



Microbiologia & Imunologia

Introdução à Microbiologia e
Imunologia

Prof. Me. Yuri Albuquerque



CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS E ABRANGÊNCIA DA MICROBIOLOGIA



Introdução

A microbiologia (do grego ***mikros***, pequenos) é assim denominada porque estuda organismos muito pequenos para uma observação à vista desarmada ("olho nu"). Envolve o estudo de organismos que causam doença, a resposta do hospedeiro contra a infecção e as formas de prevenção de infecções. Para os nossos propósitos, o assunto pode ser classificado em **microbiologia geral médica e oral**.



CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS E ABRANGÊNCIA DA MICROBIOLOGIA



Introdução

A partir da descoberta e do início dos estudos dos microrganismos, ficou claro que a divisão dos seres vivos em dois reinos, animal e vegetal, era insuficiente. O zoólogo E. H. Haeckel, em 1866, sugeriu a criação de um **terceiro reino**, denominado ***Protista***, englobando as **bactérias**, **algas**, os **fungos** e **protozoários**.

Esta classificação mostrou-se satisfatória até que estudos mais avançados sobre ultraestrutura celular demonstraram duas categorias de células: as **procarióticas** e as **eucarióticas**. Na primeira, o equivalente nuclear representado por um único cromossomo não é circundado pela membrana nuclear e, nas eucarióticas, o núcleo é limitado pela membrana nuclear apresentando no seu interior vários cromossomos.



CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS E ABRANGÊNCIA DA MICROBIOLOGIA



Introdução

Assim, em 1969, R. H. Wittaker propôs a expansão da classificação sugerida por Haeckel, baseada não só na organização celular, mas também na forma de obter energia e alimento em cinco reinos: **Animais**, **Planta**, **Fungos**, **Protistas** (microalgas e protozoários) e **Monera** (bactérias e algas azul-verdes).

#Tabela - Principais Diferenças entre Células Procarióticas e Eucarióticas



CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS E ABRANGÊNCIA DA MICROBIOLOGIA



Introdução

Principais Diferenças entre Células Procarióticas e Eucarióticas

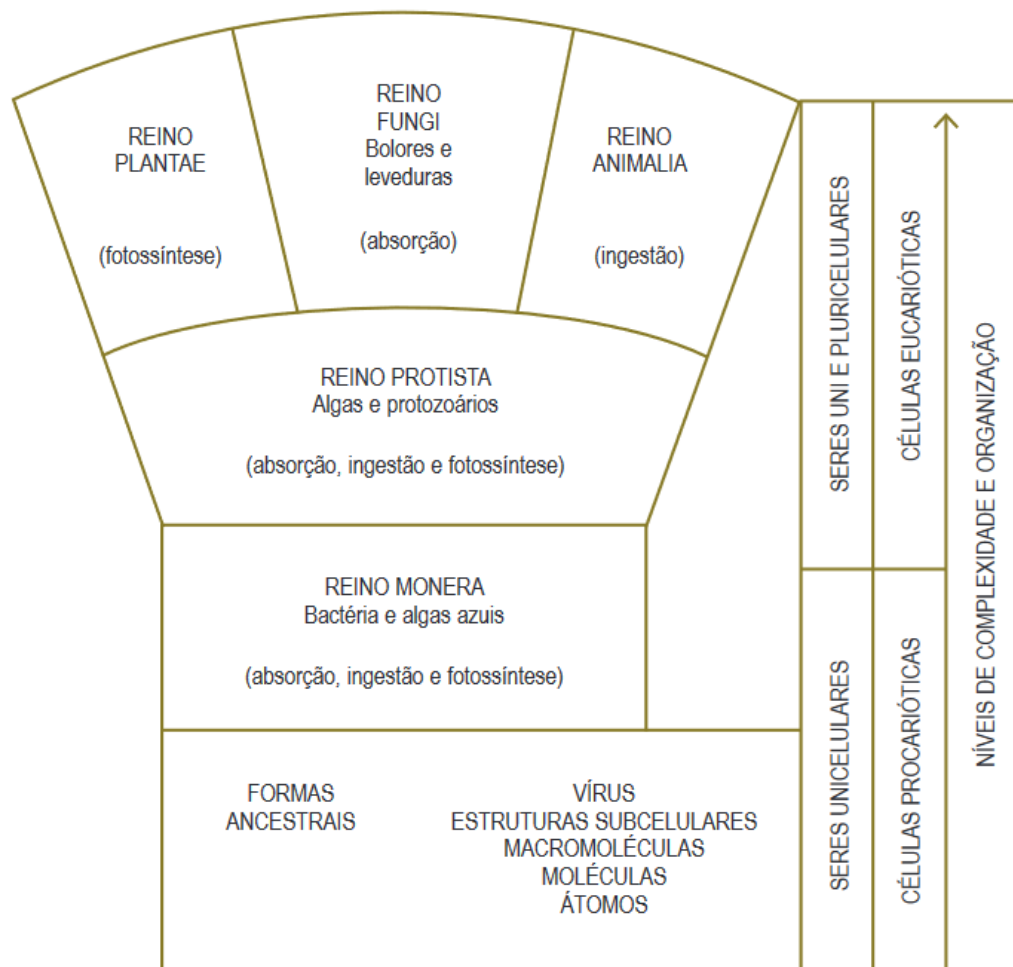
Características	Célula Procariótica	Célula Eucariótica
Tamanho em média de 1 a 5 μm	Acima de 25 μm	
Número de cromossomos	1, circular	Mais de um, lineares
Membrana nuclear	Ausente	Presente
Aparelho mitótico	Ausente	Presente
Mitocôndrias	Ausente	Presente
Cloroplastos	Ausente	Presente em <u>plantas</u>
Aparelho de Golgi	Ausente	Presente
Retículo endoplasmático	Ausente	Presente
Lisossomos	Ausente	Presentes
Ribossomos	70S, distribuídos no citoplasma	80S, ligados a membranas
Membrana citoplasmática	Sem esteróides	Com esteróides
Peptideoglicano	Presente*	Ausente

*Ausente em *Mycoplasma* e *arqueobactérias*

CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS E ABRANGÊNCIA DA MICROBIOLOGIA



Introdução





CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS E ABRANGÊNCIA DA MICROBIOLOGIA



Introdução

C. Woese, em 1979, estudando similaridades e diferenças do RNA ribossômico, propôs, uma nova classificação para os seres vivos: supra-reino Arqueobactéria (incluindo bactérias metanogênicas, bactérias termófilas, bactérias acidófilas e bactérias halófilas); supra reino Eubactéria (incluindo as demais bactérias e as cianobactérias) e supra-reino Eucarioto (incluindo plantas, animais, fungos, protozoários e algas).

Qualquer que seja a classificação adotada, a microbiologia ainda é o ramo da biologia que estuda os seres vivos microscópicos nos seus mais variados aspectos como morfologia, estrutura, fisiologia, reprodução, genética, taxonomia e também a interação com outros seres e com o meio ambiente.

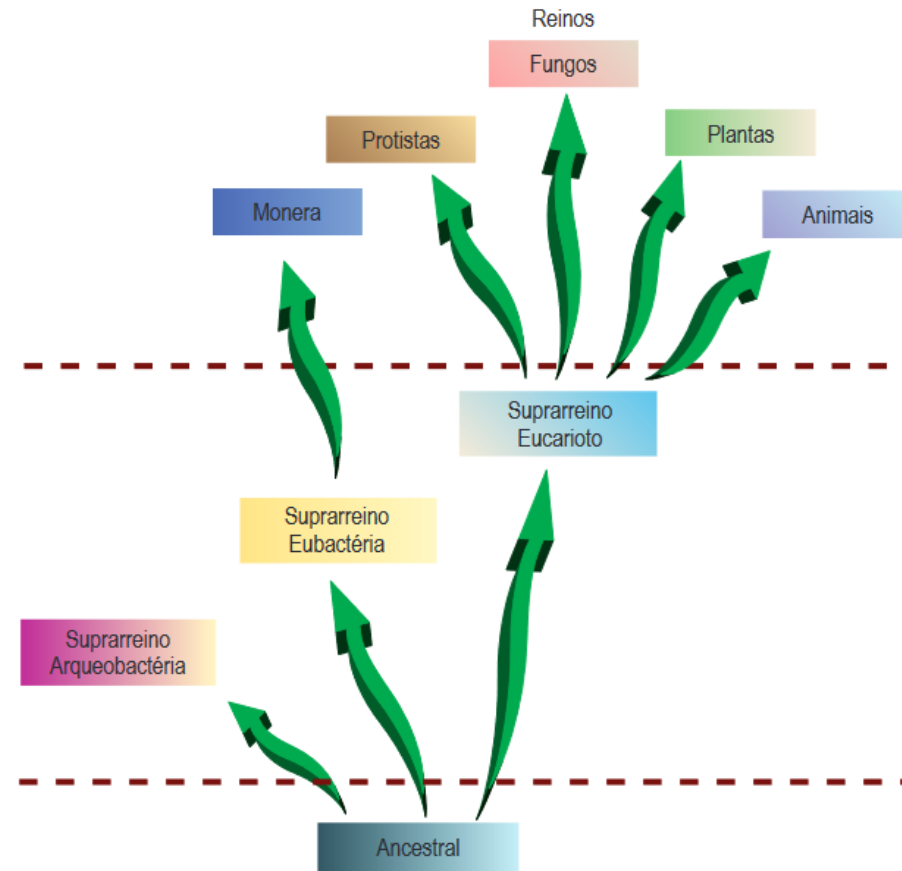
A microbiologia abrange, ainda, o estudo das aplicações industriais dos microrganismos, embora a tendência atual seja deixar esta função para a biotecnologia.



CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS E ABRANGÊNCIA DA MICROBIOLOGIA



Introdução



Classificação e origem dos seres vivos propostas por C. Woese, partindo de um ancestral comum

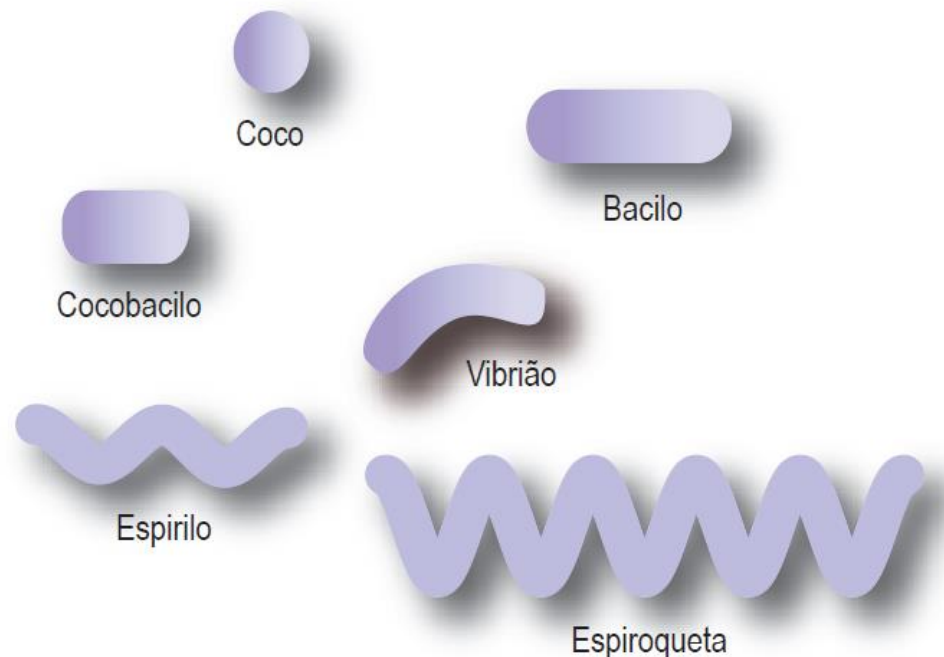
MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Forma, Arranjo e Tamanho

As bactérias de interesse médico podem apresentar formas **esféricas**, **cilíndricas** e **espiraladas**, chamadas respectivamente de **cocos**, **bacilos** e **espirilos**.

