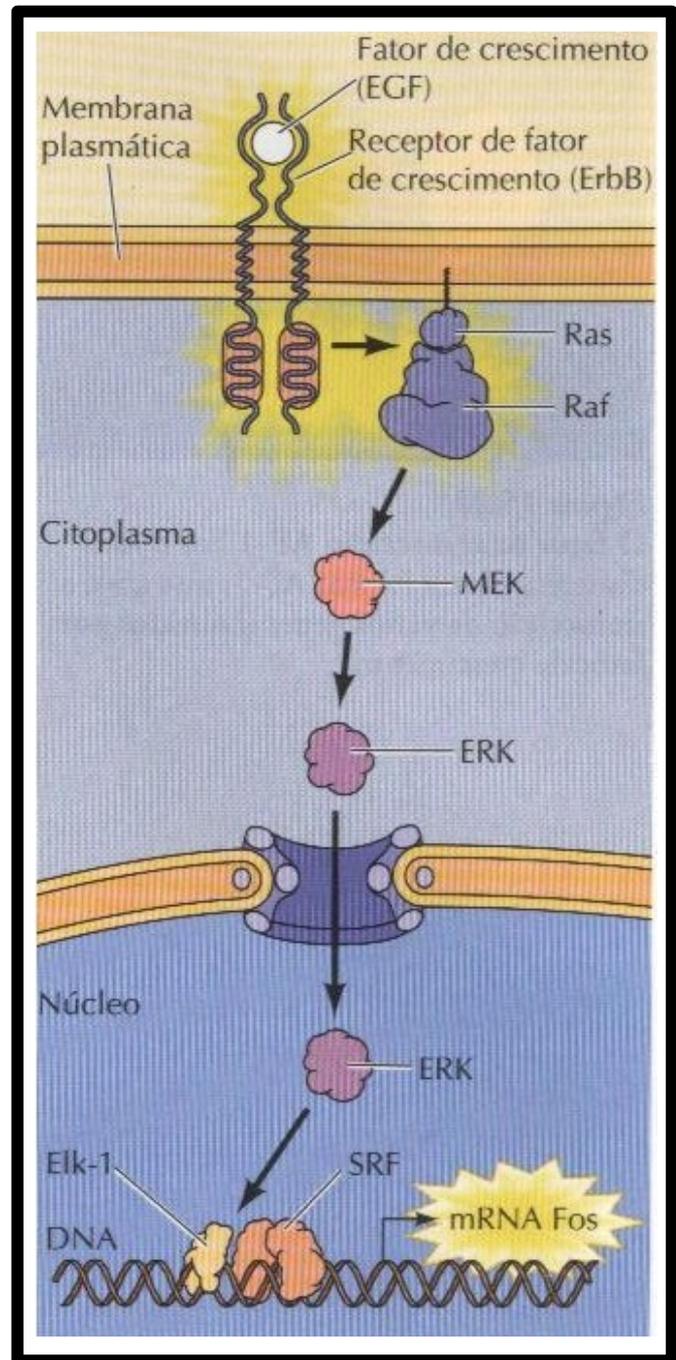


Tabela 16.2 Alguns exemplos de proto-oncogenes, genes normais que, por mutação, originam oncogenes

Proto-oncogenes	Detectados com mutações nos tumores
<i>neu</i>	adenocarcinoma da mama, ovário e estômago
<i>N-myc</i>	neuroblastoma, carcinoma do pulmão (carcinoma de pequenas células)
<i>L-myc</i>	carcinoma do pulmão
<i>H-ras</i>	carcinoma do cólon, pulmão e pâncreas; melanoma
<i>N-ras</i>	carcinoma das vias urinárias; adenocarcinoma da tireóide; melanoma
<i>src</i>	carcinoma do cólon (intestino grosso)
<i>trk</i>	adenocarcinoma da tireóide
<i>gip</i>	carcinoma do ovário, adenocarcinoma da glândula adrenal

- Proteína *ras* (*rat sarcoma virus*) → identificado os genes primeira vez em ratos → induz indiretamente a proliferação celular de células normais → uma vez mutada esta pt permanece continuamente na forma ativa ligada à GTP → induz a proliferação desordenada das células cancerosas mesmo na ausência de estimulação de fator de crescimento.

