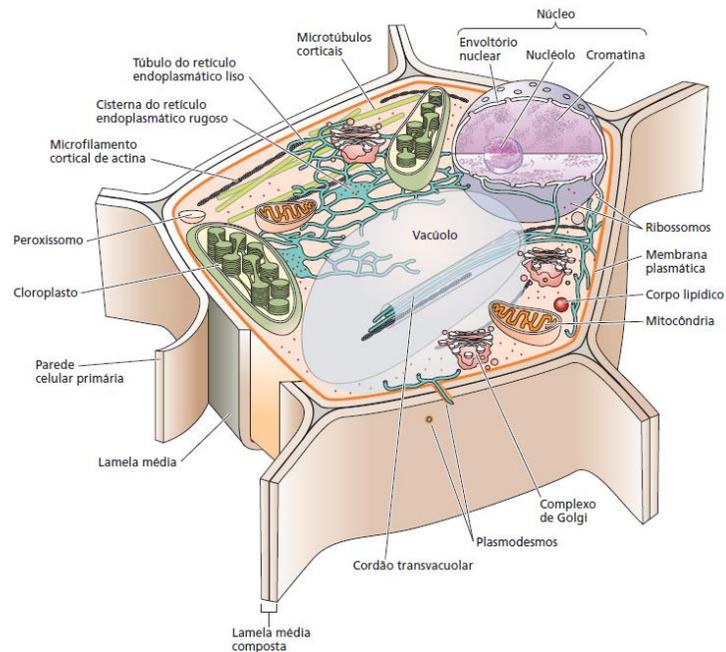


LGN0114 – Biologia Celular

Sistemas de Endomembranas e Parede Celular



Aula 7

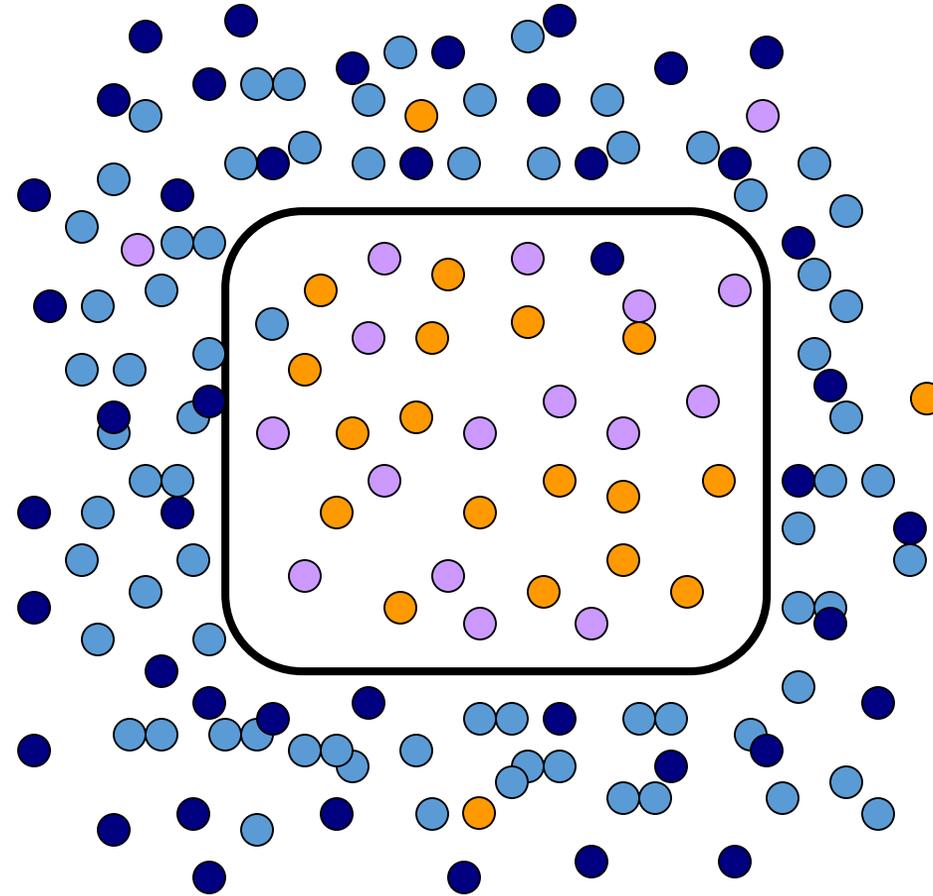
Antonio Figueira

figueira@cena.usp.br

O que delimita uma célula?

Toda célula é delimitada por uma membrana plasmática, com uma estrutura **altamente conservada entre os seres vivos**

Membrana Plasmática



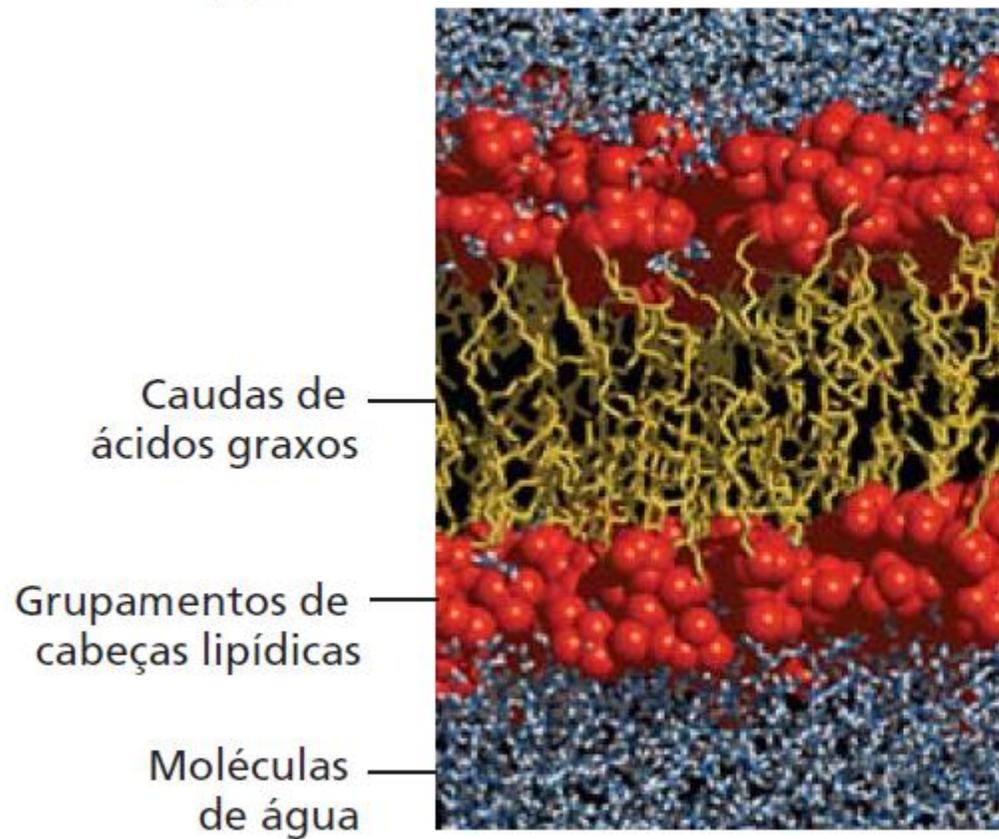
Permeabilidade
Seletiva

Membrana Plasmática

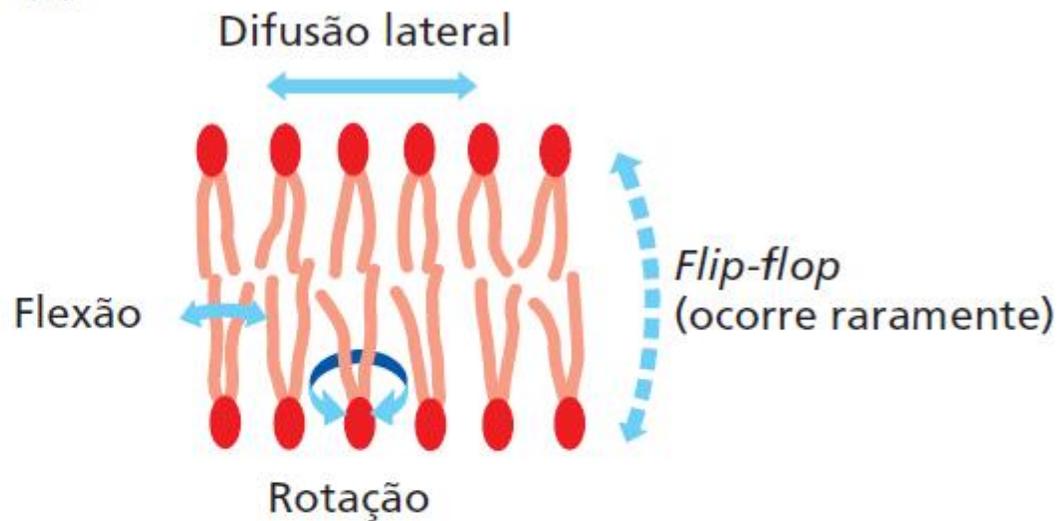
- **Membrana plasmática = recipiente celular**
- Filme gorduroso ultrafino - não visível ao MO
- Camada lipídica de 5 nm (\sim 50 átomos de espessura)
- Barreira de separação
- **Permeabilidade controlada!**
 - Canais e bombas - importação e exportação
 - Sensores externos
- **Membrana de organelas - propriedades similares!**
- **Eucariotos – sistema de endomembranas**

Bicamada fosfolipídica

(A)



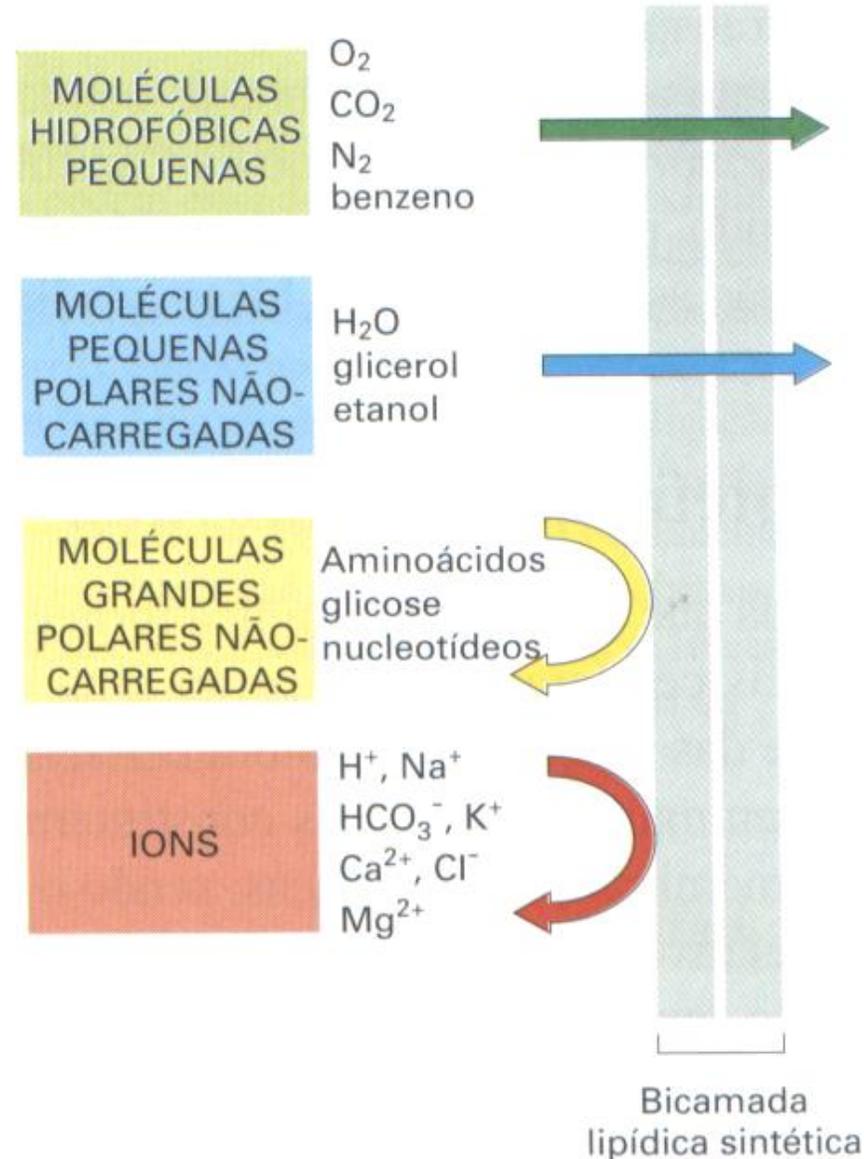
(B)



Permeabilidade Seletiva

- **hidrofobia** - impede passagem de moléculas hidrofílicas
- taxa de difusão depende: **tamanho e polaridade**
 - quanto < tamanho - > taxa de difusão
 - quanto > hidrofóbica - > taxa de difusão
- 1. **moléculas apolares pequenas**
 - ex. O₂, CO₂, ..
- 2. **moléculas polares não carregadas**
 - ex. H₂O, etanol, glicerol
- 3. **moléculas grandes não carregadas e íons**
 - ex. AA, PTNs, glicose, dNTPs, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Cl⁻

Permeabilidade relativa da membrana

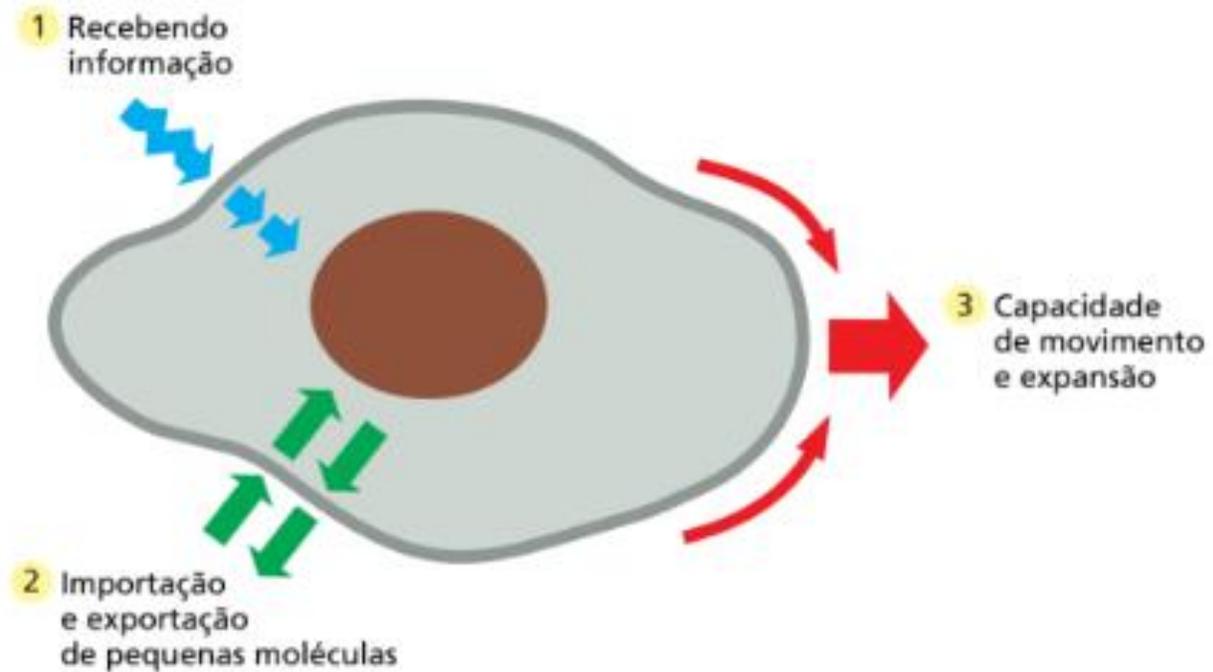


Transporte através de membranas

Transporte passivo

1. **Difusão simples:** pequenas moléculas apolares (O_2 , CO_2 e outras)
2. **Osmose: ÁGUA** (difusão de água através da membrana)
 - movimento a favor de um gradiente de concentração
 - não requer proteínas de transporte
 - não requer gasto de energia
3. **Difusão facilitada:** íons e moléculas polares
(proteínas carregadoras ou proteínas de canal)
 - movimento a favor de um gradiente de concentração
 - requer proteínas de transporte
 - não requer gasto de energia

Algumas funções da membrana plasmática



Funções da membrana plasmática

- Barreira de proteção
- Transporte de substâncias → regula o transporte de substâncias para dentro e para fora da célula
- Reconhecimento celular
- Sítios de adesão
- Respiração
- Inserção do flagelo
- Ancora os filamentos do citoesqueleto
- Sítio de ligação de enzimas

Membrana Plasmática

Membranas compostas de lipídeos e proteínas

Estrutura geral comum

- **Lipídeos** - formam bicamada lipídica
estrutura básica e barreira de permeabilidade
- **Proteínas** - mosaico
transportadores, canais, bombas, enzimas, receptores, ..

Bicamada Lipídica

Lipídeos: moléculas anfipáticas

cabeça hidrofílica + cauda hidrofóbica

Mais abundantes = fosfolipídeos

- fosfatidilcolina, esteróides (colesterol),...

