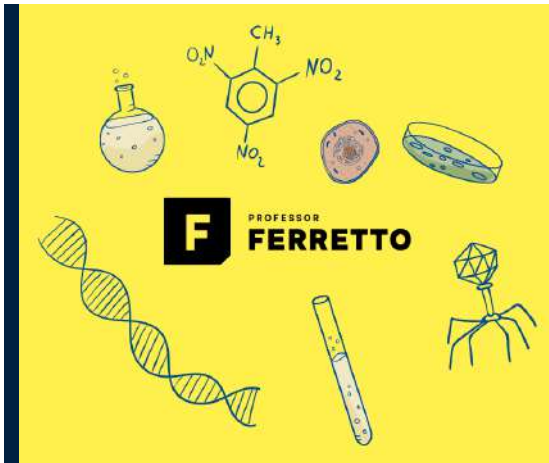


Biologia

PROFESSOR FLÁVIO LANDIM



ASSUNTOS DA AULA.

Clique no assunto desejado e seja direcionado para o tema.

- [Reino Monera: bactérias](#)
- [Eubactérias e arqueobactérias](#)
- [Características gerais das células procarióticas e comparação com as células eucarióticas](#)
- [Características gerais das células procarióticas e comparação com as células eucarióticas](#)
- [Comparação com as células eucarióticas](#)
- [Bactérias capsuladas e não capsuladas](#)
- [Recombinação gênica em bactérias: formas de reprodução sexuada em bactérias](#)
- [Transformação bacteriana](#)
- [Bactérias capsuladas e não capsuladas](#)
- [Morfologia das bactérias](#)
- [Modo de vida das bactérias](#)
- [Cianobactérias](#)

REINO MONERA: BACTÉRIAS

As **bactérias** são organismos **procariontes unicelulares**, estando incluídas no **Reino Monera** (segundo a classificação em 5 Reinos de Whittaker).

Bactérias são procariontes

Bactérias são **procariontes**, ou seja, **não possuem carioteca** e, conseqüentemente, **não possuem núcleo**, mas sim **nucleoide**, ou seja, **material genético disperso no citoplasma**. O material genético de procariontes está organizado em um cromossomo único constituído de **DNA circular e desnudo** (ou seja, **não associado a proteínas histonas**).

Células procarióticas **não possuem sistema de endomembranas** e, conseqüentemente, **não possuem organelas membranosas como retículo endoplasmático, complexo de Golgi, mitocôndrias etc.** A **única organela encontrada em células procarióticas são os ribossomos**, que são, nesse tipo de células, ribossomos 70S.

Bactérias possuem parede celular

Bactérias, de modo geral, possuem **parede celular à base de peptidoglicana, sendo que algumas bactérias têm parede celular sem peptidoglicana e um único grupo de bactérias, as *Mycoplasma sp.*, não apresentam parede celular.**

Bactérias podem ser heterótrofas, autótrofas fotossintetizantes ou autótrofas quimiossintetizantes

Bactérias podem ser **heterótrofas**, como as bactérias decompositoras e as bactérias parasitas, **autótrofas fotossintetizantes**, como as cianobactérias, antigamente chamadas cianofíceas ou algas azuis, ou **autótrofas quimiossintetizantes (quimiolitoautotróficas)**, como as bactérias termoacidófilas, sendo que os únicos seres que podem ser quimiossintetizantes são exatamente as bactérias.

TIPOS DE METABOLISMO ENERGÉTICO EM BACTÉRIAS

Quando consideramos a forma que os seres vivos obtêm energia do ambiente eles podem ser classificados em **fototróficos**, quando obtêm energia através da luz solar, e **quimiotróficos**, quando obtêm energia de reações de oxirredução.

Os seres fototróficos podem ser **fotoheterotróficos**, quando obtêm carbono de compostos orgânicos, e **fotoautotróficos**, quando obtêm carbono de fontes inorgânicas como o CO₂.