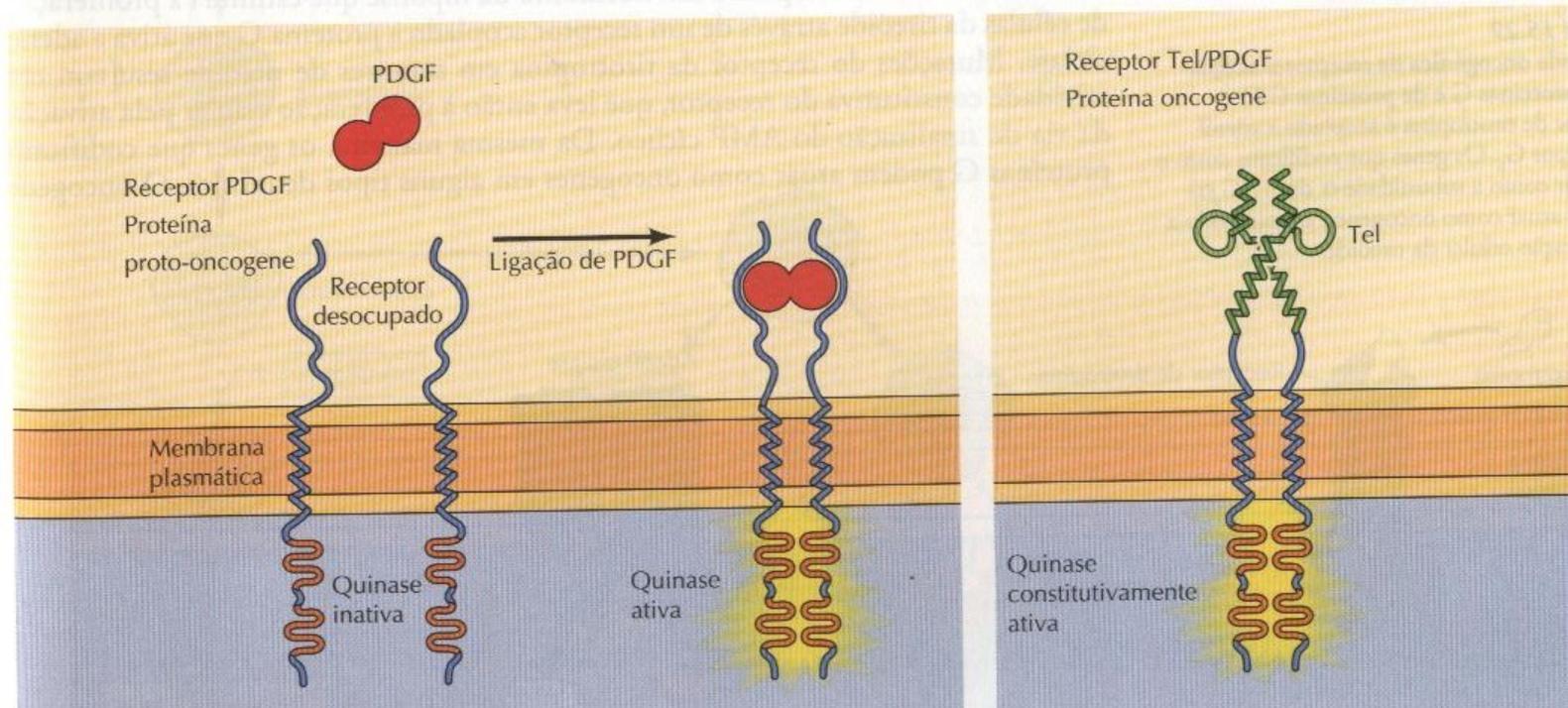
- A maioria das pts oncogene funcionam como elementos da via de sinalização que regulam a proliferação e a sobrevivência celular em resposta à estimulação de fator de crescimento.



Essas pts incluem fatores de crescimento polipetídeos, receptores de fator de crescimento, elementos das vias de sinalização intracelular e fatores de transcrição.