Hidrofílica - polar - solúvel em água

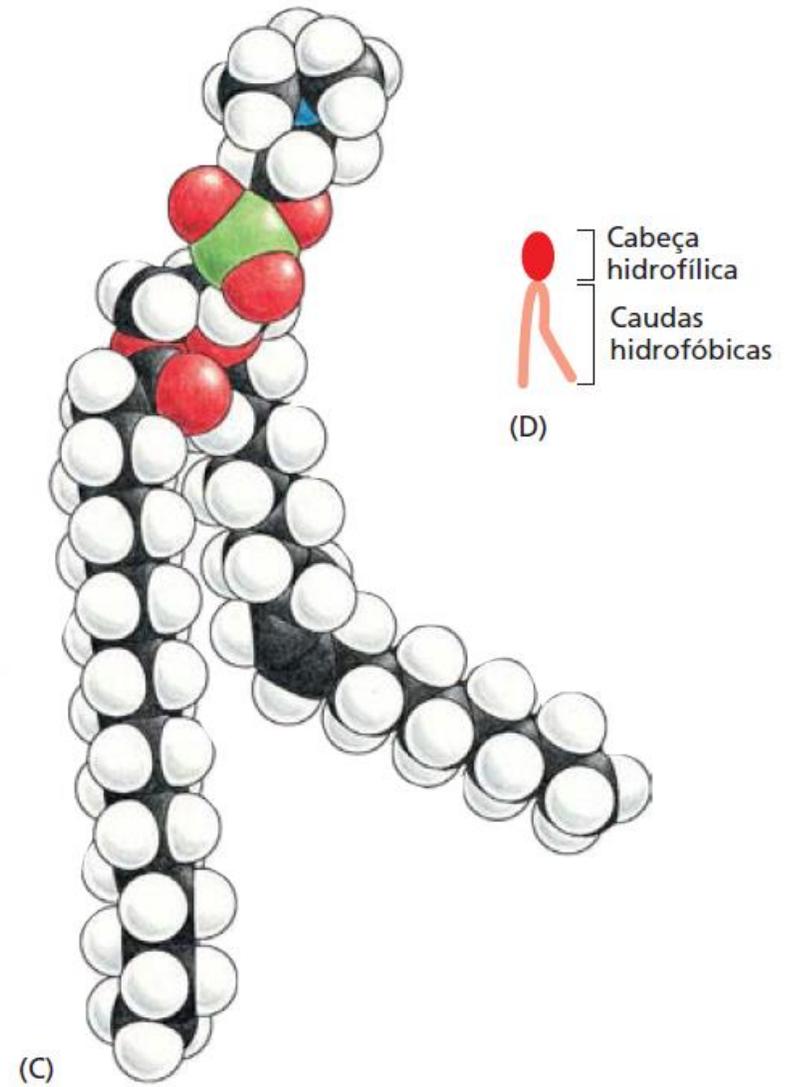
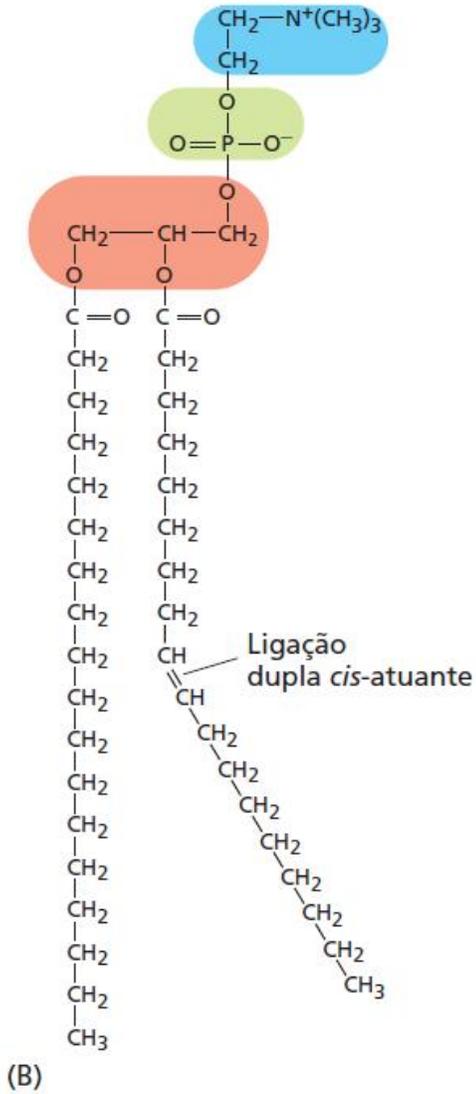
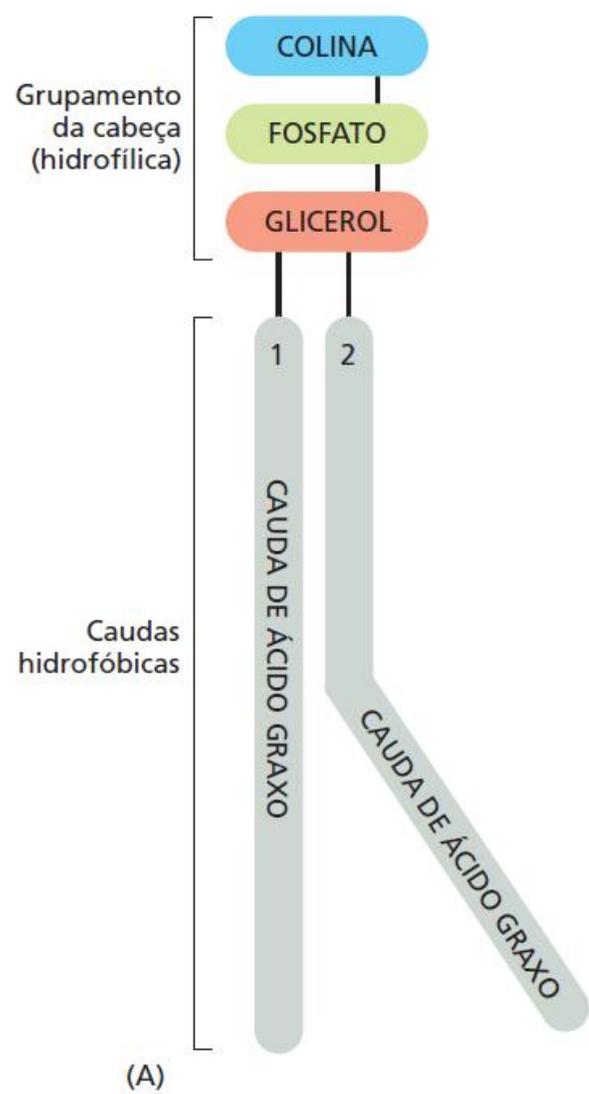
- ponte de hidrogênio com água (polar)

Hidrofóbica - apolar - insolúvel em água

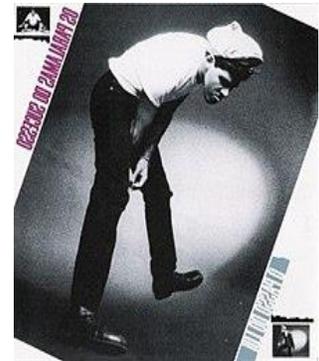
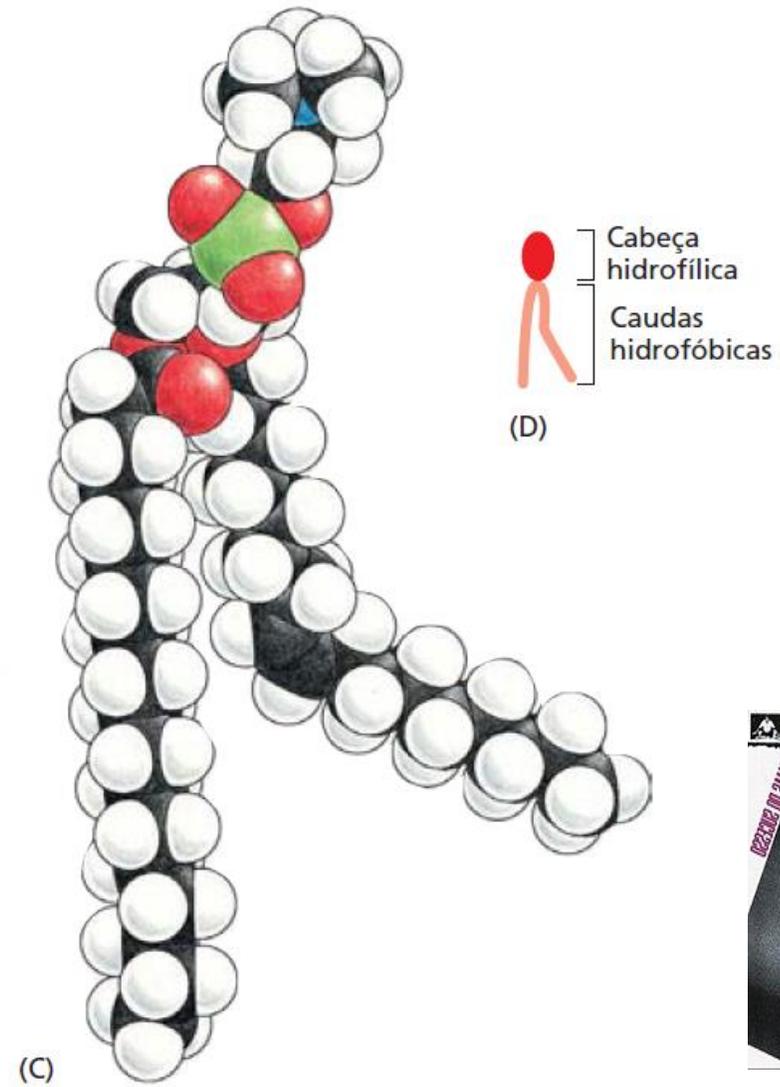
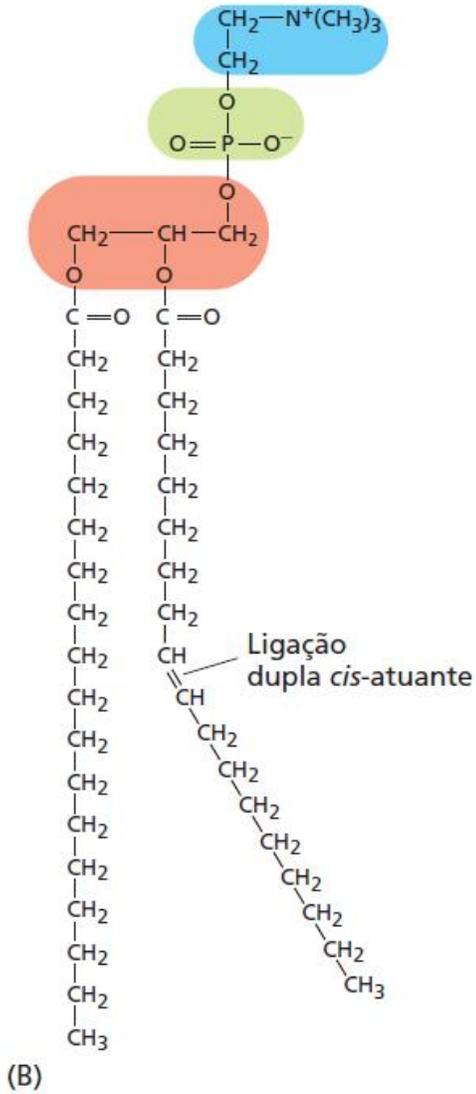
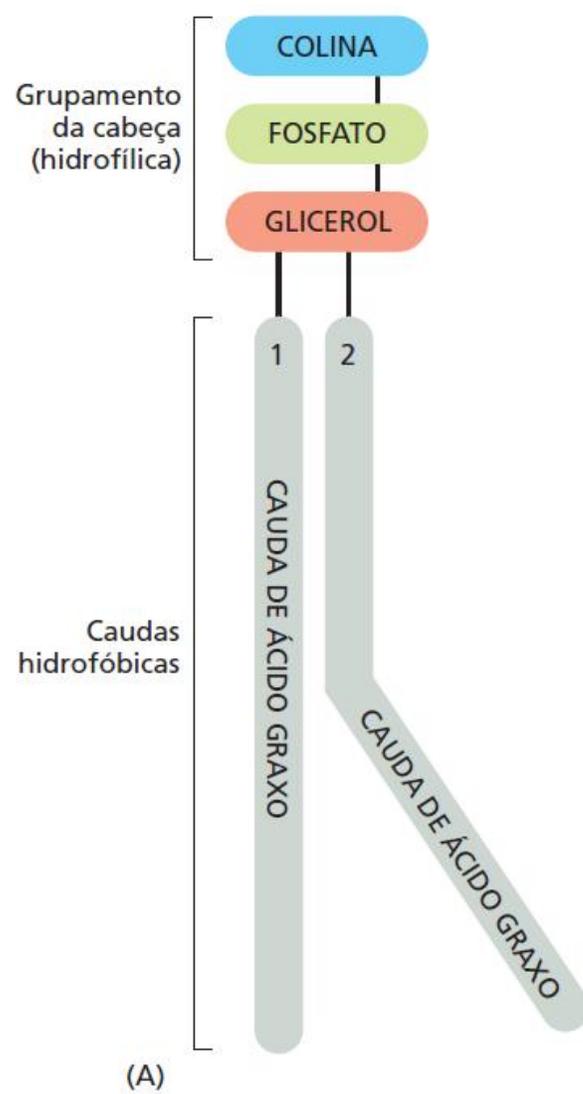
- sem ligação com água - estrutura -> gasto de energia

Anfipáticas = hidrofílica + hidrofóbica

Solução = formação de bicamada lipídica - **energeticamente favorável**



Fosfolipídeo



Fosfolipídeo

Bicamada Lipídica

Propriedades:

1. Autosselante

- pequena ruptura – autosselantes
- grande ruptura - pequenas vesículas

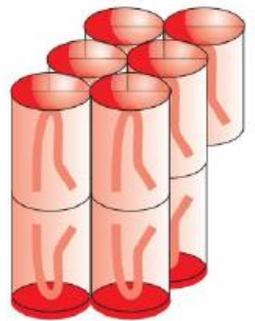
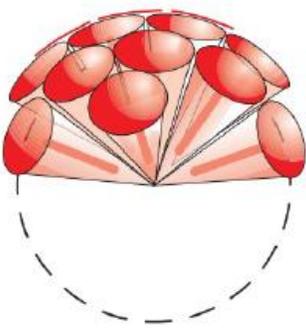
Fundamental para formação da célula!

2. Fluido bidimensional

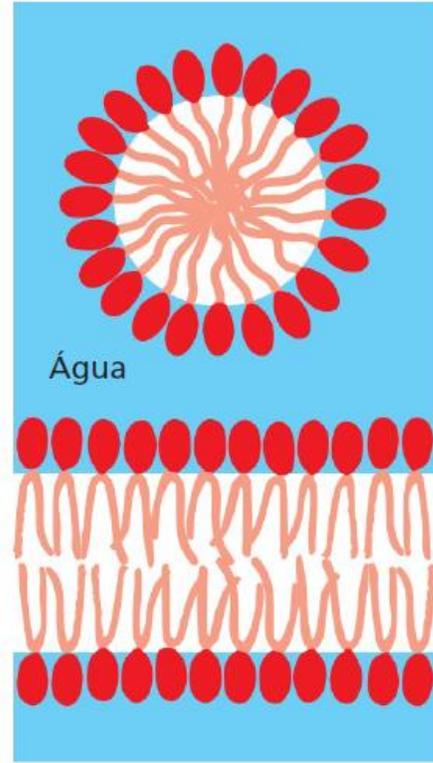
- ambiente aquoso - restringe escape de lipídeos
- permite mobilidade dentro da camada
- bicamadas lipídicas sintéticas - lipossomo
= vesícula esférica (25 nm a 1 mm diâmetro)

Forma da molécula

Agrupamento das moléculas na água



(A)

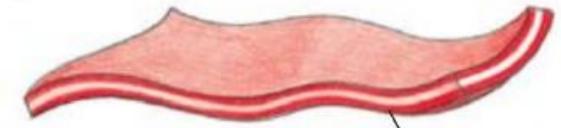


(B)

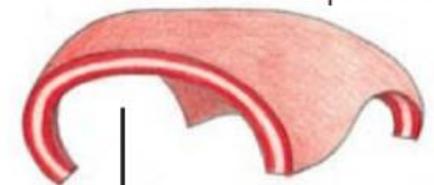
Micela

Bicamada lipídica

ENERGETICAMENTE DESFAVORÁVEL



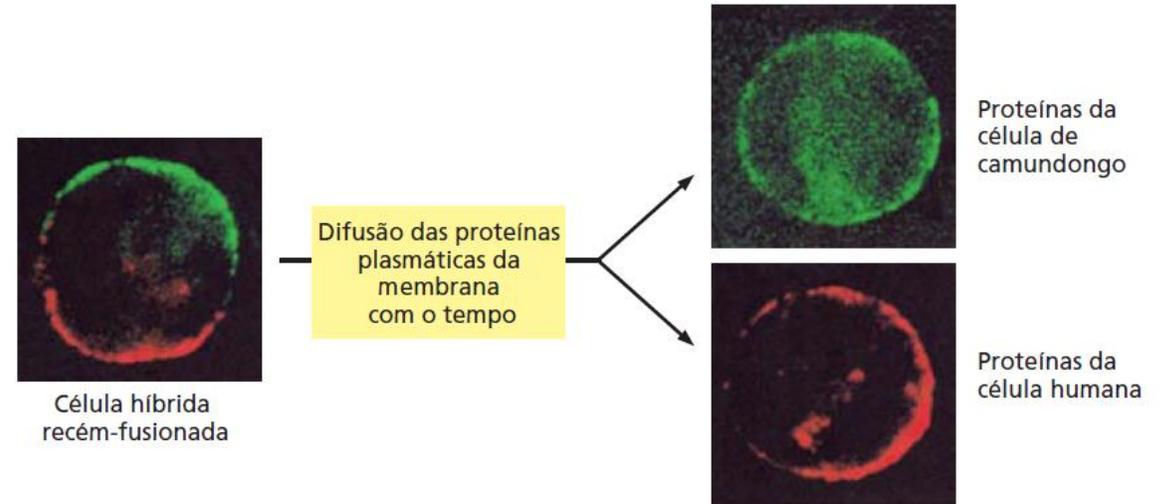
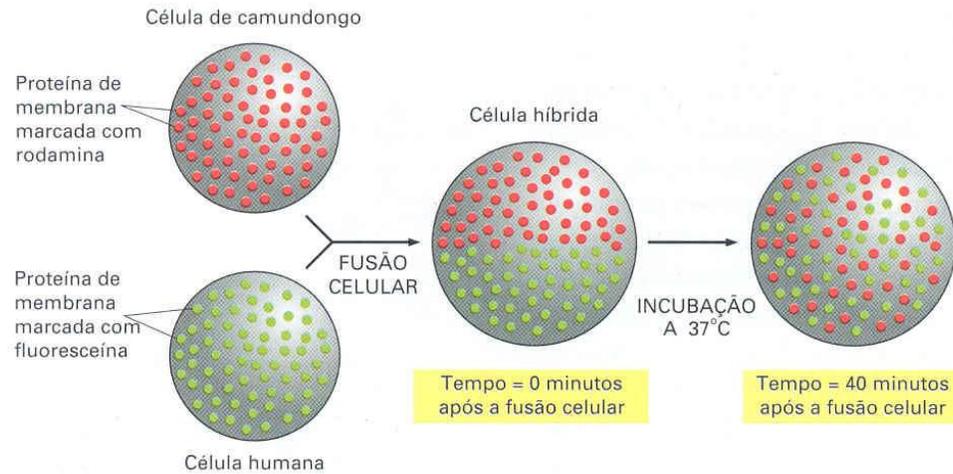
Bicamada de fosfolípido plana com as bordas expostas à água