Os seres **quimiotróficos** podem ser **quimioheterotróficos**, quando obtêm carbono de compostos orgânicos, e **quimioautotróficos**, quando obtêm carbono de fontes inorgânicas como o CO₂.

Notem que os termos “**foto**” e “**químio**” dizem respeito à **fonte de energia**, sendo “foto” a partir de luz e “químio” a partir da oxidação de substâncias químicas, enquanto que os termos “**heterotrófico**” e “**autotrófico**” dizem respeito à **fonte de carbono**, sendo “heterotrófico” a partir de fonte de carbono orgânico e “autotrófico” a partir de fonte de carbono inorgânica.

Bactérias são os únicos organismos que podem se comportar de todos os modos, sendo que os seres quimioautotróficos e fotoheterotróficos são obrigatoriamente bactérias.

EUBACTÉRIAS E ARQUEOBACTÉRIAS

Devido à simples organização da célula procariótica, acredita-se que as bactérias tenham sido os primeiros organismos vivos a surgir no planeta, há cerca de 3,7 bilhões de anos. As bactérias teriam originado duas linhagens evolutivas: **Eubactérias** e **Arqueobactérias**.

As **Eubactérias** incluem as bactérias mais comuns, como as bactérias decompositoras, as bactérias parasitas e as cianobactérias, podendo ser heterótrofos anaeróbicos ou aeróbicos, autótrofos fotossintetizantes ou autótrofos quimiossintetizantes.

As **Arqueobactérias** correspondem a seres autótrofos fotossintetizantes ou autótrofos quimiossintetizantes, sendo extremófilas, ou seja, adaptadas a ambientes extremamente hostis ao desenvolvimento da vida. Existem três grupos principais de arqueobactérias, também chamadas de **arqueas**:

(1) **Bactérias termoacidófilas**, que vivem em fontes termais submarinas (vulcões submarinos), ambientes de alta temperatura e alta acidez, sendo **autótrofas quimiossintetizantes (quimiolitoautotróficas)**.

(2) **Bactérias halófilas extremas**, que vivem em ambientes extremamente salinos, como lagoas de evaporação em salinas, sendo **autótrofas fotossintetizantes** que utilizam **bacteriorrodopsina** (de cor vermelha) como pigmento fotossintetizante.

(3) Bactérias metanogênicas, que produzem metano a partir de CO₂ e H₂, vivendo, pois, em ambientes ricos em H₂ e pobres em O₂ (anaeróbicos), como o tubo digestivo de vertebrados, mangues, pântanos e depósitos de lixo, sendo **autótrofas quimiossintetizantes (quimiolitoautotróficas)**.

Baseado na comparação de moléculas de RNAr, Carl Woese, em 1992, chegou à conclusão de que **arqueobactérias são evolutivamente mais próximas das eubactérias do que dos eucariontes**, de modo que alguns autores propõem uma classificação da natureza em 6 reinos, com a separação do **Reino Monera** em dois reinos, o **Reino Bacteria** para as eubactérias e o Reino Archaea para as arqueobactérias. O mesmo critério é usado na classificação da natureza em 3 Domínios, o **Domínio Bacteria** para as eubactérias, o **Domínio Archaea** para as arqueobactérias e o **Domínio Eukarya** para os demais seres vivos, que são todos eucariontes.

Apesar da diferença de linhagens evolutivas, eubactérias e arqueobactérias (arqueas) são morfologicamente muito semelhantes, sendo ambos procariontes. As diferenças mais marcantes são que as **arqueobactérias não possuem peptidoglicanas na parede celular e possuem flagelo com composição e desenvolvimento diferente do das eubactérias**.

| Característica | Bacteria | Archaea | Eukarya |
|---|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Peptidoglicano na PC | Presente | Ausente | Ausente |
| Lipídios de MP | Ligados a éster não-ramificados | Ligados a éter ramificados | Ligados a éster não-ramificados |
| Ribossomos | 70S | 70S | 80S |
| RNAi iniciador | N-formilmetionina | Metionina | Metionina |
| Operons | Sim | Sim | Não |
| Plasmídeos | Sim | Sim | Raramente |
| Alguns são metanogênicos | Não | Sim | Não |
| Alguns fixam nitrogênio | Sim | Sim | Não |
| Alguns realizam fotossíntese baseada em clorofila | Sim | Não | Sim |