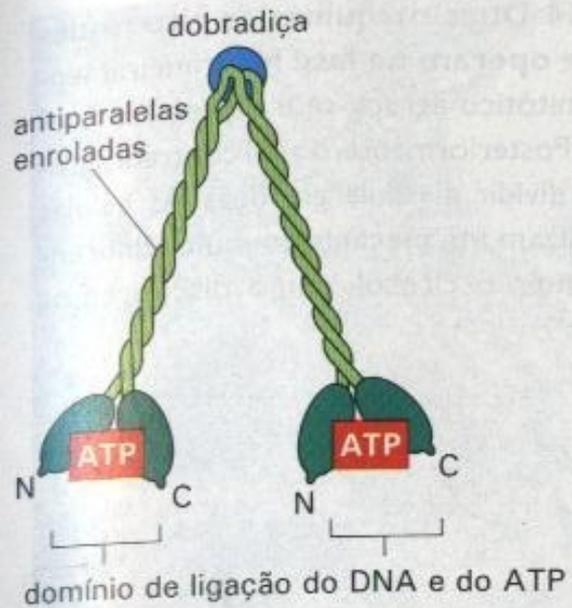
Figura 15.27

Mecanismo de ativação de oncogene *Tel/PDGFR* O receptor normal de PDGF (PDGFR) é ativado por dimerização induzida pela ligação do PDGF. O oncogene *Tel/PDGFR* codifica uma proteína de fusão na qual o domínio extracelular do receptor normal de PDGF é substituído por seqüências amino terminais do fator de transcrição *Tel*, que inclui seu domínio de dimerização hélice-volta-hélice (ver Figura 6.27). Essas seqüências dimerizam na ausência de PDGF, levando à ativação constitutiva da proteína quinase oncogene.

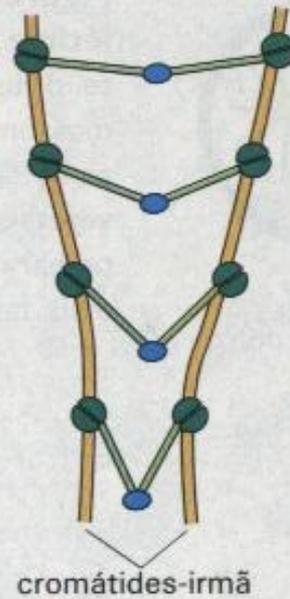


MITOSE

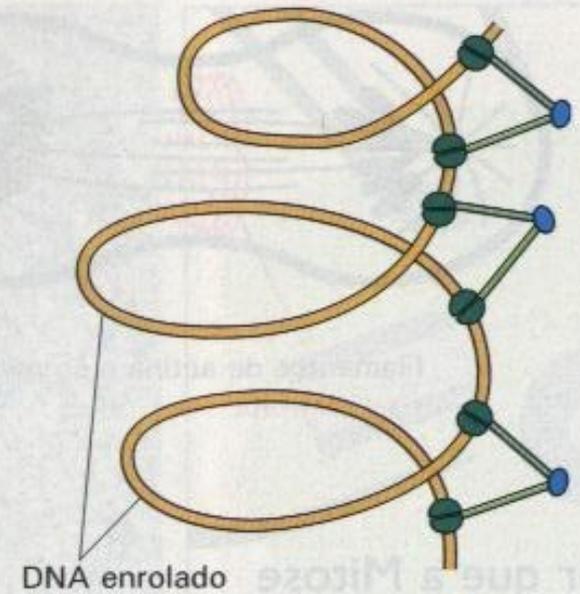
- **Prófase** → condensação da cromatina → os cromossomos consistem de pares de cromátides idênticas.
- **Prometáfase** → desorganização do Envoltório Nuclear, os microtúbulos dos cinetócoros surgem e conectam os cinetócoros com o centrômero.
- **Metáfase** → cromátides pareadas começam a se alinhar em um plano equatorial da célula.
- **Anáfase** → os centrômeros se separam, e os novos cromossomos começam a se mover em direção aos pólos.
- **Telófase** → os cromossomos separados alcançam os pólos opostos.
- - a telófase passa para a próxima interfase com os envelopes nucleares e os nucléolos se reestruturando e a cromatina tornando-se difusa.
- **Citocinese** → divisão do citoplasma.