Principais formas das bactérias

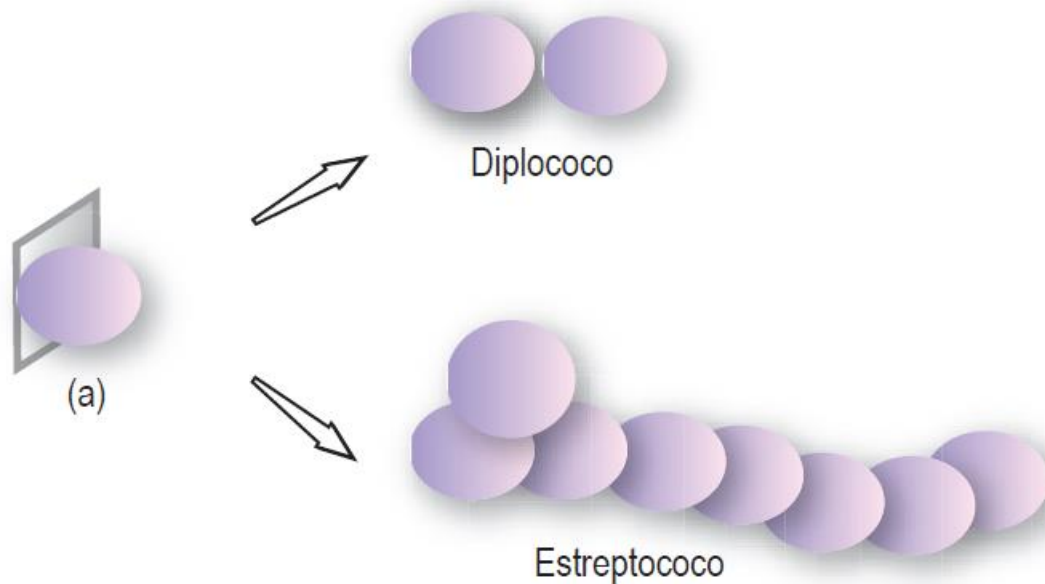


MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Formas de agrupamentos das bactérias

(a) Cocos em pares (diplococos) ou em cadeias (estreptococos), formados por divisões em um único plano.



MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Formas de agrupamentos das bactérias

(b) Cocos em tétrades, formadas por divisões em dois planos.



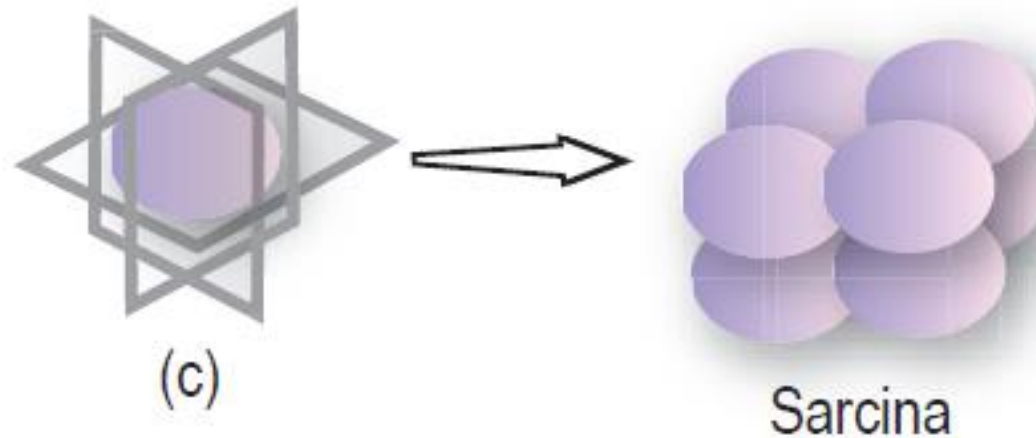
Tétrade

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Formas de agrupamentos das bactérias

(c) Cocos em cubos (sarcina), formados por divisões em três planos.



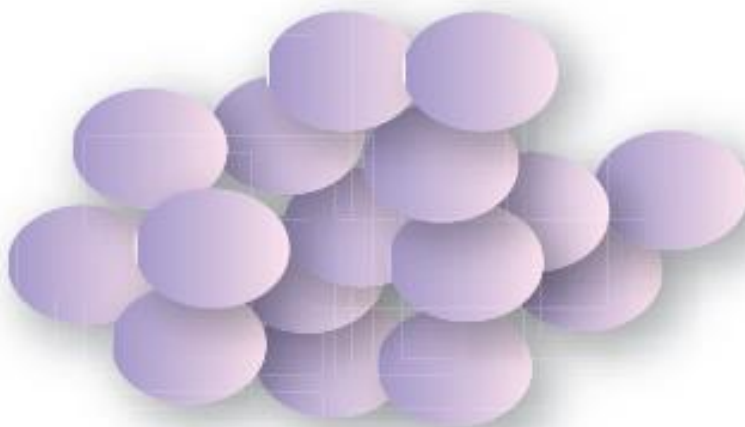
MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Formas de agrupamentos das bactérias

(d) Cocos em cachos (estafilococos), formados por divisões em muitos planos.

(d)



Estafilococo



MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Forma, Arranjo e Tamanho

Os cocos são redondos, mas podem ser ovais, alongados ou achatados em uma das extremidades. Quando as bactérias em forma de cocos se dividem, as células podem permanecer unidas umas às outras, surgindo em decorrência cocos aos pares (diplococos), cadeias (estreptococos) e cachos (estafilococos).

Menos frequentes são aqueles cocos que se dividem em dois ou três planos e permanecem unidos em grupos cúbicos de oito indivíduos (sarcina).



Sarcina

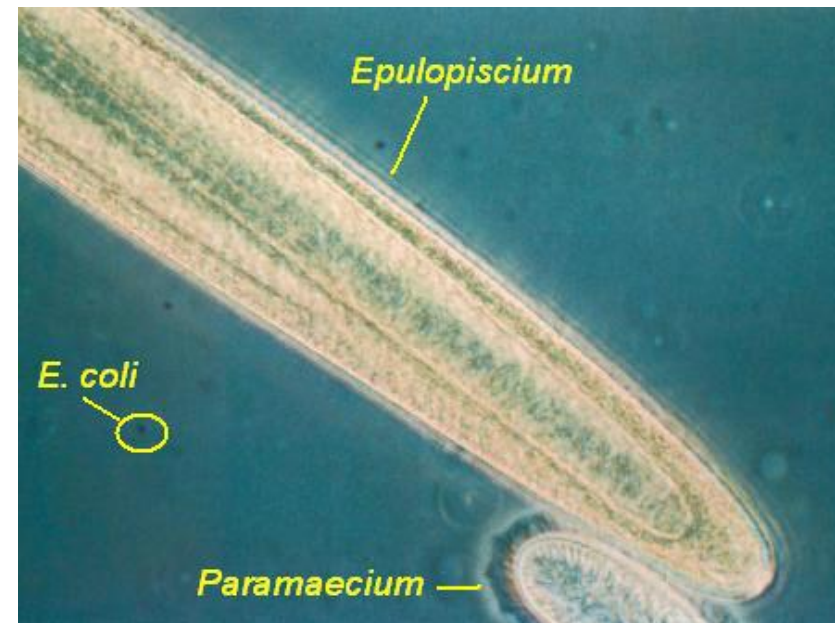
MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Forma, Arranjo e Tamanho

Os bacilos, ao contrário dos cocos, só se dividem no plano sobre seu eixo menor de tal forma que são poucos os arranjos ou agrupamentos: os diplobacilos aparecem aos pares e estreptobacilos ocorrem em cadeias. Alguns bacilos assemelham-se a lanças, outros têm extremidades arredondadas ou, então, retas.

Em relação ao tamanho a regra geral é que varia de 1 a 5 μm (1 μm é a milionésima parte do metro) e uma das **EXCEÇÕES** é *Epulopiscium fishelsoni* (uma bactéria encontrada em peixes) da ordem de 500 a 700 μm .



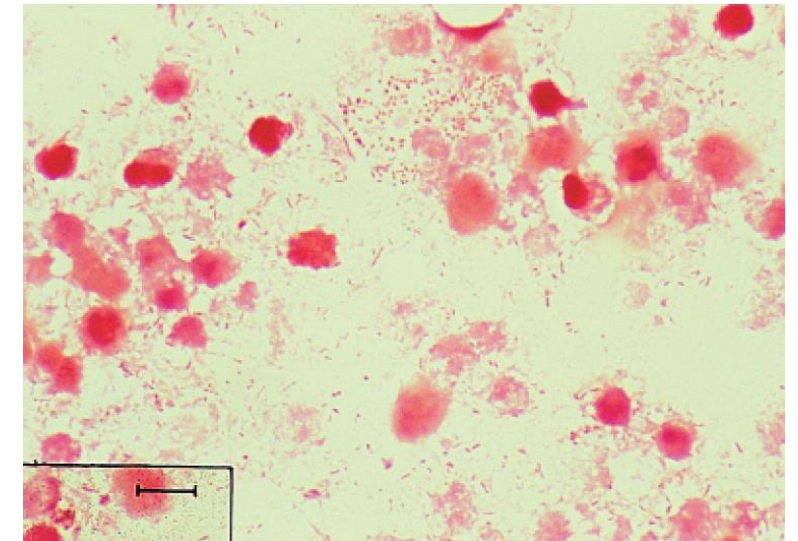
MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Forma, Arranjo e Tamanho

Alguns bacilos assemelham-se tanto aos cocos que, por isso, são chamados cocobacilos. Lembramos, porém, que a maior parte dos bacilos apresenta-se como bacilos isolados. O termo bacilo significa determinada forma, e o termo *Bacillus* significa o gênero que tem esta forma. Neste caso, é escrito com letra maiúscula e em itálico, ex.: *Bacillus subtilis*, em que *Bacillus* é o gênero e *subtilis* é a espécie