Algumas diferenças entre eubactérias, arqueas e eucariontes.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS CÉLULAS PROCARIÓTICAS E COMPARAÇÃO COM AS CÉLULAS EUCARIÓTICAS

As principais diferenças entre células procarióticas e células eucarióticas são:

Núcleo organizado por carioteca

Como já visto, **procariontes não possuem carioteca**, possuindo um **nucleoide**, e **eucariontes possuem carioteca**, possuindo um **núcleo organizado**.



Célula bacteriana; a parte clara central é o nucleóide.

Material genético

Em **procariontes**, o **DNA não se encontra associado a proteínas histonas (cromossomo desnudo)**, é **circular** e **único**. Pode haver no procarionte a presença de **DNA extracromossomial**, imerso no citoplasma, sendo denominado **plasmídeo**, utilizado na troca de genes num processo chamado de conjugação bacteriana. Alguns plasmídeos, chamados de plasmídeos R, estão particularmente relacionados à resistência bacteriana contra antibióticos. Nos **eucariontes**, o **DNA se encontra associado a**

proteínas básicas, as histonas, é de cadeia aberta e normalmente encontra-se aos pares (pares de homólogos). Não há DNA extracromossomal nos eucariontes.

Sistema de endomembranas

Não há organelas membranosas em células procarióticas. Pode-se então dizer que elas não possuem compartimentalização. Assim, o chamado sistema de endomembranas (composto por R.E., complexo de Golgi, mitocôndrias etc) está ausente. Já nas **células eucarióticas, estas organelas estão presentes, havendo a compartimentalização**, a divisão do citoplasma em compartimentos (organelas), o que possibilita um aumento na superfície relativa de membrana (para melhorar a relação superfície/volume) e uma melhor divisão de trabalho.

Ribossomos

As **únicas organelas presentes em procariontes são os ribossomos.** Em células **procarióticas**, os ribossomos são menores, ditos **70S**. Em células **eucarióticas** os ribossomos são maiores, ditos **80S**.

Observação: S é uma abreviação para **Svedberg**, uma unidade para o **coeficiente de sedimentação**. Existe uma técnica de estudo de estruturas celulares denominada **centrifugação fracionada ou fracionamento celular**. Nela, promove-se uma homogeneização do conteúdo de várias células esmagando-as com uma espécie de pilão, o pistilo, e coloca-se o homogeneizado numa ultracentrífuga. Para cada velocidade da centrífuga, uma fração do conteúdo citoplasmático, um grupo de organelas, se separa do resto do homogeneizado. O coeficiente de sedimentação mede a velocidade de separação do material na centrífuga.

Respiração aeróbica

Apesar de não possuírem mitocôndrias, os procariontes podem fazer respiração celular aeróbica. Nesse caso, as etapas da respiração que ocorreriam na matriz mitocondrial (ciclo de Krebs) e cristas mitocondriais (cadeia respiratória) de células eucarióticas ocorrem, respectivamente, no citoplasma e na membrana plasmática de células procarióticas. A cadeia respiratória ocorre principalmente numa área da membrana denominada **mesossomo**, que é uma invaginação da mesma.

O mesossomo, além de ser o principal responsável pela cadeia respiratória na bactéria, se liga ao cromossomo único bacteriano para orientar sua divisão celular, num processo denominado **amitose**.