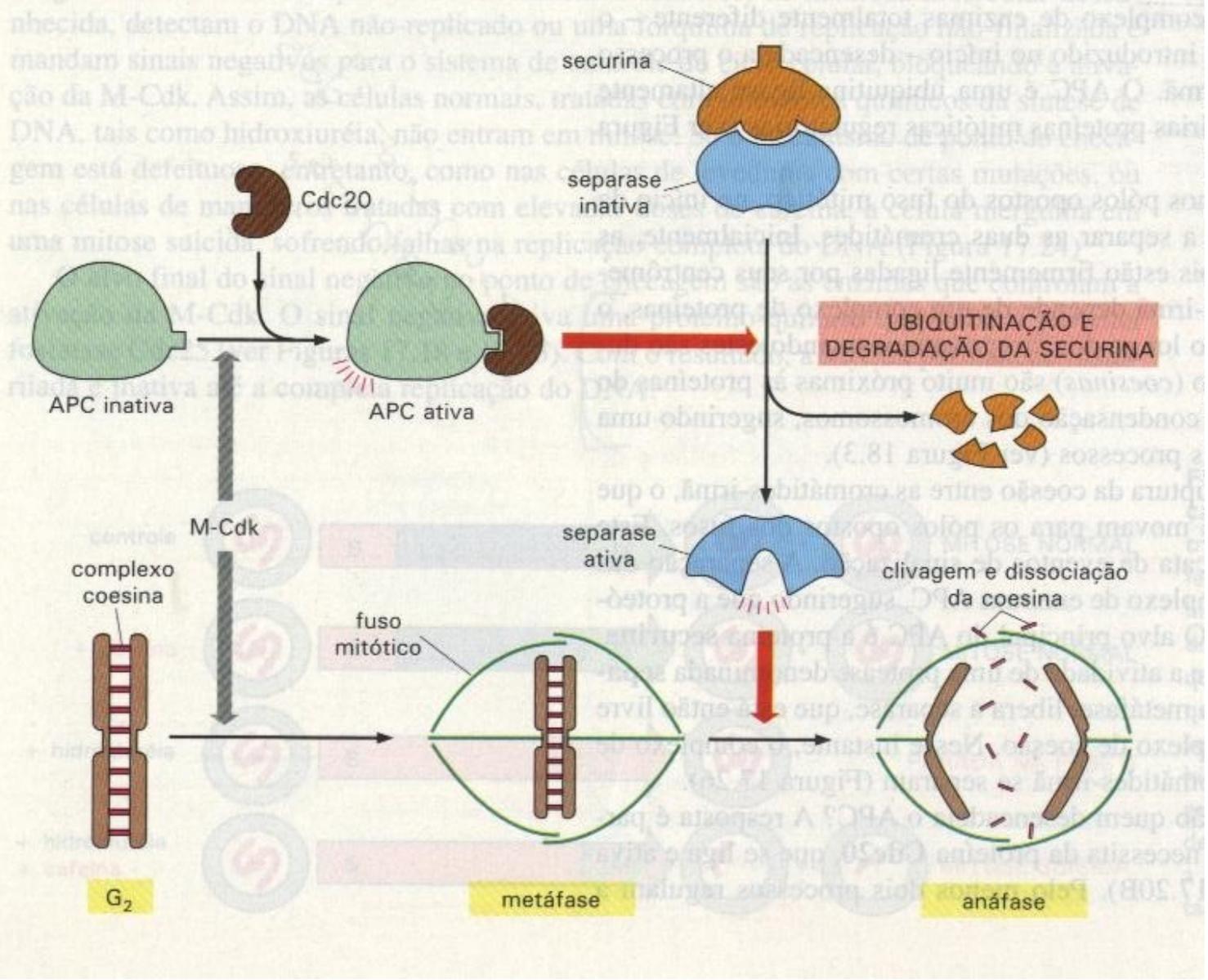
(A) dímeros de coesinas ou de condensinas



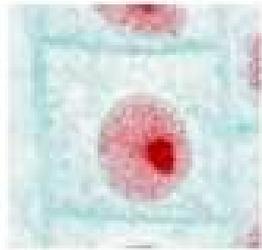
(B) Coesão das cromátides-irmã pela coesina



