

Fundamentos de Citologia

Teoria Celular:

Os corpos dos animais e das plantas são **agregados de células individualizadas e diferenciadas**.

Teoria organismal: Século XIX: Julius von Sachs

“A planta forma as células; as células não formam as plantas”). Os **protoplastos não são separados por constrição durante a divisão celular, como ocorre na divisão da célula animal, mas são separados inicialmente pela formação da placa celular.**

Donald Kaplan e Wolfgang Hagemann:

“Ao invés das plantas superiores serem agregados confederados de células independentes, elas são organismos unificados, cujos protoplastos estão incompletamente subdivididos por paredes celulares”.

Teoria celular :

Atualmente estabelece que:

- (1) todos os organismos vivos são compostos por uma ou mais células;
- (2) as reações químicas de um organismo vivo, incluindo as de biossíntese e as de seus processos de liberação de energia, ocorrem nas células;
- (3) as células originam-se de outras células; e
- (4) as células contêm as informações hereditárias do organismo do qual elas são parte, e essa informação é passada da célula mãe para a célula filha.

As teorias *celular* e *organismal* não são mutuamente exclusivas

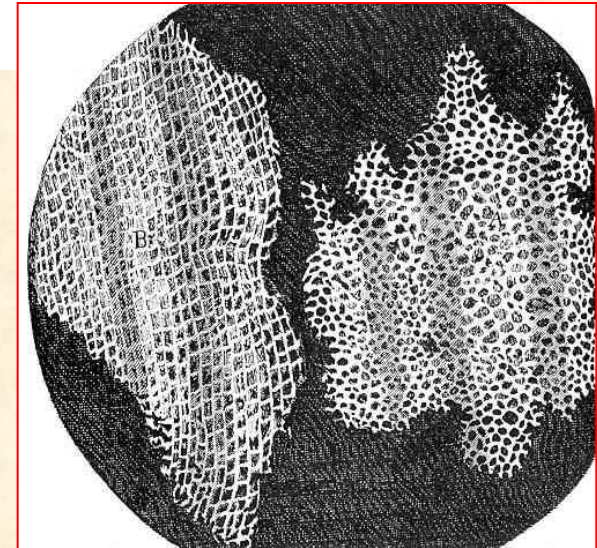
Células: *Diversidade x similaridade*

Célula viva:

- unidade que se autocontêm e é autossustentável
- revestida por *membrana plasmática semipermeável*
- contém internamente o *citoplasma*
- cada célula contém o *DNA* (ácido desoxi-ribonucleico), codifica a informação genética, e esse código, com raras exceções, é o mesmo para cada organismo, seja uma bactéria, uma planta ou um ser humano.

A história da Citologia

- *Hans e Zaccharias Janssen* - No ano de 1590 inventaram um pequeno aparelho de duas lentes que chamaram de microscópio.
- *Robert Hooke* (1635-1703) - Em 1665 observou os espaços vazios de uma cortiça, os quais chamou de célula (*pequena cela*)



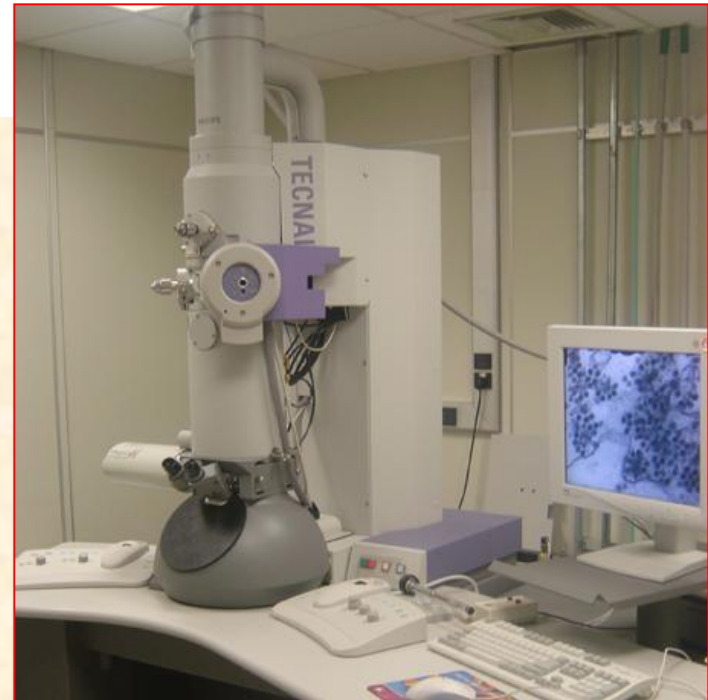
A história da Citologia

- *Theodor Schwann* (1839) – observa a existência de células nos animais e nos vegetais.

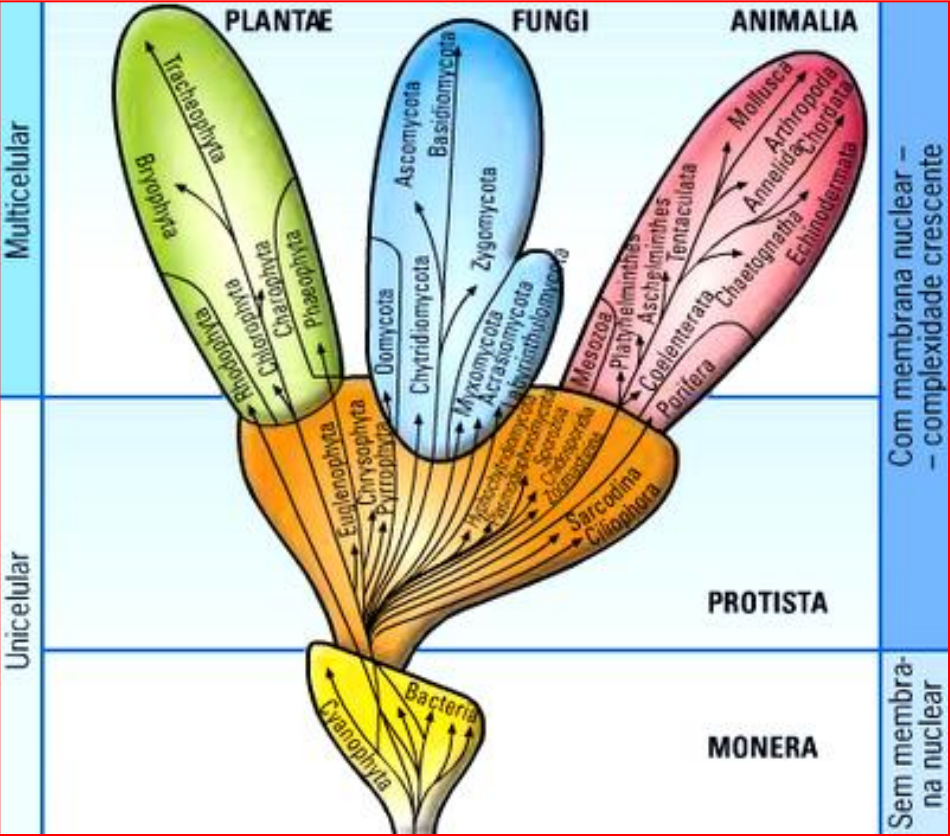
Todos os seres vivos são constituídos por células!
TEORIA CELULAR

CITOLOGIA

- Microscópio óptico (até 2000 vezes);
- Microscópio eletrônico (até 100 milhões de vezes);



O Sistema dos Cinco Reinos



Evolução dos sistemas de classificação

O quadro abaixo mostra as relações entre estes sistemas de classificação:

Linnaeus 1735 ^[1]	Haeckel 1866 ^[2]	Chatton 1925 ^{[3][4]}	Copeland 1938 ^{[5][6]}	Whittaker 1969 ^[7]	Woese et al. 1977 ^{[8][9]}	Woese et al. 1990 ^[10]	Cavalier-Smith 1993 ^{[11][12][13]}	Cavalier-Smith 1998 ^{[14][15][16]}
2 reinos	3 reinos	2 impérios	4 reinos	5 reinos	6 reinos	3 domínios	8 reino	6 reinos
		Prokaryota	Monera	Monera	Eubacteria Archaeobacteria	Bacteria Archaea	Eubacteria Archaeobacteria	Bacteria
(não tratado)	Protista		Protoctista	Protista	Protista		Archezoa Protozoa	Protozoa
		Eukaryota				Eukarya	Chromista	Chromista
Vegetabilia	Plantae		Plantae	Plantae	Plantae		Plantae	Plantae
Animalia	Animalia		Animalia	Animalia	Animalia		Fungi	Fungi
							Animalia	Animalia

Sistema de Oito Reinos:

Organização Celular em Procariontes e Eucariontes

	Células Procariontes	Células Eucariontes
Envoltório nuclear	Ausente	Presente
DNA	Livre de proteínas	Combinado com proteínas
Cromossomas	Únicos	Múltiplos
Nucléolos	Ausentes	Presentes
Divisão	Fusão binária	Mitose e meiose
Ribossomas	70S (50S + 30S)*	80S (60S + 40S)
Endomembranas	Ausentes	Presentes
Mitocôndrias	Ausentes	Presentes
Cloroplastos	Ausentes	Presentes em células vegetais
Parede celular	Não celulósica	Celulósica em células vegetais
Exocitose e endocitose	Ausentes	Presentes
Citoesqueleto	Ausente	Presente

***S corresponde a unidades *Svedberg* de sedimentação (Theodor Svedberg), que depende do tamanho molecular.**

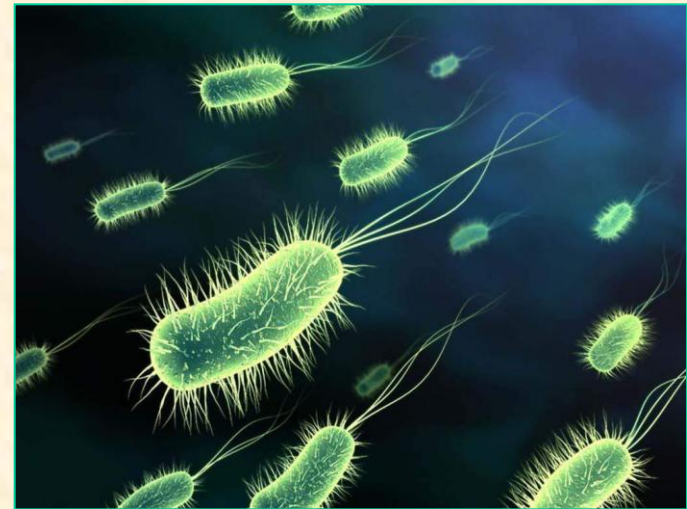
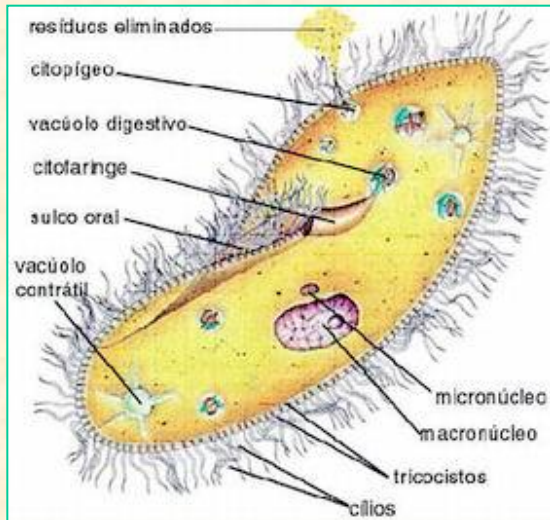
Fonte: DE ROBERTIS - HIB - *Bases da Biologia Celular e Molecular*, 3ª edição, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

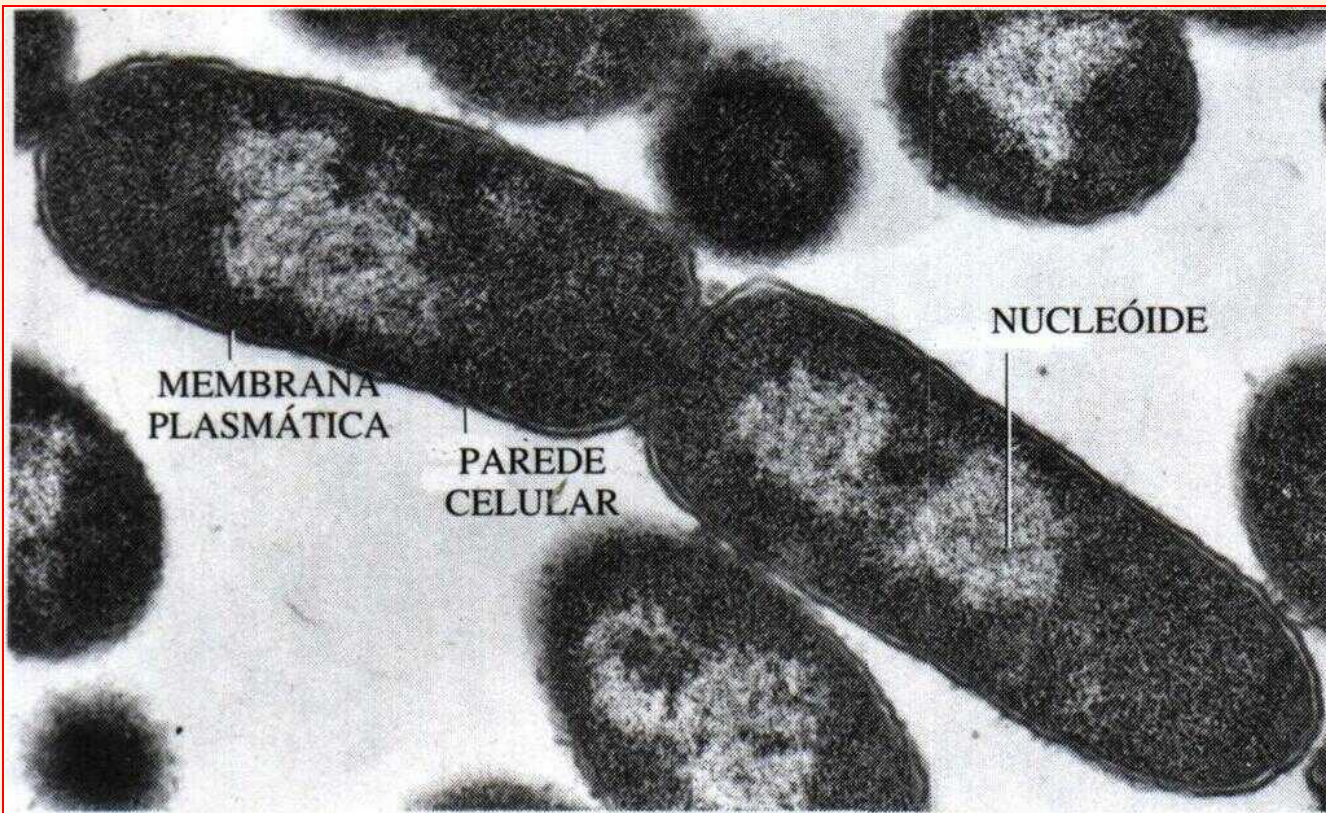
$$S = \frac{v_t}{a}$$

S é definida como a razão da velocidade de sedimentação (v_t) de uma partícula para a aceleração (a) que lhe é aplicada (promovendo a sua sedimentação).

Citologia

- Os seres vivos formados por células podem ser classificados como:
 - Unicelulares: Seres vivos formados por uma única célula.
Ex: bactérias, algas e protozoários.



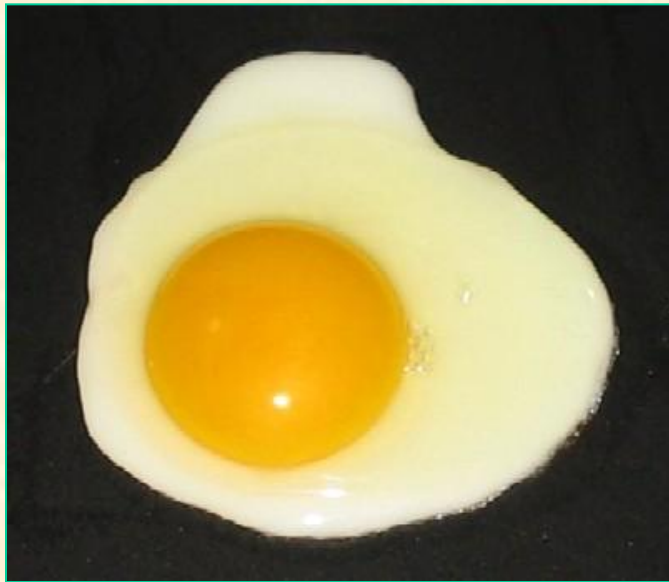


2.1

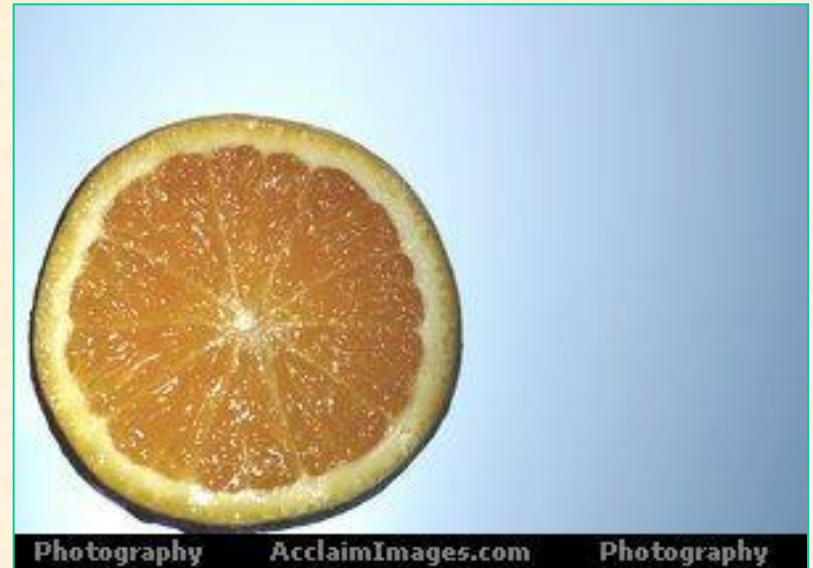
Escherichia coli, uma bactéria que é um habitante comum e geralmente inofensivo do trato digestivo humano, é um exemplo de uma célula procarionte. Cada um destes organismos em forma de bastonetes com formato de vara tem uma parede celular, uma membrana plasmática e um citoplasma. As duas células no centro são o produto de uma divisão celular recente e que ainda não se separaram completamente. O DNA é encontrado na área menos granular — o nucleóide — no centro de cada célula. A aparência densamente granular do citoplasma é devido principalmente à presença de numerosos ribossomos (estruturas envolvidas com a síntese de proteínas).

Citologia

- As células podem ser categorizadas por tamanho:
 - Microscópicas ($< 0,1$ mm).
 - Macroscópicas ($> 0,1$ mm): podem ser vistas a olho nú.

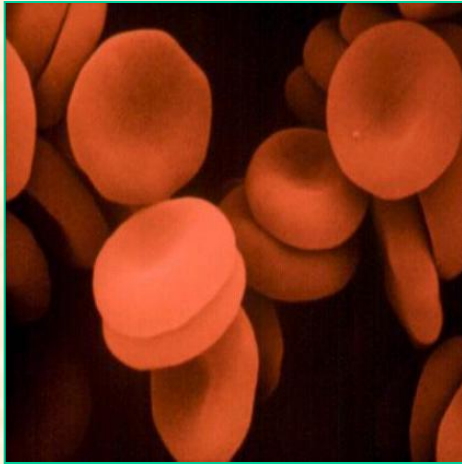


O ovo é uma “célula gigante”



Cada “gominho” da laranja é uma célula

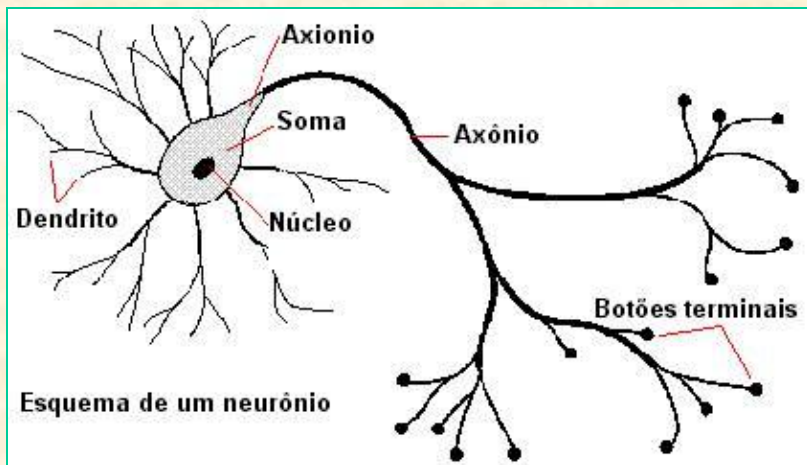
Formas das células



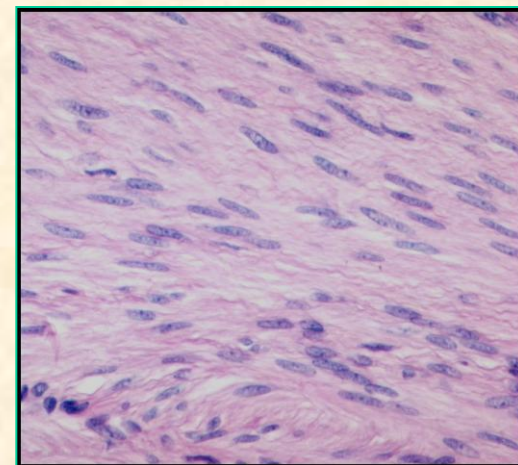
Discóides



Esféricas



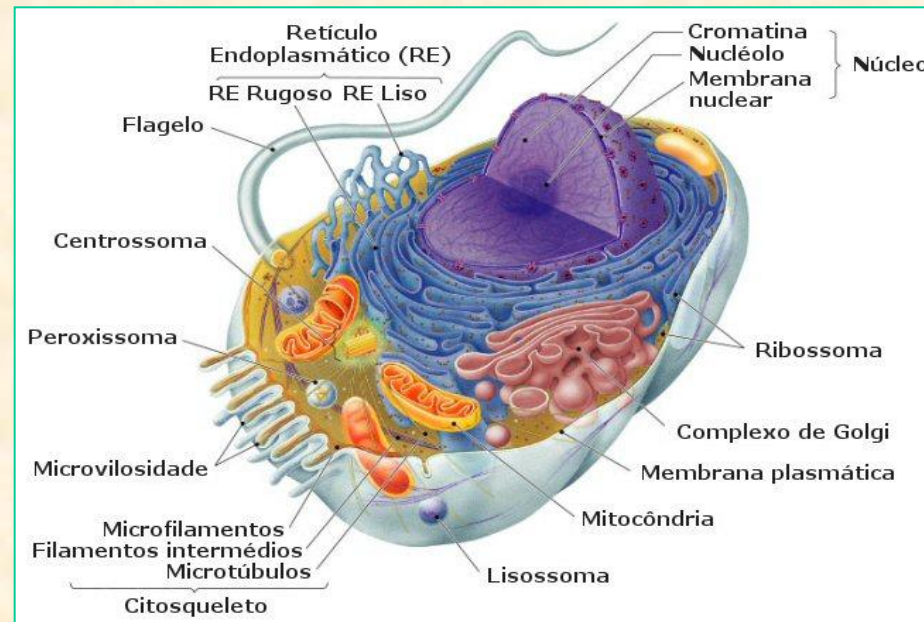
Estreladas



Fusiformes (alongadas)

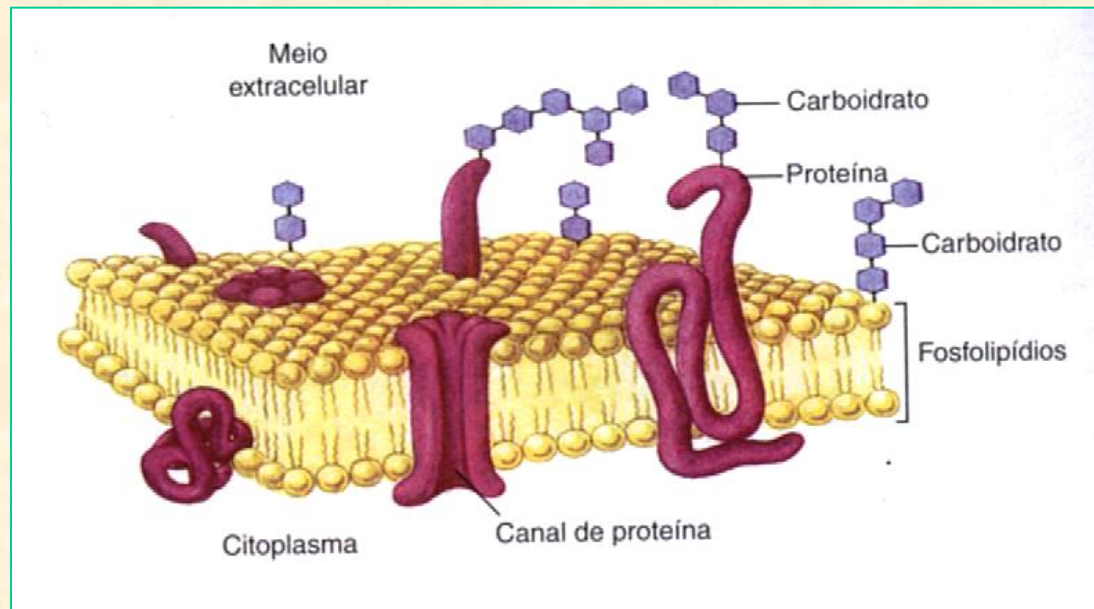
Estruturas das células

- Basicamente uma célula é formada por três partes básicas:
 - Membrana: estrutura que envolve e limita a célula;
 - Citoplasma: região que fica entre a membrana e o núcleo;
 - Núcleo: estrutura que controla as atividades celulares.