Compartimento selado formado pela bicamada de fosfolípido

ENERGETICAMENTE FAVORÁVEL

Fluidez das membranas



Bicamada Lipídica

Fluido bidimensional

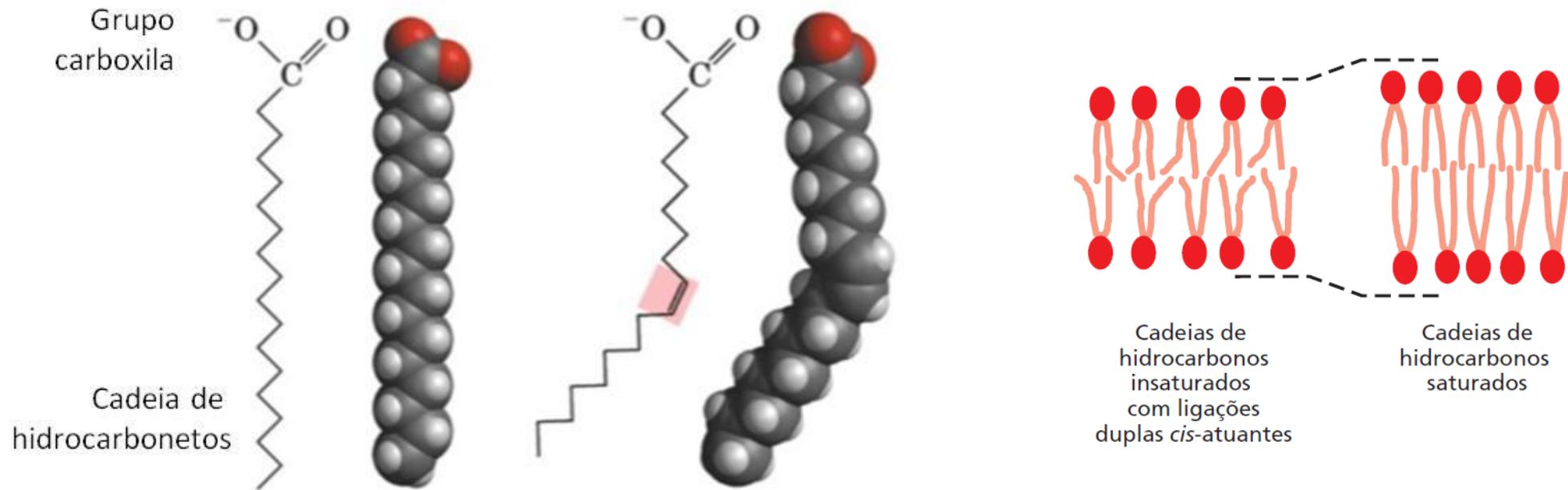
- movimento na camada - flexibilidade
 - difusão rápida na camada
- rotação das moléculas - função temperatura
- movimento de lipídeos entre camadas - raro
 - denominado de *flip-flop*

Fluidez- função de temperatura e composição dos lipídeos

- comprimento da cauda - 14 a 24 Carbonos
 - < cadeia = maior fluidez
- insaturação
 - > insaturação = maior fluidez

Classificação dos Lipídeos

Fluidez da Membrana



Quanto mais insaturada mais fluida a membrana celular

Bicamada Lipídica

Fluidez da membrana

- define taxa de difusão de proteínas
- permite distribuição de lipídeos
- permite fusão de membranas
- permite divisão celular e distribuição homogênea de componentes da membrana

- em animais -> colesterol modula fluidez
 - colesterol molécula rígida - enrijece membranas

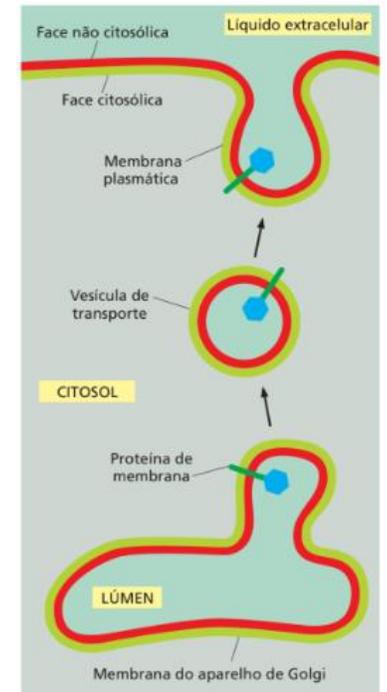
Bicamada Lipídica

Bicamada lipídica - assimétrica

- Camadas possuem composição distintas de fosfolipídeos e glicolipídeos, e proteínas – lado interno x externo

Síntese de lipídeos - associadas às membranas

- Brotamento (RE liso) e fusão de vesículas
- Síntese de glicolipídeos: retículo endoplasmático
- Face interna (citosólica) e face externa
 - glicolipídeos - face externa
- Transferência entre camadas - *flipases*



Membrana Plasmática

1972: S.J. Singer and G.L. Nicolson – **Modelo do Mosaico Fluido**

[February 1972 > Singer et al. , pp. 720 - 731](#)

Science 18 February 1972:

Vol. 175. no. 4023, pp. 720 - 731

DOI: 10.1126/science.175.4023.720

ARTICLES

The Fluid Mosaic Model of the Structure of Cell Membranes

S. J. Singer¹ and Garth L. Nicolson²

¹ University of California at San Diego, La Jolla

² Armand Hammer Cancer Center of the Salk Institute for Biological Studies, La Jolla, California

A fluid mosaic model is presented for the gross organization and structure of the proteins and lipids of biological membranes. The model is consistent with the restrictions imposed by thermodynamics. In this model, the proteins that are integral to the membrane are a heterogeneous set of globular molecules, each arranged in an *amphipathic* structure, that is, with the ionic and highly polar groups protruding from the membrane into the aqueous phase, and the nonpolar groups largely buried in the hydrophobic interior of the membrane. These globular molecules are partially embedded in a matrix of phospholipid. The bulk of the phospholipid is organized as a discontinuous, fluid bilayer, although a small fraction of the lipid may interact specifically with the membrane proteins. The fluid mosaic structure is therefore formally analogous to a two-dimensional oriented solution of integral proteins (or lipoproteins) in the

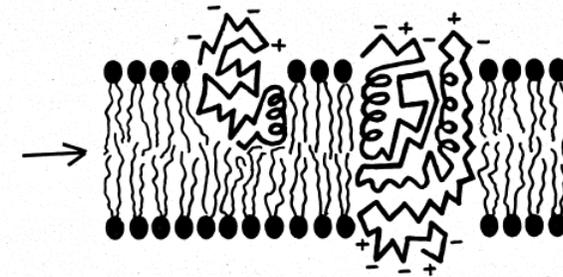


Fig. 2. The lipid-globular protein mosaic model of membrane structure: schematic cross-sectional view. The phospholipids are depicted as in Fig. 1, and are arranged as a discontinuous bilayer with their ionic and polar heads in contact with water. Some lipid may be structurally differentiated from the bulk of the lipid (see text), but this is not explicitly shown in the figure. The integral proteins, with the heavy lines representing the folded polypeptide chains, are shown as globular molecules partially embedded in, and partially protruding from, the membrane. The protruding parts have on their surfaces the ionic residues (- and +) of the protein, while the nonpolar residues are largely in the embedded parts; accordingly, the protein molecules are amphipathic. The degree to which the integral proteins are embedded and, in particular, whether they span the entire membrane thickness depend on the size and structure of the molecules. The arrow marks the plane of cleavage to be expected in freeze-etching experiments (see text). [From Lenard and Singer (3) and Singer (1)]

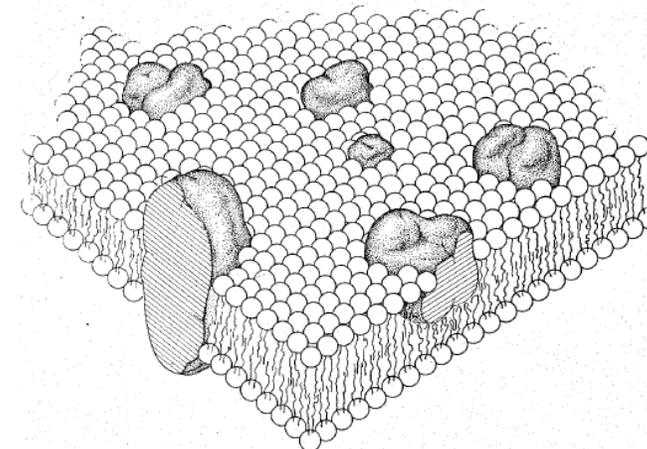
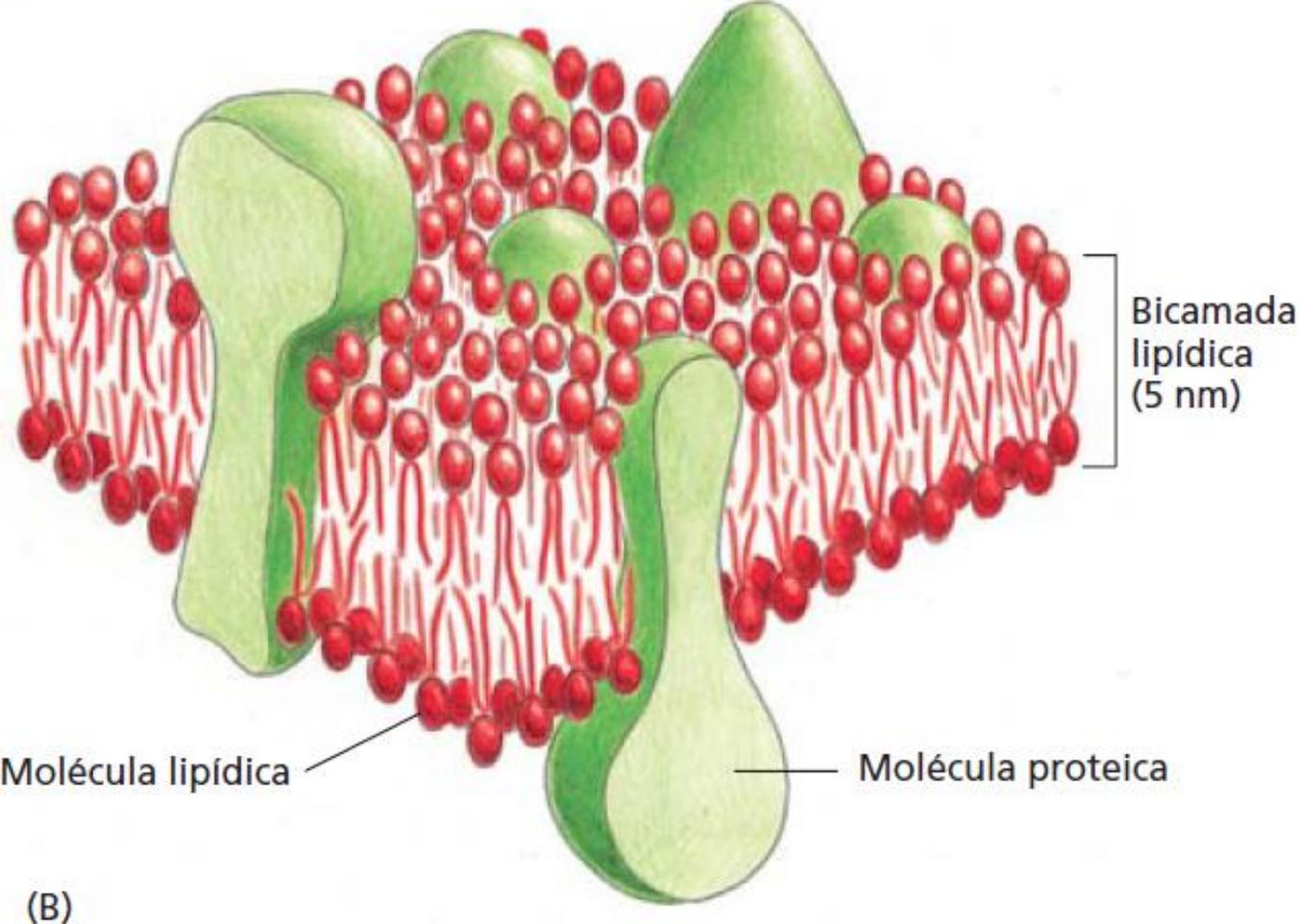
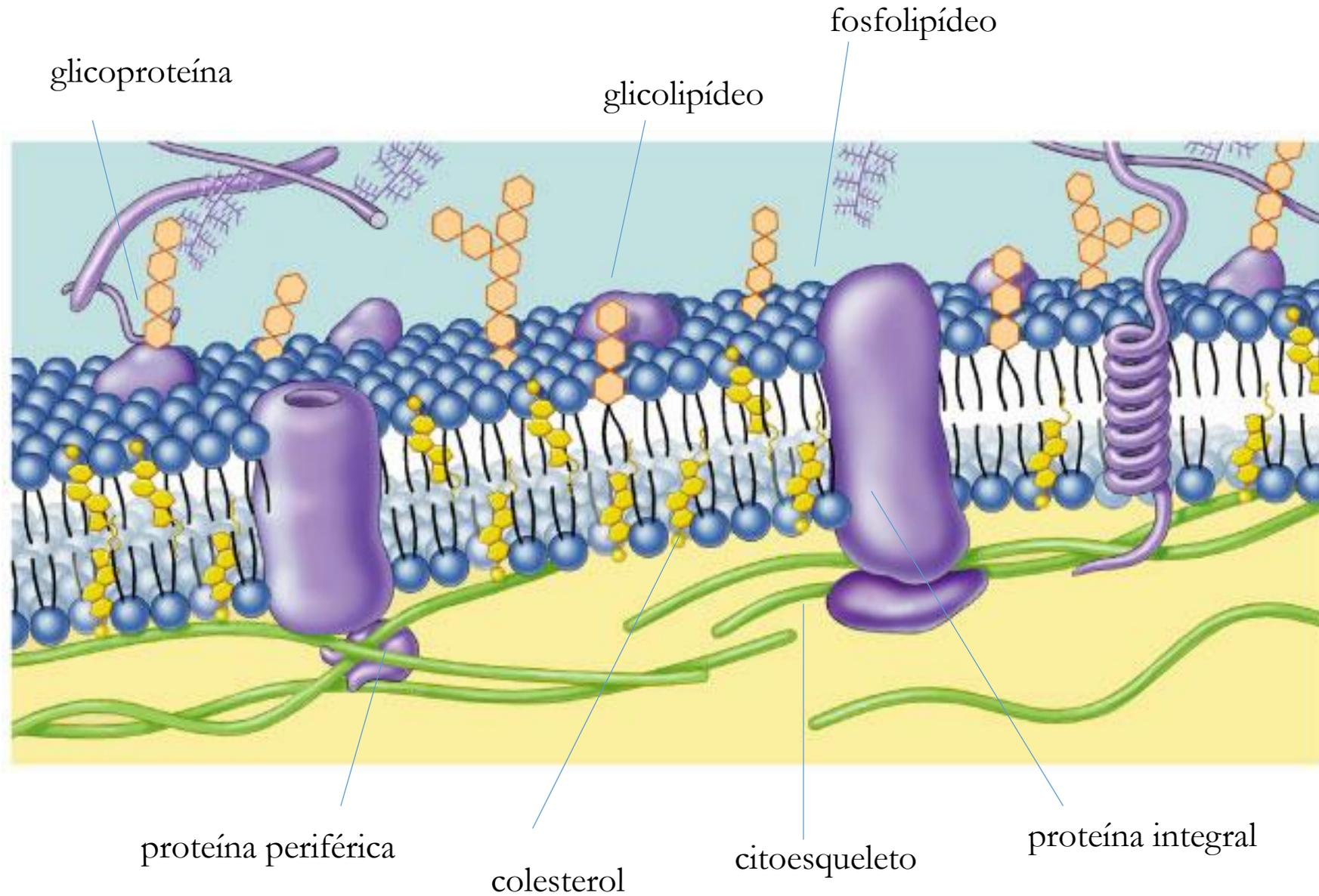