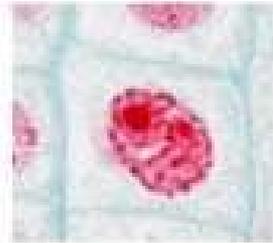
(C) DNA enrolando pela condensina



Mitosis - *Allium* Root Tip



Interpahase



Prophase



Later
Phrophase



Metaphase



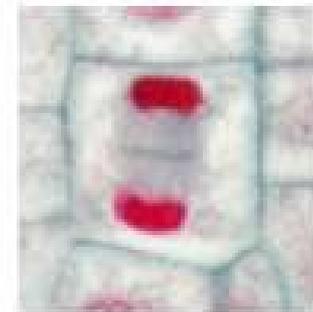
Early Anaphase



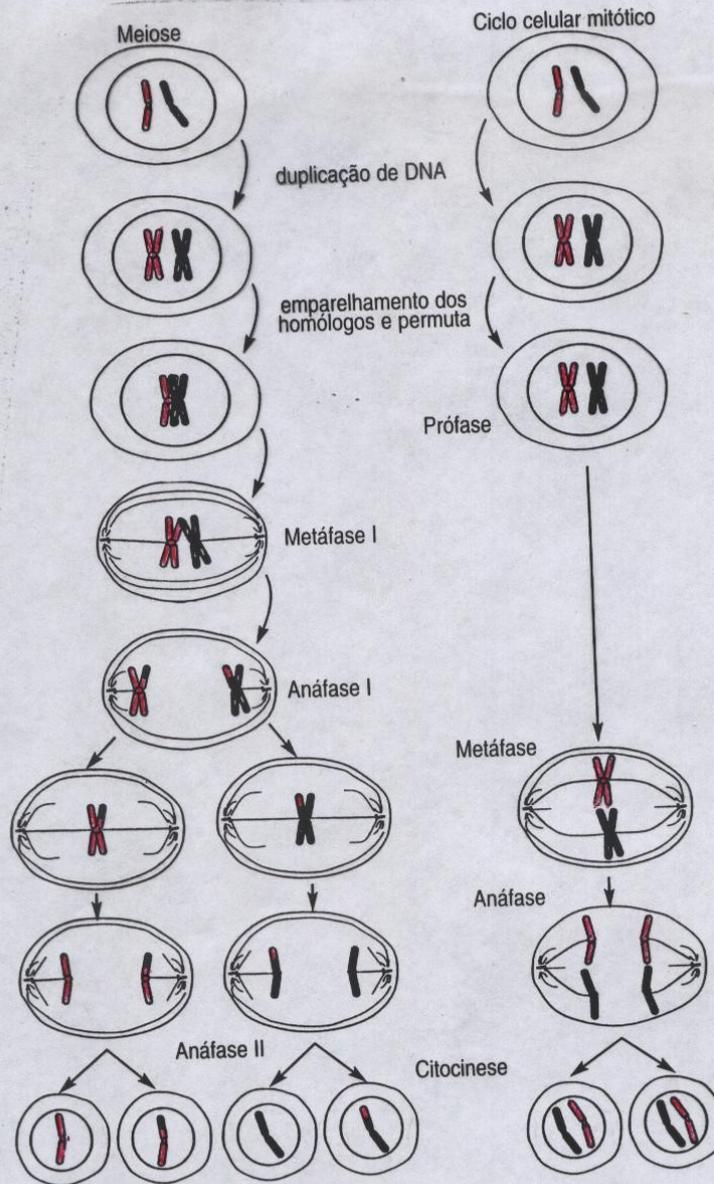
Anaphase



Telophase



Later Telophase



Meiose x Mitose

Os eventos da meiose em sua maioria são idênticos aos da mitose. Porém, existem algumas diferenças muito importantes: (1) na meiose, ocorrem duas divisões nucleares e citoplasmáticas, produzindo ao final quatro células, enquanto, na mitose, ocorre apenas uma divisão, produzindo duas células-filhas; (2) cada uma das células produzidas na meiose contém um número haplóide de cromossomos, enquanto, na mitose, as células são diplóides, como a parental; (3) na meiose, há a separação independente de cromossomos homólogos na anáfase I, gerando novas combinações de cromossomos em cada gameta; enquanto, na mitose, ocorre apenas a separação das cromátides-irmãs de cada cromossomo do par, produzindo células-filhas que contêm conjuntos cromossômicos idênticos; (4) durante a meiose, pode ocorrer permuta entre cromátides homólogas, fazendo com que genes localizados no mesmo cromossomo não permaneçam juntos nas células-filhas, o que não ocorre na mitose; e (5) a meiose é um processo muito mais longo comparado à mitose (ver figura ao lado).