A Membrana Plasmática

- É uma estrutura dupla que envolve e protege todo o interior da célula.
- *Permeabilidade Seletiva*: capacidade de selecionar as substâncias que entram e saem da célula.

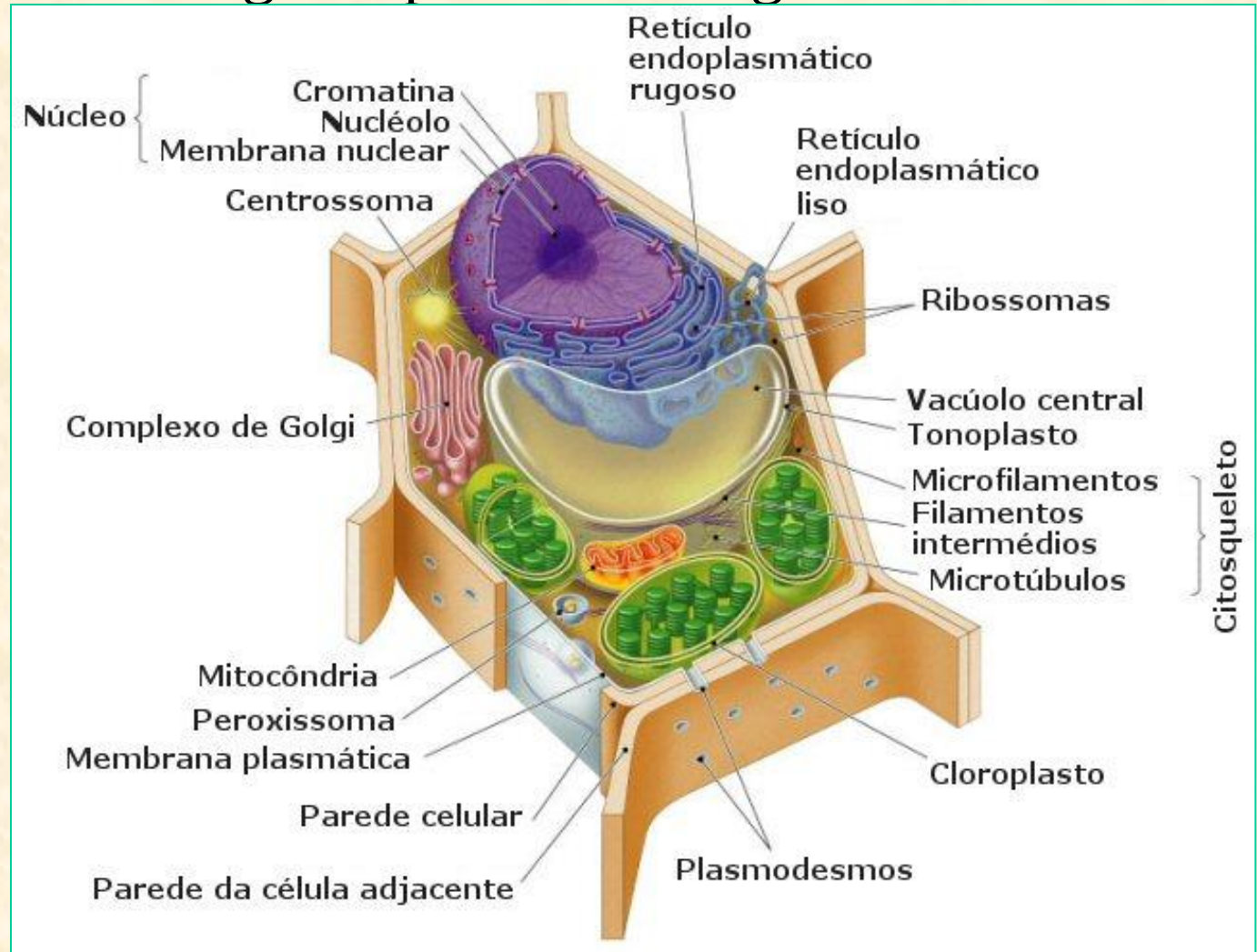


Funções das Membranas:

- 1) Manutenção da integridade da estrutura da célula;
- 2) Permeabilidade seletiva - controle da movimentação de substâncias para dentro e para fora da célula;
- 3) Formação de gradientes de potencial eletroquímicos;
- 4) Regulação das interações célula-célula;
- 5) Receptores: reconhecimento de antígenos, células estranhas e células alteradas; hormônios;
- 6) Atuação como interface entre o citoplasma e o meio externo;
- 7) Estabelecimento de sistemas de transporte para moléculas específicas;
- 8) Transdução de sinais extracelulares físicos e/ou químicos em eventos intracelulares.

Parede Celulósica

- É constituída pela celulose.
- Reduz a perda de água e promove a rigidez das células.



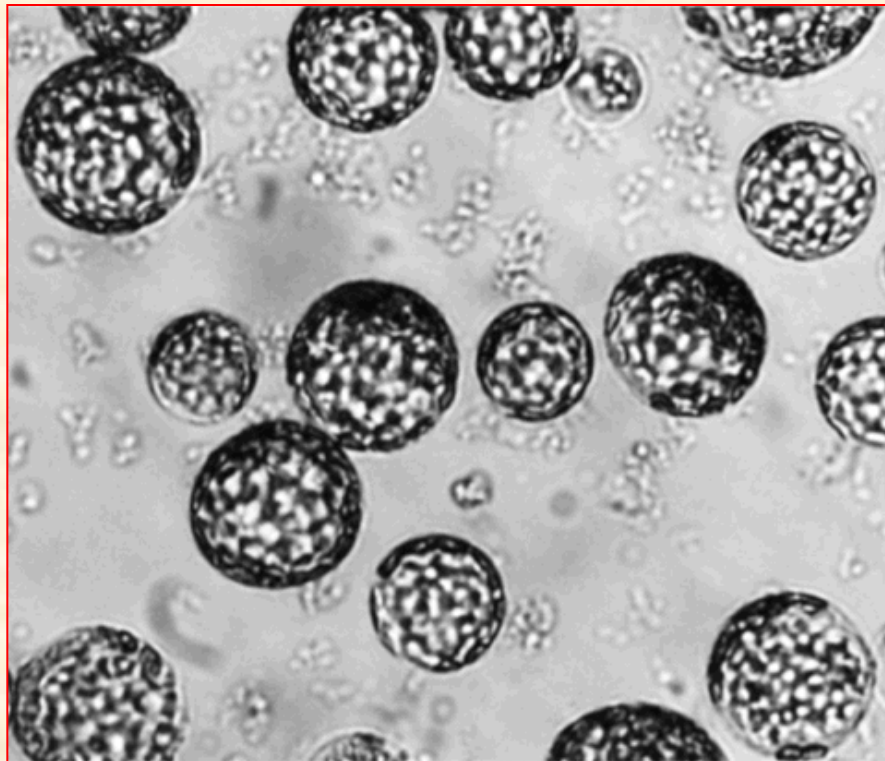
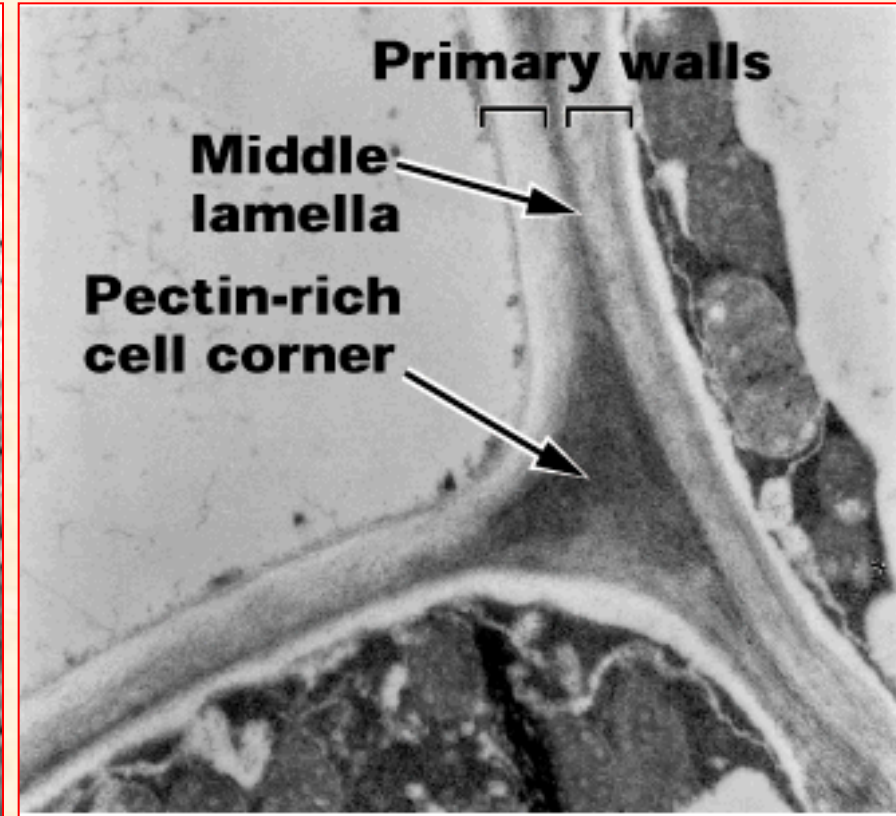
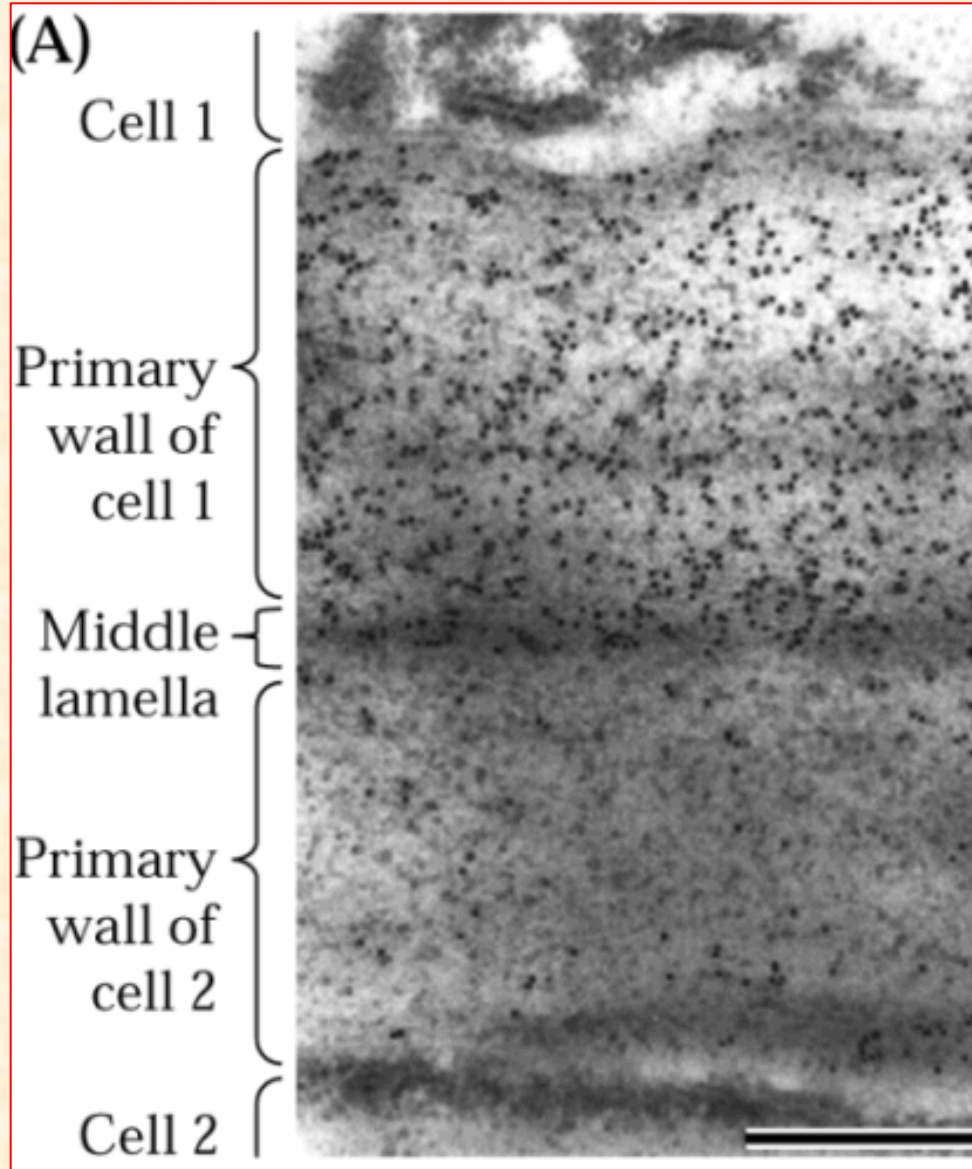


Figure 2.1

Without its wall, a protoplast adopts a spherical form.



Box 2.5

Heterogeneity of wall composition can be probed at the single-cell level.

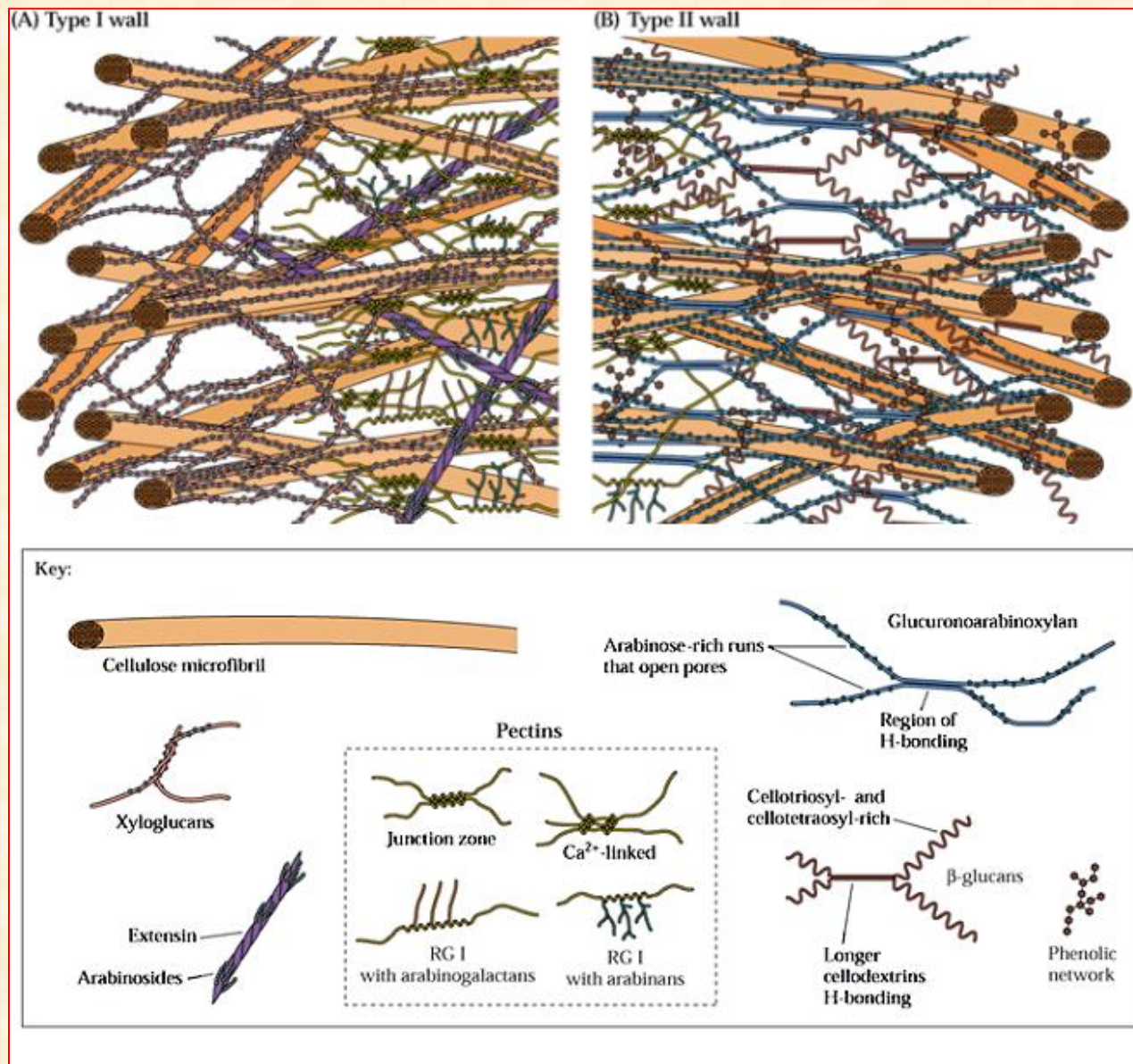


Figure 2.23

(A) A three-dimensional molecular model of the Type I wall shows the molecular interactions between cellulose, XyG, pectins, and wall proteins. (B) A three-dimensional molecular model of the Type II wall shows the molecular interactions between cellulose, GAX, pectins, and aromatic substances.

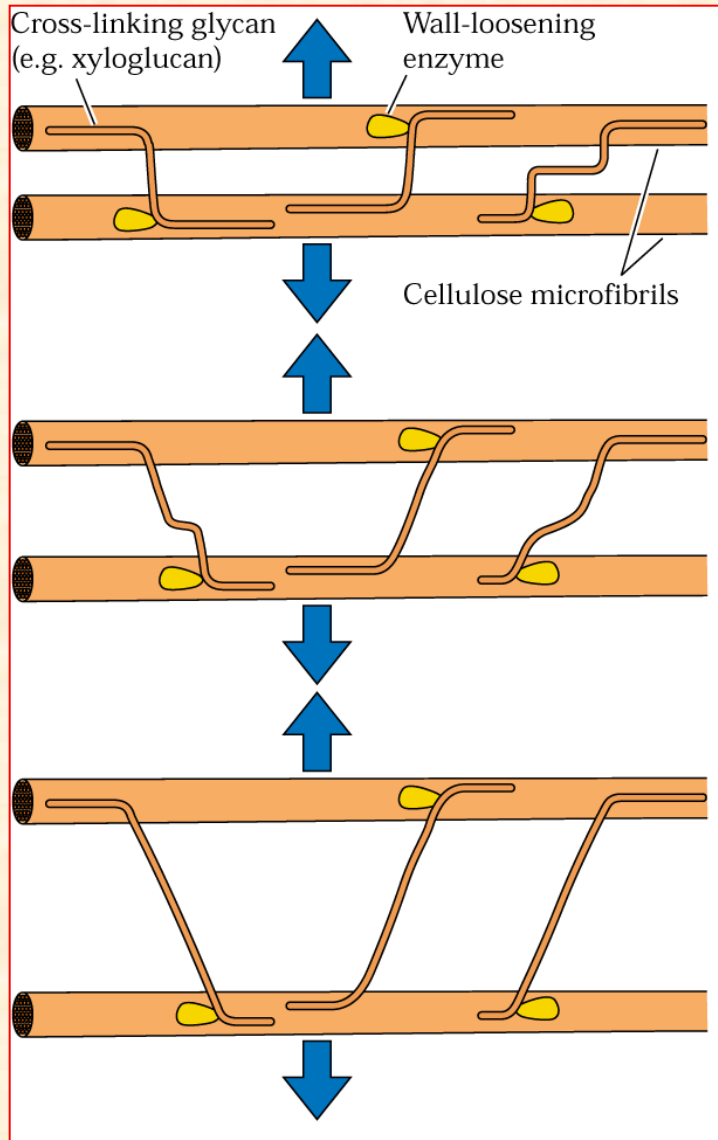


Figure 2.36

Stress-relaxation is considered the underlying basis of cell expansion.

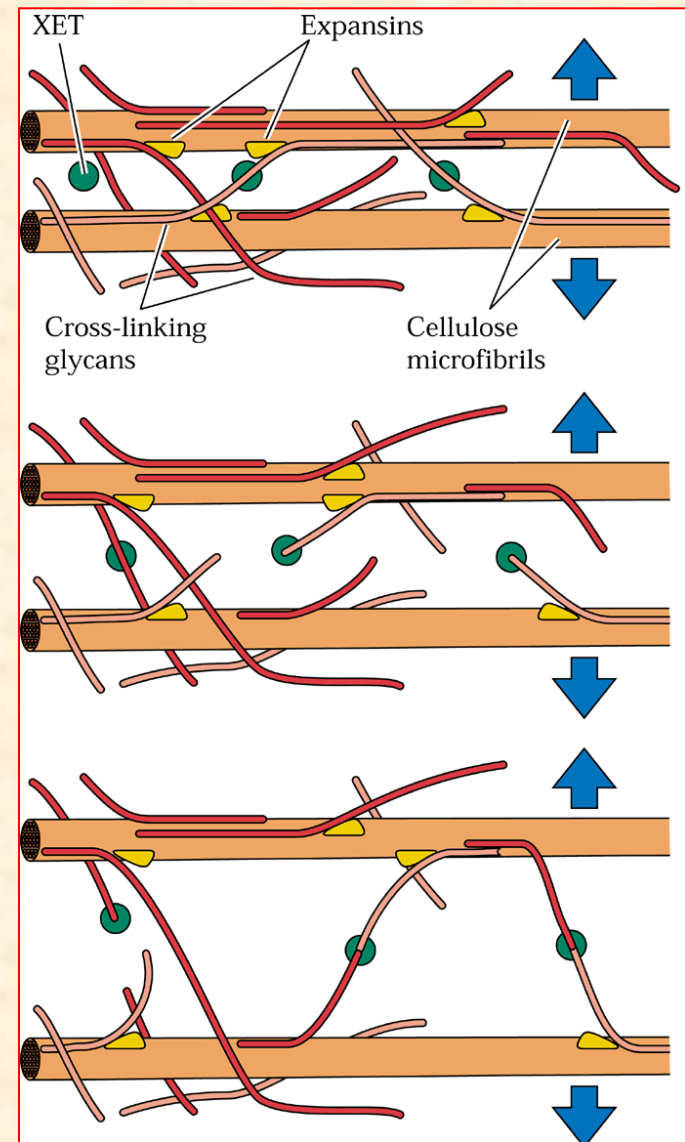
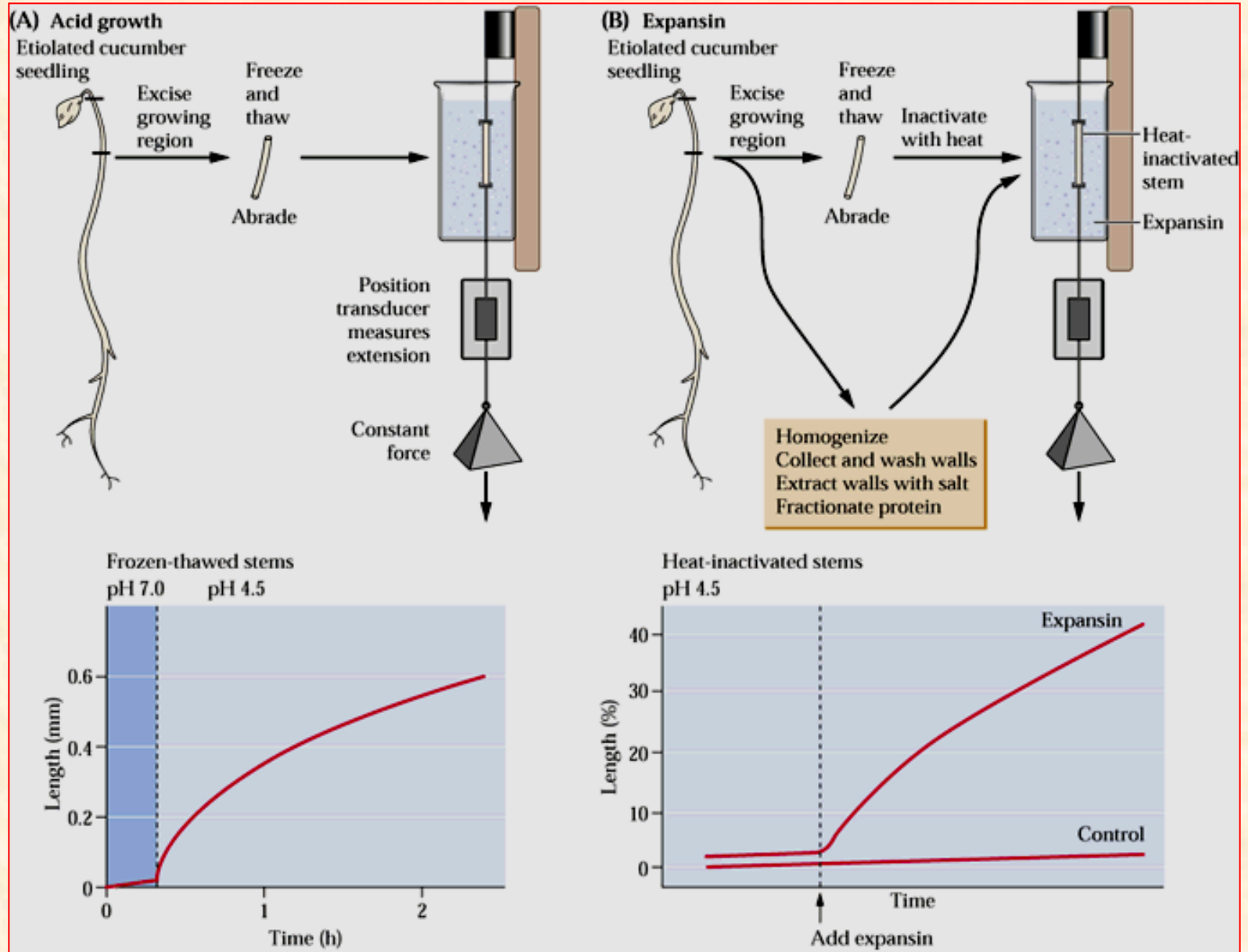


Figure 2.38

Microfibril separation driven by osmotic pressure of the cell is facilitated by loosening of the cross-linking glycans that tether them.