Fotossíntese

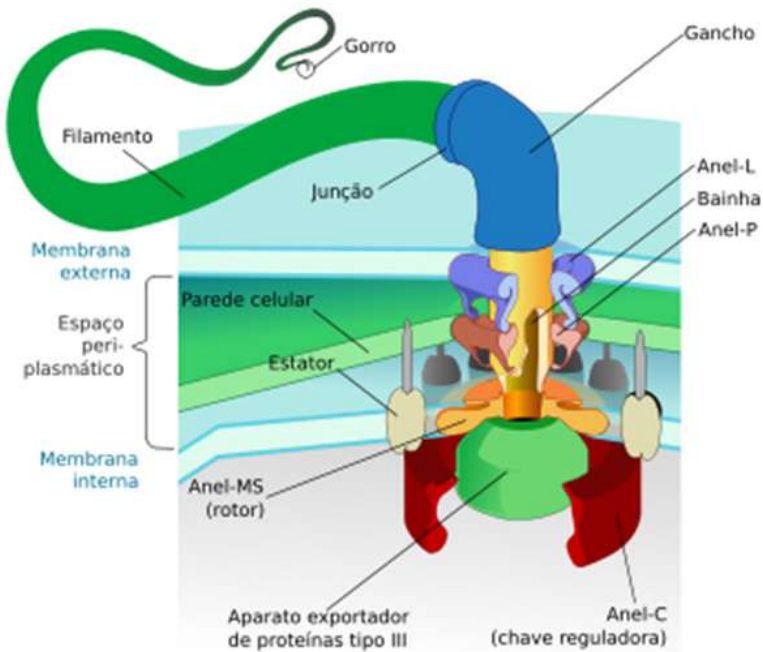
As células procarióticas não possuem cloroplastos. Assim, a fotossíntese é feita em estruturas denominadas **lamelas fotossintetizantes** ou **cratóforos**, que são membranas no citoplasma contendo clorofila ou bacterioclorofila.

Flagelo

Algumas bactérias são dotadas de flagelos constituídos principalmente da **proteína flagelina**. Esses flagelos não têm relação com o flagelo de células eucarióticas, que é à base da proteína tubulina e derivado dos centríolos.

Como exemplos de bactérias flageladas, podem ser citadas o *Vibrio cholerae* do cólera e a *Leptospira interrogans* da leptospirose.

Tome nota:

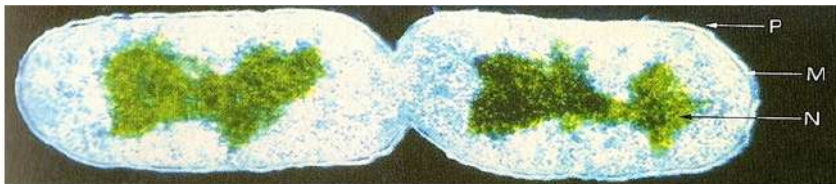


Estrutura do flagelo bacteriano. O gancho ou cotovelo gira para promover a rotação do flagelo, o que impulsiona a bactéria

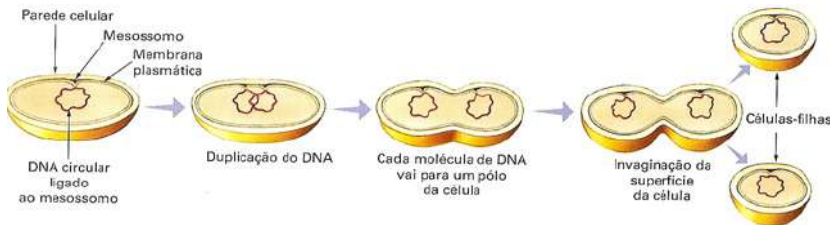
Divisão celular

As células procarióticas fazem uma divisão denominada **amitose**, em que a divisão do cromossomo é orientada pelo mesossomo, e não pelas fibras do fuso, como ocorre na **mitose** e na **meiose** de células eucarióticas.

Este é o principal mecanismo de reprodução em bactérias, sendo o único em várias espécies, sendo um mecanismo de reprodução assexuada conhecido como **divisão binária, bipartição ou cissiparidade**.



Fotomicrografia eletrônica de amitose em célula bacteriana, onde P é a parede celular, M é a membrana celular e N é o nucleoide.