Esfregaço direto corado por Gram de um exsudato purulento demonstrando neutrófilos degenerados e uma mistura de bacilos gram-negativos de diferentes tamanhos. Os cocobacilos menores sugeriam uma das espécies de *Prevotella*-*Porphyromonas* pigmentadas; os bacilos pleomórficos maiores sugeriam um membro do grupo *Bacteroides fragilis*



Fonte: Koneman,

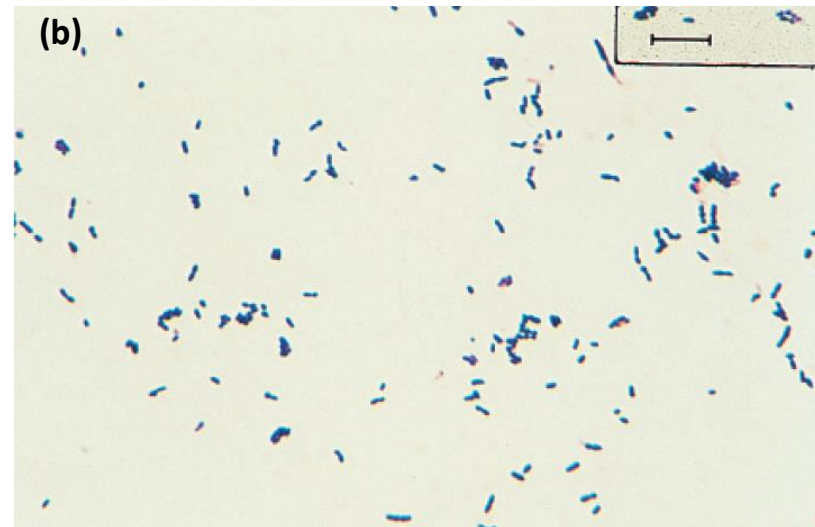
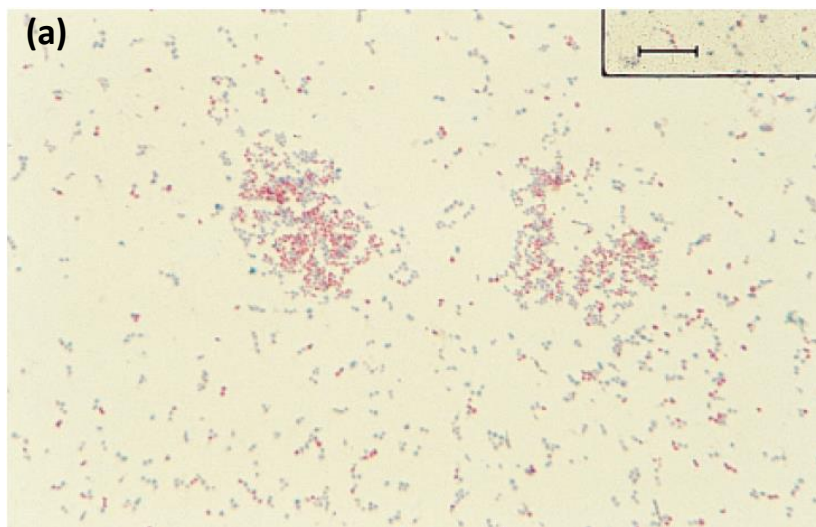
2017, SILVA, Y. J. de A.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Forma, Arranjo e Tamanho

- (a) Cocobacilos com coloração álcool-ácida modificada de uma espécie de *Rhodococcus* demonstrando cocobacilos curtos, dos quais alguns eram álcool-acidorresistentes pela coloração modificada.
- (b) Coloração por Gram de uma espécie de *Rhodococcus* ilustrando cocobacilos gram-positivos curtos dispostos isoladamente e em grupos de “letras chinesas”.



Fonte: Koneman, 2017.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Forma, Arranjo e Tamanho

A forma das bactérias é uma característica genética e geralmente as bactérias são monomórficas, isto é, mantêm uma única forma. Entretanto, algumas condições ambientais e de cultivo podem fazer com que os organismos apresentem formas ou arranjos diferentes. Alguns poucos microrganismos são pleomorfos.

Muitas bactérias foram originalmente descritas através da “forma típica”. Por exemplo, a forma típica da *Neisseria gonorrhoeae* em secreção uretral apresenta-se como diplococos Gram-negativos em forma de grão de café, e ainda, fagocitados no interior de neutrófilos. Se cultivarmos esta bactéria em meios de cultura de laboratório, elas perdem este arranjo descrito.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Forma, Arranjo e Tamanho

Uma vez que os micro-organismos são transparentes, é frequente o uso de corantes para melhor visualização da forma e do tipo de arranjo. Os métodos de coloração mais empregados em bacteriologia médica são os de **Gram** e de **Ziehl-Neelsen**.

O termo **Gram** origina do nome de Christian Gram, pesquisador dinamarquês que, em 1884, desenvolveu, de maneira empírica, o método de coloração que passou a ter o seu nome e que permite dividir as bactérias em dois grandes grupos: **Gram-positivos** e **Gram-negativos**.

O método, ou técnica de Gram, consiste, essencialmente, no tratamento sucessivo de um esfregaço bacteriano, fixado pelo calor, com os seguintes reagentes: **crystal violeta**, **lugol**, **álcool** e **fucsina**.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Forma, Arranjo e Tamanho

Toda bactéria, quer seja **Gram-positiva**, quer seja **Gram-negativa**, absorve de maneira idêntica o cristal violeta e o lugol, adquirindo a cor roxa devido ao complexo formado pelas duas substâncias na parede, membrana e no citoplasma da célula.

Entretanto, ao serem tratadas pelo álcool, apresentam comportamentos diferentes: as **Gram-positivas** não se deixam descorar pelo álcool, enquanto as **Gram-negativas** o fazem sem qualquer dificuldade.

Obviamente, as bactérias Gram-positivas mantêm a cor roxa do complexo cristal violeta-lugol, e as **Gram-negativas**, que o perderam, tornam-se descoradas. Ao **receber a fucsina**, somente as últimas bactérias se deixam corar, adquirindo a **cor vermelha do corante**.

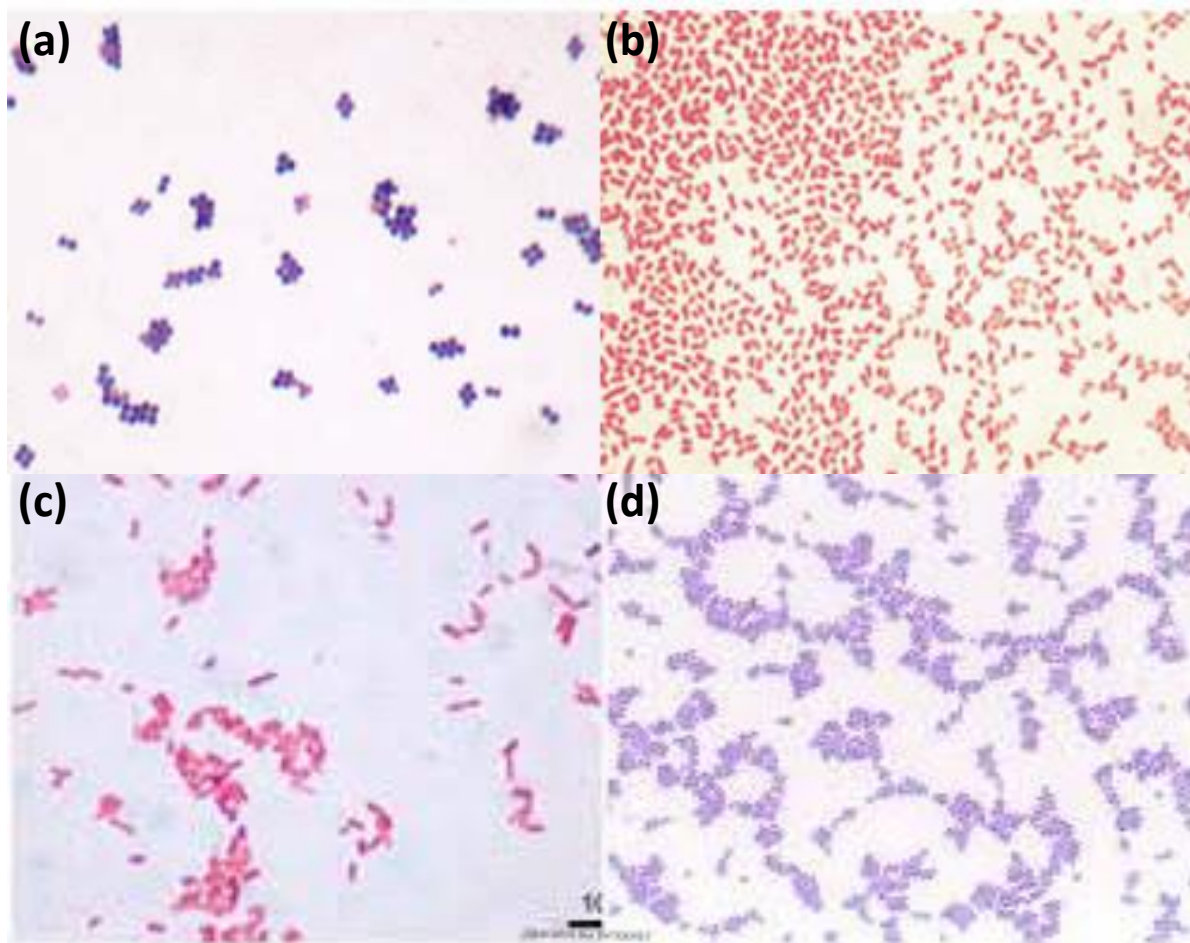
MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Forma, Arranjo e Tamanho

Assim, quando se examina ao microscópio um esfregaço bacteriano corado pelo método de Gram, as bactérias **Gram-positivas** se apresentam de **cor roxa** e as **Gram-negativas**, de **cor avermelhada**.