Importância da **Acidificação da parede (A)** e da adição de **Expansina (B)** para o alongamento celular (Teoria do Crescimento Ácido).

thawed = descongelada

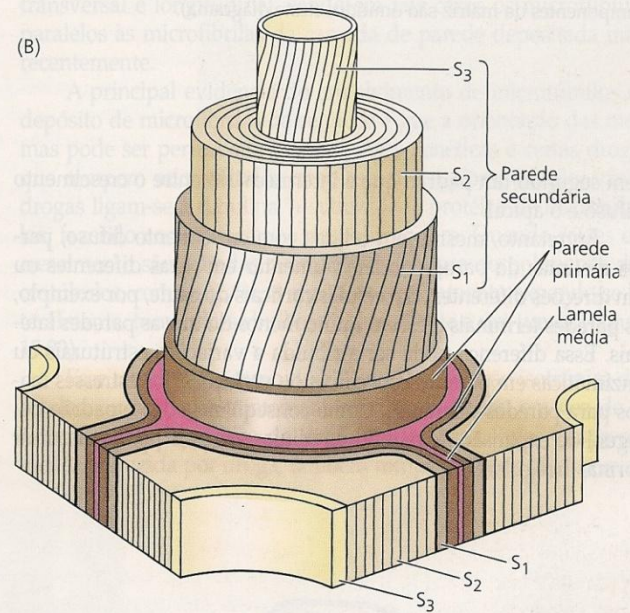
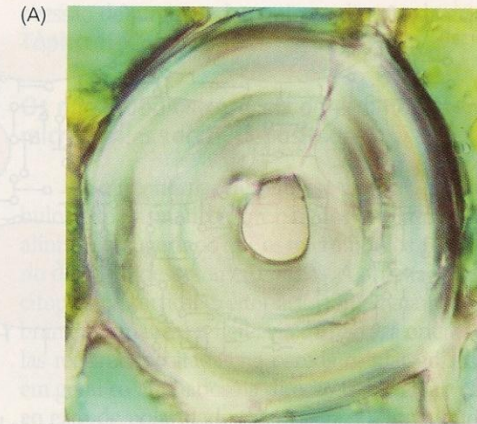
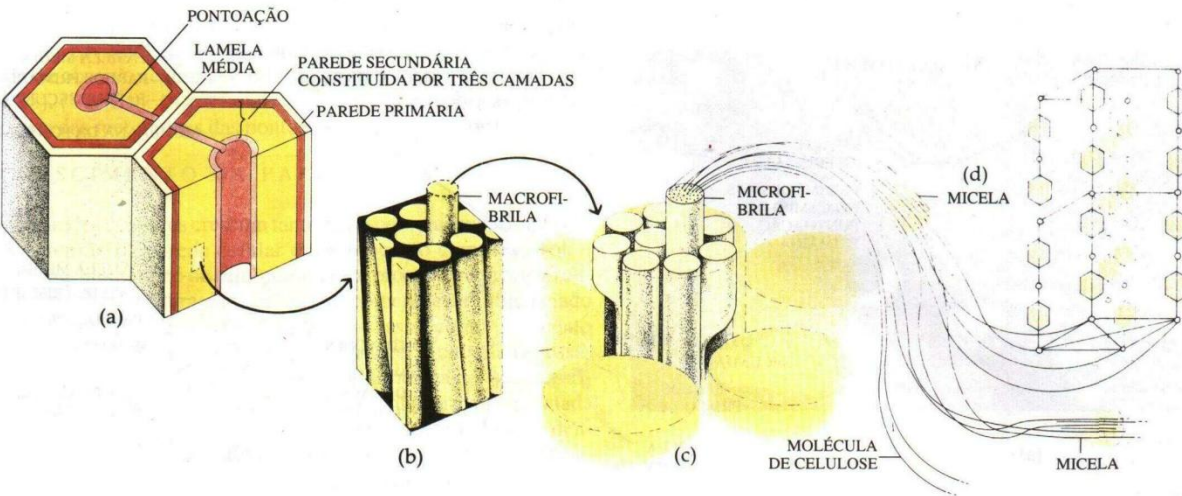
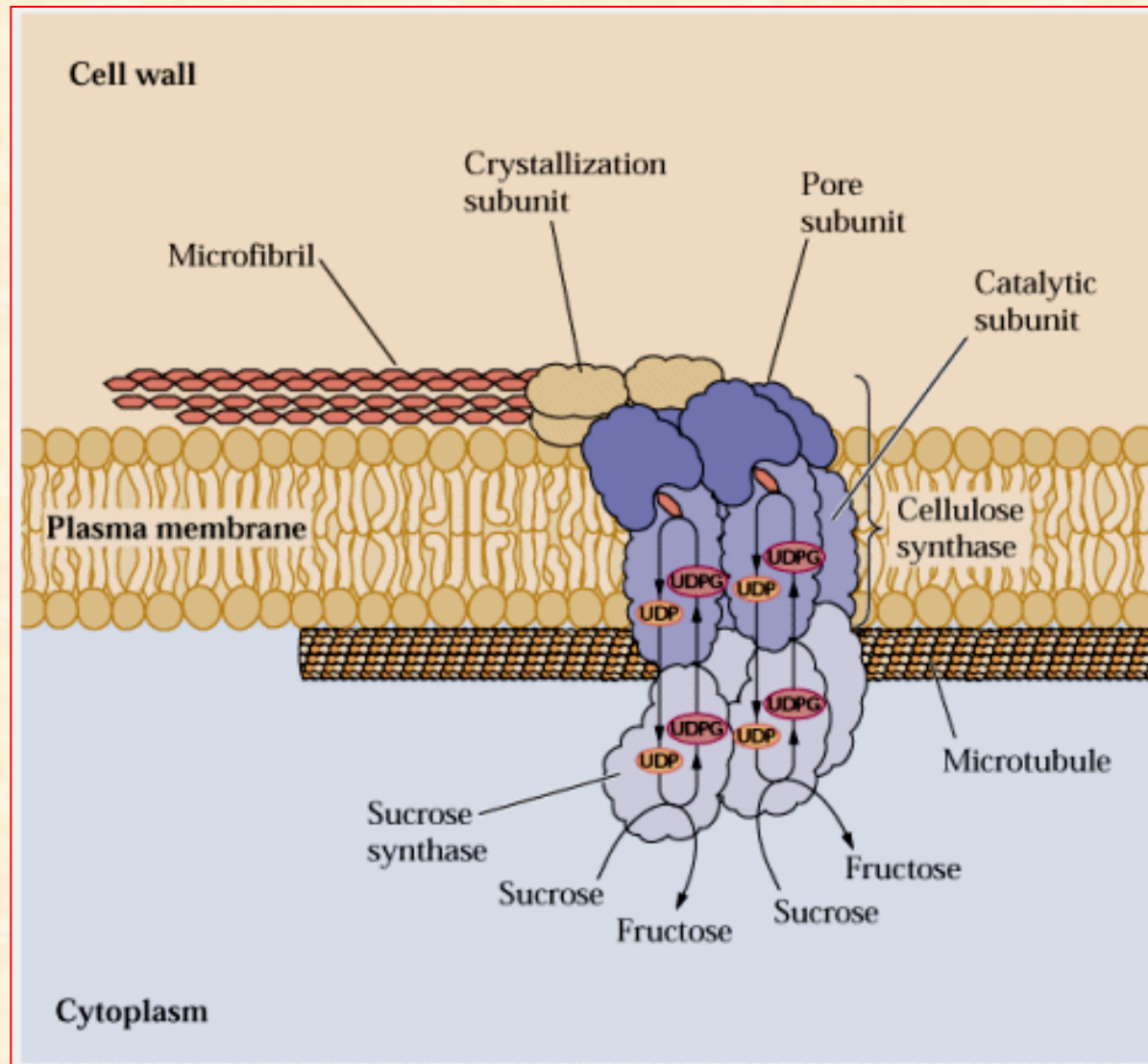


FIGURA 15.17 (A) Seção transversal de um esclerêide de *Podocarpus*, no qual são visíveis camadas múltiplas na parede secundária. (B) Diagrama da organização da parede celular, frequentemente encontrada em traqueídes e outras células com paredes secundárias espessadas. Três camadas distintas (S_1 , S_2 , S_3) são formadas internamente à parede primária (fotografia © David Webb).



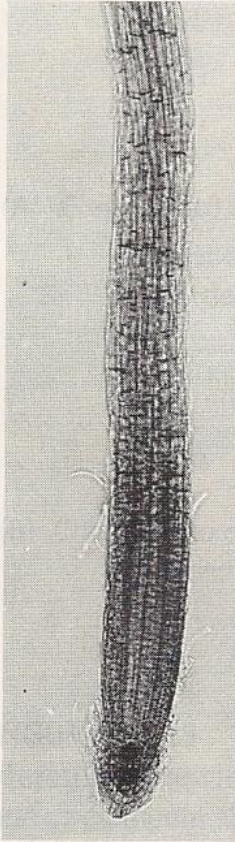
2.26

Estrutura detalhada de uma parede celular. (a) Porção da parede celular apresentando a lamela média, a parede primária e três camadas de parede secundária. A celulose, principal componente da parede celular, está organizada em um sistema de fibrilas de diferentes tamanhos. (b) As fibrilas maiores, as macrofibrilas, podem ser vistas em um microscópio óptico. (c) Com o auxílio de um microscópio eletrônico, podemos observar que as macrofibrilas são formadas por microfibrilas de 10 nanômetros de largura. (d) Parte das microfibrilas, as micelas, são organizadas de modo ordenado e são responsáveis pelas propriedades cristalinas da parede. (e) Um fragmento de micela mostra como as moléculas de celulose estão organizadas em uma cadeia em forma de gelosia.

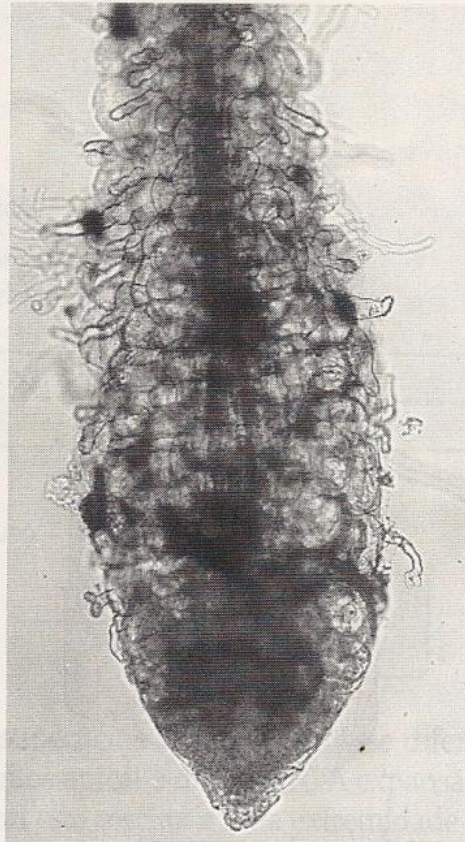


**Modelo do Complexo da Enzima
Celulose-Sintase**

Tratamento-
controle
(A) (sem droga)



1 μ M de Orizalin



Tratamento-controle
(B) (sem droga)



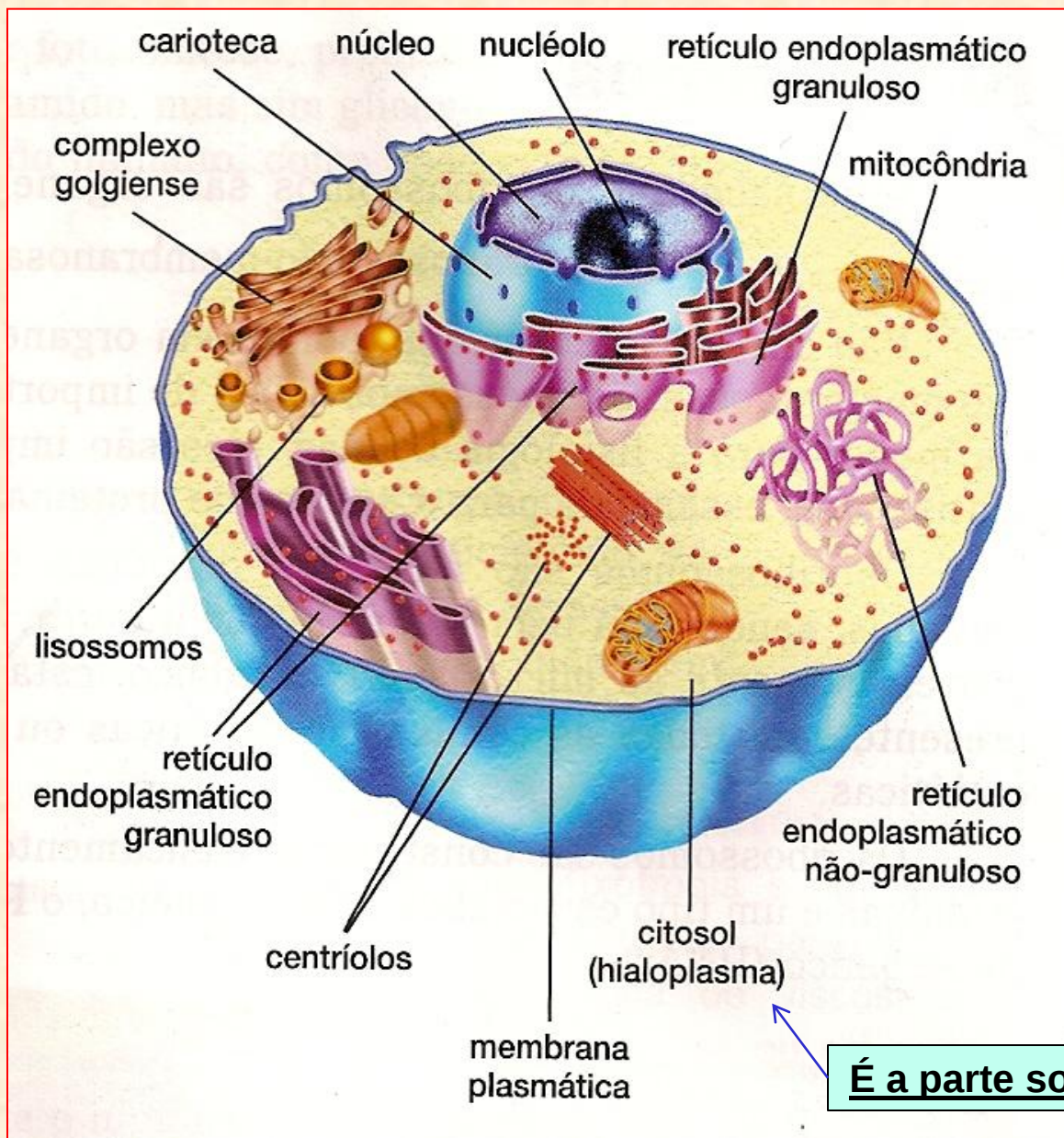
1 μ M de Orizalin



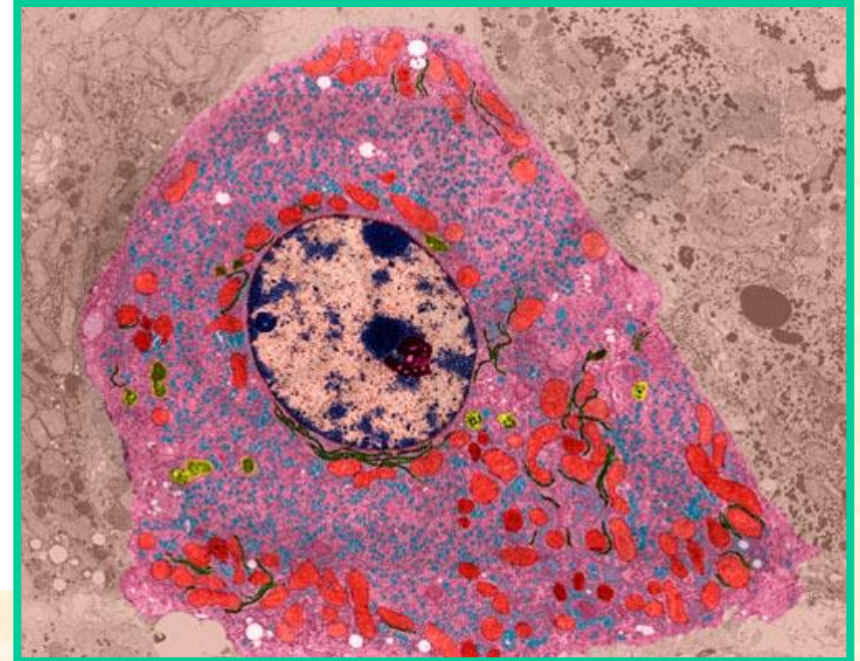
FIGURA 15.23 O rompimento de microtúbulos corticais provoca um drástico aumento na expansão celular radial e um concomitante decréscimo no alongamento. (A) Raiz de plântula de *Arabidopsis* tratada com orizalin (1 μ M), a droga que despolimeriza microtúbulos, por dois dias antes de esta fotomicrografia ser feita. A droga alterou a polaridade de crescimento. (B) Os microtúbulos foram visualizados por meio de uma técnica de imunofluorescência indireta e um anticorpo antitubulina. Enquanto os microtúbulos no controle estão orientados em ângulos retos em relação à direção do alongamento celular, muito poucos microtúbulos permanecem em raízes tratadas com 1 μ M de orizalin (Baskin e cols., 1994, cedida por T. Baskin).

Citoplasma:

- Localizado entre a membrana plasmática e o núcleo;
- Preenchido pelo hialoplasma;
- Onde encontram-se dispersas as organelas citoplasmáticas que garantem o bom funcionamento da célula;

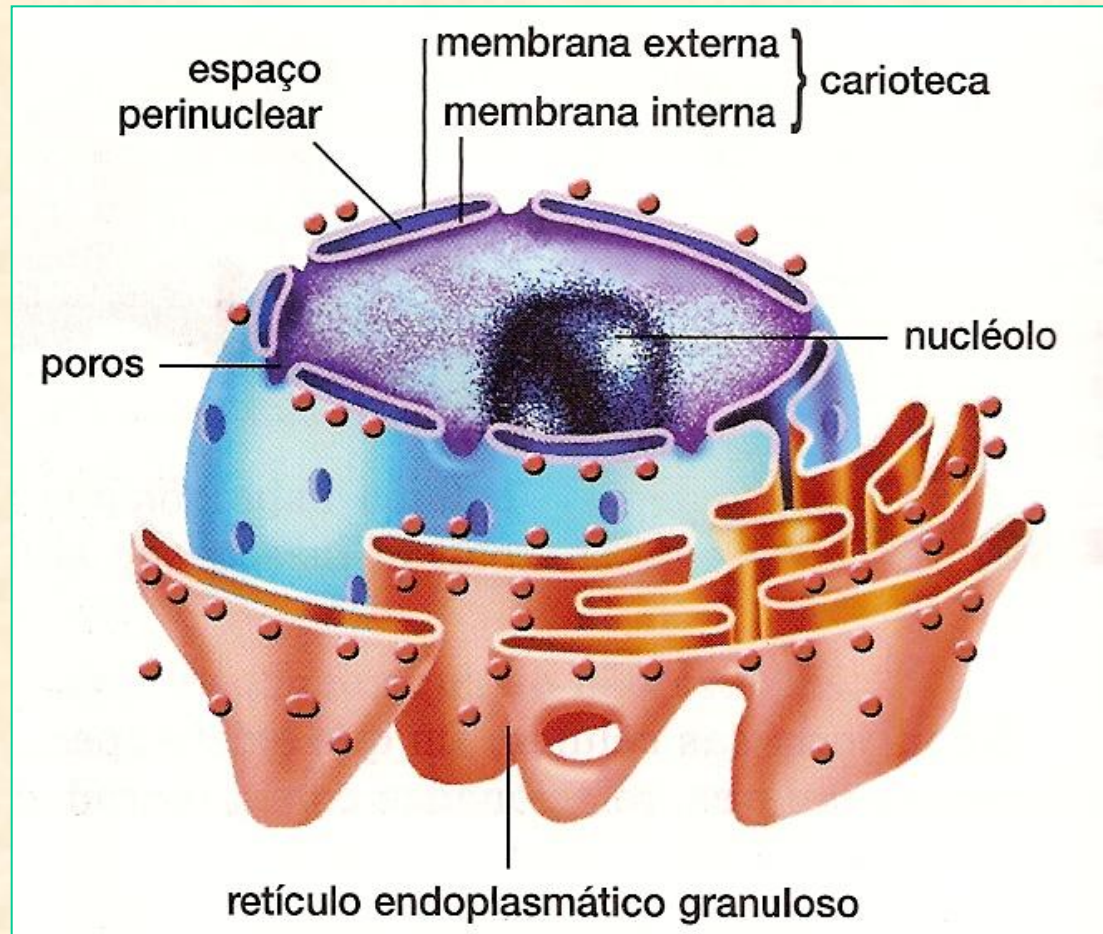


- **Eucariontes** → DNA contido em um compartimento separado, o **núcleo**, delimitado por uma **membrana de dupla camada**.
- Outras organelas
 - Membrana plasmática
 - Ribossomos
 - Mitocôndrias
 - Retículo endoplasmático
 - Aparelho de Golgi
 - Citoesqueleto



Núcleo

O Núcleo atua na reprodução celular. Também é portador das características hereditárias e coordena as atividades celulares.



NÚCLEO

- O **núcleo celular**, descoberto em 1833 pelo pesquisador escocês Robert Brown;
- Estrutura presente nas células eucariontes, que contém o DNA da célula.
- Delimitado pelo envoltório nuclear;
- Se comunica com o citoplasma através dos poros nucleares.
 - Funções básicas:
 - regular as reações químicas que ocorrem dentro da célula; e armazenar as informações genéticas da célula.

Núcleo

- **Carioteca:** membrana dupla e porosa que envolve o Núcleo, permitindo a comunicação com o Citoplasma;
- **Nucleoplasma:** massa fluída limitada pela Carioteca que ocupa o interior do núcleo;
- **Cromatina:** material constituído por DNA (material genético). Responsável pelas CARACTERÍSTICAS HEREDITÁRIAS.
- **Nucléolo:** estrutura que produz proteínas.