Esquema de amitose em célula bacteriana.

Tome nota:

CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS CÉLULAS PROCARIÓTICAS E COMPARAÇÃO COM AS CÉLULAS EUCARIÓTICAS

As eubactérias apresentam **parede celular ou membrana esquelética espessa e rígida** envolvendo suas células e dando-lhes forma, **com exceção das micoplasmas (*Mycoplasma sp*), que não possuem parede celular**. Esta parede celular é constituída principalmente de um composto denominado de **peptoglicano** ou **peptidioglicano** ou **mucopeptídio**.

O peptidioglicano é uma substância constituída da associação entre **mureína** (polissacarídeo formado pela repetição de dois açúcares aminados alternados, a **N-acetil-glicosamina** e o ácido **N-acetil-murâmico**) e um tetrapeptídeo (sequência curta de 4 aminoácidos ligados entre si) que se liga ao resíduo de ácido N-acetil-murâmico.

As bactérias podem ser classificadas quanto à estrutura da parede celular em **Gram positivas** e **Gram negativas**, sendo que o termo Gram se refere a um tipo de corante que auxilia no reconhecimento do tipo de bactérias.

Bactérias Gram positivas

Bactérias Gram positivas são coradas pelo corante de Gram, um corante roxo à base de **violeta de genciana** e **iodo**, e têm sua **parede celular formada por uma espessa camada de peptidioglicano**.

Como a penicilina e seus derivados atacam o componente peptoglicano da parede celular bacteriana, bactérias Gram positivas são **naturalmente vulneráveis à penicilina**.

De modo geral, a **parede celular das bactérias Gram positivas é bem mais espessa que das bactérias Gram negativas**.

Bactérias Gram negativas

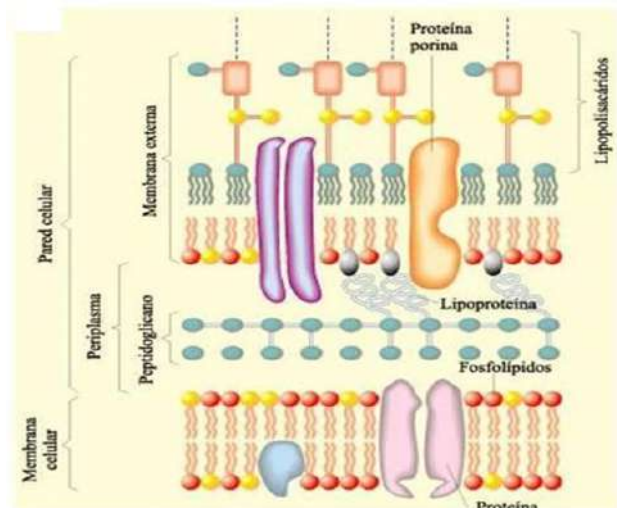
Bactérias Gram negativas não são coradas pelo corante de Gram, sendo coradas pela **fucsina básica de cor vermelha**, e têm sua parede celular constituída de quatro camadas:

- O **peptidioglicano**, bastante delgado, mais interno e situado no espaço periplásmico entre a membrana plasmática (interna) e a membrana externa;

- A **lipoproteína**, que está ligada de modo covalente ao peptidioglicano e não covalente à membrana externa, com função de estabilizar a membrana externa e ancorá-la à camada de peptidioglicano;

- A **membrana externa**, que é constituída de uma bicamada de fosfolídeos e proteínas e funcionando como uma barreira molecular, prevenindo ou dificultando a perda de proteínas periplasmáticas e o acesso de enzimas hidrolíticas e certos antibióticos ao peptidioglicano;

- O **lipopolissacarídeo (LPS)**, que tem ação de endotoxina, ou seja, tem ação tóxica.



Parede celular em bactérias Gram negativas.