- (a) Gram-positiva (**roxa**)
- (b) Gram-negativa (**avermelhada**)
- (c) Gram-negativa (**avermelhada**)
- (d) Gram-positiva (**roxa**)



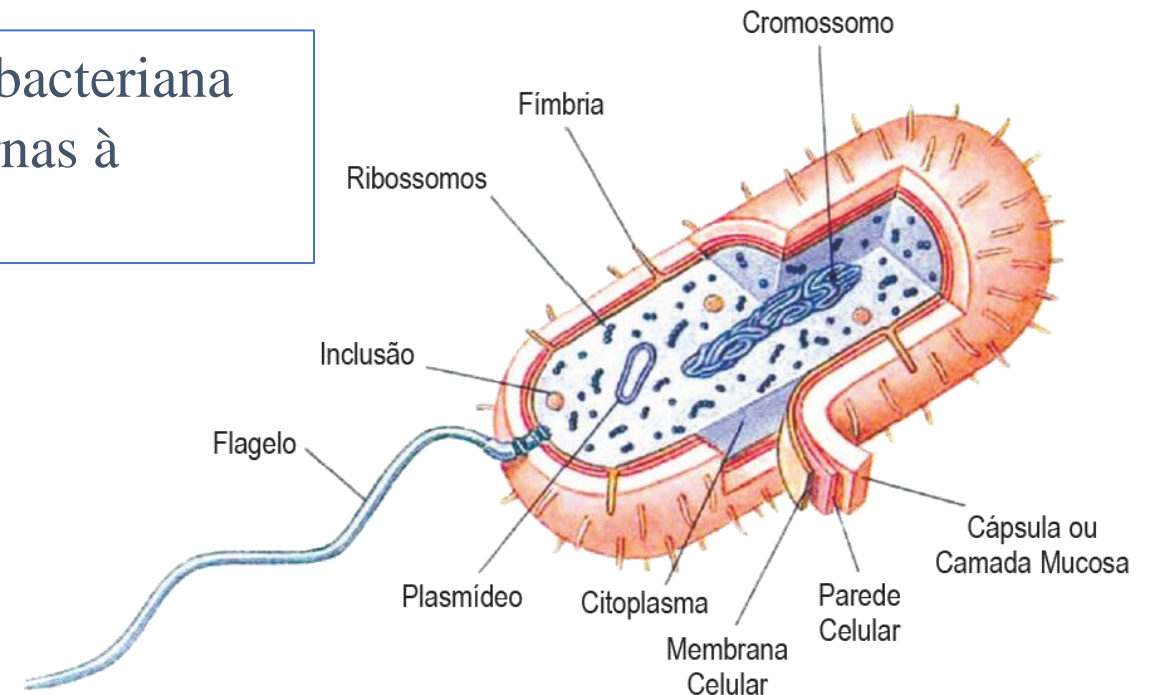
MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Estruturas Bacterianas e suas Funções

A célula bacteriana apresenta várias estruturas. Algumas delas estão presentes apenas em determinadas espécies, enquanto outras são essenciais. Estas últimas são encontradas em todas as bactérias.

A figura apresenta esquematicamente uma célula bacteriana típica com as principais estruturas externas e internas à membrana plasmática.



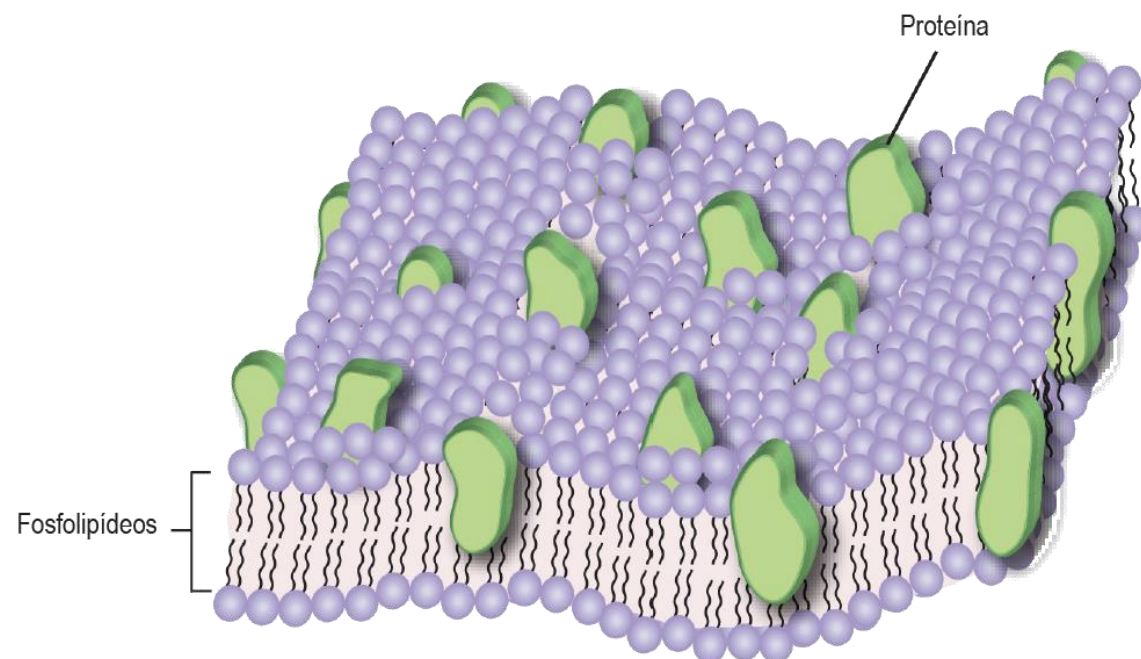


MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Estruturas Bacterianas e suas Funções – Membrana Citoplasmática

A membrana citoplasmática bacteriana, também chamada membrana plasmática, é uma estrutura de aproximadamente 8 nm de espessura. Esta estrutura forma uma barreira responsável pela separação do meio interno (citoplasma) e externo, sendo vital para a célula.



Representação esquemática da membrana plasmática de bactérias: moléculas de proteína encontram-se imersas na bicamada fluida formada por moléculas de fosfolípidios — “Modelo do mosaico fluido”. As superfícies interna e externa da membrana são hidrofílicas; o interior é hidrofóbico.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Estruturas Bacterianas e suas Funções – Estrutura Química

Como a maioria das membranas biológicas, a membrana das bactérias é composta de proteínas (60%) imersas em uma bicamada de lipídeos (40%), sendo os fosfolipídeos os mais importantes. As proporções dos componentes são variáveis, dependendo da espécie bacteriana e das condições de cultivo.

Os ácidos graxos dos lipídeos são responsáveis pela condição hidrofóbica da porção interna da membrana, enquanto a parte hidrofílica deles fica exposta ao meio externo aquoso. Além das interações hidrofóbicas e pontes de hidrogênio, cátions como Mg^{2+} e Ca^{2+} são responsáveis pela manutenção da integridade da membrana.

A membrana dos procariotos difere quimicamente da membrana das células eucarióticas, principalmente pela ausência de esteróis.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Estruturas Bacterianas e suas Funções – Mecanismos de transporte através da membrana

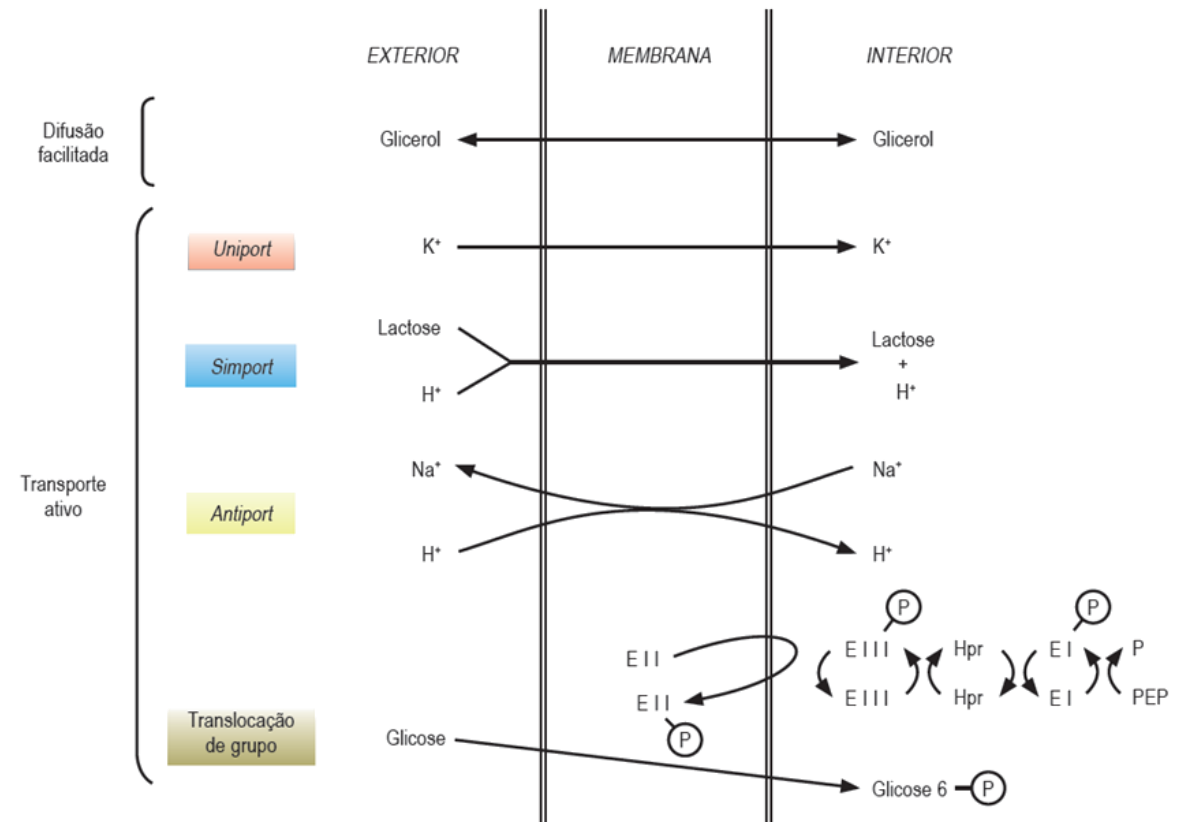
Difusão facilitada: entrada de um soluto (glicerol) para dentro da célula a favor do gradiente de concentração.

Uniport: transporte de um cátion para o interior da célula.

Simport: entrada simultânea de um soluto (S) e um próton (H^+).

Antiport: troca de um cátion por um próton.

Translocação de grupo: a glicose é fosforilada durante a entrada na célula pelo sistema fosfotransferase composto pelas enzimas EI, EII, EIII e Hpr. O produto final do processo é a glicose-6-fosfato (G-6-P).



MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Estruturas Bacterianas e suas Funções – Transporte de Solutos

A membrana plasmática atua como uma barreira altamente seletiva, impedindo a passagem livre de moléculas e íons, possibilitando, assim, a concentração de metabólitos específicos dentro da célula (algumas substâncias podem estar até mil vezes mais concentradas dentro da célula em relação ao meio externo). Além disso, a excreção de substâncias inúteis à célula também é feita através da membrana.

Moléculas hidrofílicas polares como ácidos orgânicos, aminoácidos e sais minerais não conseguem passar livremente pela membrana e, por isso, devem ser especificamente transportadas. Assim, mesmo uma partícula tão pequena quanto o íon hidrogênio (H^+) não atravessa a barreira passivamente, pois está sempre na forma hidratada, ocorrendo em solução como o íon H_3O^+ .

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Estruturas Bacterianas e suas Funções – Transporte de Solutos

O transporte de substâncias através da membrana do meio externo para o interno e vice-versa ocorre com o auxílio de “proteínas de transporte de membrana”. Estas podem ser divididas em duas classes:

- Proteínas responsáveis pelo transporte de apenas uma substância de um lado para o outro da membrana ***uniport***;
- Carregam duas substâncias ao mesmo tempo, uma de interesse da célula e outra necessária para que ocorra o transporte da primeira — cotransportadora. Neste último, o transporte das duas substâncias pode ocorrer na mesma direção, ***simport***, ou em direções opostas, ***antiport***.