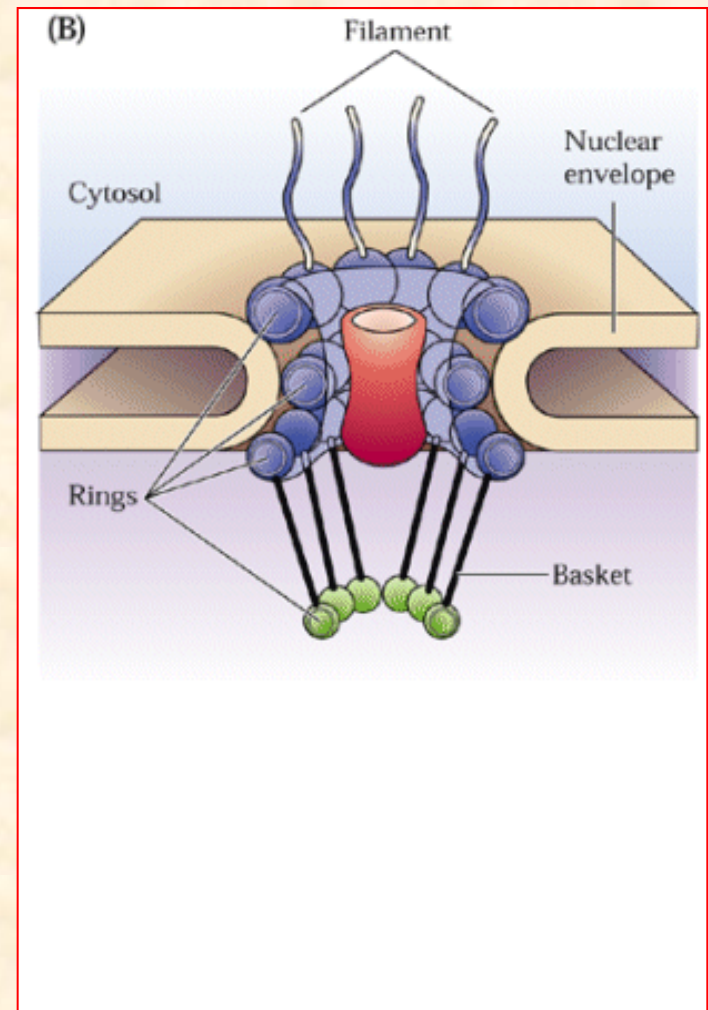
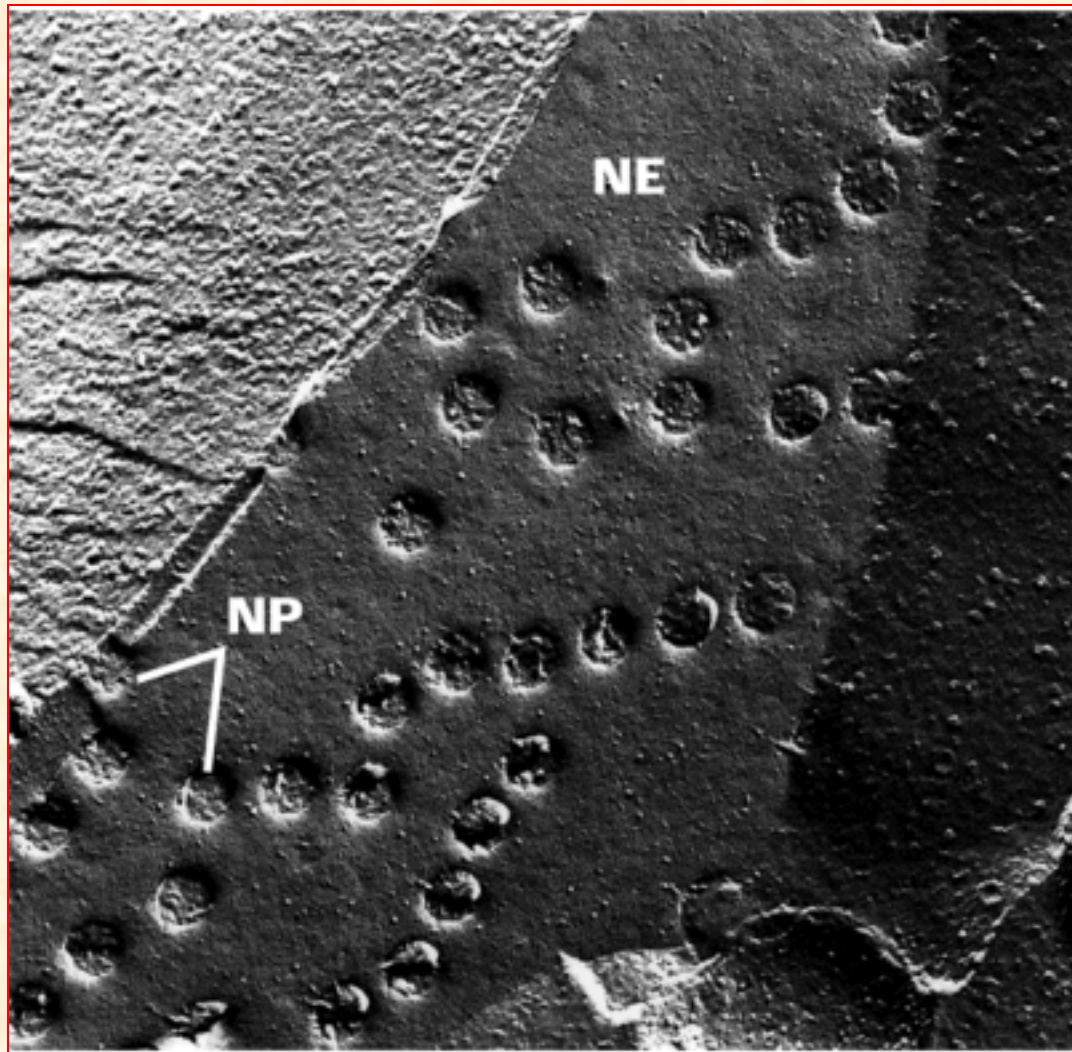
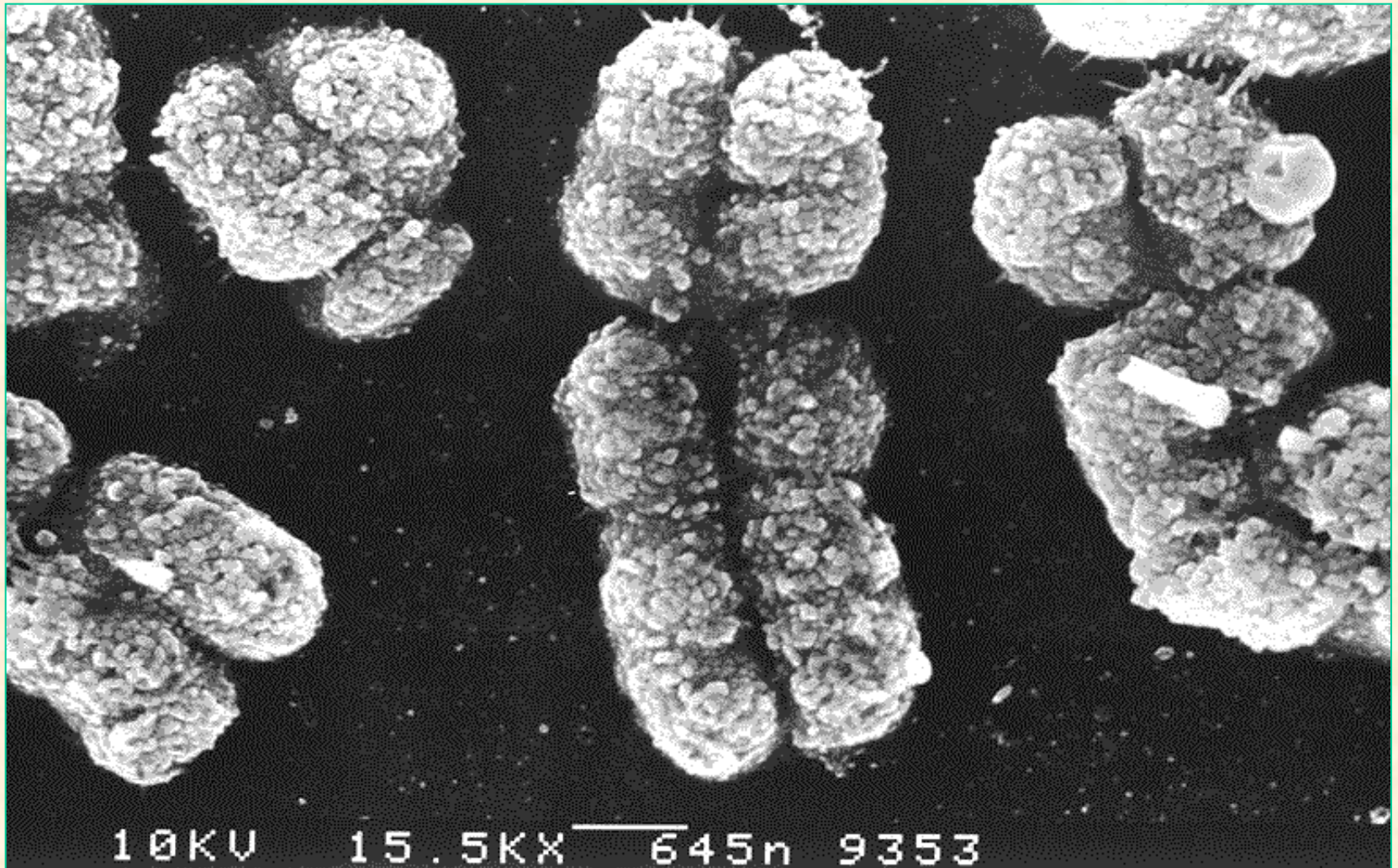


Figure 4.10

(A) Two images of the surface of the nuclear envelope obtained by freeze-fracture and freeze-etching of a specimen viewed with the electron microscope. (B) Schematic representation of a nuclear pore complex.

Cromossomos



COMPONENTES CELULARES

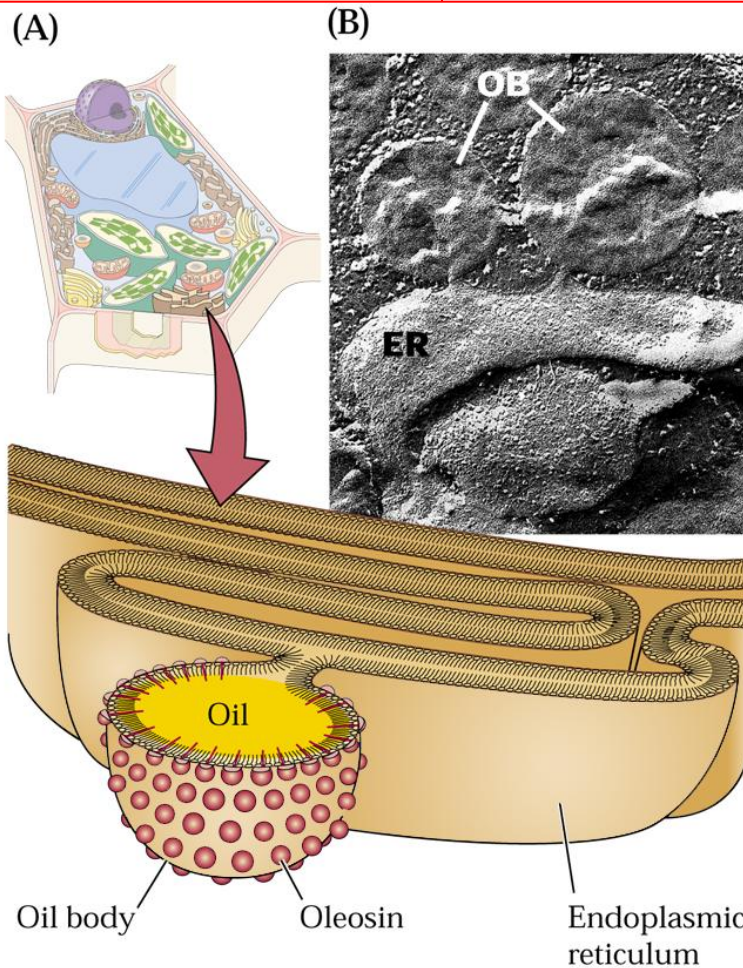
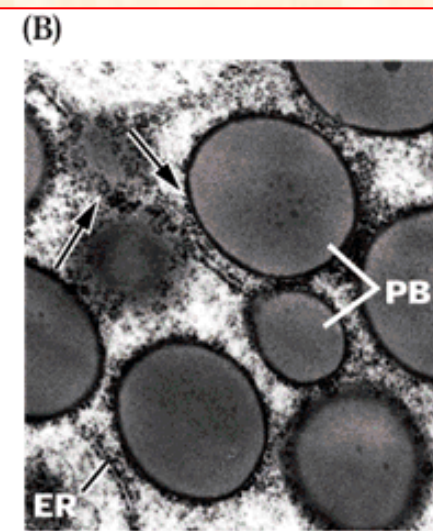
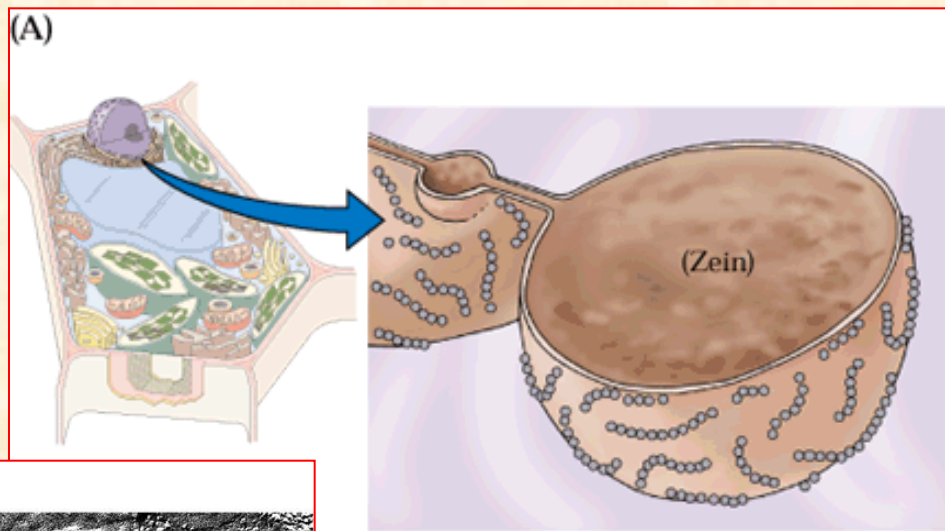
- **Retículo endoplasmático:**
- **Retículo endoplasmático liso:**
- Formado por sistemas de túbulos cilíndricos e sem ribossomos aderidos a membrana.
 - **Função:** Participa principalmente da síntese de esteróides (hormônios), fosfolipídios e outros lipídios; contribui para a desintoxicação do organismo.

COMPONENTES CELULARES

- **Retículo endoplasmático rugoso: (Ergastoplasma)**

É formado por sistemas de túbulos achatados e ribossomos aderidos a membrana o que lhe confere aspecto granular.

Função: Participa da síntese de proteínas, que serão enviadas para o exterior das células. Esse tipo de retículo é muito desenvolvido em células com função secretora.



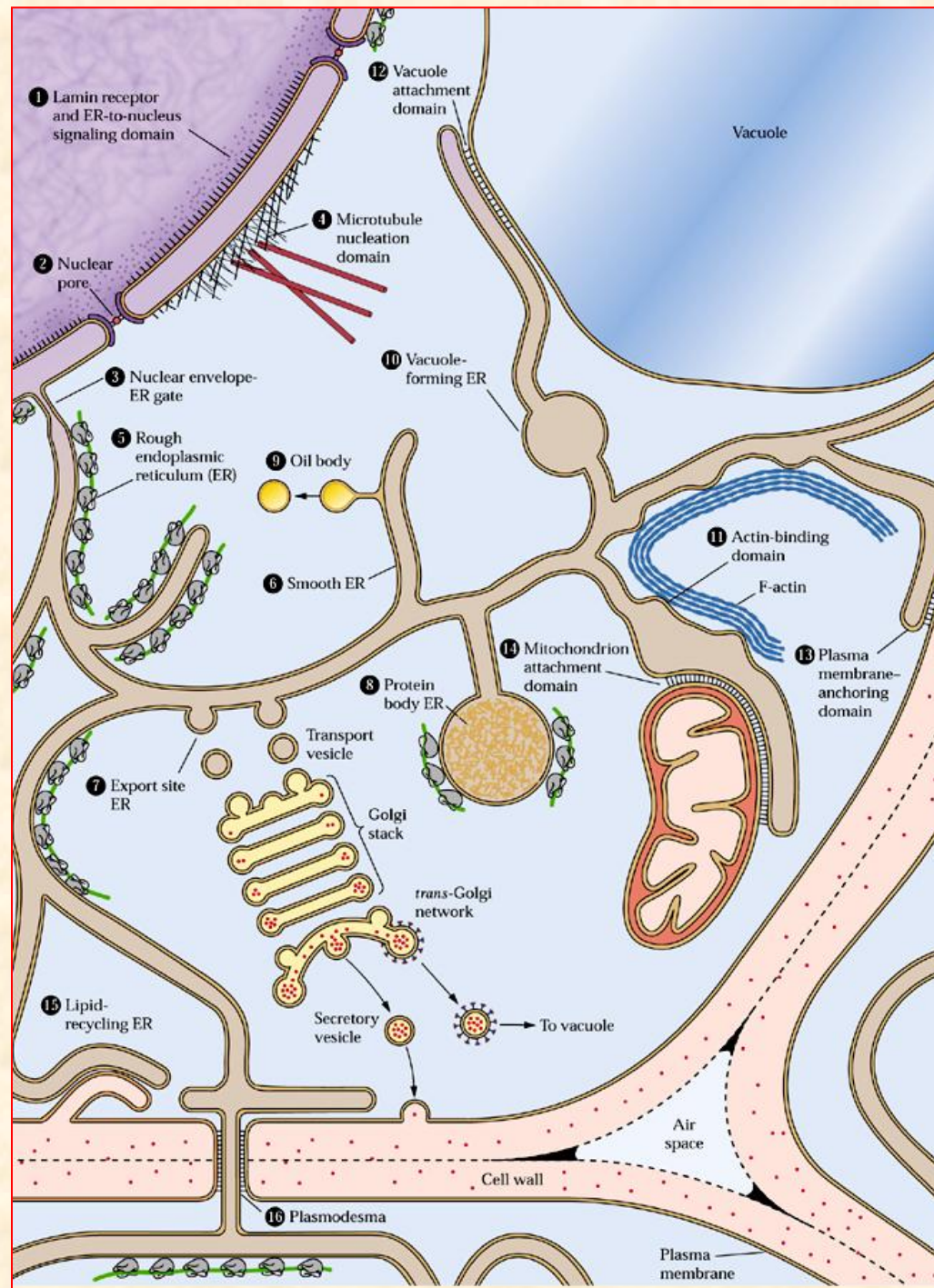
A) Armazenamento da proteína prolamina (zeína) agregada em corpos protéicos em projeções especializadas do RERugoso.

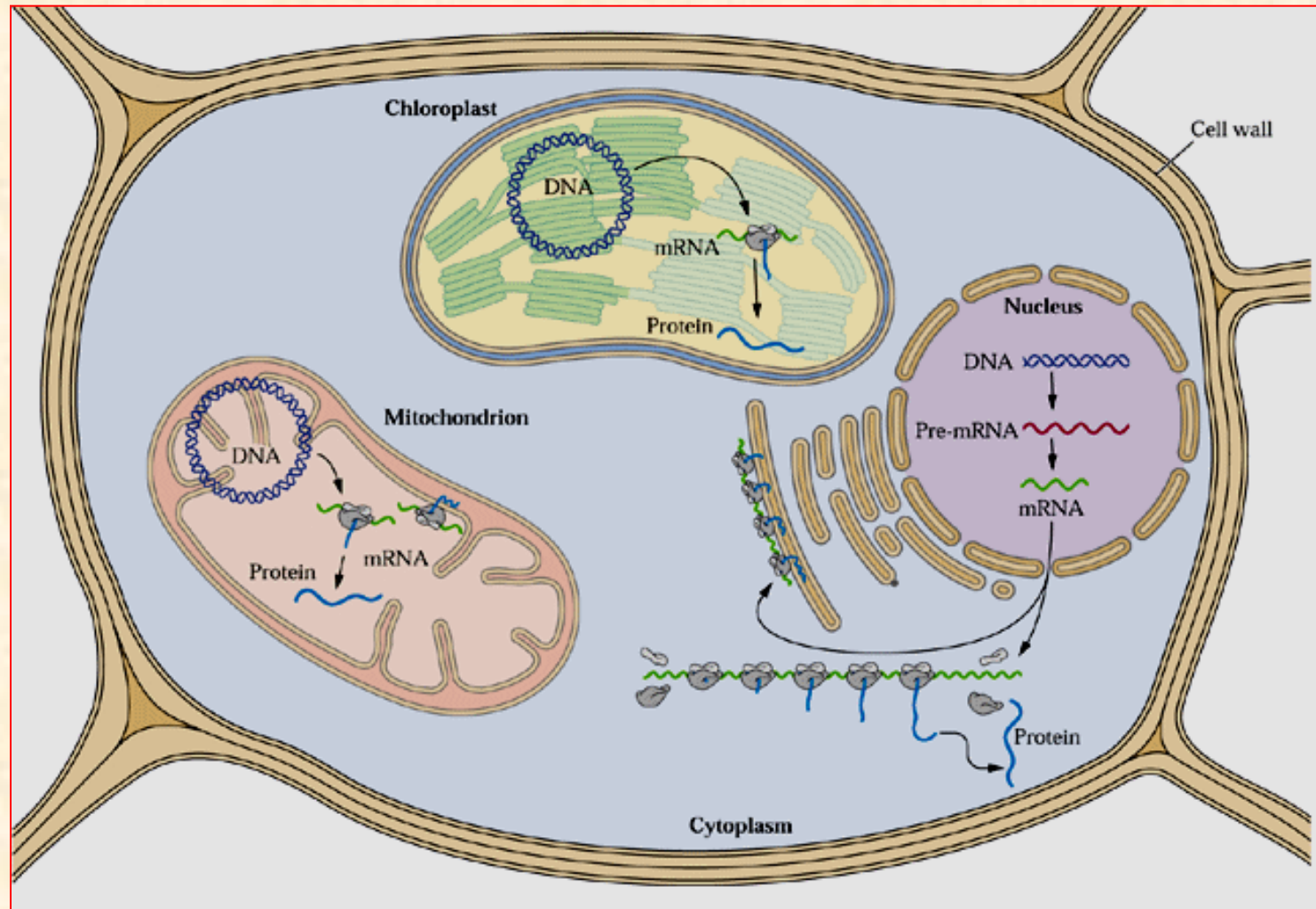
B) TEM de corpos protéicos (PB) formados em endosperma de milho. Polirribossomos (setas) são ligados às membranas que delimitam as membranas do RE.

A) Acúmulo de triacilgliceróis entre duas camadas de lipídios do RERugoso e corpos lipídicos limitados por oleosina.

B) Corpos lipídicos se formando a partir de membranas do RE no citoplasma.

Diagrama funcional ilustrando os domínios do RE em plantas





**Locais de síntese de proteínas
nas células**

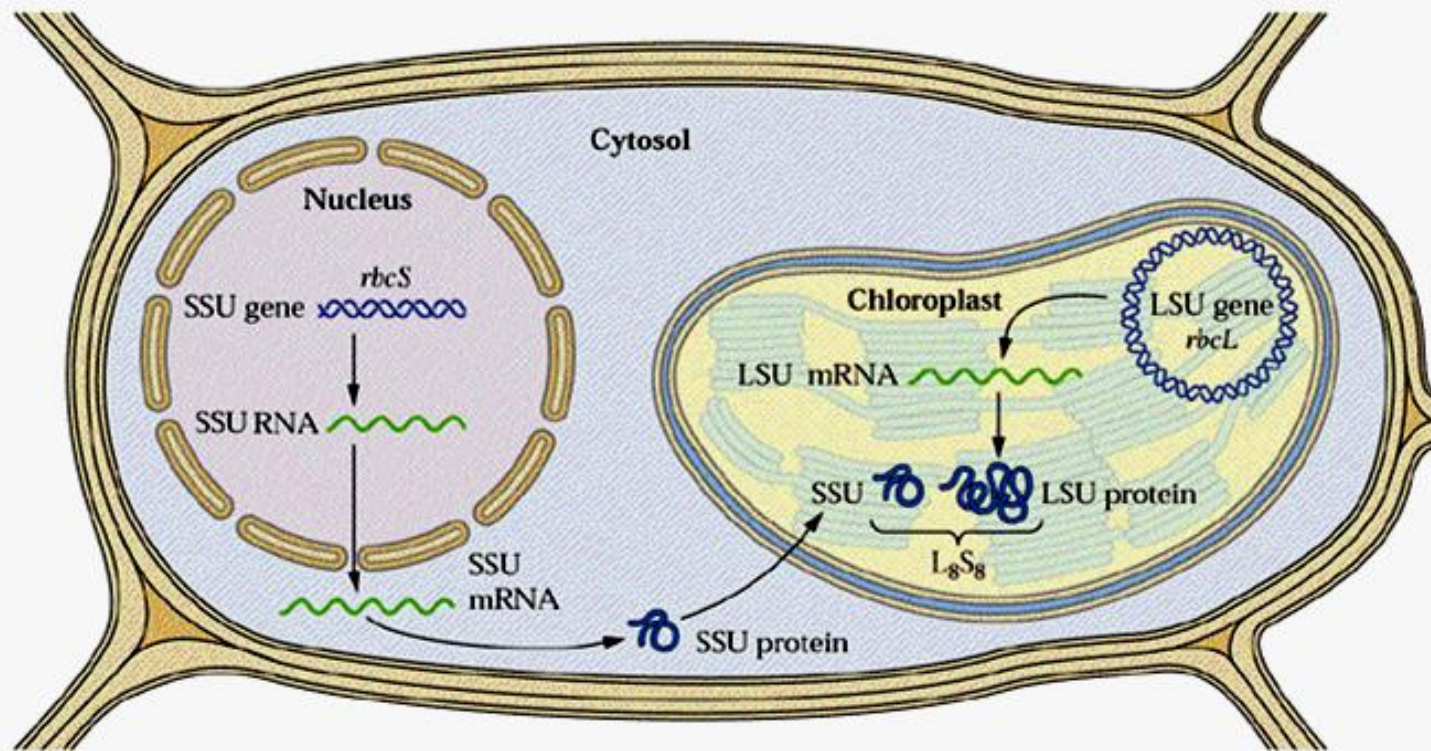


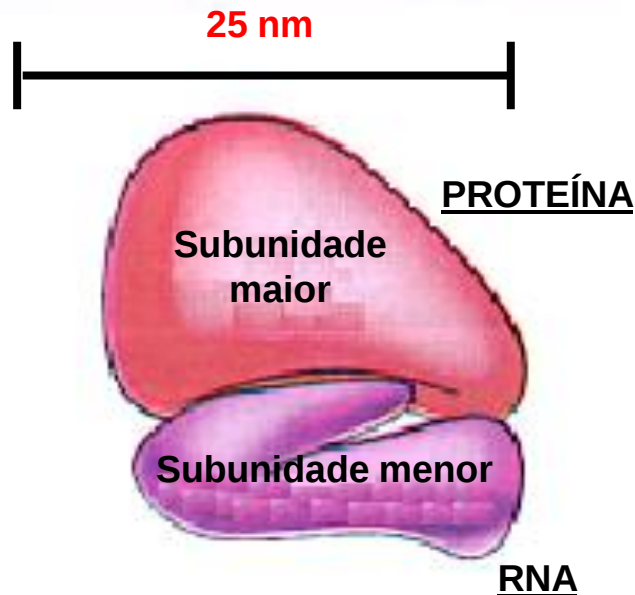
Figure 9.16

In plants, Rubisco consists of 16 protein subunits: 8 copies of a small subunit (SSU) and 8 copies of a large subunit (LSU).