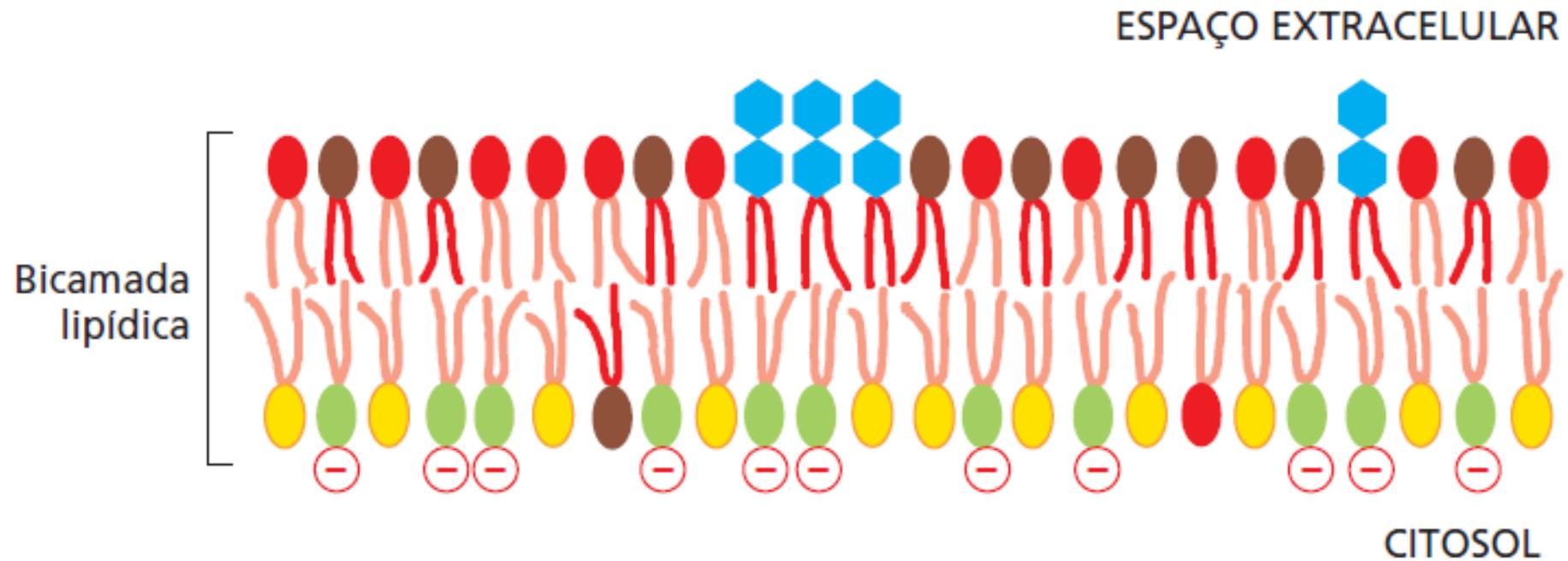
Fig. 3. The lipid-globular protein mosaic model with a lipid matrix (the fluid mosaic model): schematic three-dimensional and cross-sectional views. The solid bodies with stippled surfaces represent the globular integral proteins, which at long range are randomly distributed in the plane of the membrane. At short range, some may form specific aggregates, as shown. In cross section and in other details, the legend of Fig. 2 applies.

Mosaico fluido





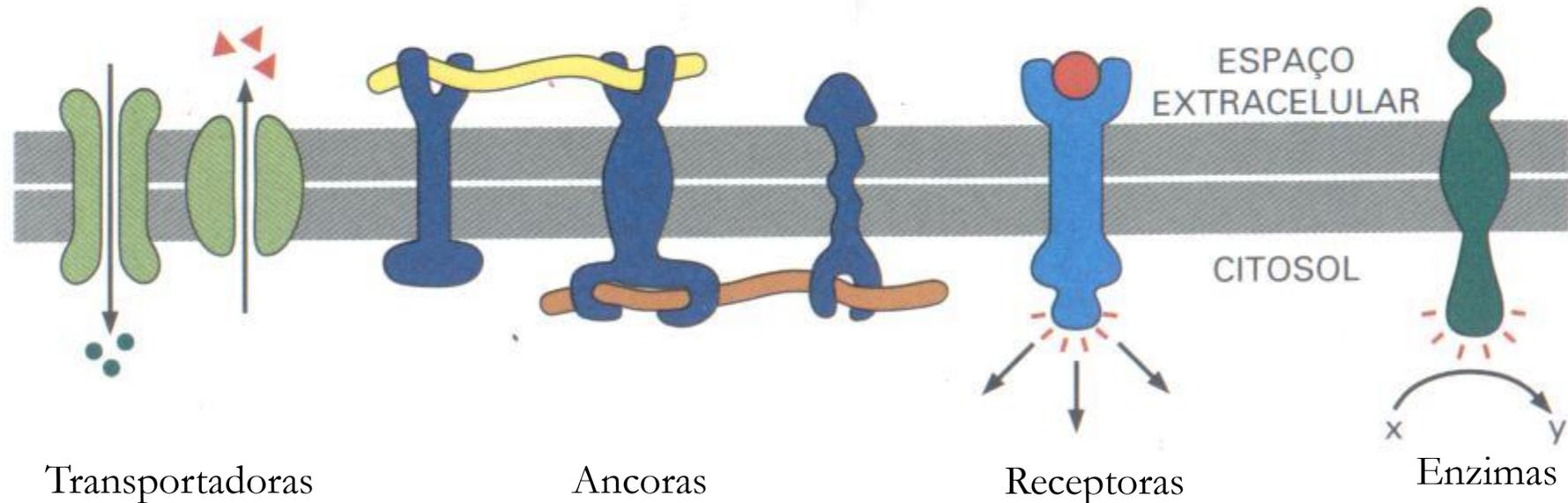
Assimetria da bicamada fosfolipídica



Proteínas de Membrana

- Responsáveis pelas principais funções da membrana
- Compõem até 50% da massa da membrana
 - restante são lipídeos e carboidratos
 - lipídeos são moléculas menores
- Responsáveis por transporte, ancoramento, receptores, enzimas, estruturais, ..

Algumas funções das proteínas da membrana plasmática



Proteínas de Membrana

Associação das proteínas com membranas

1. Transmembranas:

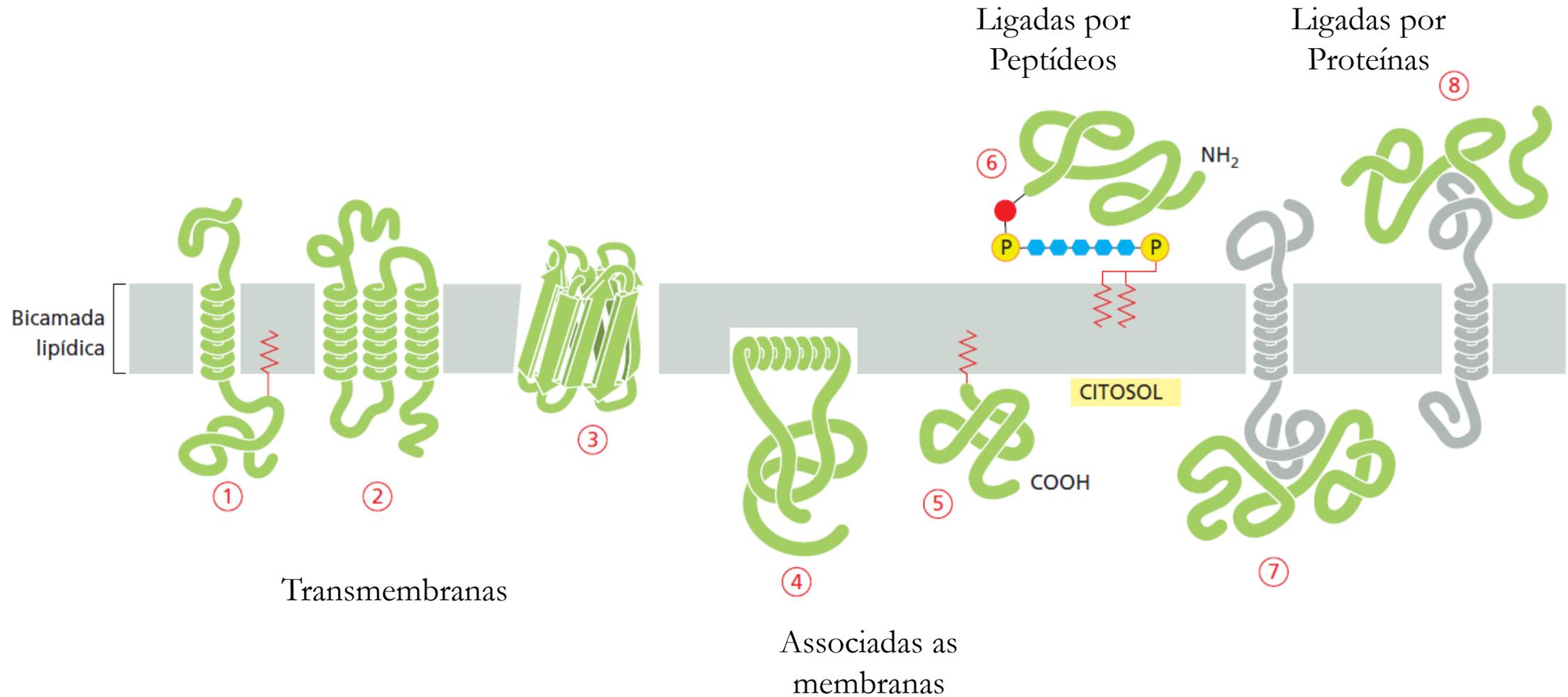
regiões hidrofóbicas no interior da membrana

motivo α -hélice

2. Ligadas a lipídeos ancorados em membrana

3. Ligadas a proteínas de membrana

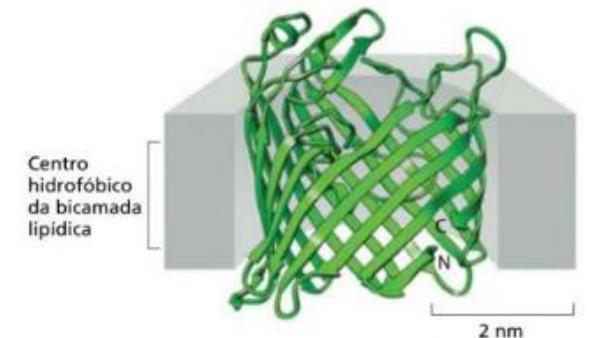
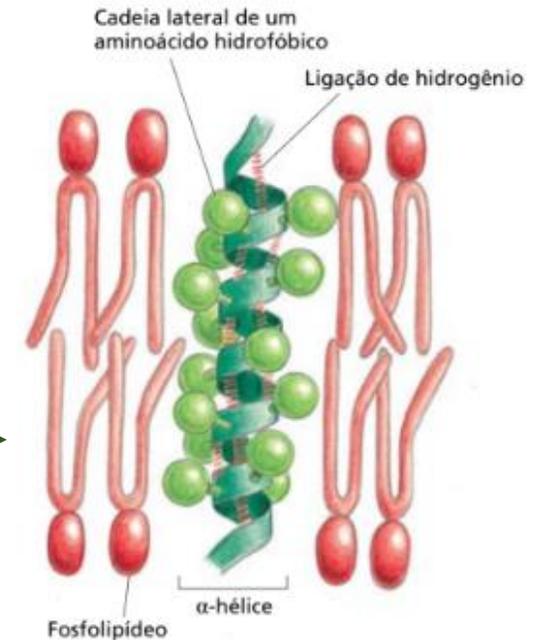
Associação de proteínas à bicamada lipídica



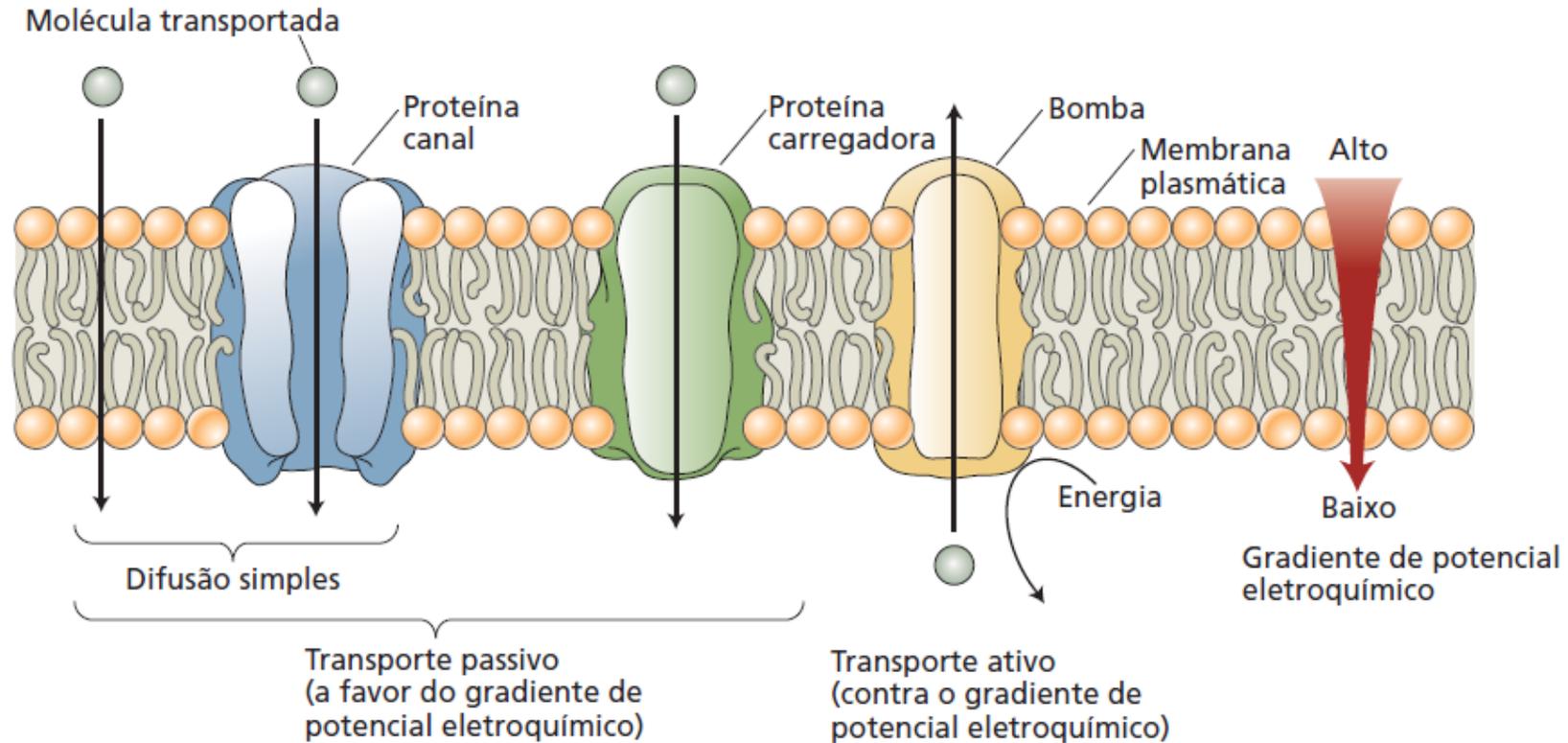
Proteínas de Membrana

Proteínas transmembranas

- Amino ácidos hidrofóbicos
- ligações peptídicas - polares
- neutralizadas por pontes de H entre elas
- Conformação de α -hélice regular
 - cadeias hidrofóbicas - face exterior
 - ligações peptídicas - face interior
- um domínio transmembrana - receptores
- vários domínios transmembrana - complexos
 - hidrofóbico e hidrofílico (interno)
- motivos α -hélice e/ou β -barril - formar “poros”



Transporte através da membrana plasmática

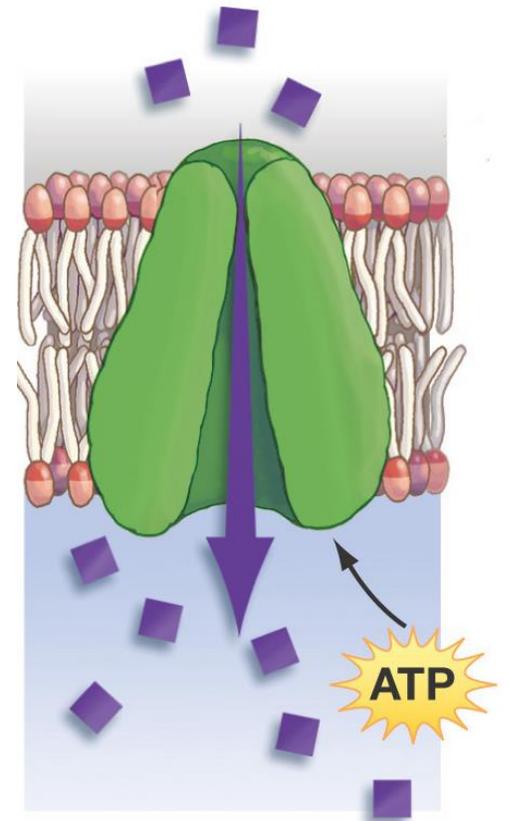


Transporte através de membranas

Transporte ativo

Íons e moléculas (açúcares, aminoácidos) polares (frequentemente envolvem bombas de prótons)

- movimento contra um gradiente de concentração
- requer proteínas de transporte
- requer gasto de energia