A característica mais importante do transporte mediado por carregadores proteicos é a sua natureza altamente específica. Alguns carregadores têm afinidade por apenas um único tipo de molécula, enquanto muitos outros são capazes de reagir com toda uma classe de moléculas. Por exemplo, existem carregadores para o transporte de aminoácidos aromáticos que não são

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Estruturas Bacterianas e suas Funções – Transporte de Solutos

A característica mais importante do transporte mediado por carregadores proteicos é a sua natureza altamente específica. Alguns carregadores têm afinidade por apenas um único tipo de molécula, enquanto muitos outros são capazes de reagir com toda uma classe de moléculas. Por exemplo, existem carregadores para o transporte de aminoácidos aromáticos que não são capazes de transportar outros aminoácidos.

A maioria das proteínas envolvidas no transporte de solutos está localizada ao longo da membrana com porções expostas tanto ao citoplasma como ao meio externo. Por meio de uma mudança conformacional na proteína, o soluto que se ligou a ela do lado externo é liberado para o lado interno. O mecanismo de transporte que envolve uma proteína transportadora e que ocorre sempre a favor de gradiente é denominado ***difusão facilitada***.



Estruturas Bacterianas e suas Funções – Transporte de Solutos

Os **solutos** também podem ser transportados contra um gradiente de concentração e, neste caso, envolvem gasto de energia. A energia pode ser proveniente de compostos com ligações fosfato de alta energia como o fosfoenolpiruvato ou durante reações que liberam energia na célula.

Existem basicamente dois mecanismos que envolvem gasto de energia:

- Transporte ativo;
- Translocação de grupo.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Estruturas Bacterianas e suas Funções – Transporte de Solutos

Transporte ativo – a substância a ser transportada se liga a um ou mais carregadores de membrana que a liberam para dentro da célula. Um exemplo desse tipo de transporte é o da maltose, em *Escherichia coli*. A fonte de energia utilizada neste caso é o ATP. Como, aqui, a substância não é alterada quimicamente durante o transporte e, conseqüentemente, sua utilização nas reações celulares não pode ocorrer imediatamente e a sua concentração intracelular pode atingir níveis muitas vezes maiores que o extracelular. Outros açúcares, assim como um grande número de aminoácidos, ácidos orgânicos e íons inorgânicos, como sulfato, fosfato e potássio, sabidamente, são transportados por esse sistema.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Estruturas Bacterianas e suas Funções – Transporte de Solutos

Translocação de Grupo – ao contrário do transporte ativo, a substância é alterada quimicamente durante a sua passagem pela membrana (normalmente ocorre uma fosforilação). Açúcares como glicose, manose e frutose são fosforilados durante o transporte pelo sistema da fosfotransferase.

Uma mesma molécula pode ser transportada por transporte ativo ou por translocação de grupo conforme a espécie bacteriana. A glicose, por exemplo, entra na célula por transporte ativo em *Pseudomonas aeruginosa* e pelo sistema da fosfotransferase em *Escherichia coli*.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Estruturas Bacterianas e suas Funções – Produção de Energia

Produção de energia por transporte de elétrons e fosforilação oxidativa – a presença dos citocromos e de enzimas da cadeia de transporte de elétrons na membrana plasmática lhe confere uma função análoga à da membrana interna das mitocôndrias em células eucarióticas. O transporte de elétrons por fotossíntese em certas bactérias também ocorre na membrana citoplasmática que substitui, em parte, a função dos cloroplastos em algas e plantas.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Estruturas Bacterianas e suas Funções – Biossíntese

Biossíntese – as enzimas de síntese dos lipídeos da membrana e de várias classes de macromoléculas componentes de outras estruturas externas à membrana (peptidioglicano, ácidos teicóicos, lipopolissacarídeos e polissacarídeos extracelulares) estão ligadas à membrana citoplasmática. Uma vez sintetizadas, estas macromoléculas são permeadas para o lado externo pelos canais chamados junções de Bayer. Estes são formados por prolongamentos da membrana citoplasmática que se unem à membrana externa de bactérias Gram-negativas, estabelecendo assim um contato entre o citoplasma e o limite externo da célula.

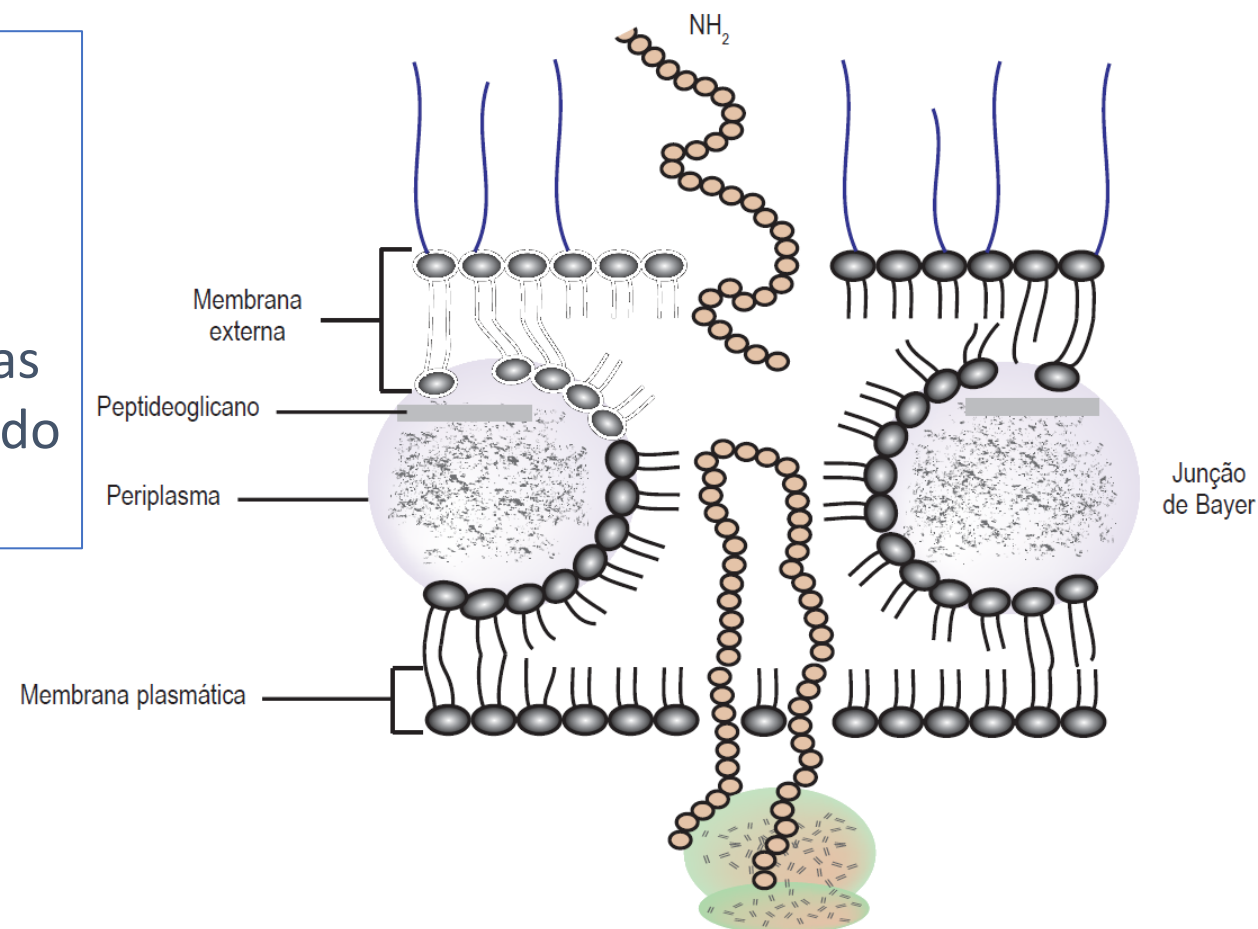


MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Estruturas Bacterianas e suas Funções – Biossíntese

Junções de Bayer. Exemplo de possível mecanismo de secreção das proteínas que formam a parede das bactérias Gram-negativas. As proteínas são sintetizadas em nível da membrana plasmática e, através das junções de Bayer, são transferidas para o lado externo da célula.



MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Estruturas Bacterianas e suas Funções – Duplicação do DNA e Secreção

Duplicação do DNA – algumas das proteínas do complexo de duplicação e separação do DNA estão localizadas na membrana plasmática.

Secreção – a membrana está envolvida na secreção de enzimas hidrolítica que têm como função romper as macromoléculas do meio fornecendo subunidades que servirão como nutrientes. Outras macromoléculas, como toxinas, bacteriocinas, penicilinas, podem ser excretadas através da membrana plasmática.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Estruturas Bacterianas e suas Funções – Mesossomos

Mesossomos – a membrana citoplasmática pode apresentar invaginações múltiplas que formam estruturas especializadas denominadas mesossomos. Existem dois tipos:

- a) **Septal**, que desempenha importante papel na divisão celular, pois, após a duplicação do DNA, ao qual se encontra ligado, atua como o fuso no processo de divisão na célula eucariótica, separando os dois cromossomos e conduzindo-os para os polos da célula. Além disso, participa também da formação das paredes transversais;
- b) **Lateral**, que é encontrado em determinada bactéria e parece ter como função concentrar enzimas envolvidas no transporte eletrônico, conferindo à célula maior atividade respiratória ou fotossintética.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Parede Celular

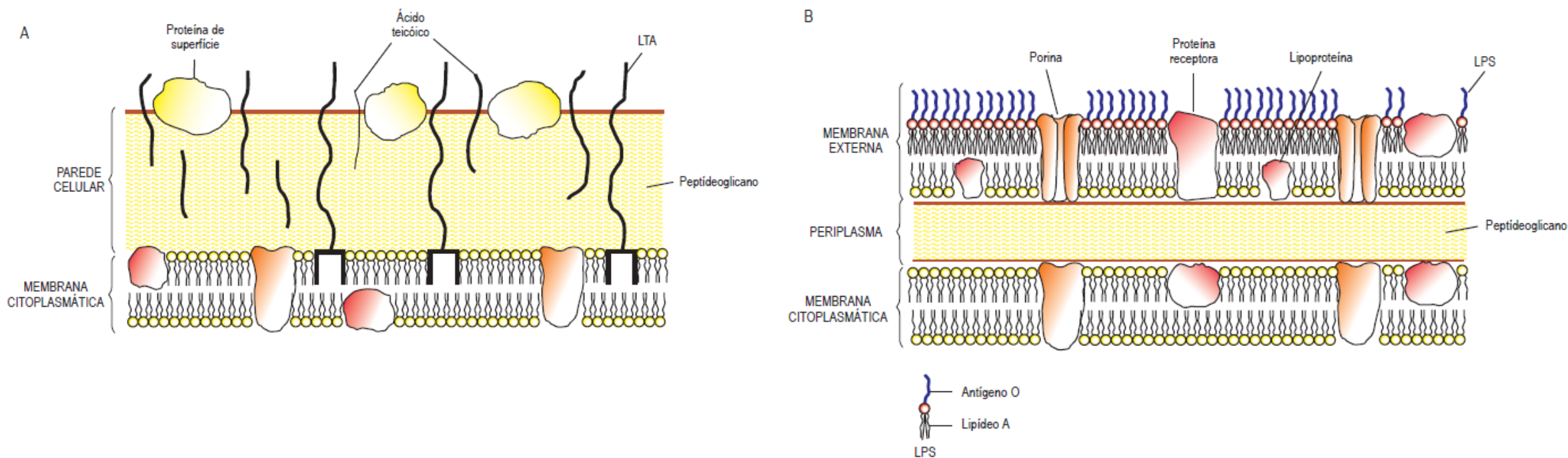
Geralmente, a pressão osmótica do interior das bactérias (15 a 20 atmosferas) é muitas vezes superior à do meio externo, de maneira que a tendência da célula a intumescer é grande e, se não fosse a presença da parede celular, as bactérias estourariam. A manutenção da forma bacteriana (bacilo, coco etc.) é devida a esta estrutura. Além disso, a parede desempenha um papel importante na divisão celular como primer ou iniciadora da sua própria biossíntese, dando origem ao septo que separa as duas novas células oriundas da divisão celular.



MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Parede Celular – Representação esquemática das diferenças estruturais entre as paredes de bactérias Gram-positivas (A) e Gram-negativas (B).



Bactérias Gram-negativas possuem uma parede composta de várias camadas que diferem na sua composição química e, conseqüentemente, é mais complexa que a parede das Gram-positivas que, apesar de mais espessa, apresenta predominantemente um único tipo de macromolécula.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Parede Celular – Estrutura Química

O estudo dos mecanismos de ação dos antibióticos e quimioterápicos, de patogenicidade e de outros tantos assuntos que estarão relacionados diretamente à composição química e estrutura da parede bacteriana.

Na maioria das bactérias, a parede celular deve a sua rigidez a uma camada composta de uma substância somente encontrada em procariotos e que recebe diferentes denominações como mureína, mucopeptídio, mucocomplexo, peptidioglicano, peptideoglicano, glicopeptídeo ou glicopeptídio. O peptidioglicano representa a maior parte da parede das bactérias Gram-positivas, atingindo de 45% a 50% da massa seca da célula, ao passo que nas Gram-negativas não ultrapassa 5%.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Parede Celular

Trata-se de uma macromolécula formada por um arcabouço composto de uma alternância de N-acetil-glicosamina (NAG) e ácido N-acetilmurâmico (NAM). A este último encontram-se ligadas, covalentemente, cadeias laterais de tetrapeptídios (CLT). A maior parte dos CLTs conhecidos é composta de L-alanina, D-glutamato, mesodiaminopimelato (ou outro aminoácido diamínico) e D-alanina.

As CLTs podem-se interligar diretamente como na maioria das bactérias Gram-negativas ou por meio de outros aminoácidos como ocorre nas bactérias Gram-positivas. O arcabouço é o mesmo na maioria das espécies bacterianas, porém a composição dos tetrapeptídios pode variar parcialmente conforme a espécie. A ligação entre duas cadeias laterais (CLTs) ocorre, na maioria das vezes, entre o quarto aminoácido de uma e o terceiro aminoácido da outra, que, obrigatoriamente, deve ser um aminoácido diamínico para que possa ocorrer a dupla ligação peptídica.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Parede Celular

O número de interligações entre as CLTs em bactérias Gram-positivas é bem superior ao encontrado em bactérias Gram-negativas. Embora as ligações glicosídicas entre NAG e NAM sejam ligações fortes, apenas estas cadeias não são capazes de prover toda a rigidez que esta estrutura proporciona. A total rigidez do peptidoglicano é atingida quando estas cadeias são interligadas pelos aminoácidos.

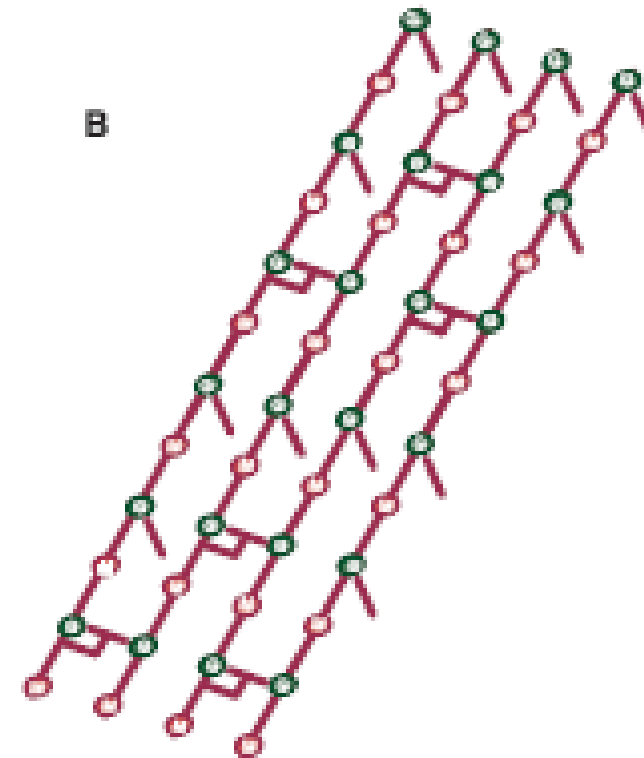
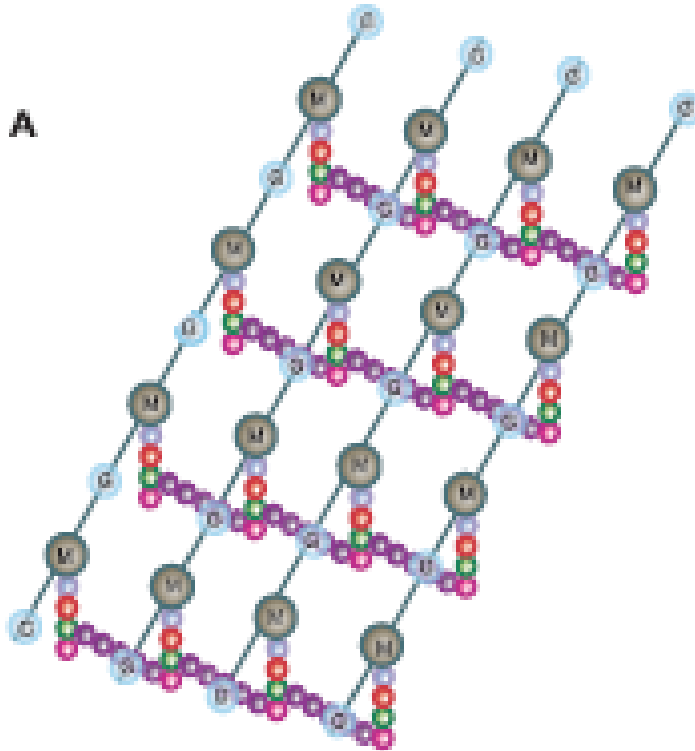
A forma da célula é determinada pelo comprimento das cadeias do peptidoglicano e pela quantidade de interligações existentes entre estas cadeias.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Parede Celular

Esquema do peptideoglicano de bactérias Gram-positivas **(A)**, Gram-negativas **(B)** e **(C)**...



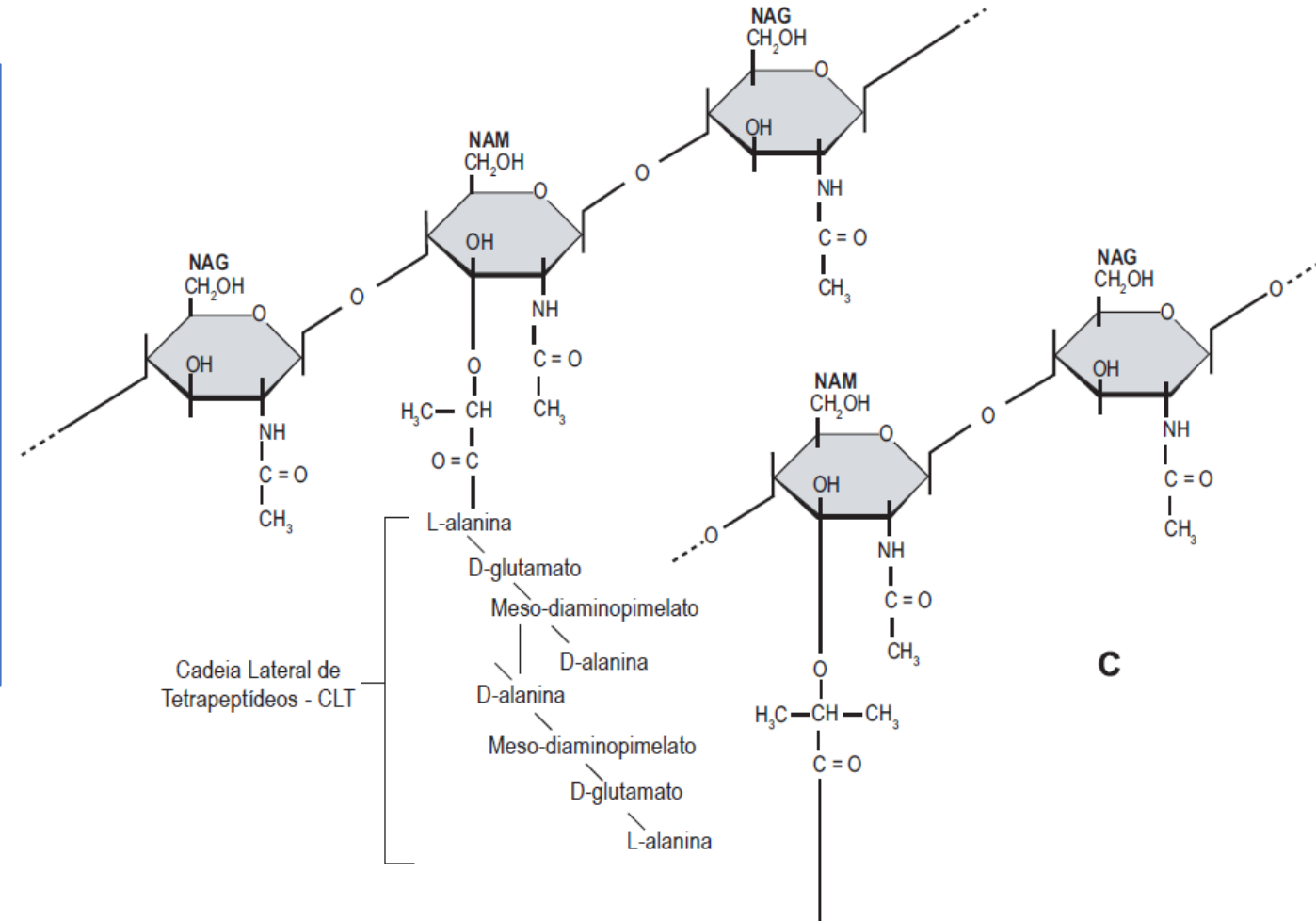


MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Parede Celular

(C) uma unidade do peptidoglicano formada pela alternância de ácido N-acetilglicosamina (NAG) e ácido N-acetilmurâmico (NAM). Ao NAM encontram-se ligadas às cadeias laterais de tetrapeptídios (CLTs): L-alanina (L-ala); D-glutamato (D-glu); meso-diaminopimelato (meso-DAP) e D-alanina (D-ala).



MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Componentes característicos da parede das bactérias Gram-positivas

Nas bactérias Gram-positivas, 70 a 75% da parede são compostos de peptidoglicano. Além desta macromolécula, encontramos proteínas e ácidos teicóicos que podem representar até 50% da massa seca da parede. O termo ácido teicóico inclui todos os polímeros formados por resíduos de glicerol ou ribitol unidos por ligações fosfodiéster, sejam eles encontrados na parede, sejam encontrados na membrana plasmática da célula. Todavia, os ácidos teicóicos têm sido divididos em dois tipos:

- Ácidos teicoicos de parede ligados ao peptidoglicano
- Ácidos lipoteicoicos (LTA)

que, apesar de serem encontrados ao longo da parede, encontram-se intimamente ligados à fração lipídica da membrana plasmática.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Componentes característicos da parede das bactérias Gram-positivas

Suas **propriedades** são:

- a) Facilitar a ligação e a regulação da entrada e saída de cátions na célula, graças ao grupo fosfato que confere uma carga negativa à molécula que se encontra voltada para o lado externo da célula;
- b) regular a atividade das *autolisinas* durante o processo de divisão celular. Quando uma célula bacteriana se prepara para se dividir, ocorre o crescimento da parede celular e enzimas denominadas *autolisinas* atuam sobre o peptidoglicano no sentido de romper seus componentes em pontos específicos, permitindo assim a inserção de novas subunidades. Os ácidos teicoicos atuam na regulação da atividade destas *autolisinas*, impedindo que quebras excessivas ocorram, provocando a lise celular;

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Componentes característicos da parede das bactérias Gram-positivas

Suas **propriedades** são:

- c) Constituir sítios receptores de bacteriófagos;
- d) Servir de sítio de ligação com o epitélio do hospedeiro em algumas bactérias patogênicas. Por exemplo, em *Streptococcus pyogenes* o ácido lipoteicoico, juntamente com a proteína M, facilita a ligação da bactéria ao receptor da mucosa respiratória;
- e) Constituir, graças à sua localização na célula, importantes antígenos celulares tornando possível a identificação sorológica de muitas bactérias Gram-positivas.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Componentes característicos da parede das bactérias Gram-negativas

A parede das bactérias Gram-negativas é mais complexa. É formada por uma ou poucas camadas de peptidoglicano e por uma membrana externa. O espaço que separa a membrana citoplasmática da membrana externa é chamado espaço *periplasmático*.

As características gerais do peptidoglicano é destacar que a união entre cadeias paralelas de NAG e NAM é feita diretamente pelas ligações peptídicas entre o terceiro diaminoácido de uma cadeia e o quarto aminoácido da cadeia adjacente, tornando-as mais compactas. O peptidoglicano liga-se à membrana externa por uma lipoproteína e está embebido no gel periplasmático que contém alta concentração de enzimas degradadoras e proteínas de transporte. Devido à menor concentração de peptidoglicano, a parede das bactérias Gram-negativas é mais suscetível a quebras quando comparadas à de bactérias Gram-positivas. Os ácidos teicóicos não estão presentes em bactérias Gram-negativas.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Membrana externa

Como a maioria das membranas biológicas, a membrana externa das bactérias Gram-negativas é formada por dupla camada lipídica. Caracteristicamente, possui uma camada interna composta basicamente de fosfolipídeos, e uma externa contendo lipopolissacarídeos e proteínas. Como todas as bicamadas lipídicas, possuem o interior hidrofóbico devido às cadeias de ácidos graxos. A parte polissacarídica externa constitui um ambiente hidrofílico.

Lipopolissacarídeo (LPS) são constituído de um lipídeo complexo (lipídeo A), ao qual está ligado um polissacarídeo chamado antígeno O ou antígeno somático. Os açúcares que formam a cadeia lateral deste polissacarídeo variam de espécie para espécie e, por isso, são responsáveis pelas características antigênicas em bactérias Gram-negativas. O LPS é chamado também endotoxina, pois é tóxico, provocando muitas vezes respostas fisiológicas, como febre em animais, incluindo o homem.



Membrana Externa

Proteínas como a membrana citoplasmática, a membrana externa das bactérias Gram-negativas é um mosaico fluido com um conjunto de proteínas imersas na matriz lipídica. As principais proteínas com funções conhecidas são:

- a) **Porinas:** proteínas triméricas que formam poros que propiciam a passagem passiva de solutos.
- b) **Proteínas da membrana externa** (*outer membrane proteins — OMPs*): estruturalmente diferentes das porinas, também estão envolvidas no transporte de alguns solutos, além de funcionarem como receptores da fímbria sexual e de bacteriófagos.
- c) **Lipoproteínas:** proteínas com função estrutural, cuja parte proteica está covalentemente ligada ao peptidoglicano e à parte lipídica imersa na camada interna de fosfolípídeo da membrana externa, fazendo uma ponte entre os dois componentes.



MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Espaço periplasmático

Espaço compreendido entre as membranas externa e plasmática. Além do peptidoglicano, contém uma série de enzimas e proteínas, tais como:

- a) **enzimas hidrolíticas** (proteases, nucleases, lipases), responsáveis pela quebra de macromoléculas, às quais a membrana citoplasmática é impermeável. Produzem, assim, moléculas menores que podem ser transportadas para o interior da célula;
- b) **enzimas capazes de inativar drogas**, tornando a célula resistente a elas. Ex. beta-lactamase (inativa penicilina e outros beta-lactâmicos);
- c) **proteínas transportadoras de solutos** que participam do transporte de substâncias para o interior das células.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Bactérias com paredes de composição química diferente ou sem parede

- a) **Arqueobactérias:** não possuem peptidoglicanos típicos com ácido N-acetilmurâmico e D-aminoácidos, característicos das eubactérias. Algumas possuem paredes compostas exclusivamente de N-acetilglicosamina e outras apenas de proteínas.
- b) **Mollicutes:** não possuem parede celular e seu citoplasma é limitado apenas por uma bicamada fosfolipídica associada a proteínas.
- c) **Formas L:** células sem parede originadas de bactérias Gram-positivas ou Gram-negativas selecionadas pelo uso de agentes que destroem a parede (lisozima ou penicilina). Uma vez isoladas, podem ser estáveis (permanecem sem parede na ausência do agente) ou instáveis (quando voltam a sintetizar a parede).

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Cápsula, Camada Mucosa e Camada S

Vários procariotos sintetizam polímeros orgânicos que são depositados para fora da parede e são chamados **substâncias poliméricas extracelulares (SPE)**. Apesar de não serem essenciais à vida da célula, as substâncias poliméricas extracelulares podem desempenhar papéis muito importantes para as bactérias

O termo cápsula é restrito a uma camada que fica ligada à parede celular como um revestimento externo de extensão limitada e estrutura definida. No entanto, as SPEs podem formar uma massa amorfa mais dispersa, parcialmente desligada da célula e chamada, então, camada mucosa. Ambos os envoltórios, com raras exceções, são de natureza polissacarídica.

A camada S, encontrada, sobretudo nas arqueobactérias, é composta de proteínas ou glicoproteínas ligadas à parede. Parece ser responsável pela sustentação da célula em bactérias que não possuem um peptidoglicano verdadeiro.



MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Cápsula, Camada Mucosa e Camada S

Qual a importância dessas capsulas, camada mucosa e camada S para as bactérias:

- a) **Reservatório de água e nutrientes:** visto serem formadas por macromoléculas muito hidratadas, servem como proteção contra dessecação do meio e podem ser fonte de nutrientes.
- b) **Aumento da capacidade invasiva de bactérias patogênicas:** as bactérias encapsuladas são escorregadias e escapam à ação dos fagócitos. Assim, a perda da cápsula pode resultar na perda do poder invasor e, em alguns casos, da patogenicidade, como ocorre com *Streptococcus pneumoniae*.
- c) **Aderência:** as cápsulas possuem receptores específicos que servem como sítios de ligação com outras superfícies.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Cápsula, Camada Mucosa e Camada S

Qual a importância dessas capsulas, camada mucosa e camada S para as bactérias:

- d) **Aumento da resistência microbiana a biocidas:** a ação de biocidas que normalmente atuam sobre micro-organismos se torna mais difícil quando estes formam o biofilme.
- e) **Produção industrial de SPEs:** polissacarídeos extracelulares de micro-organismos têm sido produzidos e utilizados industrialmente como espessantes de alimentos, tintas etc.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Flagelos

O flagelo bacteriano confere movimento à célula e é formado de uma estrutura basal, um gancho e um longo filamento externo à membrana. O filamento é composto de um único tipo de proteína chamado flagelina.

O comprimento de um flagelo é geralmente maior que o da célula, mas seu diâmetro é uma pequena fração do diâmetro celular. Nem todas as bactérias possuem flagelos. Nas eubactérias de interesse médico, pode-se generalizar, afirmando que muitas espécies de bacilos apresentam flagelos, mas raramente eles ocorrem nos cocos.

A localização (polares ou peritríquios) e o número de flagelos são utilizados na classificação das bactérias em certos grupos taxonômicos.



Fímbrias, Pelos ou “Pili”

Muitas bactérias Gram-negativas são dotadas de apêndices filamentosos proteicos que não são flagelos. Tais apêndices, chamados fímbrias (ou pelos), são menores, mais curtos e mais numerosos que os flagelos e não formam ondas regulares. As fímbrias podem ser vistas apenas sob microscopia eletrônica. Não desempenham nenhum papel relativo à mobilidade, pois são encontradas tanto em espécies móveis como nas imóveis. Há, contudo, várias funções associadas com diferentes tipos de fímbrias. Um tipo, conhecido como fímbria F ou fímbria sexual, serve como condutor de material genético durante a conjugação bacteriana.