RIBOSSOMOS

ESTRUTURA

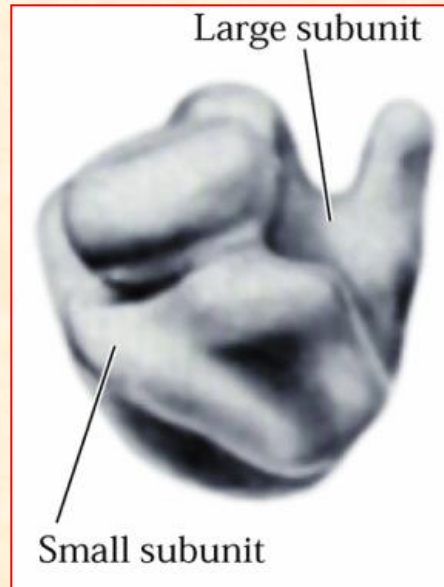
CARACTERÍSTICAS



- ⇒ **DESCOBERTA:** 1953 por George Palade
- ⇒ **TAMANHO:** $\cong 150 \text{ A}^\circ$ (angstroms)
- ⇒ **COMPOSIÇÃO QUÍMICA:** ribonucleoproteínas
- ⇒ **ORIGEM:** nucléolo
- ⇒ **LOCALIZAÇÃO:** livres ou aderidos ao RE
- ⇒ **FUNÇÃO:** síntese de proteínas

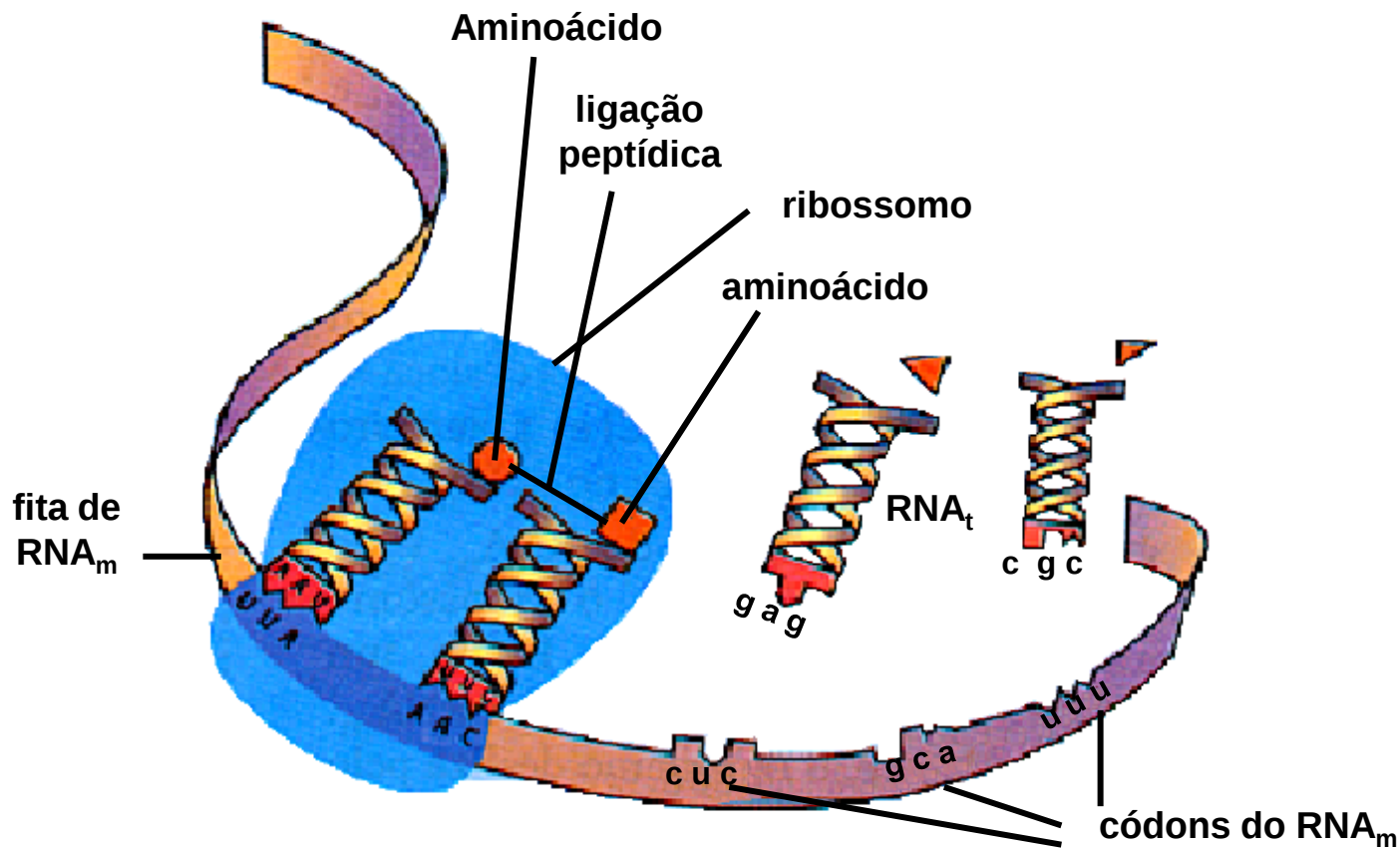
Figure 9.9

Structure of the bacterial ribosome, showing the large and small subunits.

**Table 9.1** Summary of the composition and properties of various ribosome types

Svedberg units, S				
	Ribosome	Subunits	RNAs	Number of proteins
Plant cytosol	80	40	18	~35
		60	28, 5.8, 5	~50
Plant plastids	70	30	16	22–31
		50	23, 5, 4.5	32–36
Plant mitochondria	~70	30	18	>25
		50	26, 5	>30
Prokaryotic	70	30	16	21
		50	23, 5	31

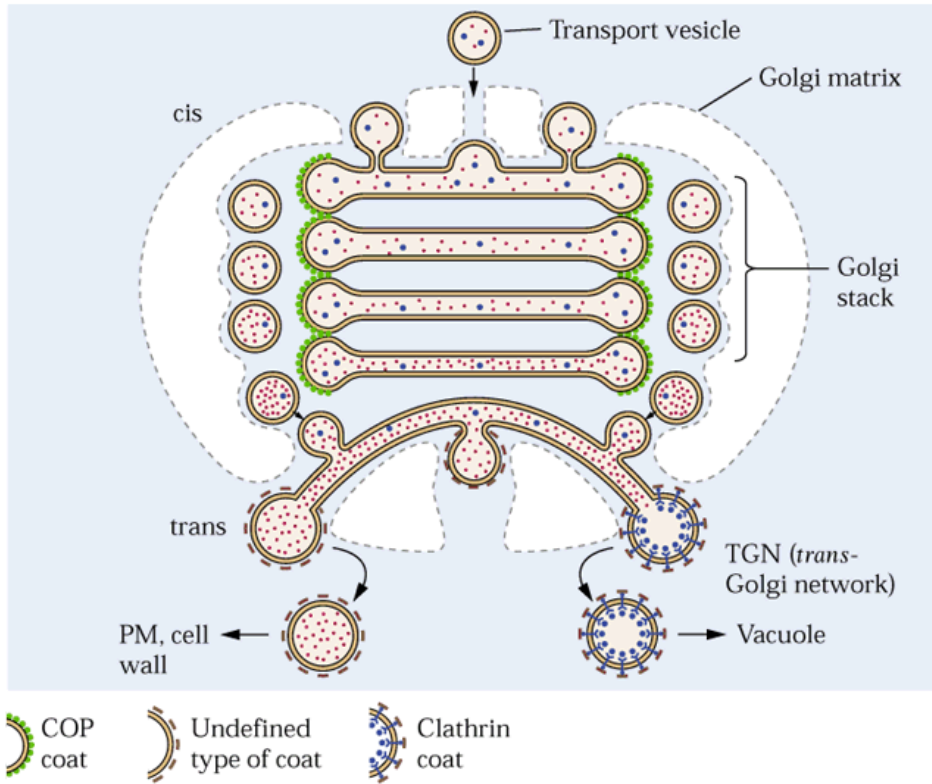
SÍNTESE PROTÉICA



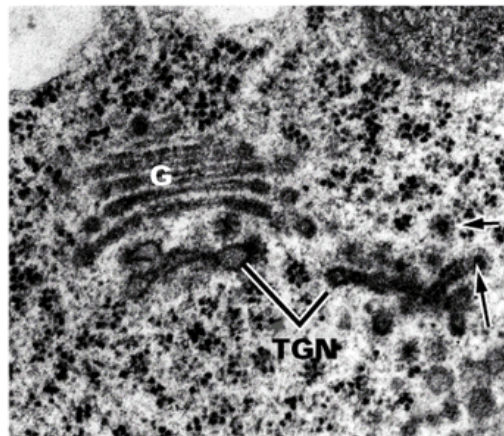
COMPLEXO DE GOLGI

- Organelas encontradas em quase todas as células eucarióticas.
 - Nome homenageia de Camilo Golgi, que as identificou.
- Formado por sacos achatados e vesículas, sua função primordial é o **processamento de proteínas ribossomáticas** e a sua **distribuição** por entre essas vesículas.
 - Funciona como uma espécie de **sistema central de distribuição** na célula e atua como **centro de armazenamento, transformação, empacotamento e remessa de substâncias na célula.**

(A)



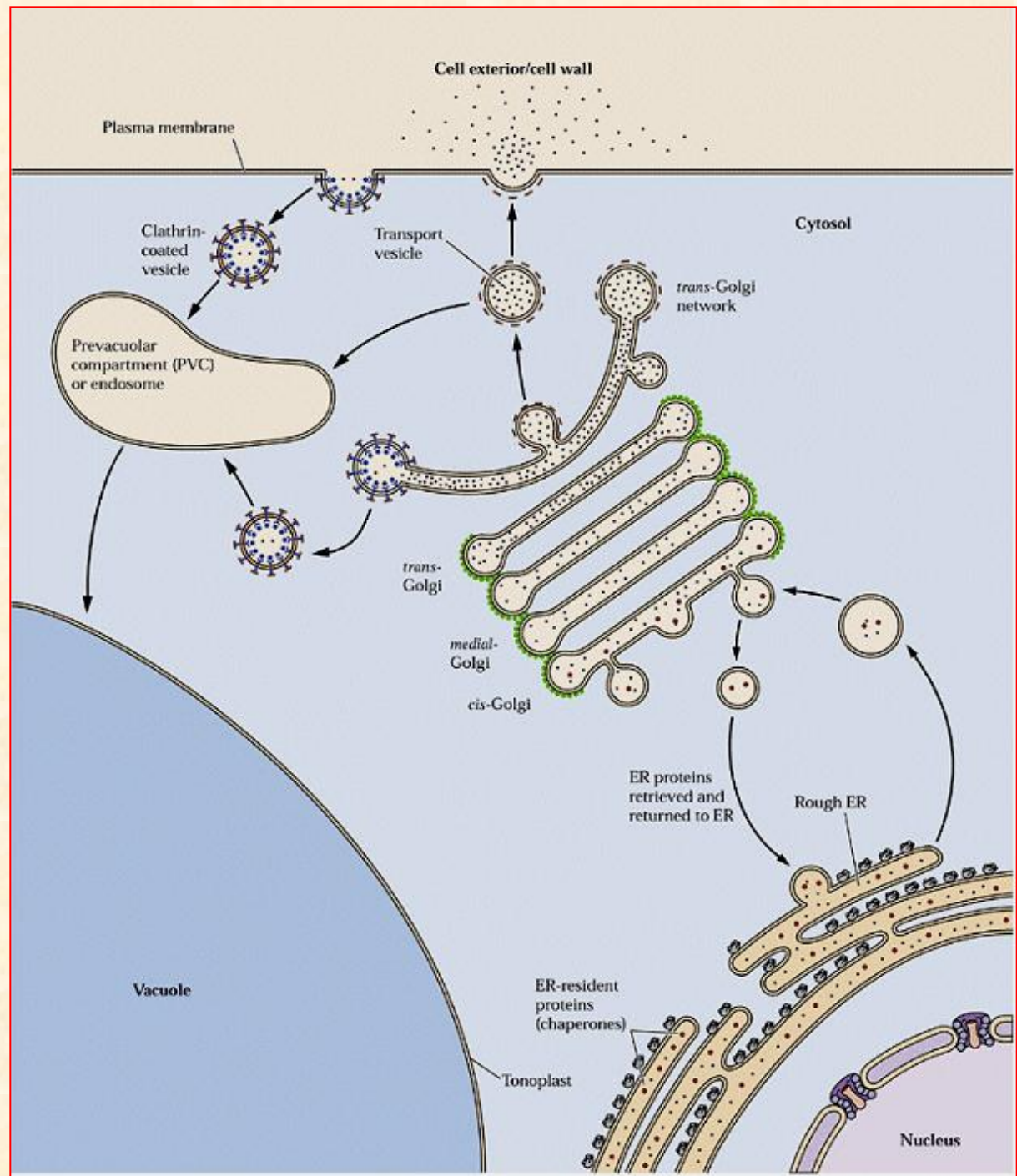
(B)



- **Face CIS** (de formação), ou convexa:
 - apresenta associação com o RER ou carioteca externa;
- **Face TRANS** (de maturação), ou côncava.



A via secretora para a síntese e ordenação de proteínas.



O Citoesqueleto

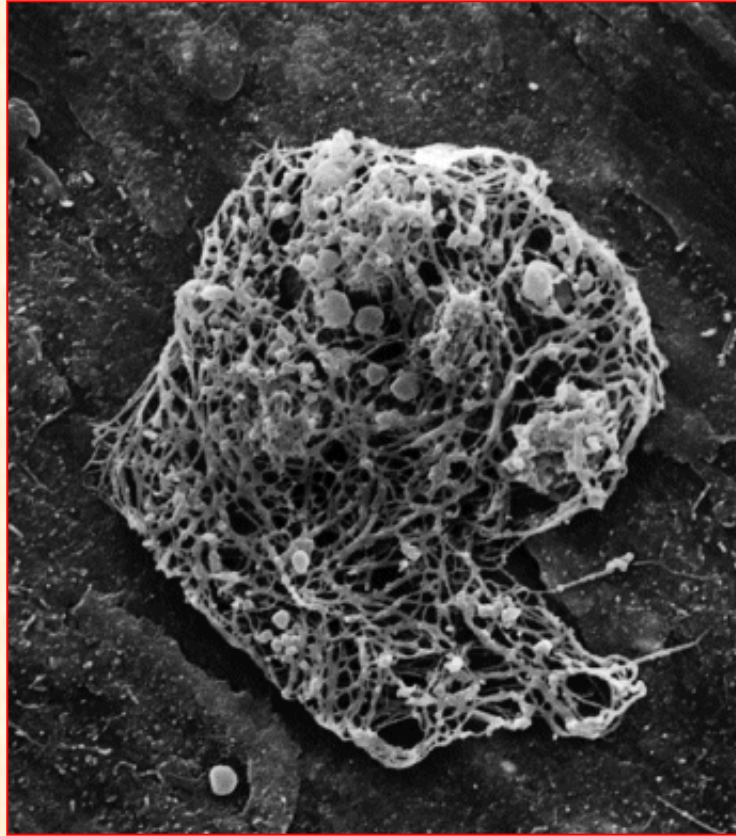


Figure 5.2

Electron micrograph of cytoskeletal meshwork, showing detergent-resistant fibrous elements from a suspension-cultured carrot cell.

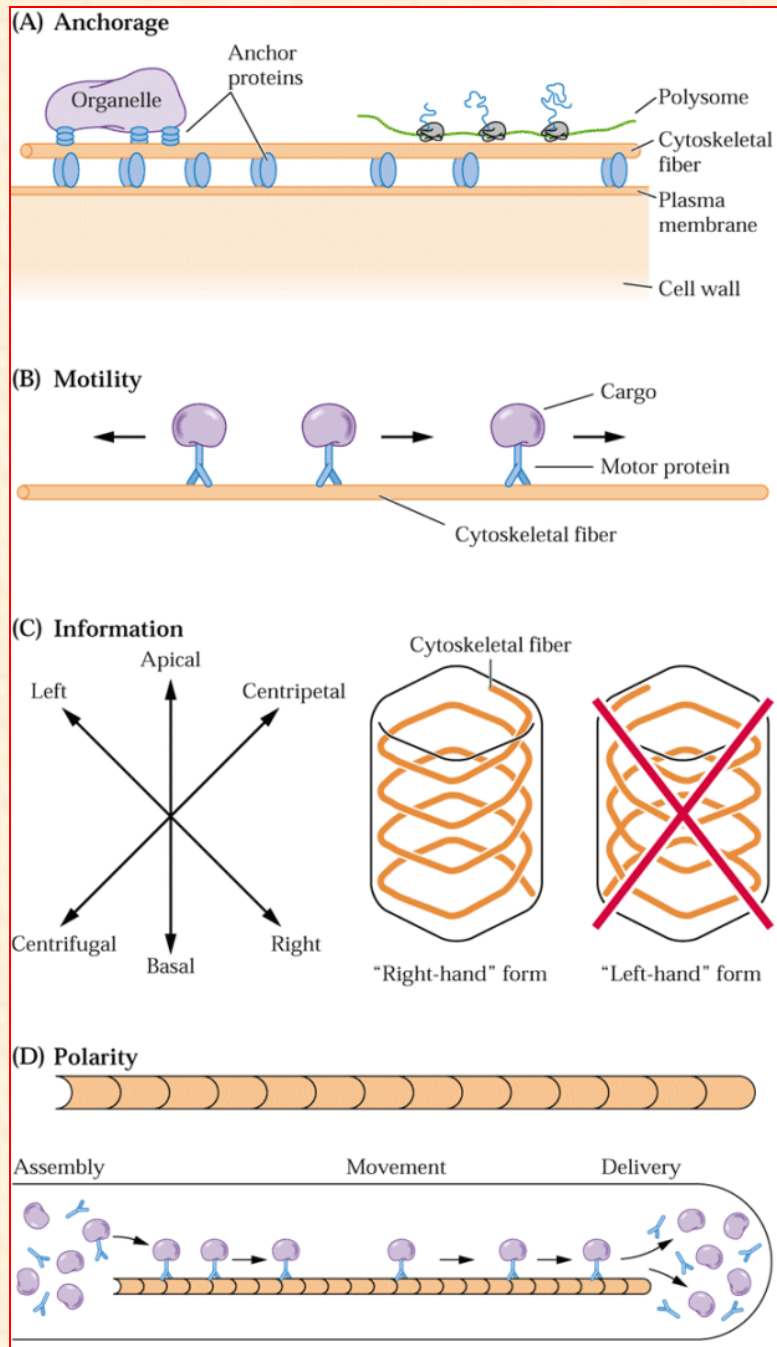
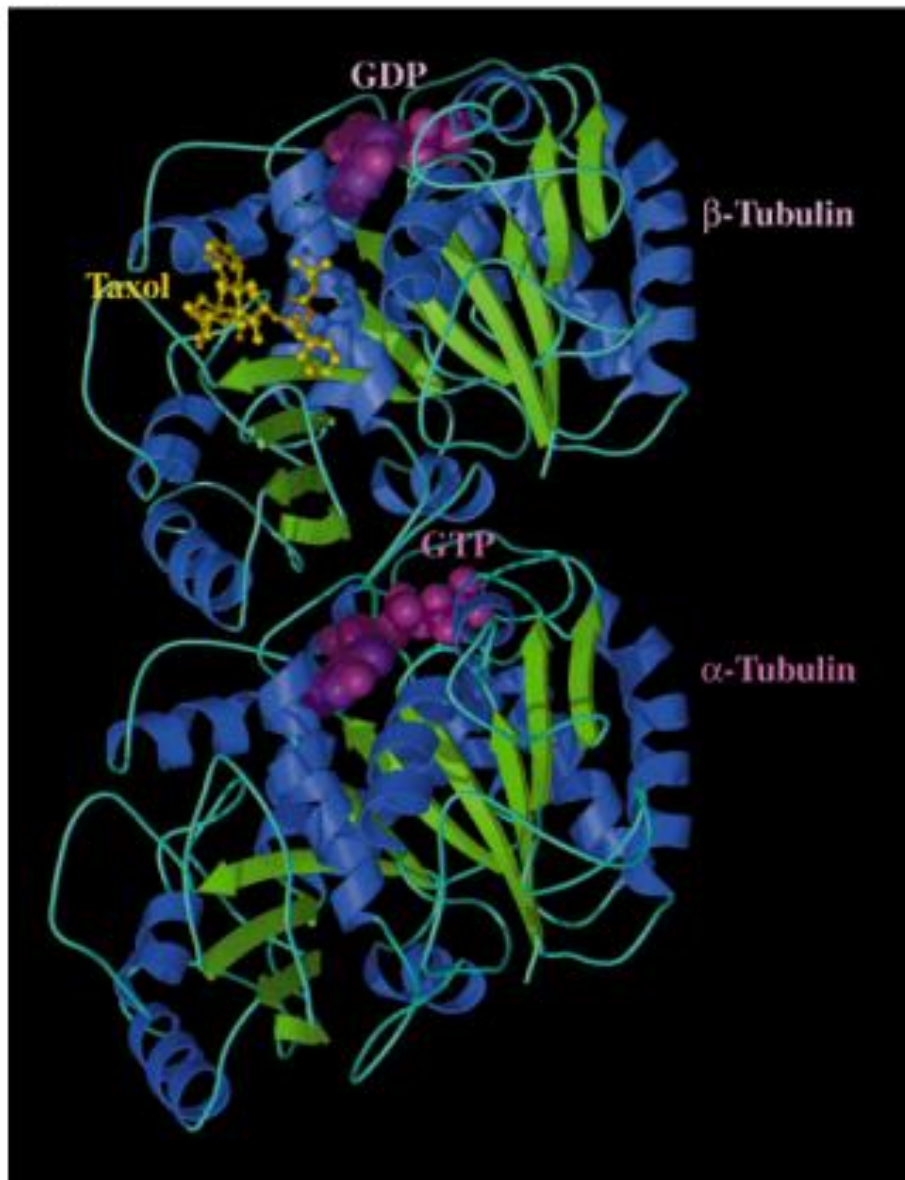


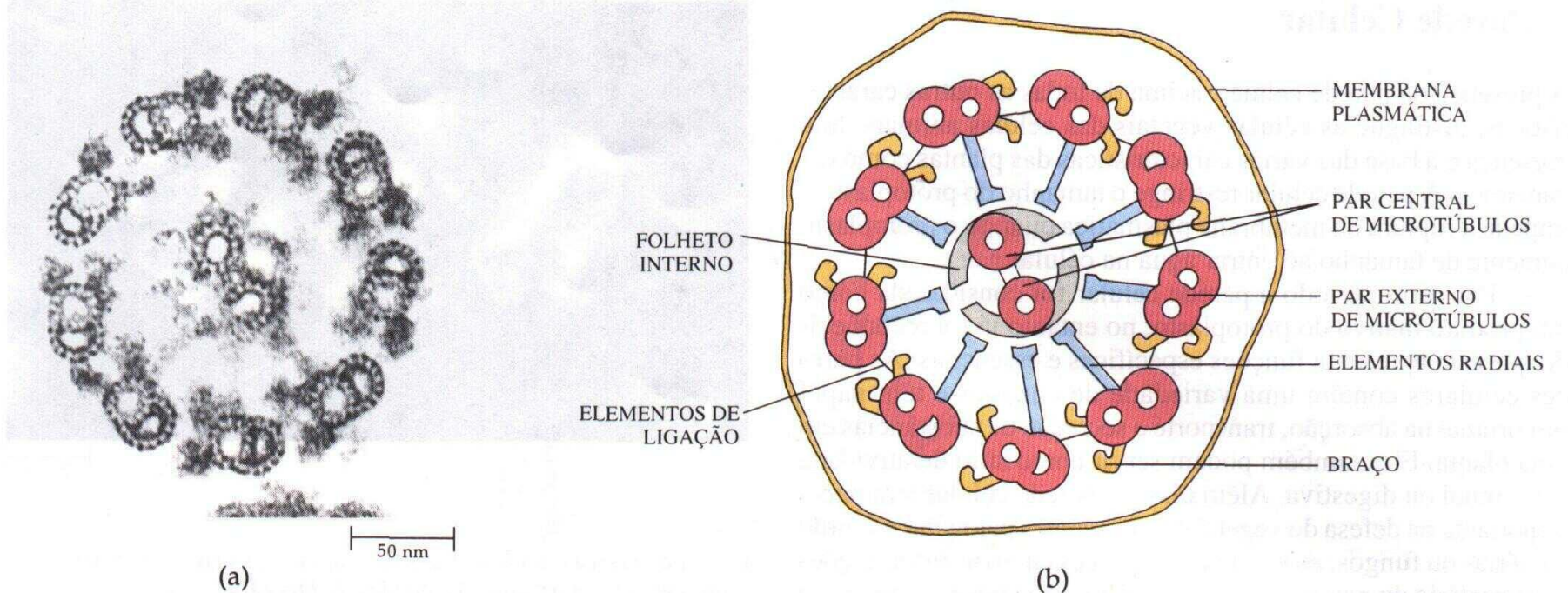
Figure 5.3
Diagrams showing different functions of the cytoskeleton.