Como têm uma camada de peptoglicano delgada e interna à membrana externa (a qual protege a peptoglicano do ataque de antibióticos), as **bactérias Gram negativas não são vulneráveis à penicilina**, devendo ser utilizados outros tipos de antibióticos para o controle de infecções por tais bactérias.

Importância da reação de Gram

A reação de Gram é muito importante, pois permite dar uma noção da suscetibilidade da bactéria a determinado antibiótico, uma vez que determinados antibióticos agem melhor contra bactérias Gram positivas, como a penicilina, enquanto outros agem melhor contra bactérias Gram negativas.

BACTÉRIAS CAPSULADAS E NÃO CAPSULADAS

Algumas bactérias possuem ainda externamente à parede celular uma **cápsula gelatinosa** formada por polissacarídeos ou outros compostos que dificultam a eliminação da bactéria por parte das células de defesa do indivíduo infectado. Assim, essa cápsula protetora aumenta o poder infectante das espécies patogênicas de bactérias. A perda da cápsula pode levar a uma ação mais eficaz do sistema imunológico do indivíduo infectado e à eliminação da bactéria, que perde sua

ação patogênica. Por exemplo, bactérias causadoras de pneumonia (pneumococos) capsuladas são patogênicas, mas não capsuladas são inofensivas para quem está com o sistema imunológico plenamente funcional.

RECOMBINAÇÃO GÊNICA EM BACTÉRIAS: FORMAS DE REPRODUÇÃO SEXUADA EM BACTÉRIAS

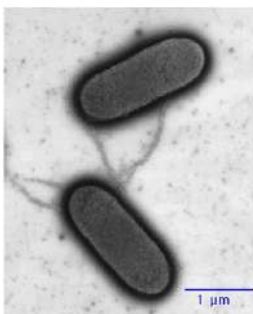
TIPOS DE METABOLISMO ENERGÉTICO EM BACTÉRIAS

A **conjugação** é uma forma de reprodução sexuada que não envolve ato sexual ou gametas. A variabilidade genética é garantida pela troca de material genético diretamente entre os organismos conjugantes. Este tipo de reprodução pode ocorrer em bactérias e algas.

O processo ocorre através da aproximação dos dois organismos e da formação de uma ponte de citoplasma entre eles. Ocorre, através da ponte de citoplasma, a troca de pedaços de material genético.

Em **bactérias**, a ponte citoplasmática é de natureza proteica e denominada pilo ou pelo sexual. Existem ainda vários prolongamentos citoplasmáticos da célula bacteriana relacionados à adesão das bactérias conjugantes durante a troca de material. Esses prolongamentos são as **fímbricas**. O material genético trocado pelas bactérias pode ser proveniente de um pedaço do cromossomo único bacteriano ou do DNA extracromossomial, através dos plasmídios. A bactéria que recebe o material genético pode ser considerada “fêmea” e a que fornece o material genético, “macho”. A capacidade de emissão de pilos por parte dos “machos” está relacionada à presença de **plasmídios F** (relacionados à fertilidade da bactéria).

Através da conjugação, bactérias passam a apresentar novas características genéticas. Por exemplo, através da transmissão de **plasmídios R** (relacionados à resistência bacteriana a antibióticos), uma bactéria pode adquirir resistência a um antibiótico ao qual ela era susceptível anteriormente.



Fotomicrografia eletrônica de duas variedades da bactéria *Escherichia coli* durante a conjugação. Observe a ponte citoplasmática estabelecida entre elas.