Transporte através de membranas

Transporte através da membrana depende de proteínas específicas

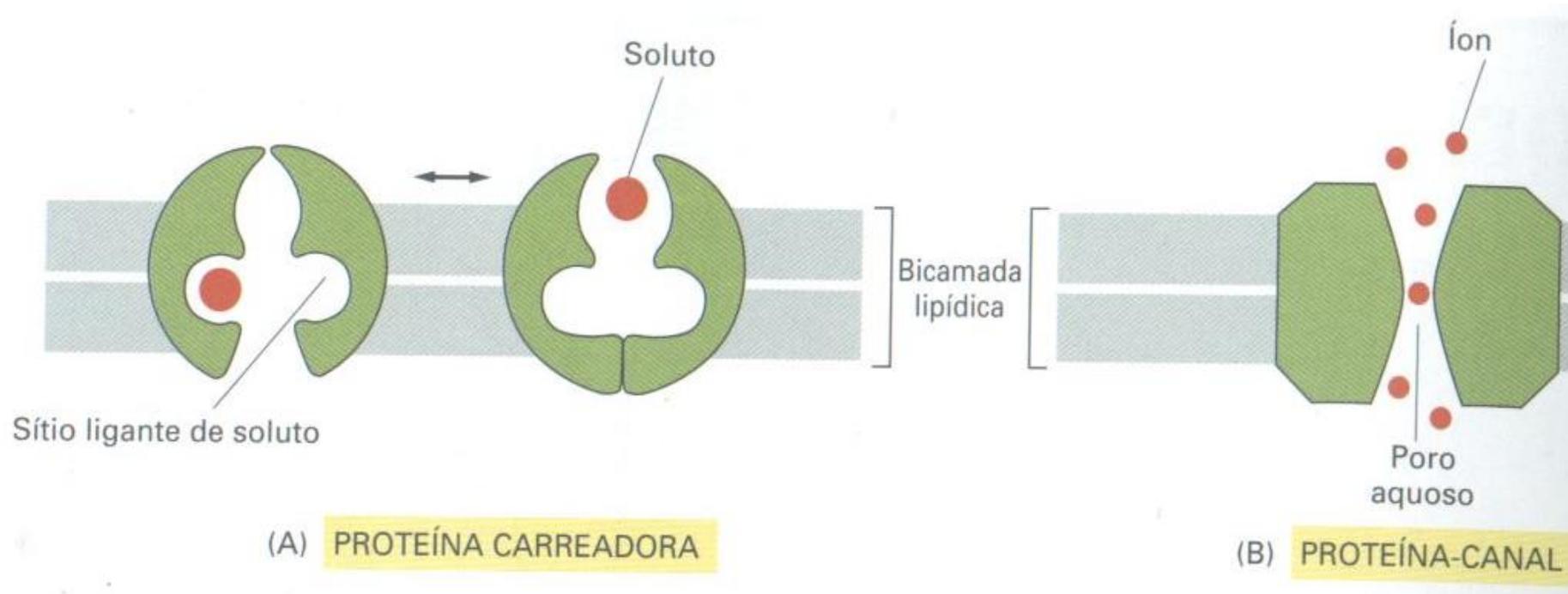
1. Proteína carreadora/transportadores: leva soluto de um lado para outro da membrana por mudança de conformação

- moléculas orgânicas pequenas ou íons

2. Proteínas- canais iônicos: poros hidrofílicos

- íons

Proteínas transportadoras da membrana

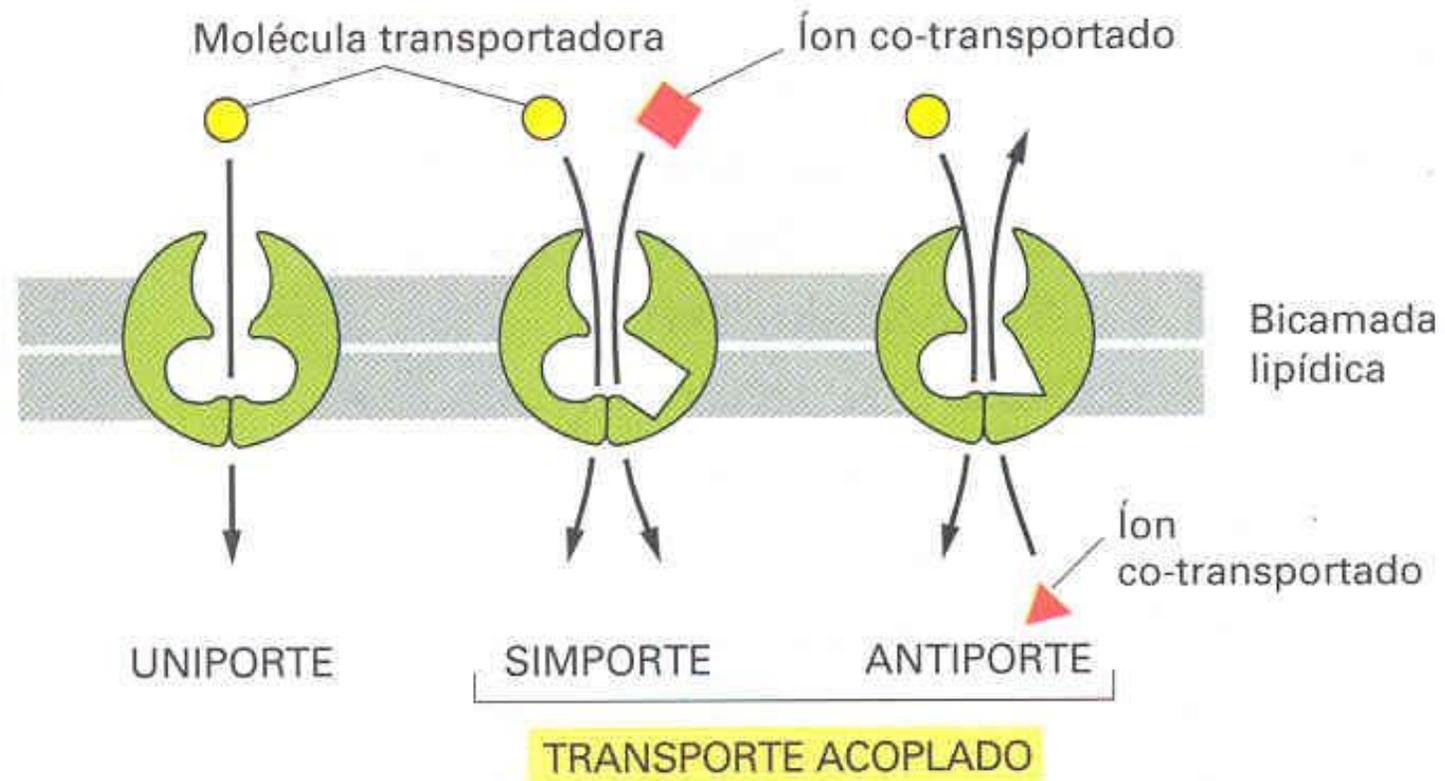


Alberts et al., 1999

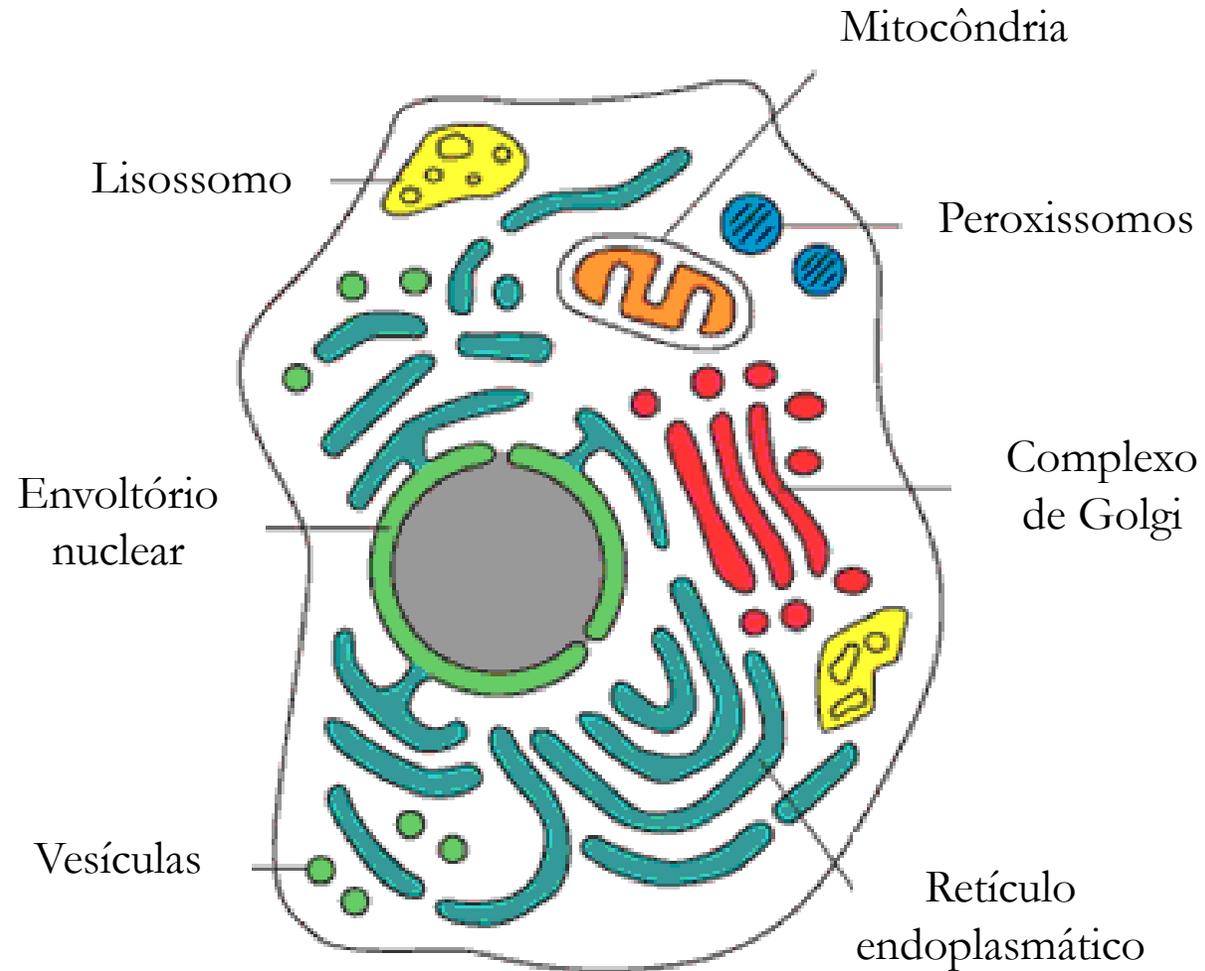
Transporte através de membranas

Transporte ativo

- Transportadores acoplados: associa transporte de solutos
 - **Simporte:** mesma direção dos solutos
 - **Antiporte:** direção oposta dos solutos
- Bombas movidas por ATP: hidrólise de ATP
 - bomba de Na em animais
 - bomba de H⁺ em vegetais
- Bombas movidas por luz (bactéria)



Sistemas de Endomembranas



Compartmentalização!

Sistemas de Endomembranas

- Retículo endoplasmático (liso e rugoso)
- Complexo de Golgi
- Endossomos
- Lisossomos
- Peroxissomos

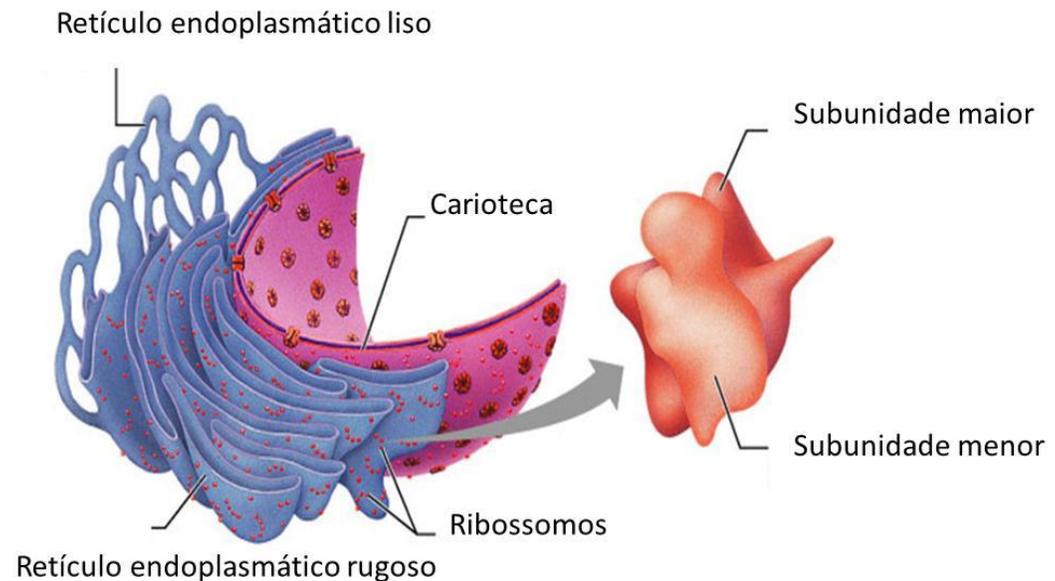
Em geral, dupla camada lipídica, similar à membrana plasmática

- Face citosólica (voltada para o citoplasma) e face luminal (interior da organela)
- Variam de acordo com o tipo celular

Retículo Endoplasmático (RE)

- RE se distribui por todo o citoplasma, do núcleo até a membrana plasmática
- Composto por túbulos e sacos achatados totalmente interconectados
- Mantidos posicionados pelo citoesqueleto.

Dois tipos:
Retículo Endoplasmático
Rugoso (RER)
Liso (REL)



Retículo Endoplasmático (RE)

RE RUGOSO

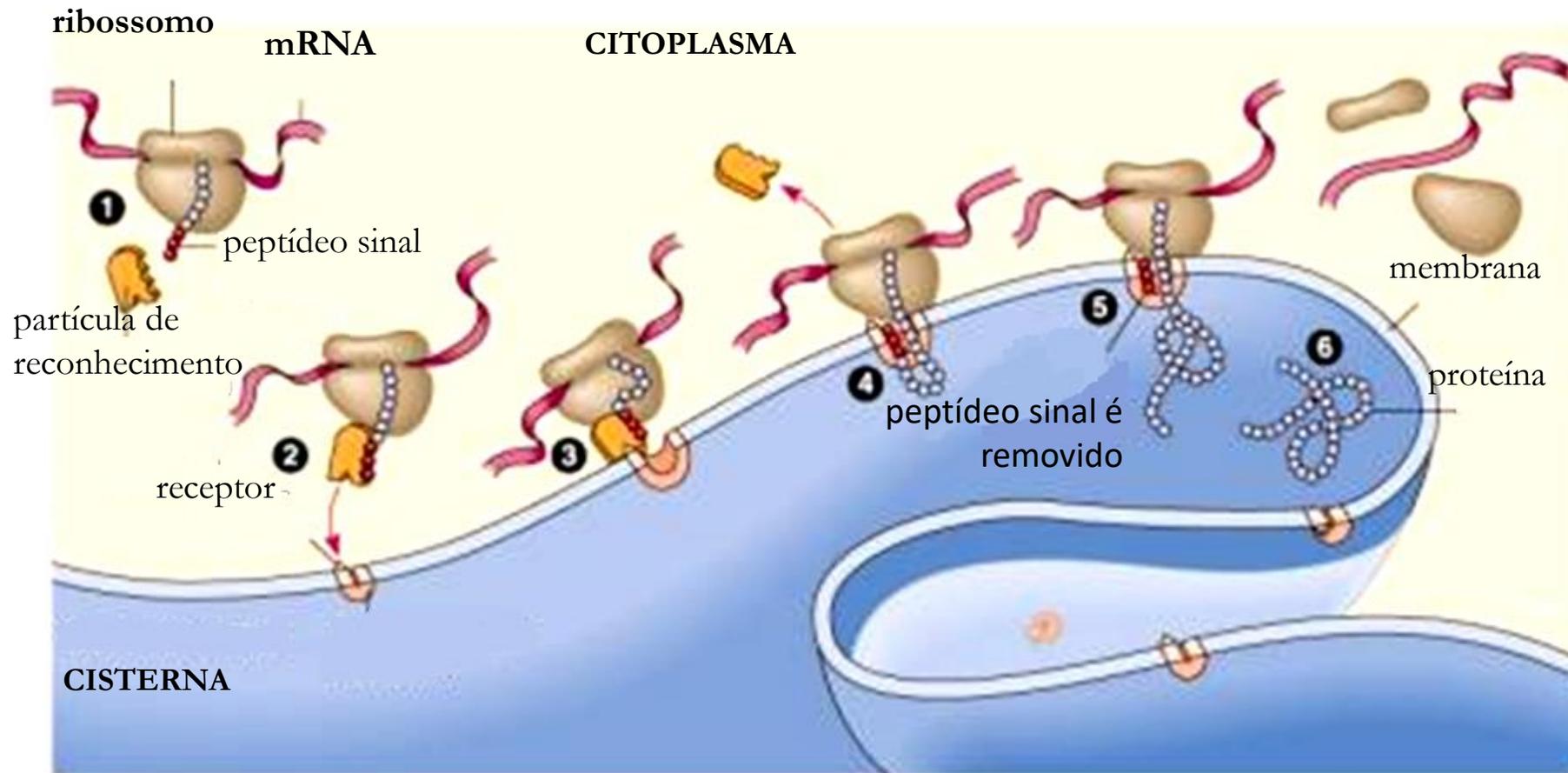
- Síntese de proteínas
- Acúmulo, processamento e transporte de proteínas
- Espécie de sistema circulatório para **distribuição intracelular** ou para o **exterior** da célula, transportando diversas substâncias, tais como moléculas e íons;
- Liberação de vesículas de transporte para o aparelho de Golgi