Modelo da Estrutura dos
Microtúbulos

Microtúbulos:

- são estruturas proteicas que fazem parte do citoesqueleto nas células. Apresentam filamentos com diâmetro de, aproximadamente, 24 nm e comprimentos variados, de vários micrometros até alguns milímetros nos axônios das células nervosas.



2.23

(a) Secção transversal de um flagelo da alga verde unicelular *Chlamydomonas*, apresentando a organização típica 9 mais 2 dos microtúbulos encontrados nos flagelos de quase todas as células eucarióticas. (b) Diagrama de um flagelo em corte transversal. Os “braços”, os elementos radiais e os elementos de ligação são formados por diferentes tipos de proteínas.

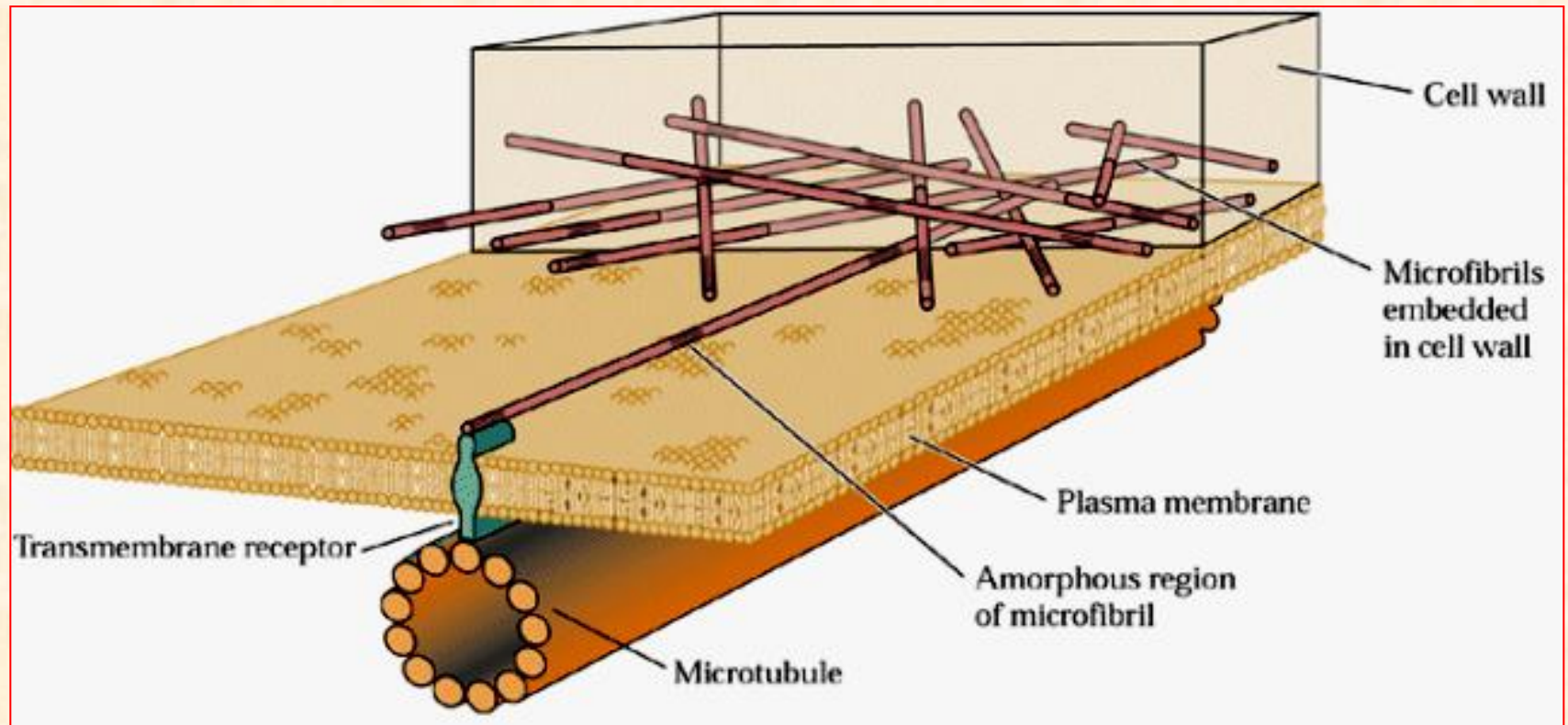
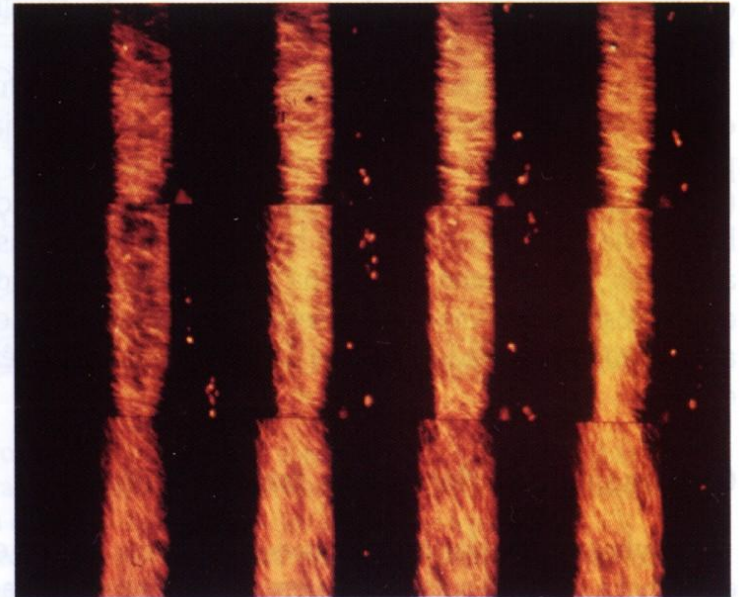


Figure 5.37

Schematic view of how mechanical information may be sensed at the plasma membrane.

FIGURA 22.8 Reorientação dos microtúbulos, de transversal para vertical, em células epidérmicas do caule de ervilha, em resposta ao ferimento. Uma célula viva da epiderme foi microinjetada com rodamina conjugada a tubulina, que foi incorporada aos microtúbulos da planta. Uma série de tempos de aproximadamente seis minutos de intervalo mostra os microtúbulos corticais sendo reorientados de uma rede transversal para oblíqua/longitudinal. A reorientação parece envolver o surgimento de um novo conjunto “discordante” de microtúbulos em uma nova direção, concomitantemente com o desaparecimento de microtúbulos do alinhamento anterior (Yuan e cols., 1994, fotografia cedida por C. Lloyd).



Organização do fuso mitótico

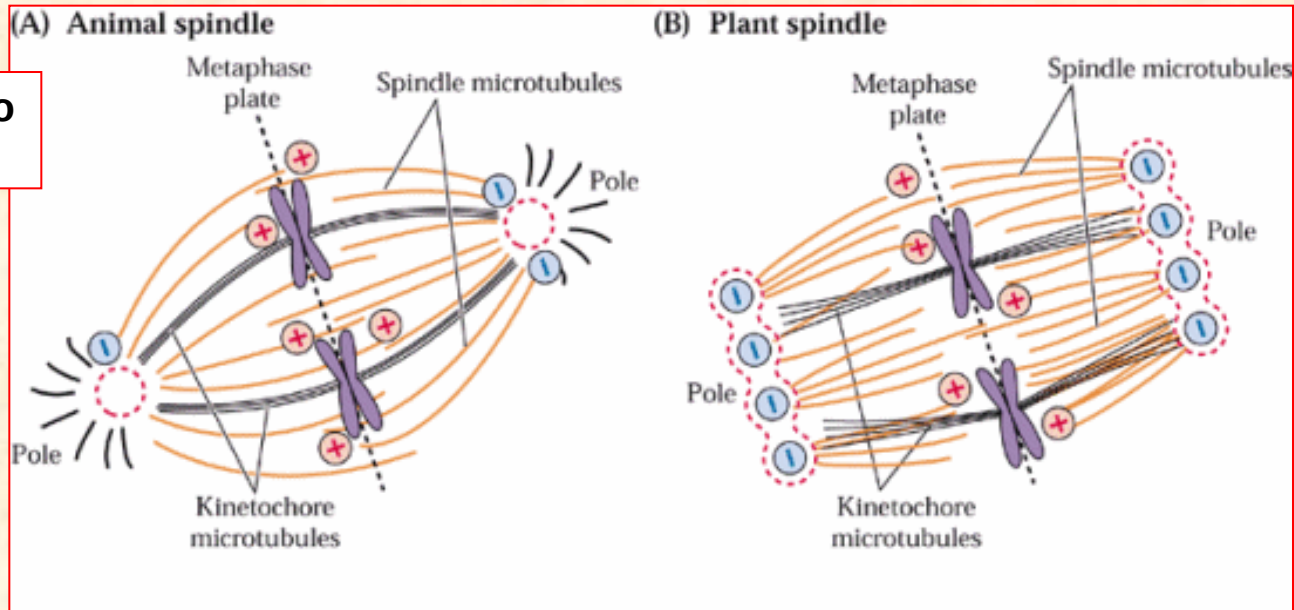
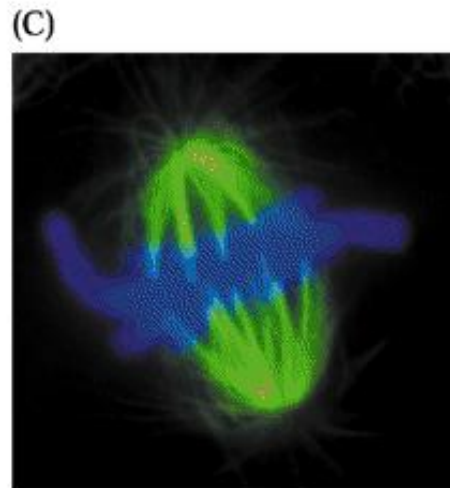
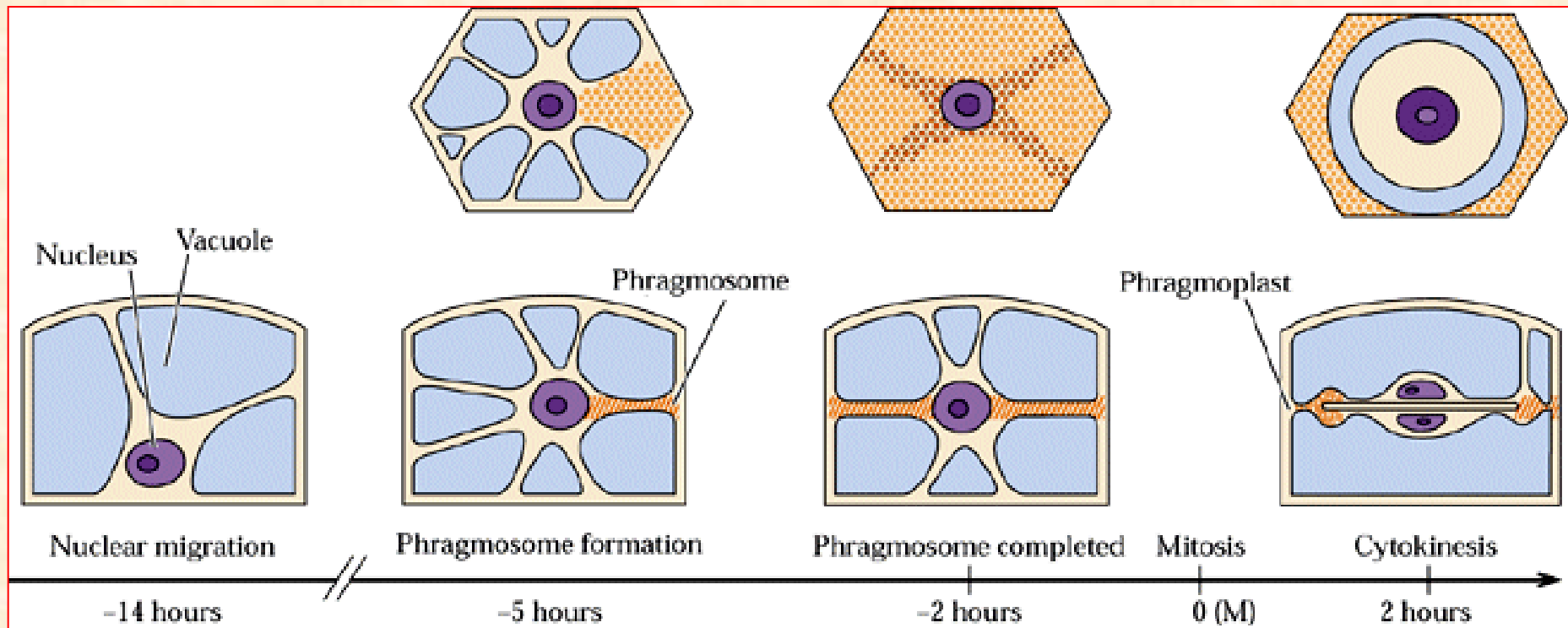


Figure 5.39

(A, B) Schematic comparison of the organization of the mitotic spindle in cells of animals and plants. (C) Fluorescence micrograph of a metaphase spindle from a vertebrate tissue culture cell. (D) Light micrograph of a region of the metaphase spindle of an endosperm cell from *Haemanthus katherinii*.





Formação do Fragma-plasto em Células Vegetais

O **fragma-plasto** serve como uma estrutura para a montagem da placa celular, que será precursora da parede celular, que separa as duas células filhas.

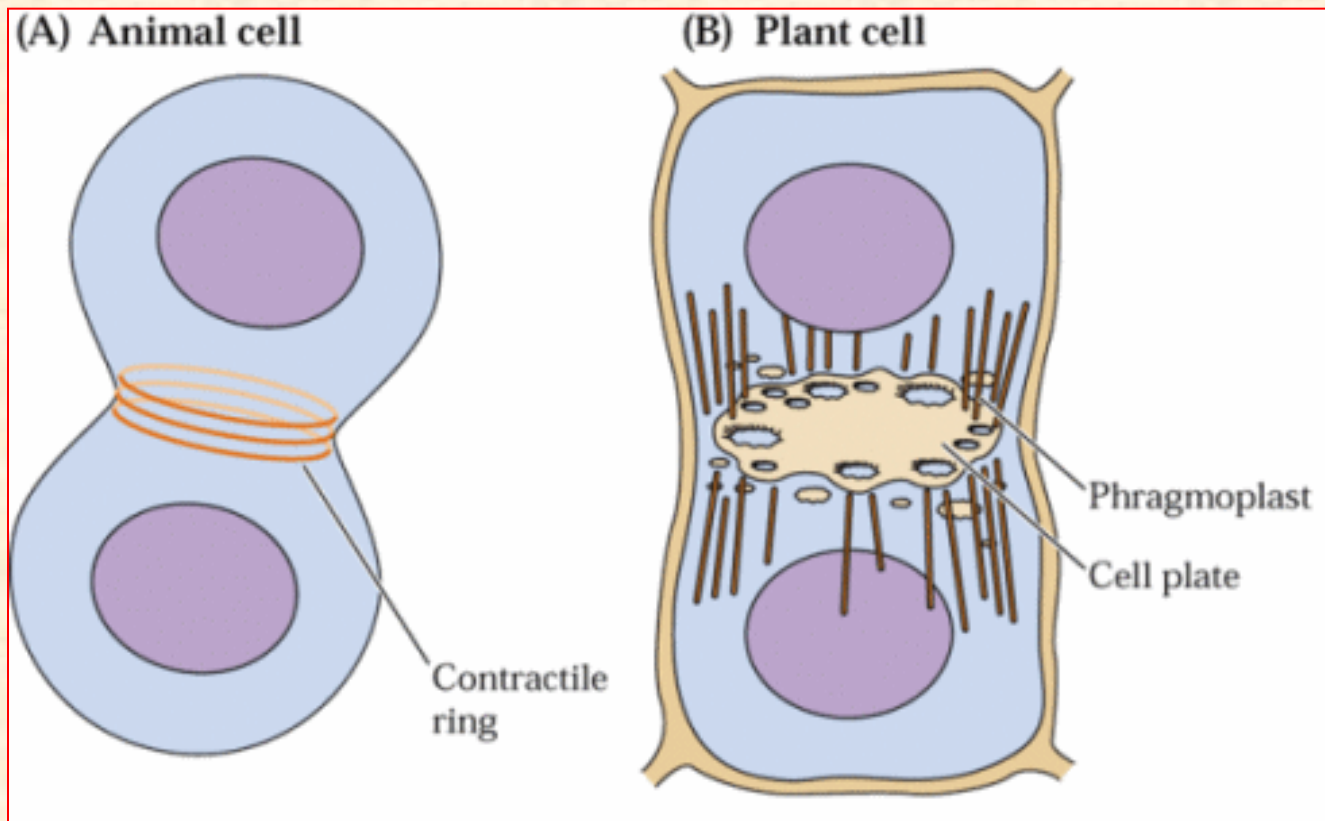
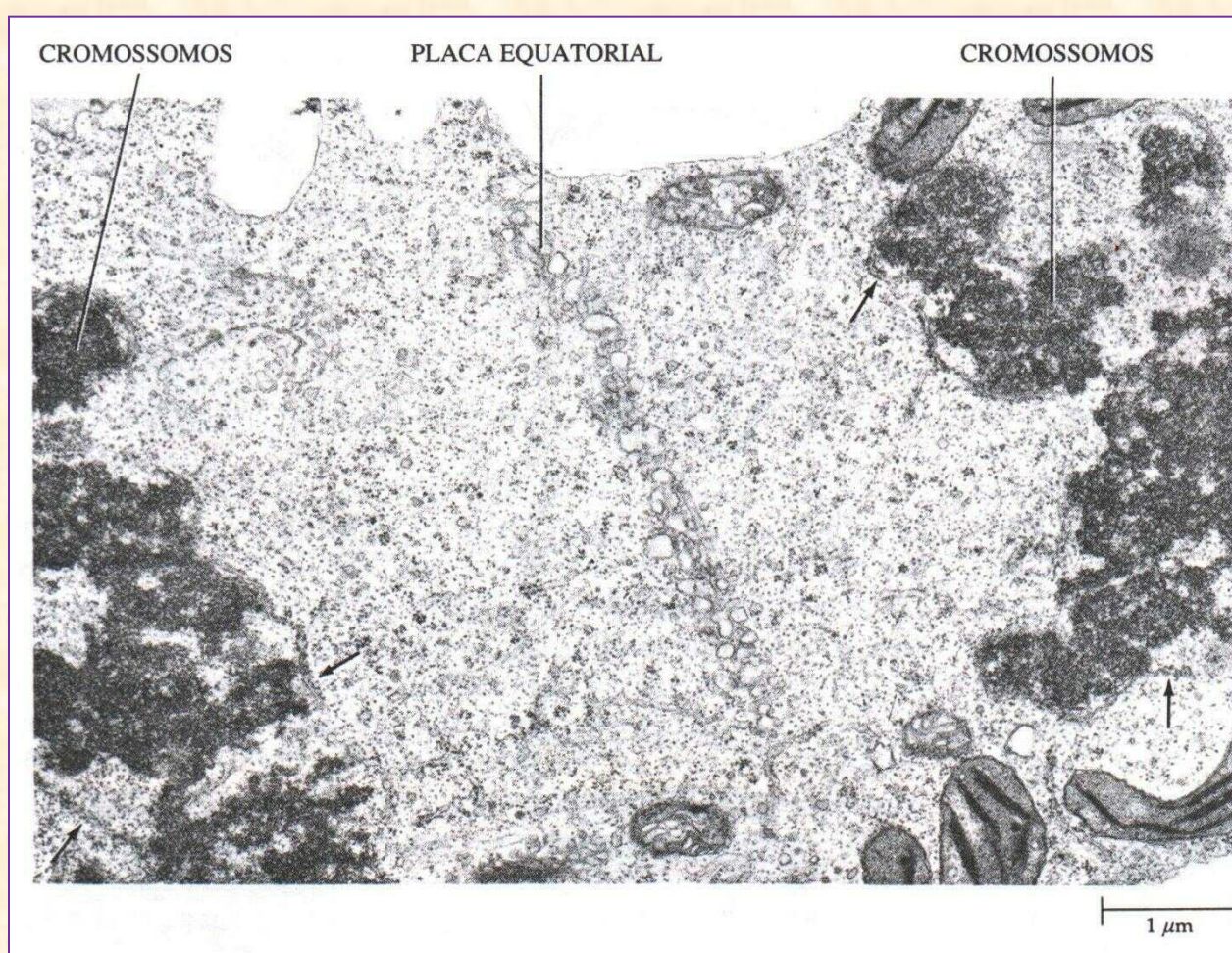


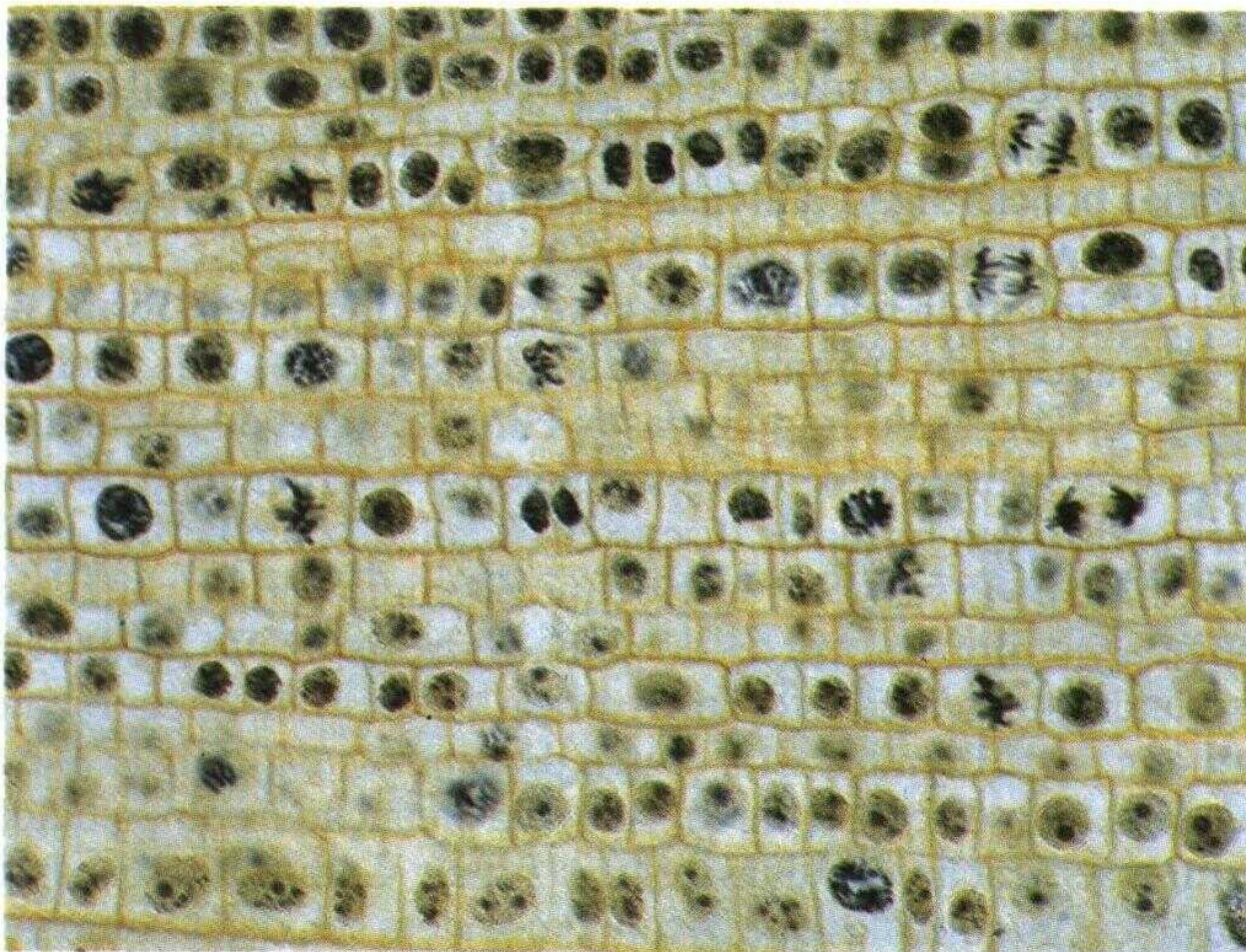
Figure 5.55

Comparison of cytokinesis in animal and plant cells.