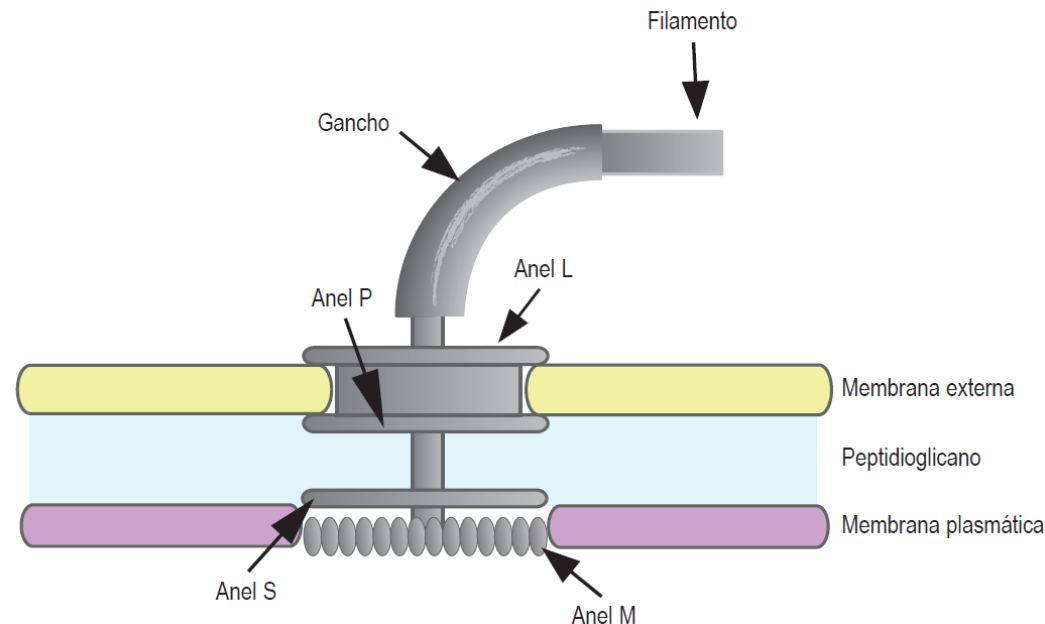
Outros tipos funcionam como sítios receptores de bacteriófagos e como estruturas de aderência às células de mamíferos e a outras superfícies. Esta propriedade de aderência a superfícies, atribuída às fímbrias, pode ser importante para as bactérias em seu ambiente natural, pois permite sua fixação aos tecidos, por exemplo, dos quais obtém seus nutrientes.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Flagelos

Modelo de um flagelo de uma bactéria Gram-negativa. Os anéis L e P estão associados à membrana externa e ao peptidioglicano. Os anéis M e S estão associados com a membrana plasmática.



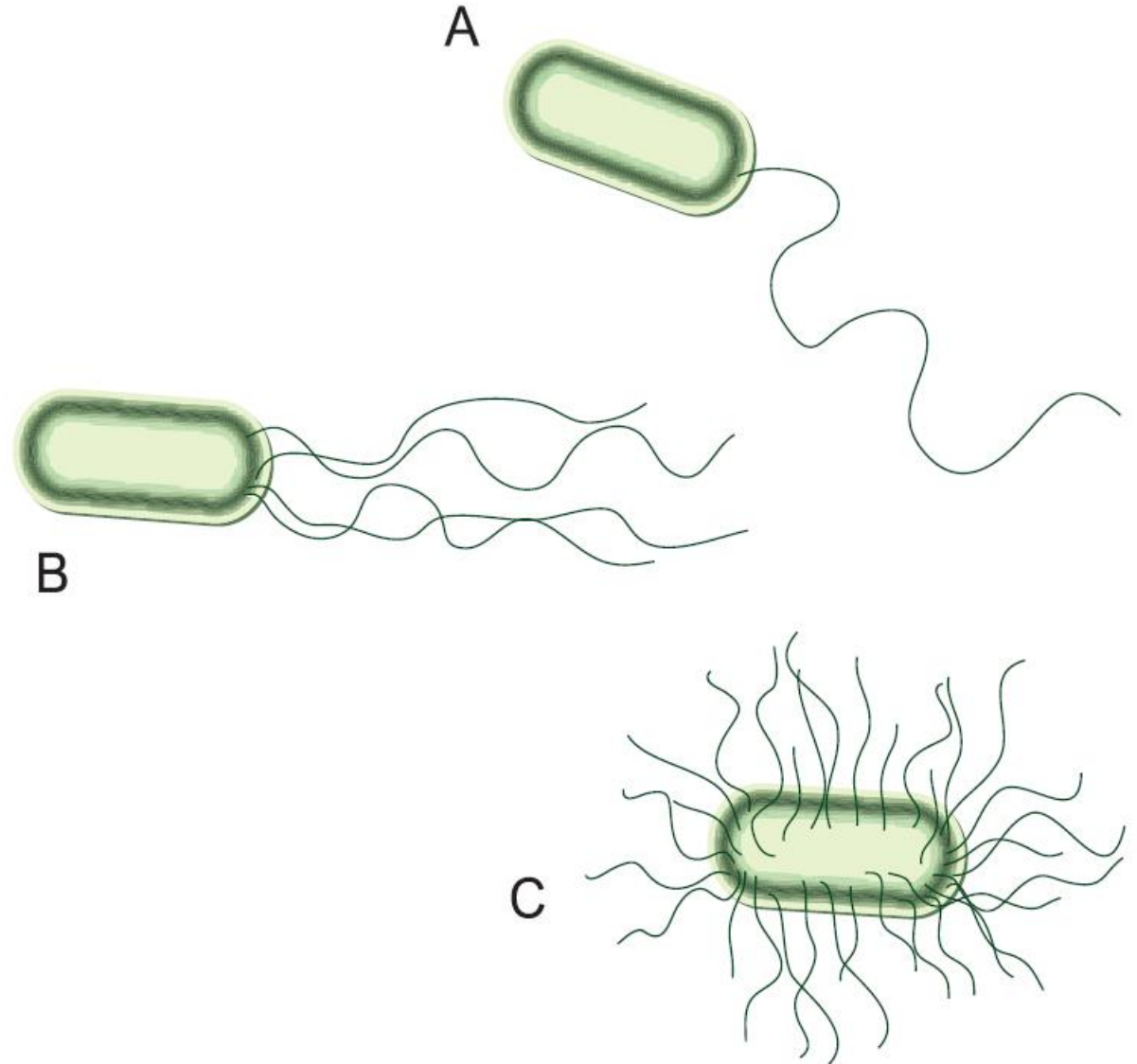


MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Flagelos

Localização e número de flagelos em diferentes bactérias. (A) Polar com um único flagelo. (B) Polar com vários flagelos. (C) Peritríquio com muitos flagelos.





Nucleoide e Plasmídios

- O nucleoide procariótico ou o DNA bacteriano;
- No citoplasma das bactérias podem existir moléculas de DNA circulares, menores que o cromossomo, cujos genes não determinam características essenciais, porém, muitas vezes, conferem vantagens seletivas às células que as possuem. Estes elementos, denominados plasmídeos, são capazes de autoduplicação independente da replicação cromossômica e podem existir em número variável. Exemplos de plasmídios: fatores sexuais (fator – F), fatores de resistência a antibióticos (fator – R), plasmídeo de fixação de N_2 , etc.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Componentes citoplasmáticos

O citoplasma da célula bacteriana é uma solução aquosa limitada pela membrana plasmática. Imersas no citoplasma existem partículas insolúveis, algumas essenciais (ribossomos e nucleóide) e outras encontradas apenas em alguns grupos de bactérias, nos quais exercem funções especializadas como os grânulos e os vacúolos gasosos.

Ribossomos

Partículas citoplasmáticas onde ocorre a síntese proteica. São compostos de RNA (60%) e proteína (40%). Em procariotos, possuem coeficiente de sedimentação de 70S e são compostos de duas subunidades, 30S e 50S.



Componentes citoplasmáticos

Grânulos

A natureza química destas estruturas varia de bactéria para bactéria, a sua função, porém, é quase sempre a de substância de reserva e subunidades de macromoléculas para compor outras estruturas celulares.

Esporos bacterianos

Os endósporos são estruturas formadas por algumas espécies de bactérias Gram-positivas, sobretudo dos gêneros *Clostridium* e *Bacillus*, quando o meio se torna carente de água ou de nutrientes essenciais. Assim, a formação do esporo em procariotos é um tipo de diferenciação celular que ocorre como resposta a uma situação desfavorável do meio ambiente. Bactérias capazes de esporular são mais comumente encontradas no solo.



Componentes citoplasmáticos

Vacúolos gasosos

Os vacúolos gasosos são encontrados no citoplasma de organismos procarióticos que vivem flutuando em lagos, rios ou mares. A membrana destes vacúolos, em vez de ser constituída por bicamadas lipídicas como as outras membranas, é composta apenas de unidades repetidas de proteína, organizadas de maneira a formar uma estrutura rígida somente permeável a gases e impermeável a água ou solutos.

A rigidez da membrana e o tamanho da vesícula variam de organismo para organismo e parecem ser determinadas pela combinação das médias da pressão osmótica e hidrostática à qual o organismo é submetido no seu hábitat.

MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Mecanismo de Resistência do Esporo e sua Importância

Do ponto de vista clínico e da indústria de alimentos, pois processos capazes de matar células na forma vegetativa não são suficientes contra a célula na forma esporulada. Assim, enquanto a maioria das células na forma vegetativa é morta com temperaturas em torno de 70°C, os endósporos podem sobreviver por horas em água fervente. Os endósporos de bactérias termofílicas podem sobreviver em água fervente por 19 horas.

Espécies formadoras de espora são mais comumente encontradas no solo, como muitos *Bacillus*, *Clostridium*, *Sporosarcina* e *Streptomyces*. Com exceção do *Streptomyces*, todas estas espécies produzem esporos sem função reprodutora. *Streptomyces* produz seus esporos em estruturas especializadas (hifas multinucleadas), esporos estes que, neste caso, constituem o seu modo de reprodução.



Mecanismo de Resistência do Esporo e sua Importância

Algumas espécies bacterianas formadoras de endósporos são muito importantes como patógenos, como por exemplo:

- *Bacillus anthracis* (provoca uma doença fatal em gado);
- *Clostridium tetani* (agente etiológico do tétano);
- *Clostridium perfringens* (agentes da gangrena gasosa); e
- *Clostridium botulinum*. (produz toxinas altamente letais causadoras do botulismo).



MORFOLOGIA E ESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA



Tarefa de casa

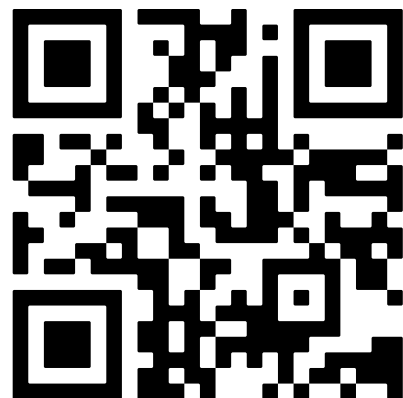
Escrever um texto de uma lauda ou duas páginas à próprio punho, sobre uma bactéria da microbiota do nosso corpo, demonstrar todas as suas características que vimos em aula e se possível desenhar sua forma e estruturas.



UNISÃO MIGUEL

DOWNLOAD DO
CONTEÚDO DA AULA

<https://yurialb.github.io>



CONTATOS



E-mail: yuri.albuquerque@outlook.com