RE LISO

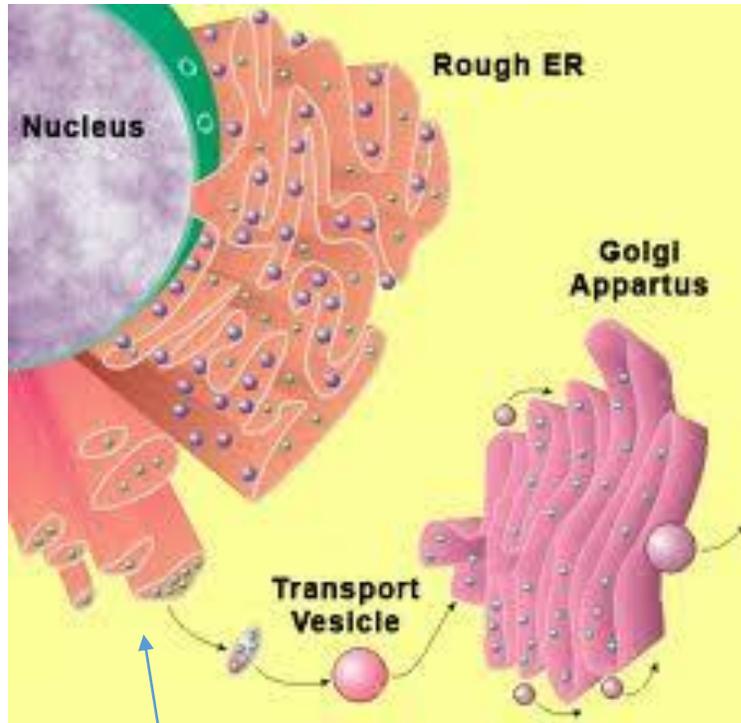
- Predomina em células com alto grau de **síntese de lipídeos**, mediante auxílio de enzimas que sintetizam colesterol, triglicerídeos e fosfolipídeos
- **Desintoxicação** pelo aumento da atividade de enzimas induzidas quando altas quantidades de drogas são administradas a um animal

Retículo Endoplasmático Rugoso

RER: síntese de proteínas secretadas e integrais de membrana



Retículo Endoplasmático Rugoso



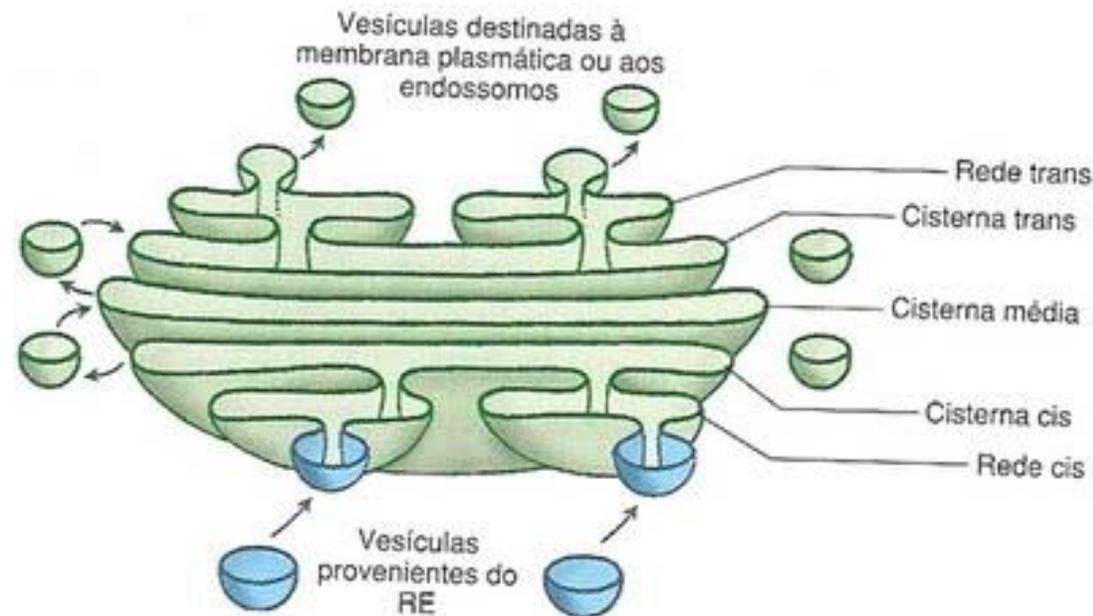
Retículo endoplasmático transicional

As vesículas brotam de uma região especializada do RER que não apresentam ribossomos

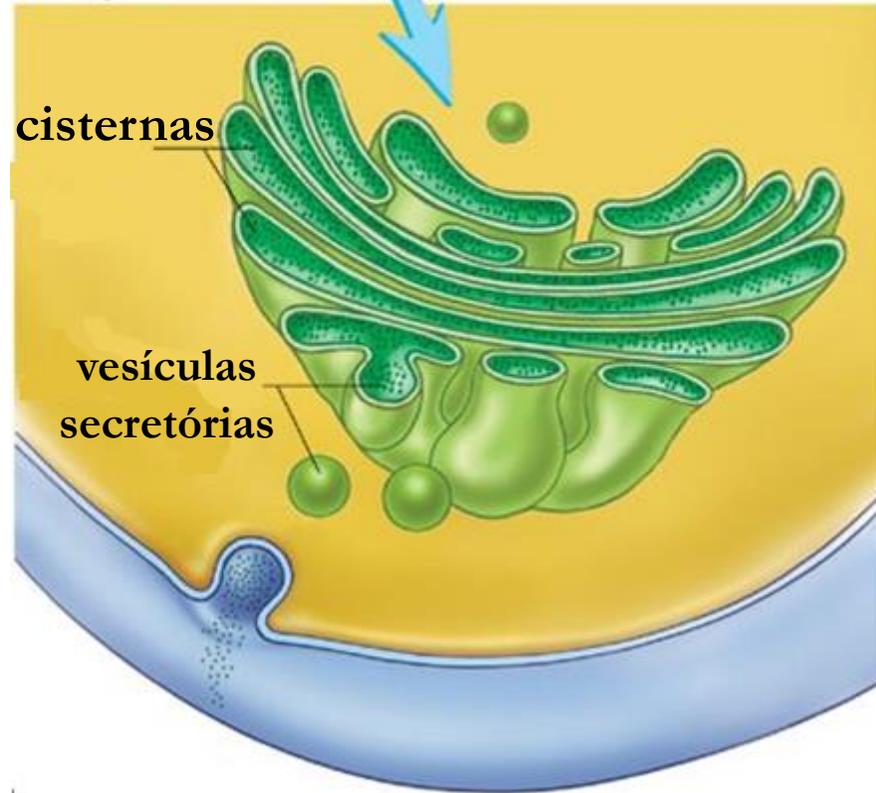
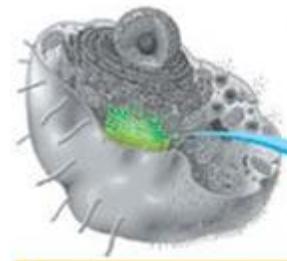
Complexo de Golgi

Funções:

- As principais estão relacionadas à sua posição intermediária entre o **RE** e o **espaço extracelular**
- Modificação, empacotamento e distribuição de proteínas e lipídios para secreção e uso interno
- É o principal local de síntese de carboidratos.

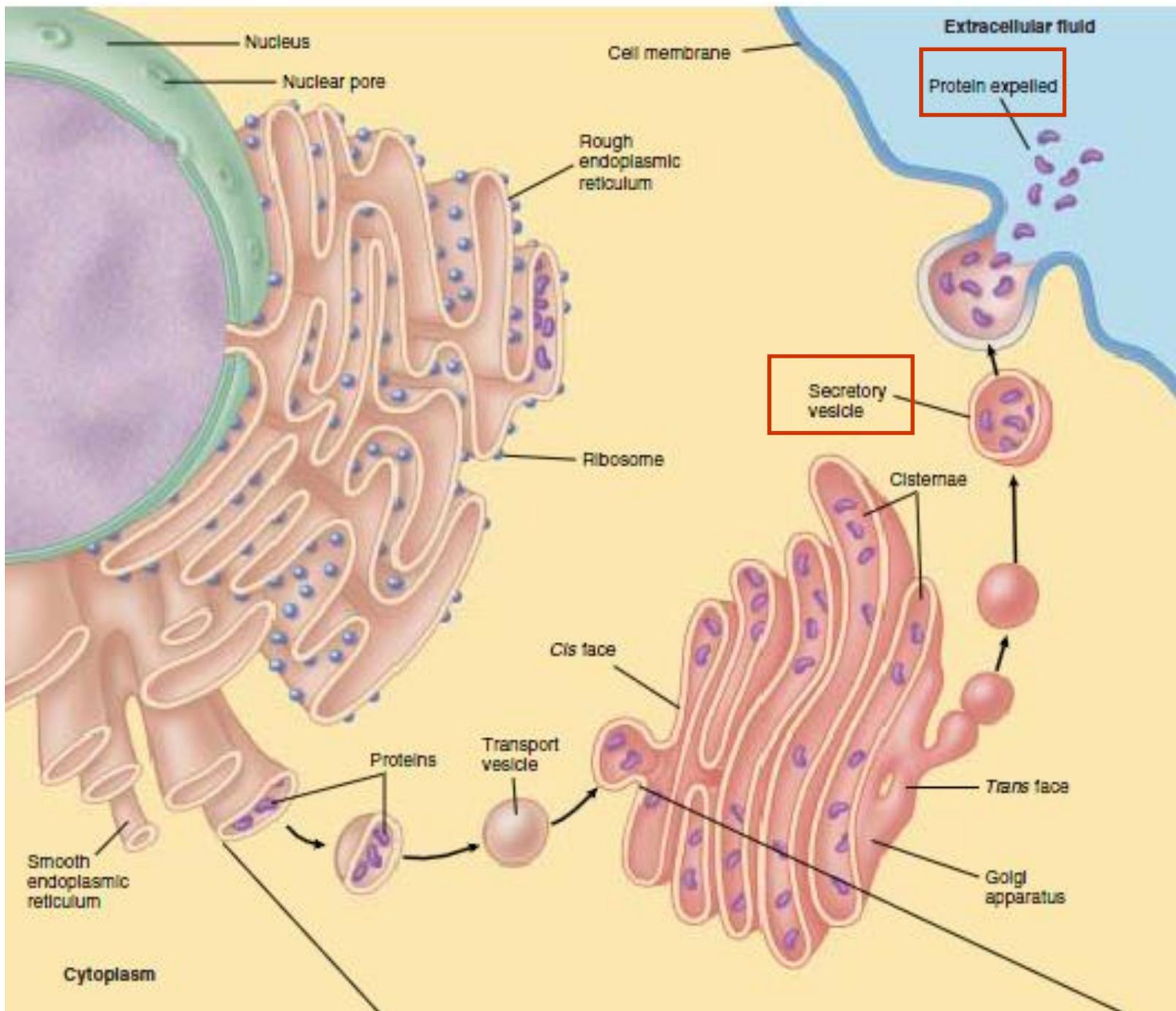


Complexo de Golgi

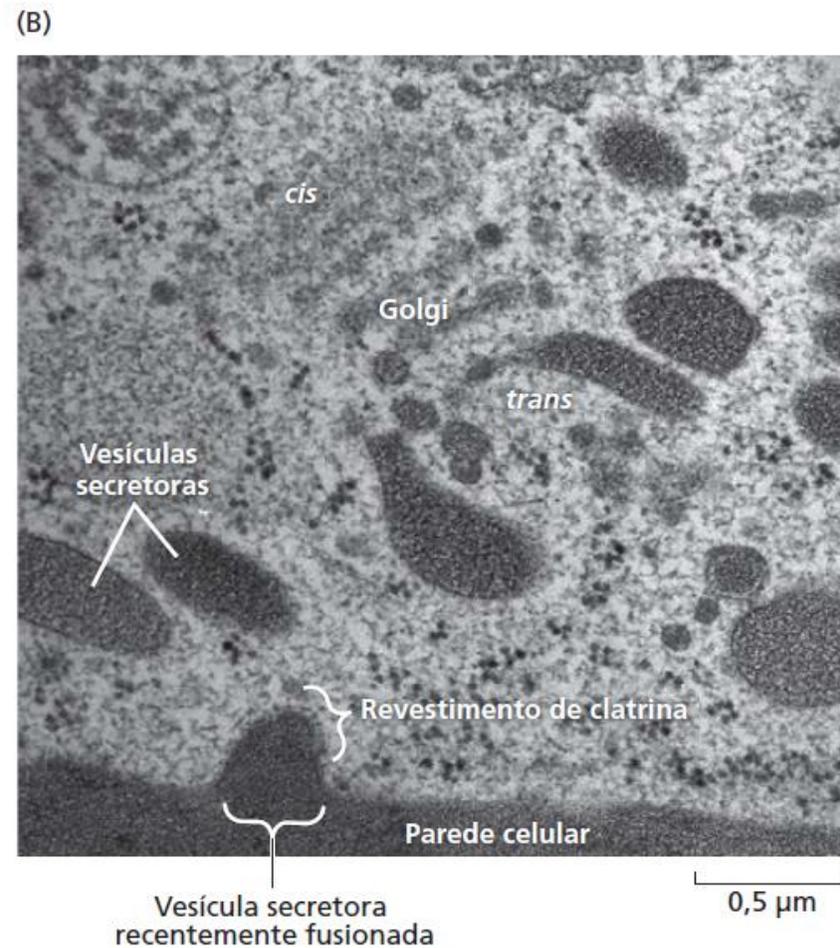
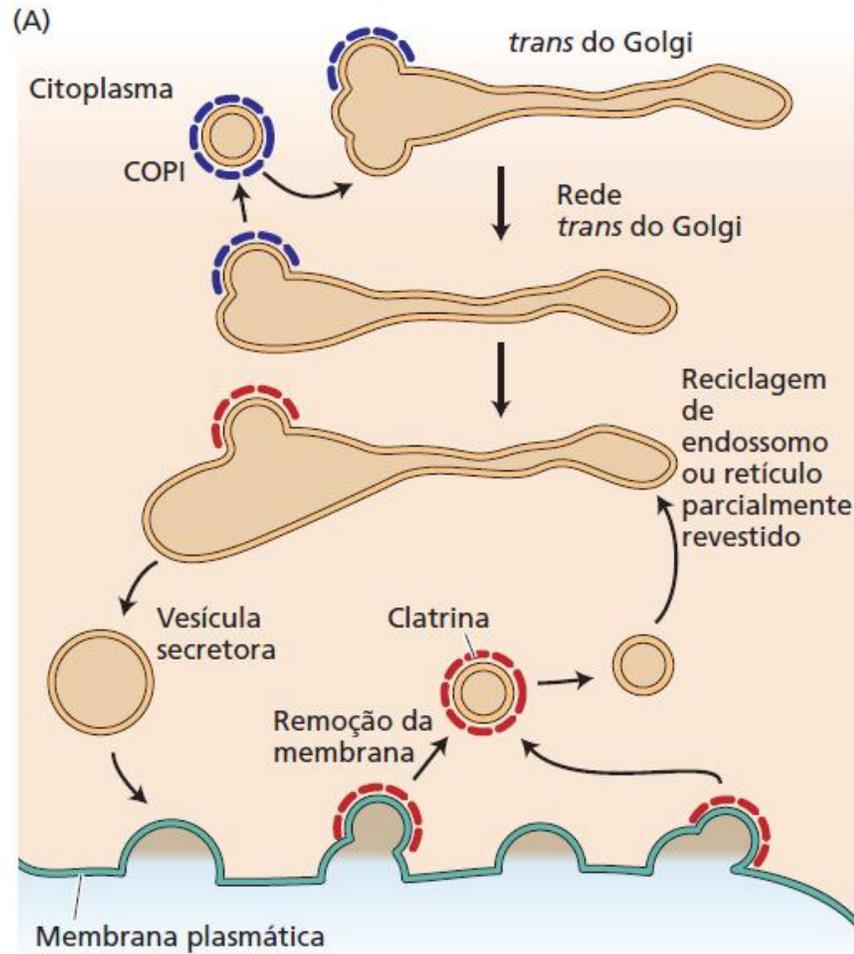