2.38

Nas células vegetais, a separação dos cromossomos filhos é seguida pela formação da placa equatorial, que determina a separação das células em divisão. Aqui, podemos observar diversas vesículas do complexo de Golgi se fundindo no início da formação da placa equatorial. Os dois conjuntos de cromossomos de cada lado da placa equatorial em formação estão na telófase. As setas indicam alguns fragmentos do envelope nuclear que está se reorganizando ao redor dos cromossomos.



25 μm

2.35

*Fotomicrografia de células da ponta da raiz de cebola (*Allium cepa*) se dividindo. Ao comparar estas células com as fases da mitose ilustradas nas Figs. 2.33 e 2.34, você deveria ser capaz de identificar as fases da mitose mostradas nesta fotomicrografia.*

CITOLOGIA

ULTRA ESTRUTURA DA CÉLULA

CENTRÍOLOS

CARACTERÍSTICAS

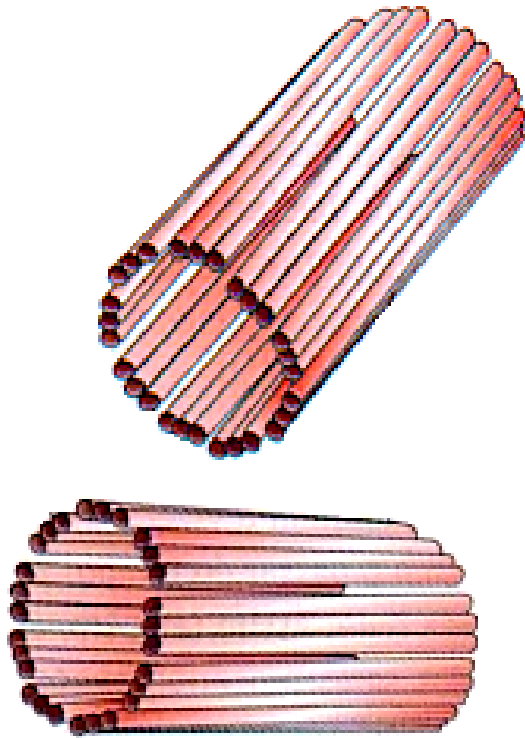
2 cilindros ocos (diplossomo)

Formados por 9 feixes de 3 microtúbulos proteicos

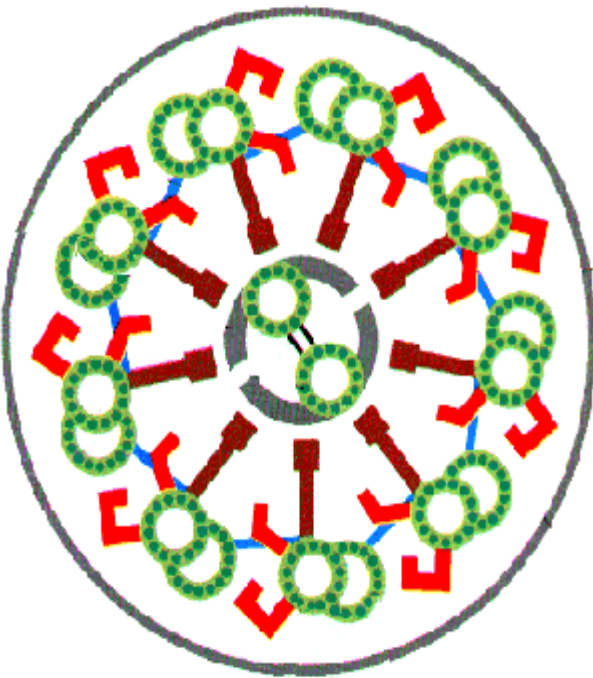
Possui DNA próprio

Ausente em vegetais superiores

Função:- Formação de cílios e flagelos
- orientação das fibras do fuso



CÍLIOS E FLAGELOS



CITOLOGIA

ULTRA ESTRUTURA DA CÉLULA

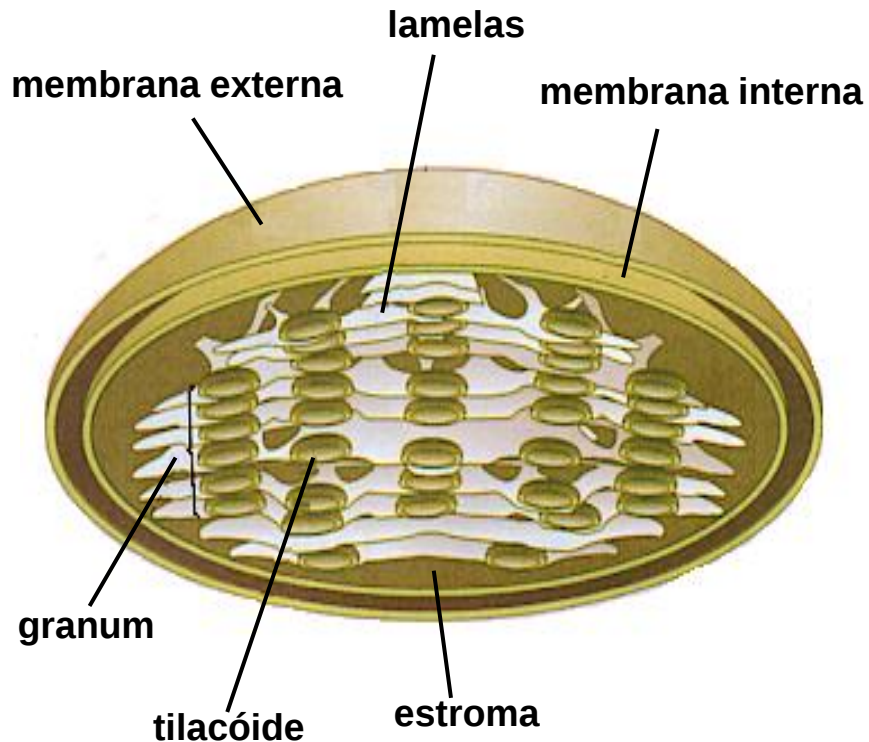
PLASTÍDEOS

CARACTERÍSTICAS

Possuem DNA e ribossomos

Função: armazenamento de substâncias de reserva e pigmentos

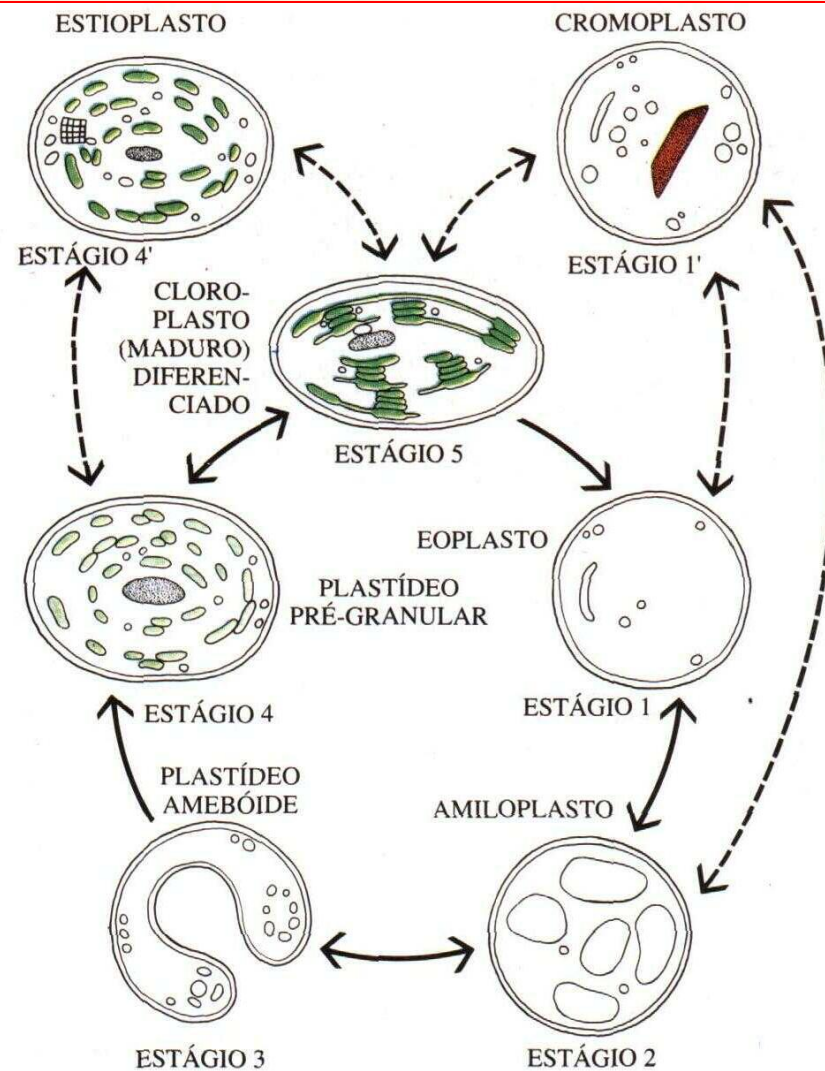
Os cloroplastos são os principais responsáveis pela fotossíntese.



CITOLOGIA

Plastídeos

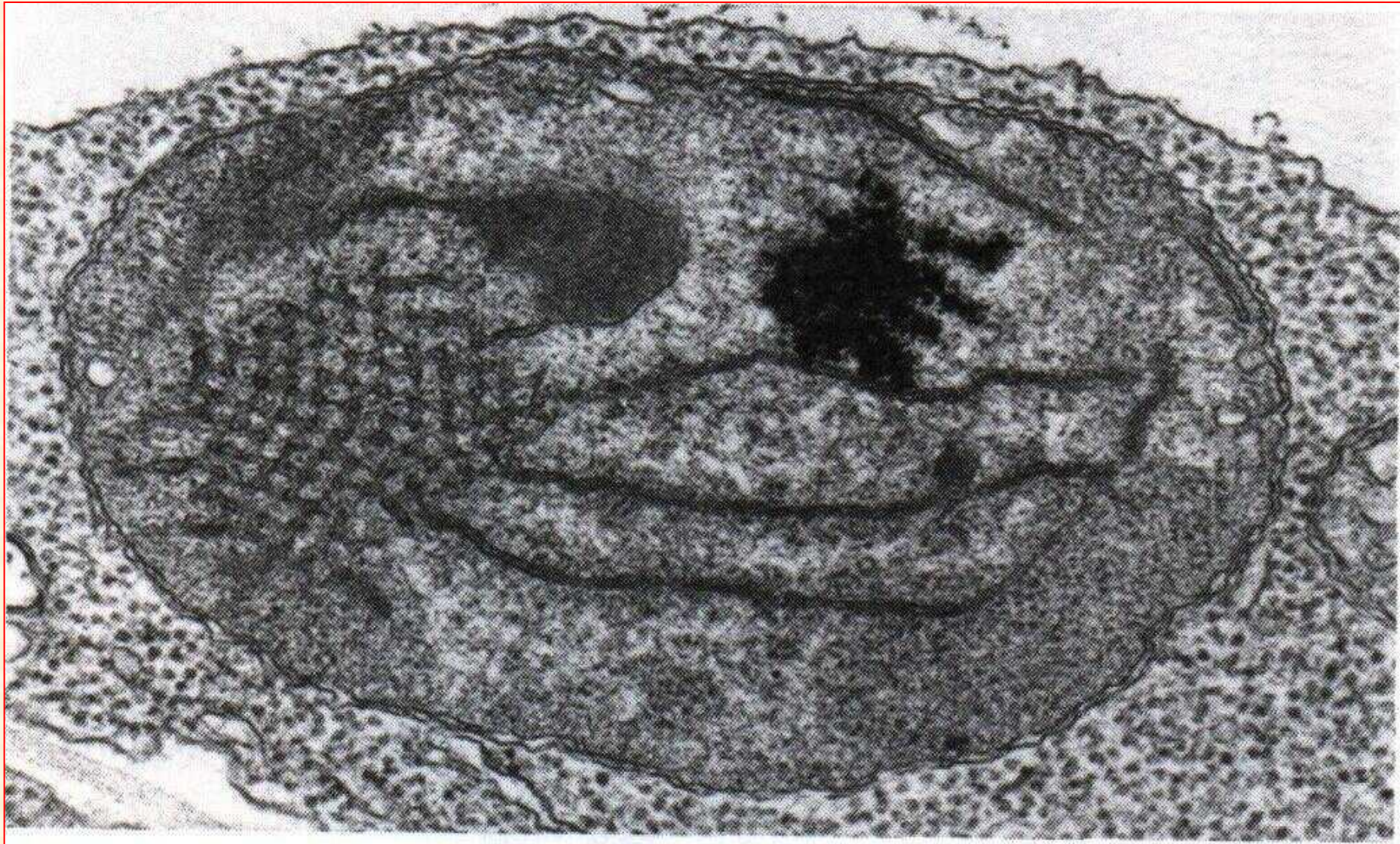
	Variedade	Pigmento	Função
Cromoplastos	Cloroplastos Xantoplastos Eritroplastos Feoplastos	Verde Amarelo Vermelho Pardo	Fotossíntese Pigmentação Pigmentação Pigmentação
Leucoplastos	Proteoplastos Oleoplastos Amiloplastos	Ausente Ausente Ausente	Acúmulo de proteínas Acúmulo de óleos Acúmulo de amido



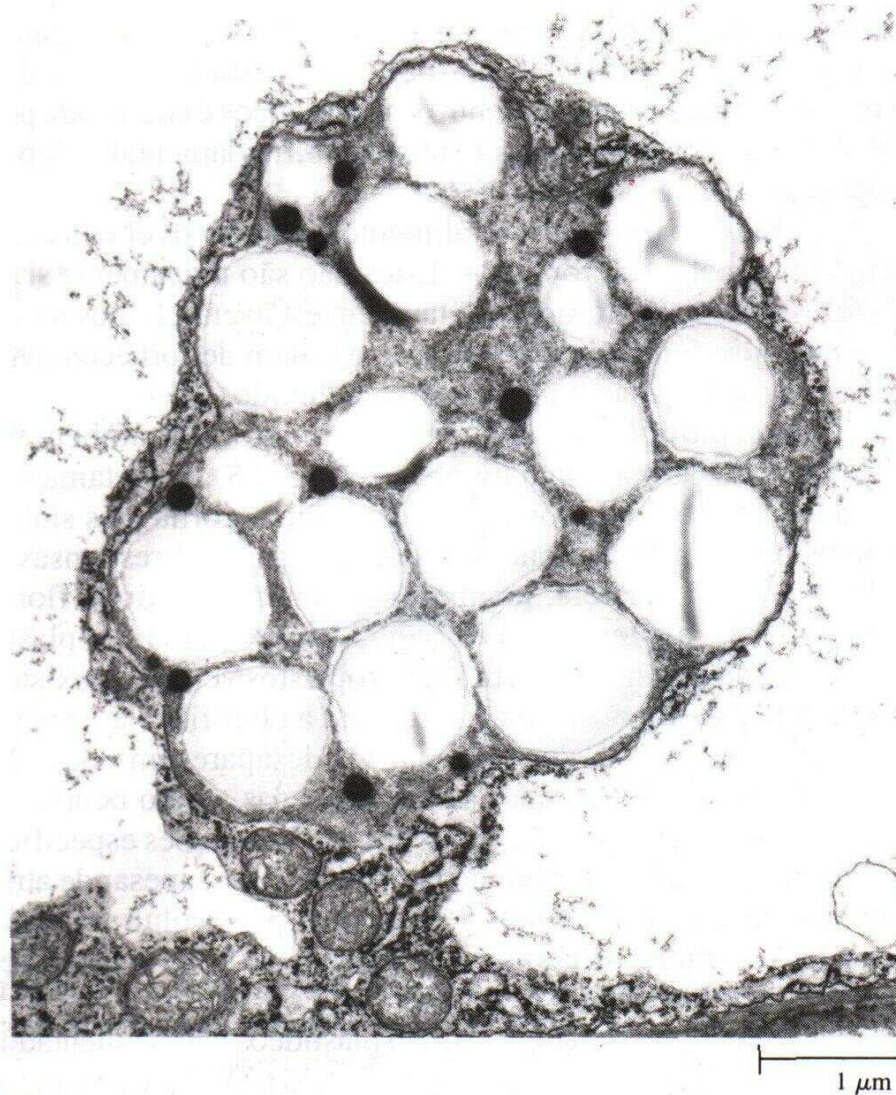
2.11

O ciclo do desenvolvimento de um plastídeo segundo J.M. Whatley. Os estágios 1-3: Eoplastos (eo-, "cedo"), amiloplasto e amebóide podem ser agrupados juntos como os estágios de proplastídeos não-verdes. Estágio 4: O plastídeo pré-granular pode ser ou não verde. Na ausência de luz, este estágio pré-granular pode ser representado por um estioplasto (estágio 4'). Como indicado, os cromoplastos (estágio 1') podem ser formados por diversos tipos de plastídeos.

Etioplasto de folhas de *N. tabacum*

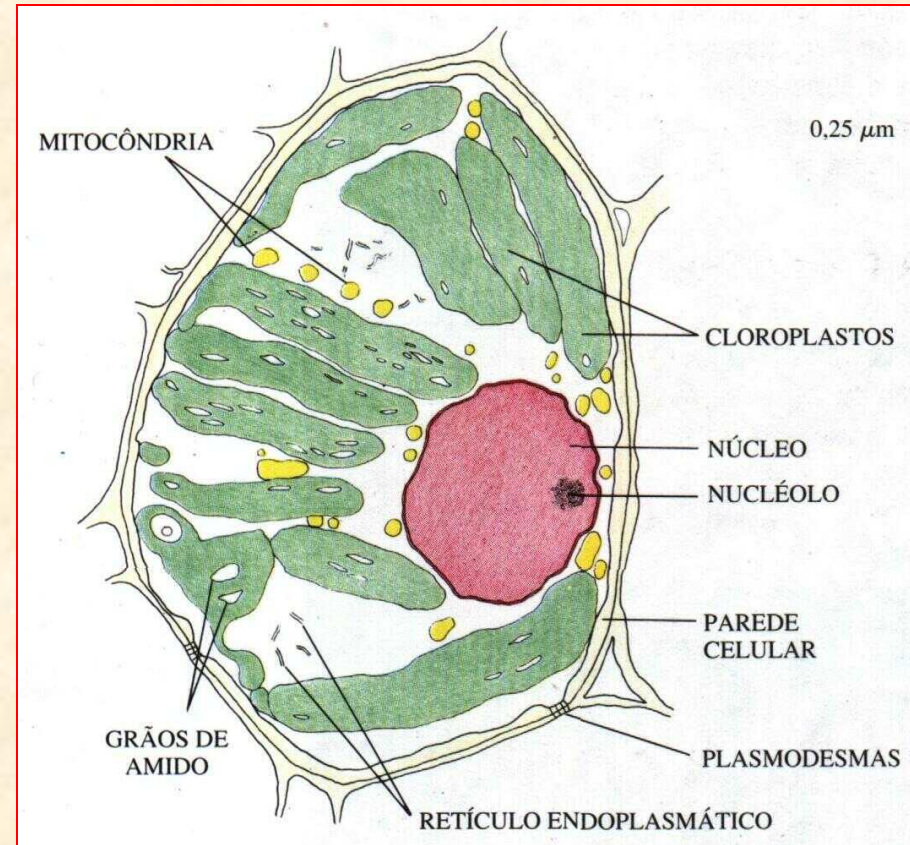


0,25 μm

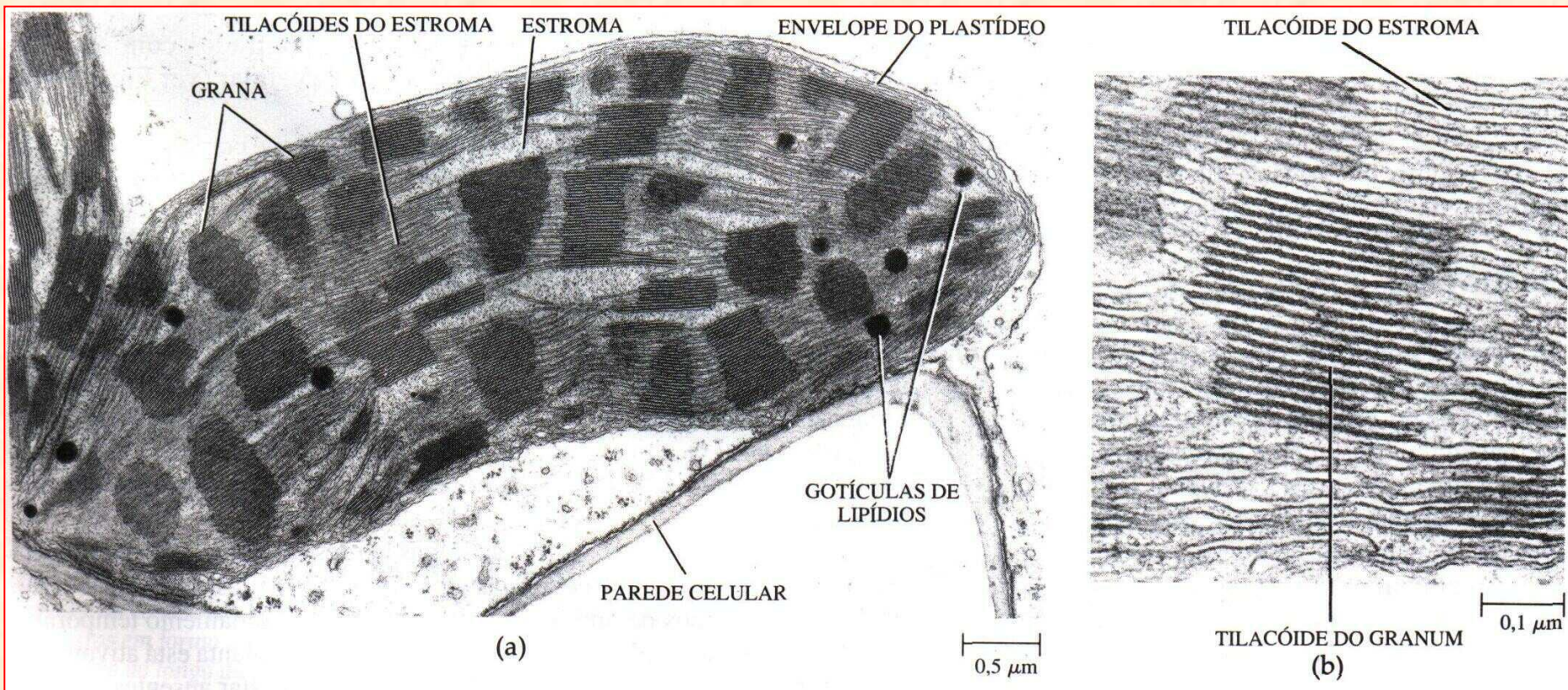


2.10

Os amiloplastos do saco embrionário de soja (Glycine max). As estruturas arredondadas e claras são os grãos de amido. As estruturas menores e mais densas são gotículas de lipídios.



Esta célula, em particular, é uma célula da bainha da folha de uma planta de milho (*Zea mays*). O núcleo — local da informação genética celular — pode ser visto no centro à direita. Um único e bem definido nucléolo é visível no interior do núcleo. Vários cloroplastos (organelas envolvidas na fotossíntese) e mitocôndrias (organelas envolvidas na conversão de alimento em energia utilizável) podem também ser vistos nesta célula. Alguns dos cloroplastos contêm grãos ovais de amido que têm aparência clara.