Membrana plasmática

Cada pilha de cisternas é chamada **dictiossomo**



Endossoma – remoção de excesso de membrana plasmática

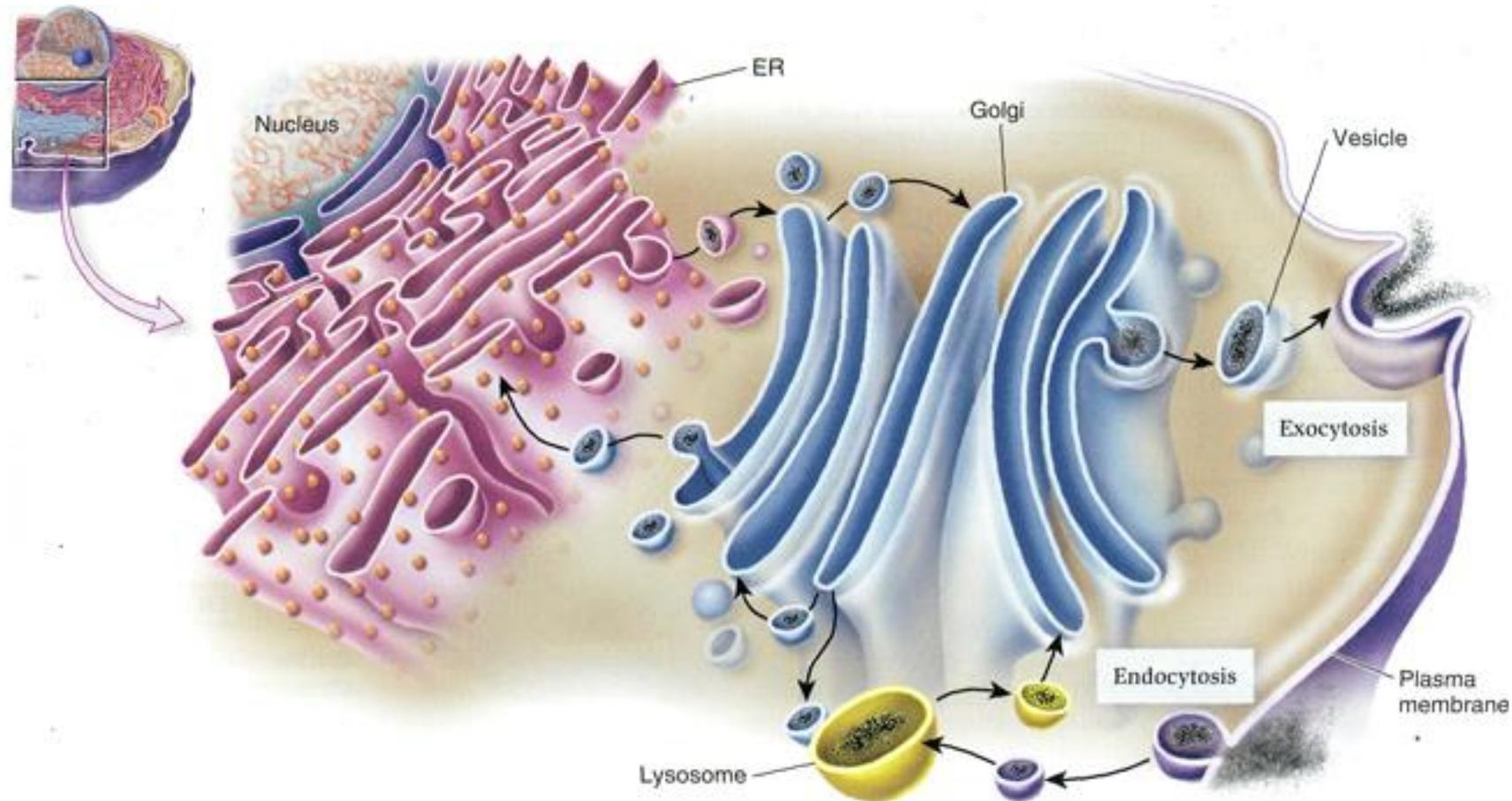


Reciclagem endocítica

Lisossomos

Organelas que digerem os materiais incorporados por endocitose

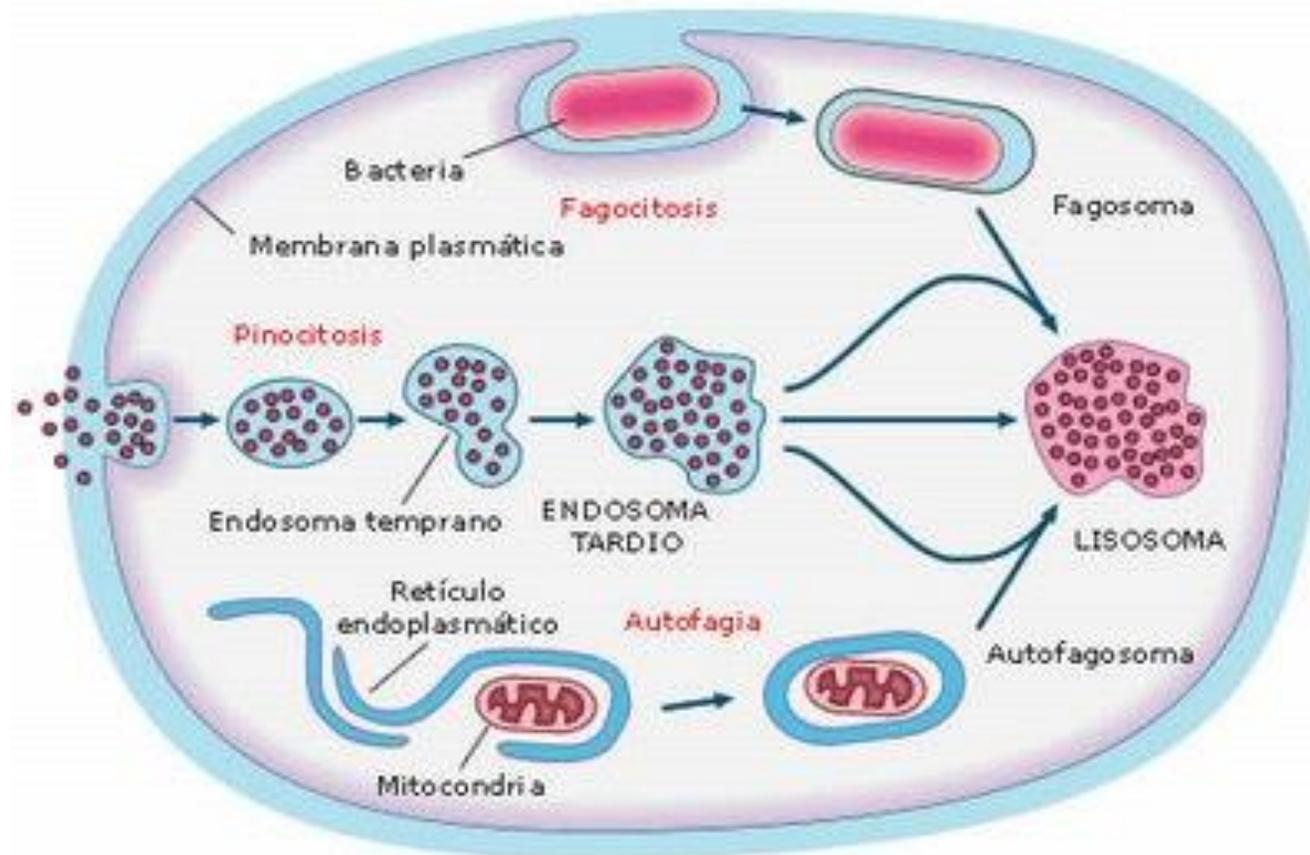
Acredita-se que os lisossomos sejam formados a partir de endossomos que receberam dois tipos de vesículas transportadoras, uma com material endocitado e outra com enzimas hidrolíticas



Lisossomos

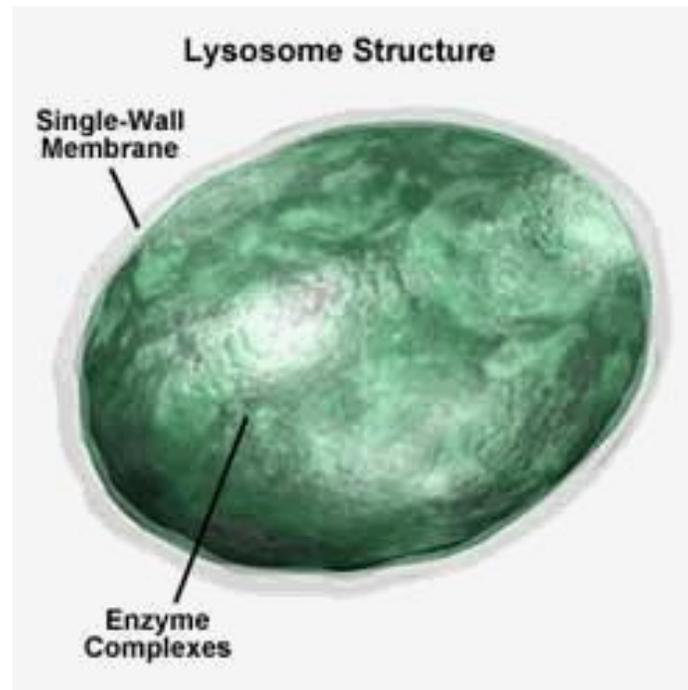
Três caminhos de degradação encontram-se nos lisossomos:

pinocitose; autofagia; fagocitose



Lisossomos

Contém vários tipos de enzimas hidrolíticas que participam da digestão intracelular (hidrolases, DNAses, RNAses, lipases, fosfatases, proteases)



Peroxisomos

- Organelas envoltas por membrana
- Contém enzimas para o metabolismo do **peróxido de hidrogênio**: peroxidases e catalases
- São formados no retículo
- Associados com desintoxicação: etanol
- Ocorrem em células renais e hepáticas

Em plantas estão associados à **fotorrespiração**

Parede Celular

Constitui uma espécie de exoesqueleto que confere proteção e suporte mecânico para a célula – resistência mecânica

É fundamental para o equilíbrio entre a pressão osmótica intracelular e a tendência de entrada de água na célula – fluxo de água na planta

É composta por os mais diversos polímeros dependendo do organismo

Plantas:

TABELA 14.1 Componentes estruturais das paredes celulares vegetais

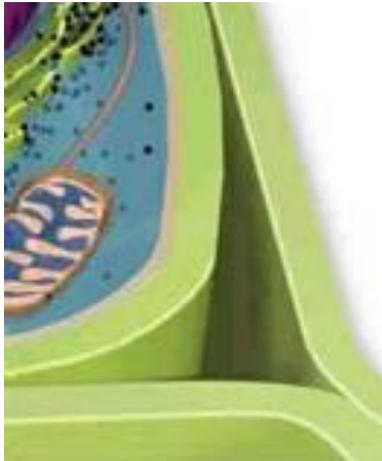
Classe	Exemplos
Celulose	Microfibrilas de (1→4)-β-D-glucano
Pectinas	Homogalacturonano Ramnogalacturonano I com cadeias laterais de arabinano, galactano e arabinogalactano Ramnogalacturonano II
Hemiceluloses	Xiloglucano Variantes de glucuronoarabinoxilano incluem glucuronoxilano e arabinoxilano Glucomanano Ligação mista de (1→3;1→4)-β-D-glucano
Proteínas não enzimáticas	(Ver Tabela 14.2)
Lignina	(Ver Figura 14.22)

TABELA 14.2 Proteínas não enzimáticas da parede celular

Classes de proteínas da parede celular	Porcentagem de carboidratos	Localização principal no tecido
HRGP (glicoproteína rica em hidroxiprolina)	~55	Câmbio e parênquima vascular
PRP (proteína rica em prolina)	0-20	Xilema, fibras, parênquima cortical, pelos de raízes
GRP (proteína rica em glicina)	0	Xilema primário e floema
AGP (proteína arabinogalactano)	até 90	Expressão celular específica variada

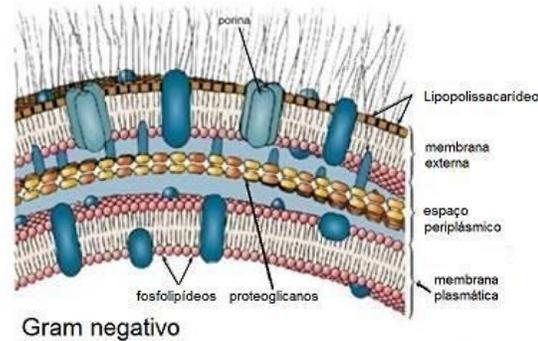
Alguns tipos de células possuem Parede Celular

Planta

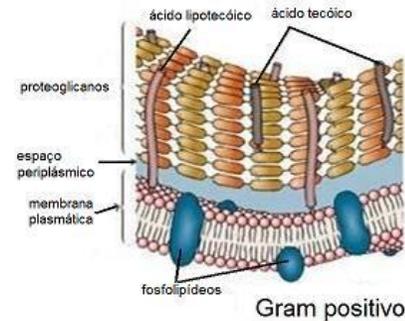


Parede celular -
predominantemente
composta de
celulose e
hemicelulose

Bactéria



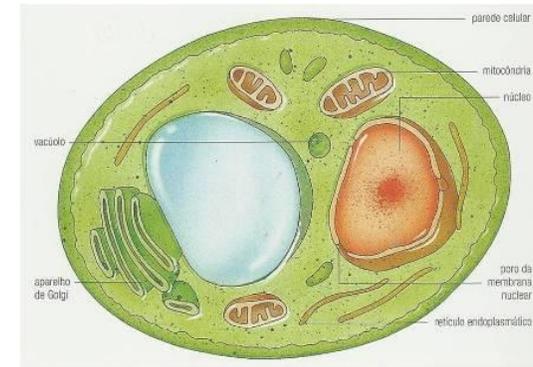
Gram negativo



Gram positivo

Parede celular -
Peptideoglicano

Fungo

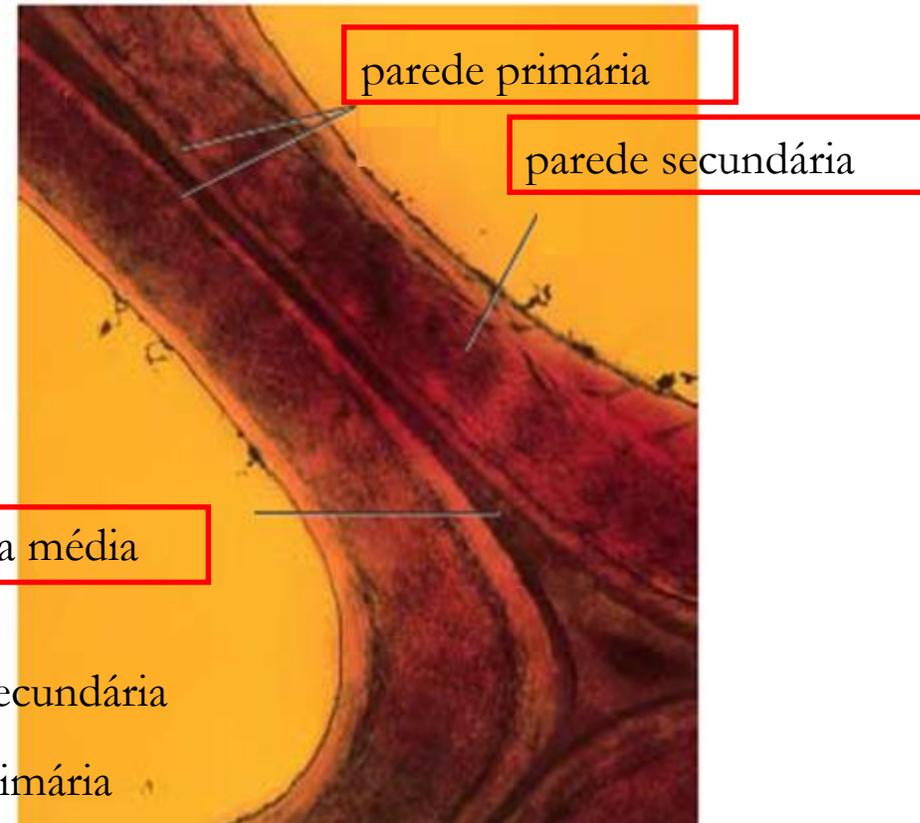
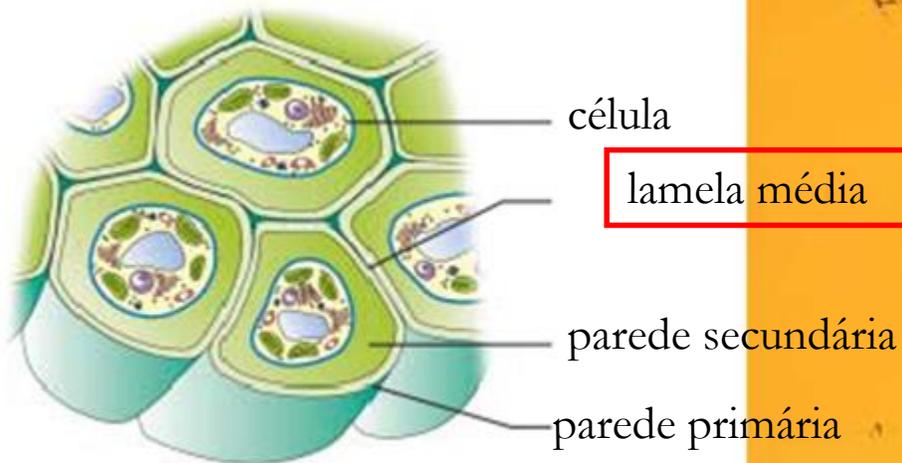
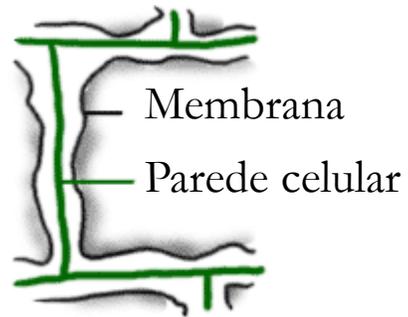


Parede celular -
Celulose e Quitina

Parede Celular Vegetal

- Matriz extracelular de células vegetais
- Rigidez dos tecidos vegetais
- Secretadas pelas células
- Composição controlada pela célula
 - folha x tronco - diferença de rigidez
- **protoplastos**: células vegetais desprovidas de parede
 - frágeis: citoesqueleto deficiente, sensível a osmolaridade, sem elasticidade
- parede celular: resistente mas não rígida – divisão celular
 - ex. murcha