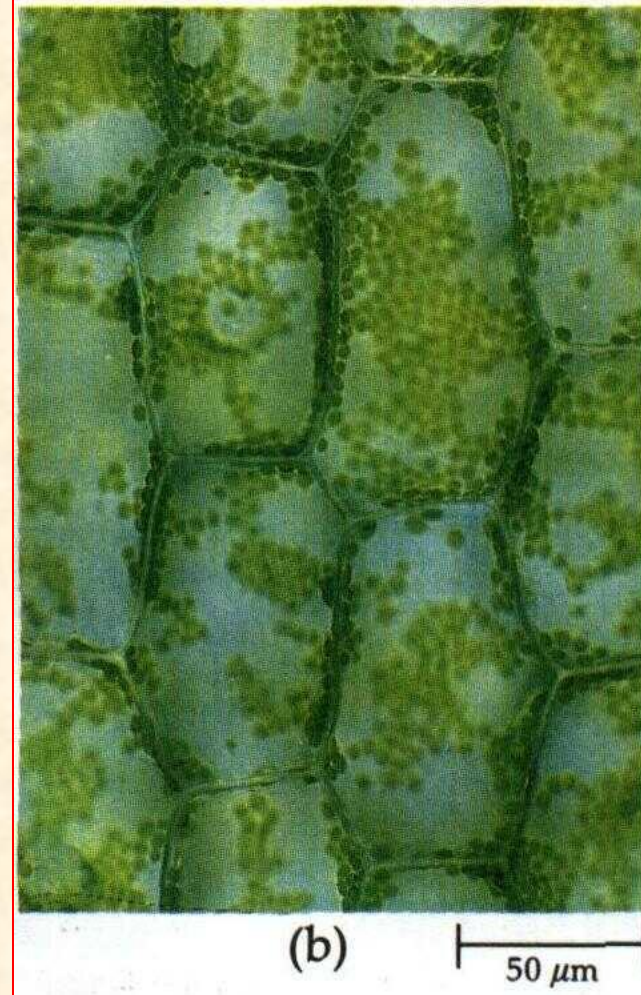


2.7

(a) Um cloroplasto de uma folha de milho (*Zea mays*). (b) Detalhe mostrando os grana compostos de pilhas de discos de tilacóides. Os tilacóides de vários grana são interconectados por outros tilacóides, normalmente chamados de tilacóides do estroma.



(a)



(b)

50 μm

2.4

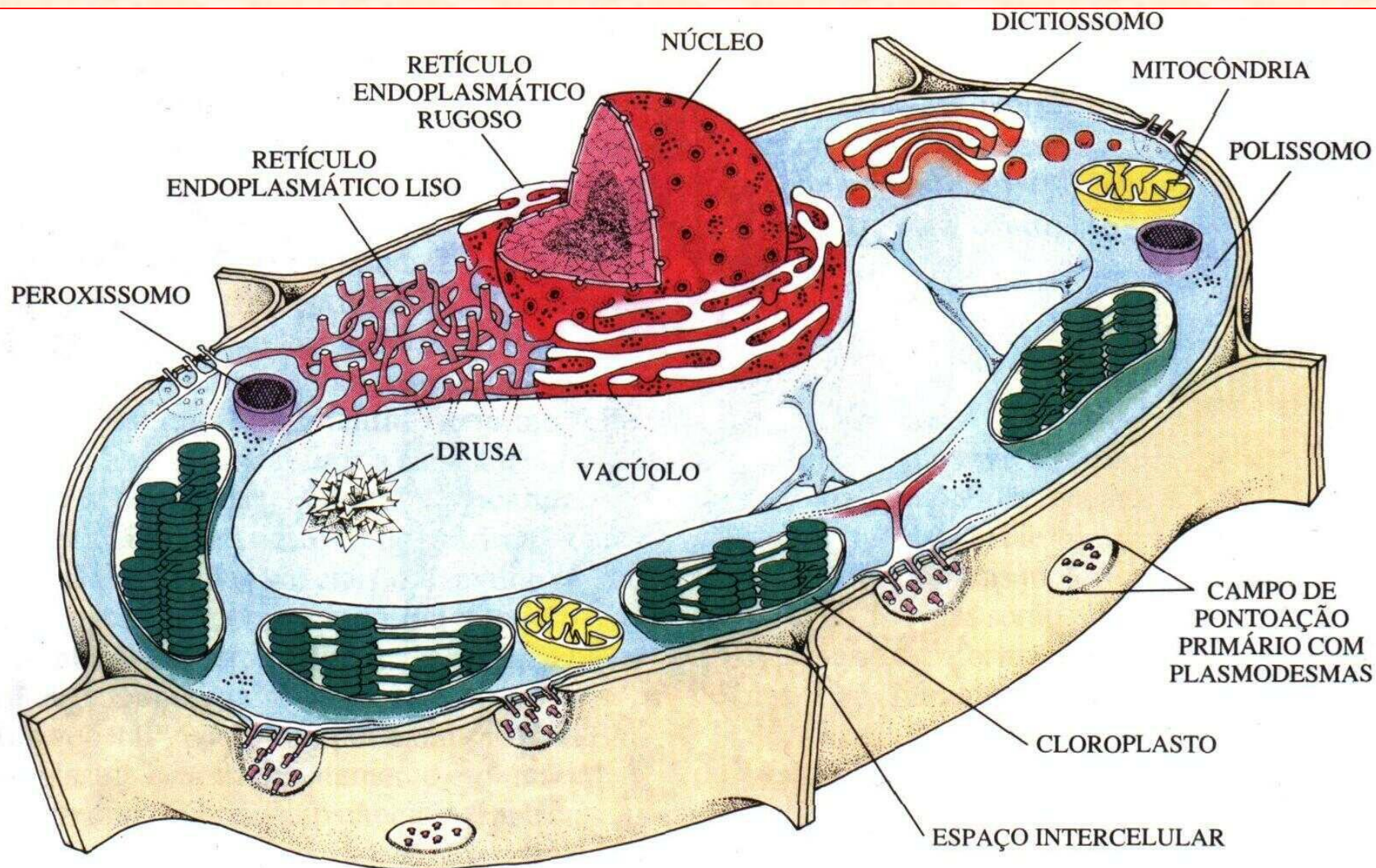
Uma célula de Elodea em dois planos de foco. (a) Foco na superfície superior da célula. (b) Foco no meio da célula. As numerosas estruturas em forma de disco são cloroplastos localizados no citoplasma ao longo da parede. Na vista superficial (a), os cloroplastos em forma de disco parecem circulares de perfil. Em (b) os cloroplastos têm superfícies mais largas em frente da parede e aparecem mais alongados. Note em (b) a ausência de cloroplastos no centro da célula, isto é, no interior do vacúolo.

Quadro 2.1 Inventário dos componentes da célula vegetal

Parede Celular	Lamela Média Parede primária Parede secundária Plasmodesmas	
Protoplasto	Núcleo	Envelope nuclear Nucleoplasma Cromatina Nucléolo
	Citoplasma	Substância funda- mental Organelas deli- mitadas por duas membranas: Plastídeos Mitocôndria Organelas deli- mitadas por uma membrana: Microcorpúsculos Vacúolos (tonoplasto) Sistema de endomembranas Retículo endoplas- mático Dictiossomos Vesículas Membrana plasmática Citoesqueleto Microtúbulos Filamentos de actina Ribossomos
Substâncias Ergásticas*	Cristais Antocianinas Grãos de amido Taninos Gorduras, óleos e ceras Corpos protéicos	

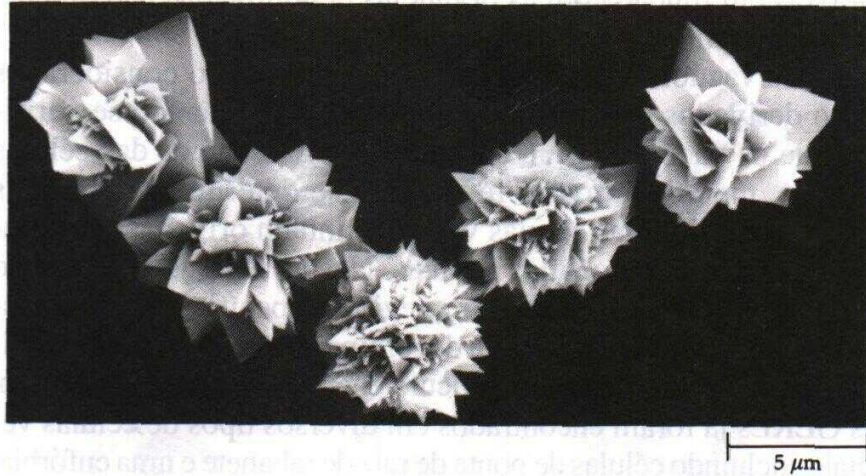
* Podem ser encontradas na parede celular, substância fundamental e/ou organelas.

Substâncias Ergásticas: Produtos do metabolismo celular. Podem ser material de reserva ou produtos descartados pelo metabolismo da célula. Encontradas na parede celular e nos vacúolos, além de outros componentes protoplasmáticos. As mais conhecidas são: amido, celulose, corpos de proteína, lipídios, cristais de oxalato de cálcio (drusas, ráfides, etc.), cristais de carbonato de cálcio (cistólitos) e de sílica (estruturas retangulares, cônicas, etc.)



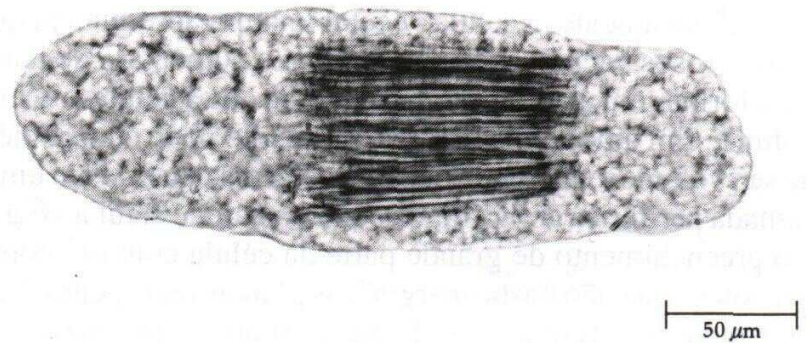
2.6

Um diagrama tridimensional de uma célula vegetal contendo cloroplastos. Tipicamente, cloroplastos em forma discóide são localizados com sua superfície maior em frente à superfície da parede. O centro desta célula é ocupado por um vacúolo (envolvido por um tonoplasto) e contém uma drusa (um agregado de cristais). Nesta célula, o núcleo situa-se no citoplasma ao longo da parede, embora em algumas células ele possa aparecer suspenso por colunas de citoplasma no centro do vacúolo, envolto por uma fina camada de citoplasma.



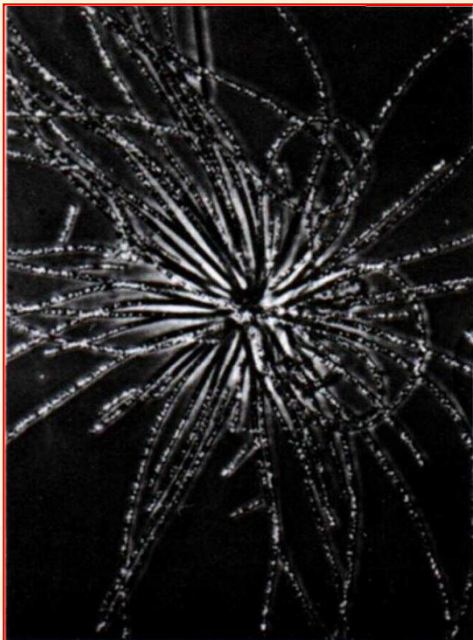
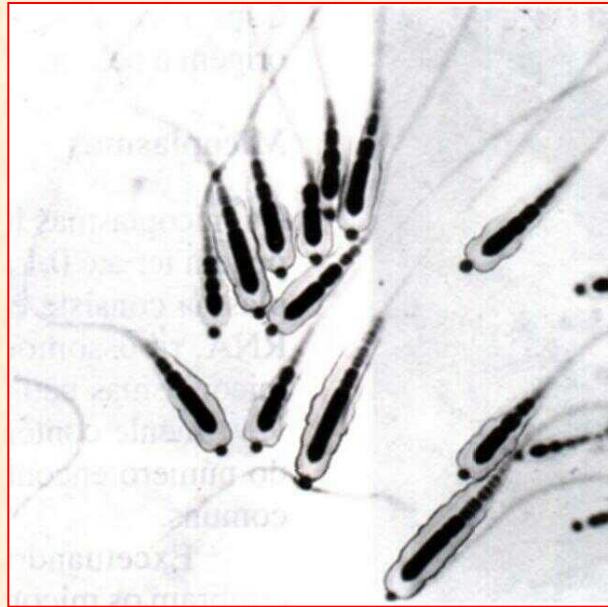
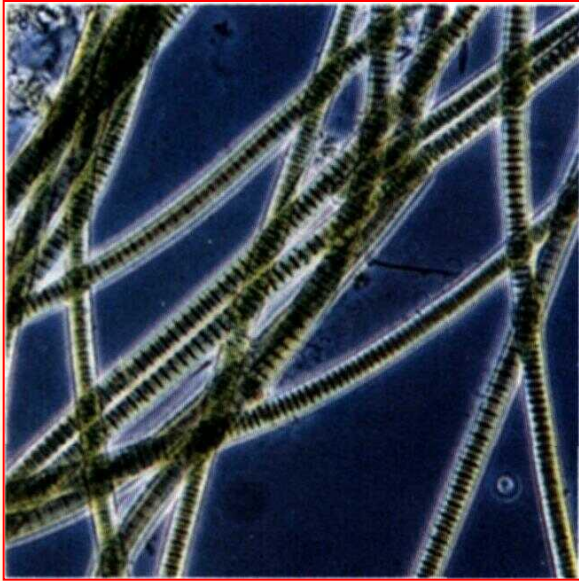
2.15

*Drusas são agregados de cristais formados por oxalato de cálcio; estes podem ser vistos aqui através de um microscópio eletrônico de varredura em células epidérmicas de cotilédone de *Cercis canadensis*.*



2.16

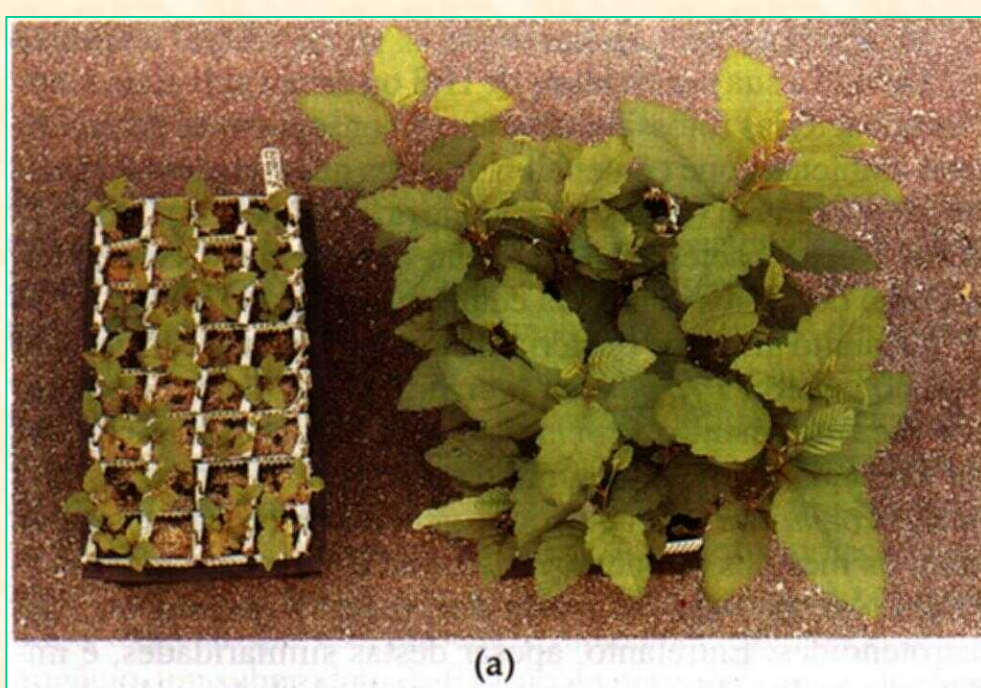
*Um feixe de ráfides — estruturas em forma de agulhas de oxalato de cálcio — dentro do vacúolo de uma folha de *Sansevieria*. O tonoplasto não pode ser discriminado nesta fotomicrografia. As substâncias granulares ao redor dos cristais são o citoplasma.*



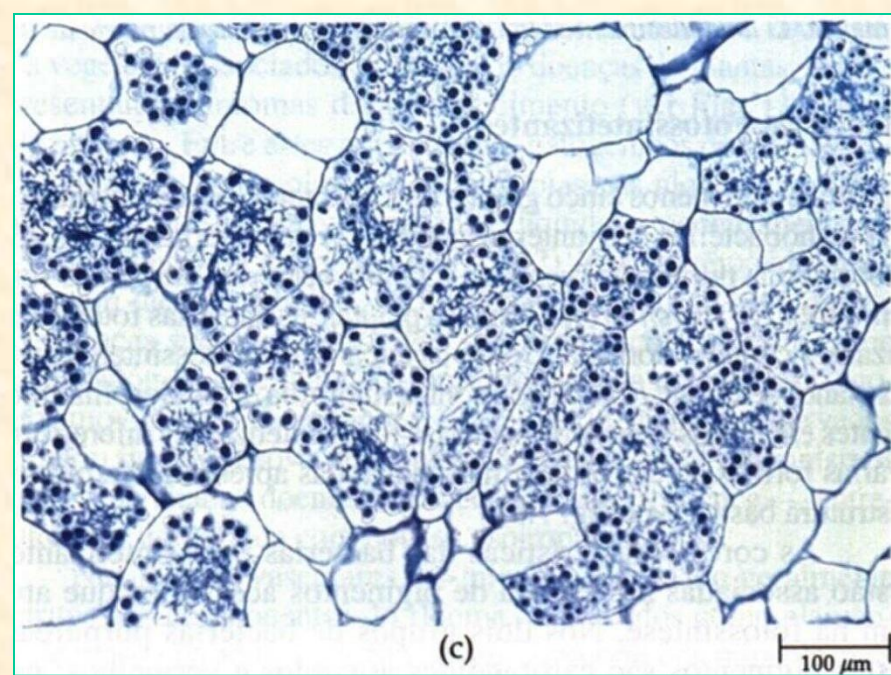
11.10

Três gêneros comuns de cianobactérias (a, b, c) e uma forma relacionada (d). (a) *Oscillatoria*, na qual a única maneira de reprodução é através da fragmentação do filamento. (b) *Calothrix*, uma forma filamentosa, com heterocisto basal (ver anteriormente). *Calothrix* é capaz de formar acinetos — células aumentadas que desenvolvem um envelope externo resistente — logo acima dos heterocistos. (c) Uma “bola” gelatinosa de *Nostoc commune*, contendo numerosos filamentos. Estas cianobactérias ocorrem freqüentemente em ambientes de água doce. (d) *Thiothrix*, gênero que não possui clorofila, mas é aparentemente bastante similar às cianobactérias. *Thiothrix* obtém energia pela oxidação de H_2S . As cadeias de células, cada uma armazenando partículas de enxofre, são ligadas ao substrato pela base (na parte central da micrografia), formando assim uma roseta característica.

As Cianobactérias



(a)



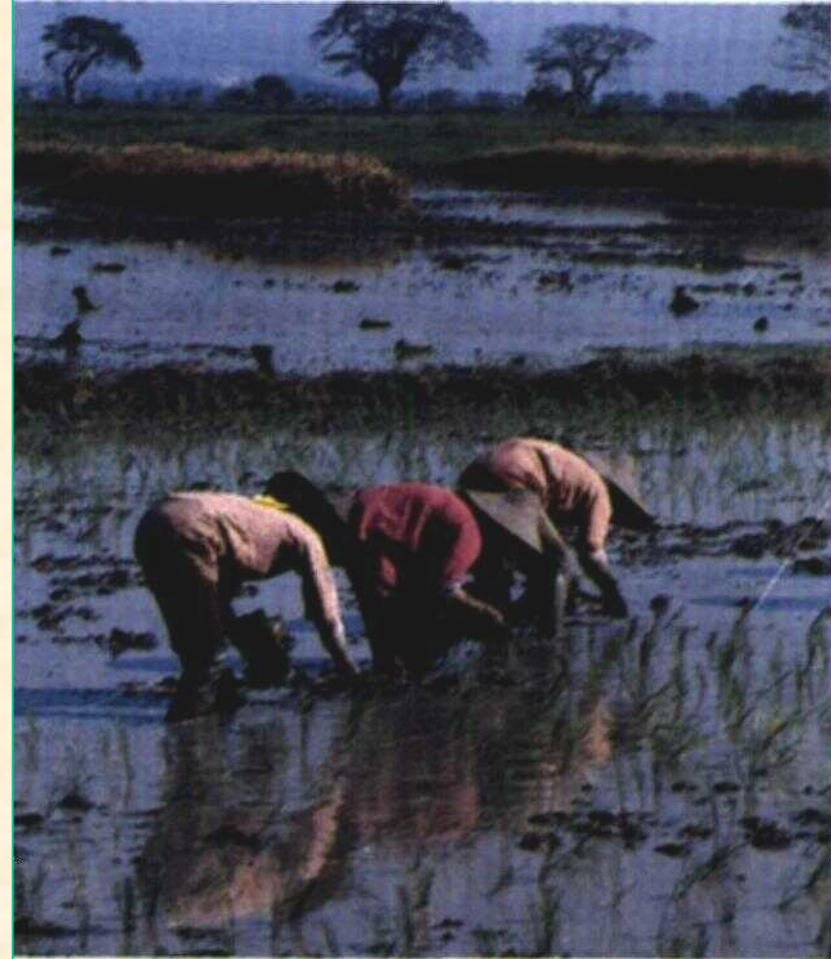
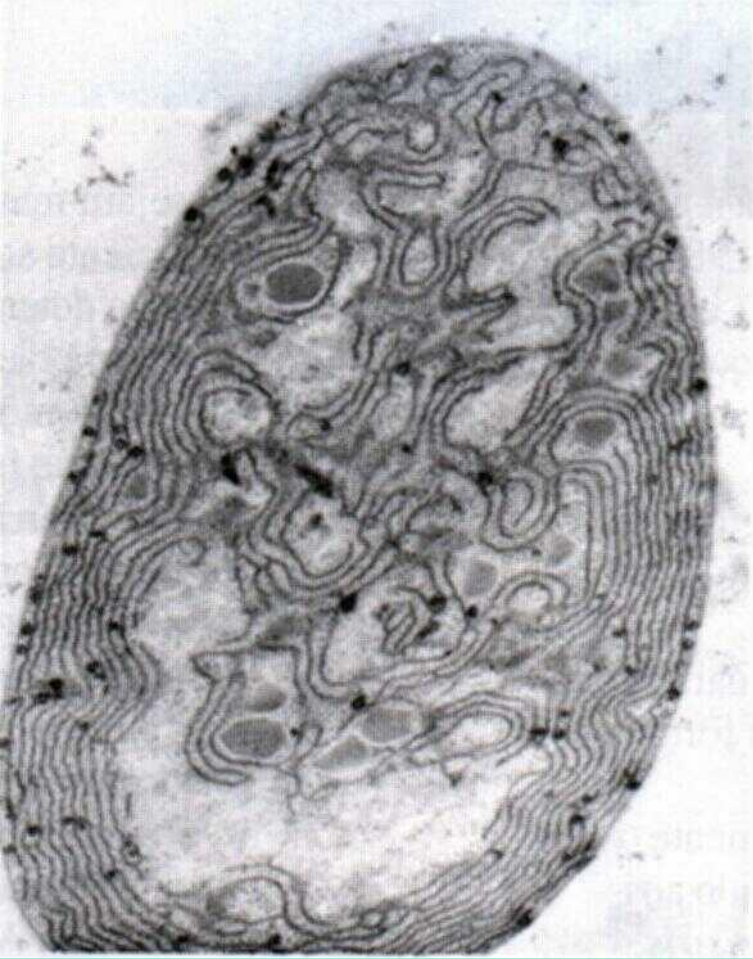
(c)



(b)

11.15

*Amieiros que mantêm relação simbiótica com um actinomiceto do gênero Frankia, que fixa nitrogênio. Três aspectos da relação são mostrados nas figuras, todos envolvendo amieiro vermelho (red alder), *Alnus rubra*, como estudado por John Torrey e seus colaboradores, nas florestas de Harvard, em Massachusetts. (a) plântulas de amieiro crescendo em diferentes misturas de solo, após inoculação com Frankia. As plântulas à esquerda não foram inoculadas e não apresentavam nódulos; aquelas à direita foram inoculadas e formaram muitos nódulos. (b) Nódulos em raiz de amieiro. (c) Micrografia de uma secção de nódulo de raiz, corada por azul de toluidina, mostrando células corticais repletas de Frankia. As bactérias preenchem o centro das células infectadas, e as extremidades dos filamentos, chamadas vesículas, preenchem a periferia. As vesículas são o provável sítio da enzima fixadora de nitrogênio, a nitrogenase.*



11.16

(a) Uma célula da cianobactéria *Anabaena azollae*, mostrando as características mais importantes visíveis ao microscópio eletrônico. A bainha gelatinosa desta célula foi destruída pela técnica de preparação do espécime. Este organismo está associado com a samambaia aquática comum, *Azolla*, e é responsável pela fixação do nitrogênio nestas plantas (ver Fig. 10.3a e Cap. 27). (b) Mulheres plantando arroz em um campo em Perak, na Malásia. No sudeste da Ásia, o arroz pode ser cultivado no mesmo solo, continuamente, sem adição de fertilizantes, devido à presença de *Anabaena azollae*, que se desenvolve nos tecidos de *Azolla*, samambaia que cresce nos campos de arroz.



11.25

Tulipas variegadas de Rembrandt. A variegação é causada por uma infecção viral transmitida diretamente de planta a planta.

Agradecimentos:
Citologia EJA: Por FranciscaAto