Parede Celular Vegetal

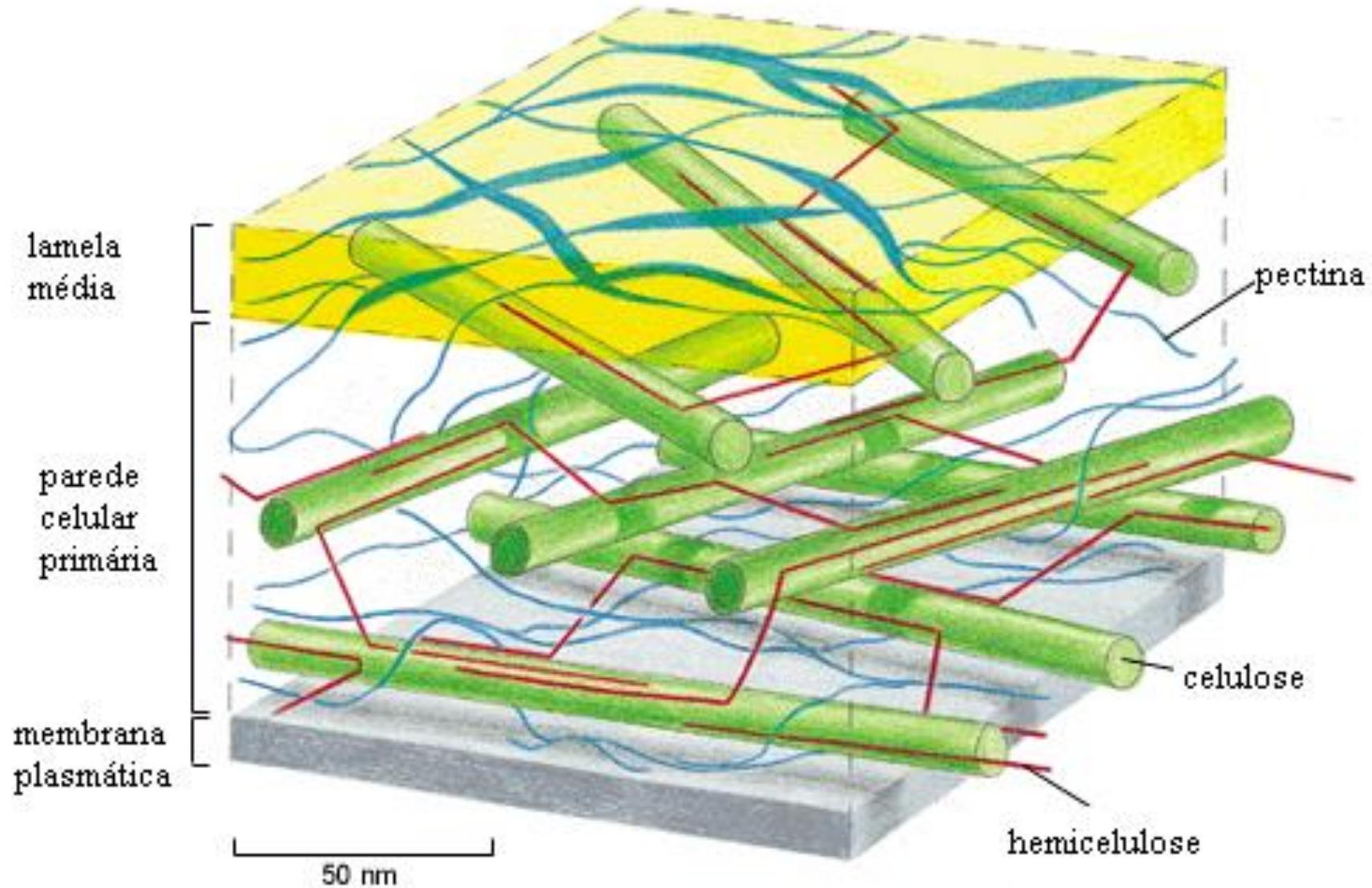


Lamela média: membrana fina, elástica e permeável, constituída de pectatos de cálcio e magnésio, que une como um cimento duas células vegetais vizinhas

Parede Celular Vegetal

- Parede celular primária: com capacidade de expansão pela pressão de turgescência
- Parede celular secundária: espessamento da parede primária ou novas deposições
- Composição: microfibrilas -> fibra
- Fibras formadas de polissacarídeo: **celulose**
- Entremeadas por outros polissacarídeos (**pectina, hemicelulose**) e proteínas estruturais (**expansina**)
- Tecido lenhoso: **lignina** (fenólico)

Modelo da Parede Celular Primária

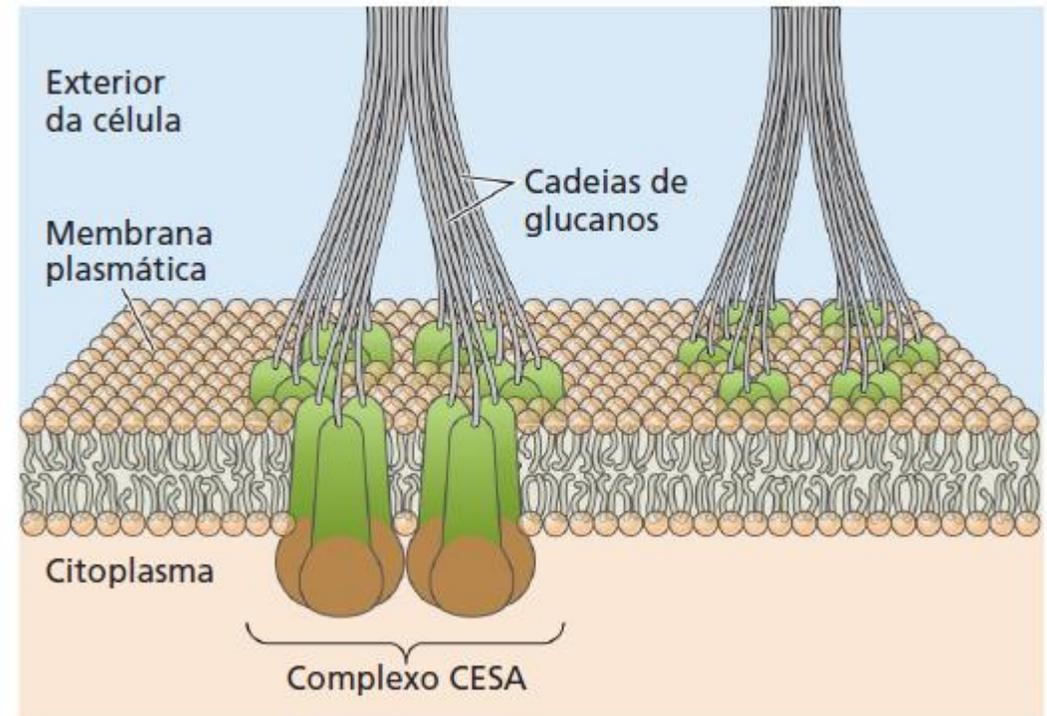
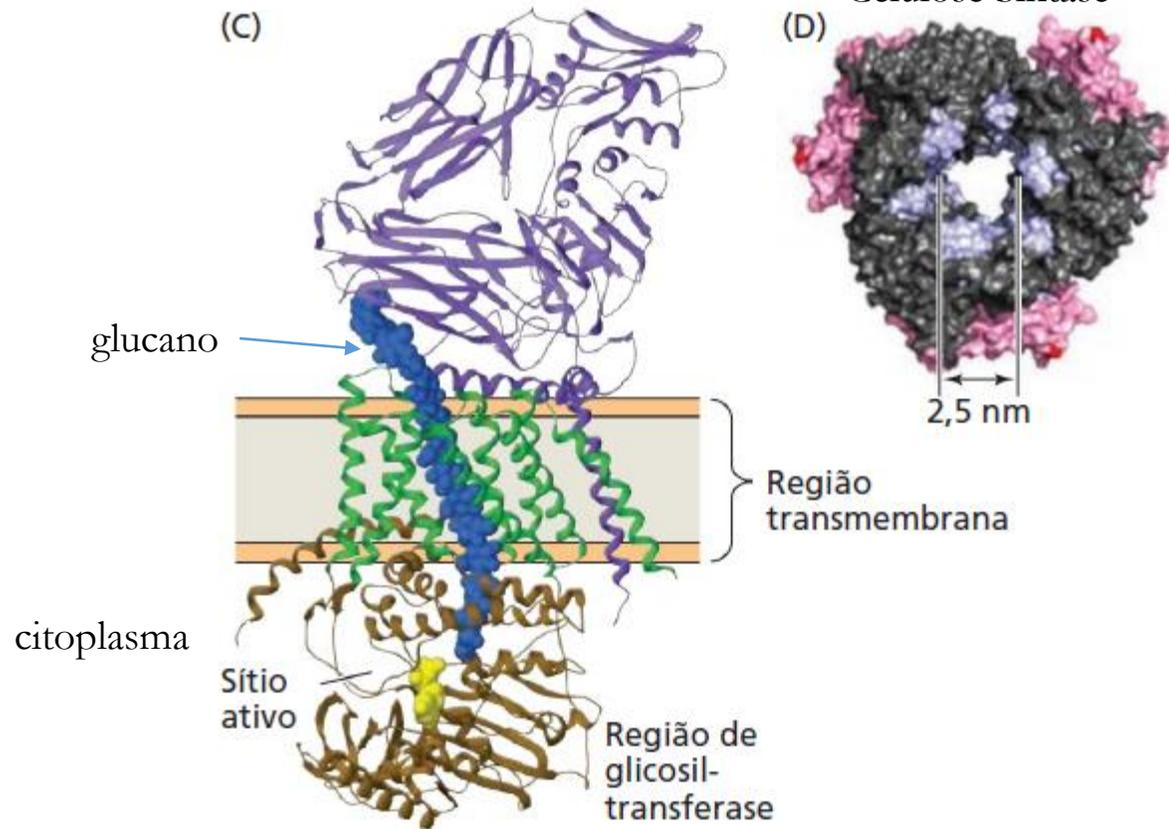


Parede Celular Vegetal

- Celulose produzida por **complexo enzimático embebido** na superfície da membrana citoplasmática
- Alongamento da microfibrila de celulose por adição de monômero (glucose)
- Complexos enzimáticos se movem formando fibras de celulose
- Orientação dos complexos enzimáticos (**celulose sintase**) e fibras resultantes direcionados por microtúbulos do córtex celular
- Citoesqueleto controla indiretamente forma

Parede Celular Vegetal

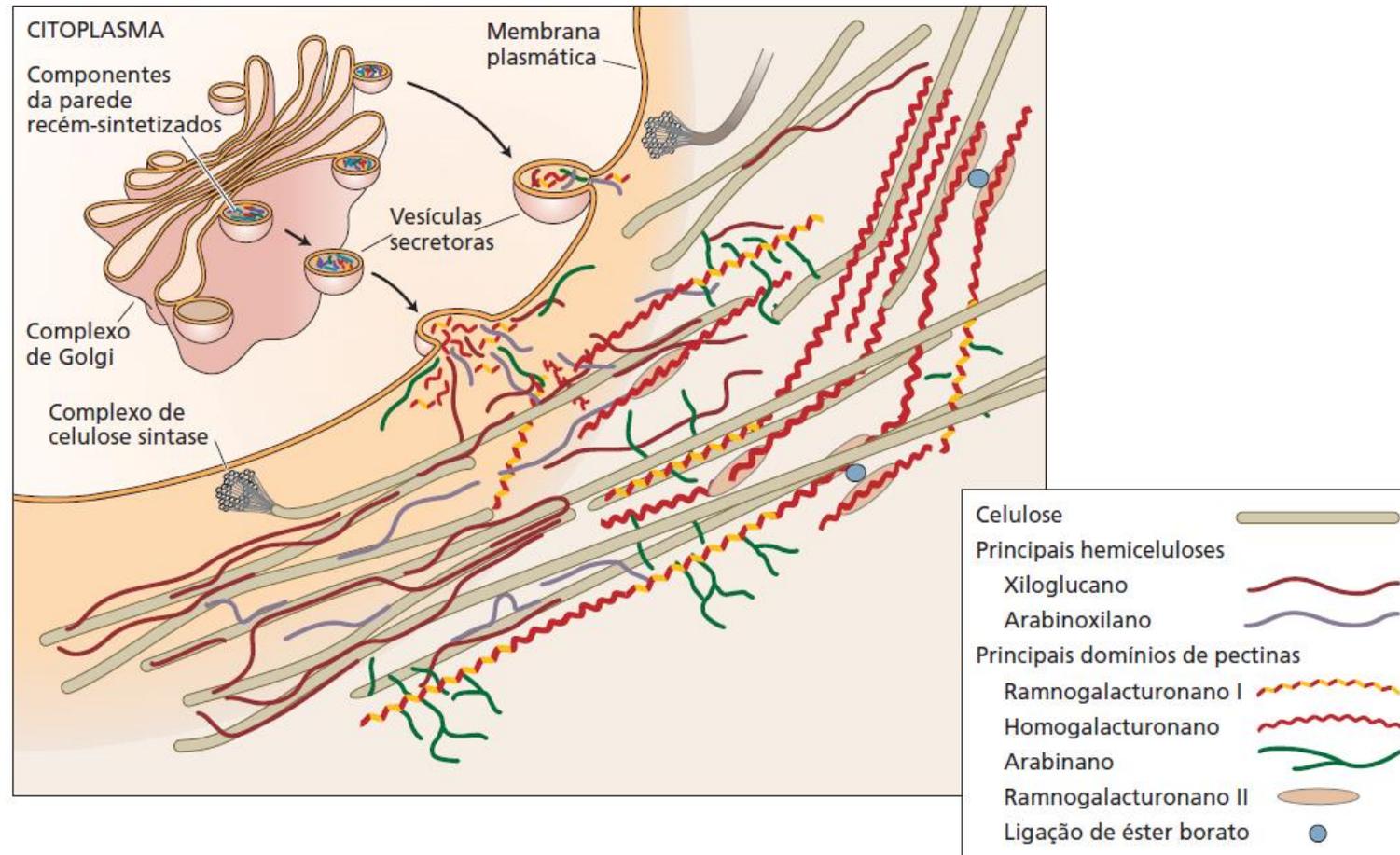
Estrutura Trimérica de Celulose Sintase

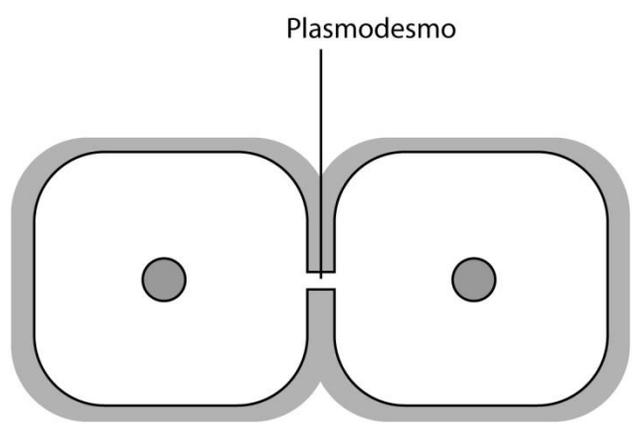


Estrutura da Celulose Sintase bacteriana

Parede Celular Vegetal

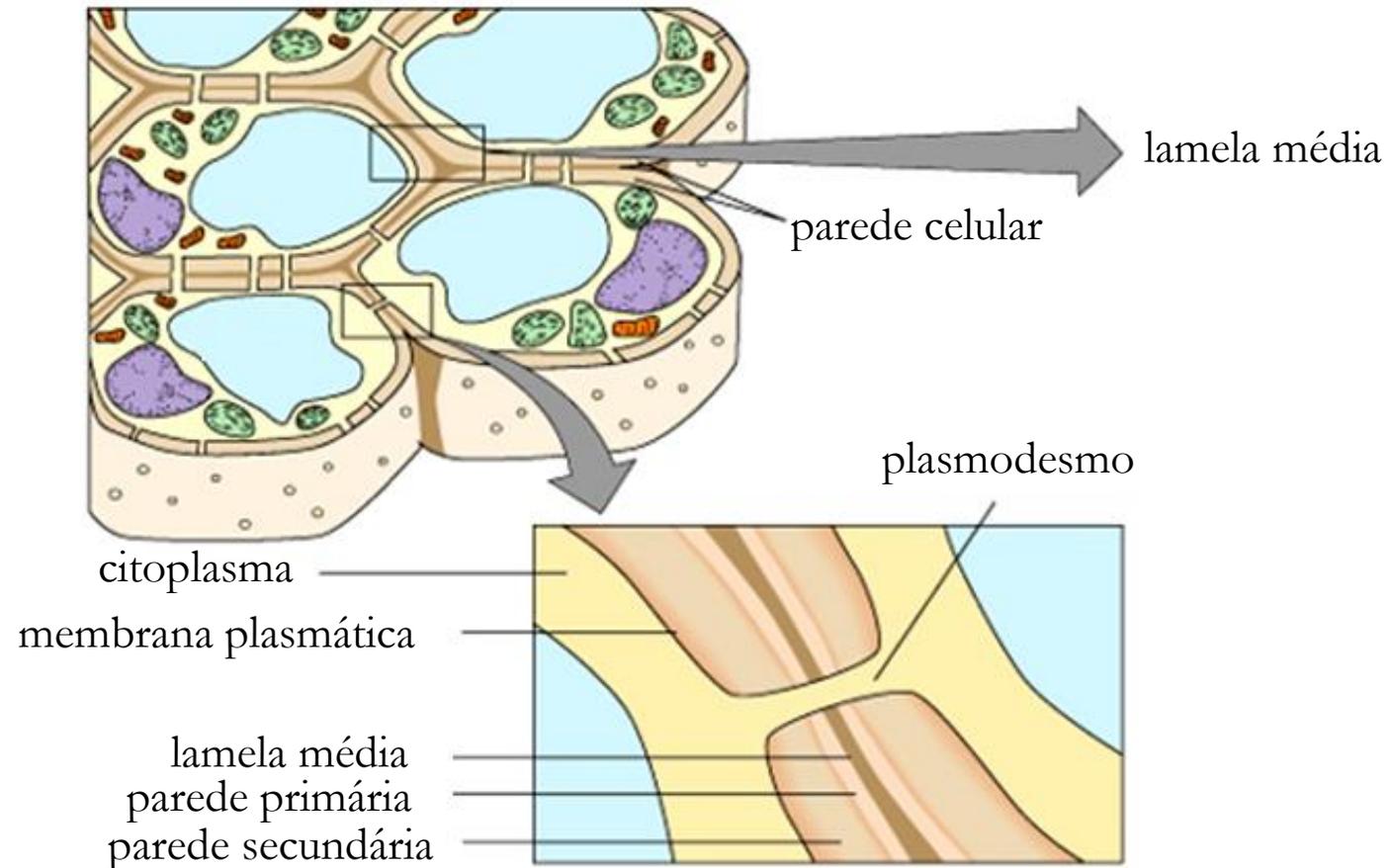
Síntese de Polissacarídeos da Matriz Pectinas e Hemicelulose





Plasmodesmos

- Os plasmodesmos são interligações entre membranas de células vizinhas que criam pontes citoplasmáticas
- Permitem a comunicação entre as células vegetais



Estudo Dirigido

1. Composição do sistema de endomembranas
2. Funções: retículo endoplasmático (REL e RER), complexo de Golgi e Lisossomos
3. Parede celular