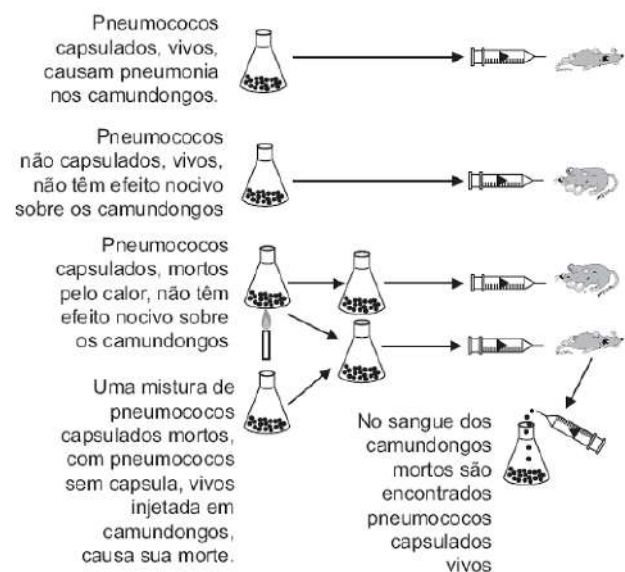
TRANSFORMAÇÃO BACTERIANA

A **transformação bacteriana** envolve a incorporação de material genético de bactérias mortas por bactérias vivas, de maneira que as bactérias incorporadoras passam a apresentar características genéticas das bactérias mortas cujo material foi incorporado.

A transformação bacteriana foi demonstrada pela primeira vez pelo **experimento de Griffith**, em 1927, que serviu também para ilustrar que o DNA era a estrutura responsável pela determinação das características hereditárias. Griffith sabia que havia duas variedades de **pneumococos**, bactérias causadoras da pneumonia. Uma das variedades era dotada de uma **cápsula gelatinosa (bactérias capsuladas)** e era a variedade virulenta, que realmente causava a doença. A outra variedade não era dotada de cápsula (**não capsulada**), sendo **não virulenta**. A presença de cápsula e consequentemente a virulência era uma característica genética transmitida de geração a geração.

No seu experimento mais famoso, Griffith misturou pneumococos capsulados mortos pelo calor com pneumococos não capsulados vivos, acreditando que essa mistura fosse inofensiva. No entanto, os camundongos tratados com ela adquiriram a pneumonia e morreram. A análise dos animais revelou ainda um fato surpreendente: seu sangue continha pneumococos capsulados vivos. As bactérias vivas tinham incorporado o material genético das mortas bactérias por transformação e passaram a apresentar cápsulas, tornando-se virulentas.

Posteriormente, verificou-se que a substância que promovia a transformação bacteriana era o DNA. Estava reconhecida a natureza química do material genético.



Transformação bacteriana.

BACTÉRIAS CAPSULADAS E NÃO CAPSULADAS

A transdução **bacteriana** ocorre através do ciclo lisogênico de vírus bacteriófagos. Quando o vírus remove o seu DNA da célula hospedeira para sair do ciclo lisogênico e entrar no ciclo lítico, ele pode retirar um pedaço do DNA bacteriano e levar consigo, como se fosse DNA viral.

Ao infectar uma nova bactéria, o DNA viral e o DNA bacteriano da primeira célula hospedeira integram-se ao DNA da nova célula hospedeira. Dessa maneira, enquanto o vírus está em seu ciclo lisogênico (o que pode durar várias gerações de bactérias), o DNA trazido da primeira célula manifesta-se fornecendo à nova célula hospedeira característica genéticas da bactéria anterior. Essa forma de alteração do material genético bacteriano é considerada uma forma de reprodução sexuada e é chamada **transdução**.

Tome nota:

Resistência a antibióticos

Antibióticos são medicamentos capazes de alterar o metabolismo da bactéria e matá-las (sendo neste caso ditos bactericidas) ou impedir sua proliferação para que o sistema imunológico possa destruí-las (sendo nesse caso ditos bacteriostáticos).

O primeiro antibiótico desenvolvido foi a penicilina. Em 1928, o pesquisador inglês Alexander Fleming estava trabalhando com bactérias e descobriu que determinado meio de cultura estava contaminado por colônias do fungo *Penicillium*. Fleming notou que aonde havia fungos, as bactérias morriam. Extraído o material dos fungos, ele foi chamado de penicilina. Cerca de 10 anos depois a penicilina foi isolada do extrato de fungos e começou sua produção em larga escala.

A penicilina age contra bactérias Gram positivas principalmente, impedindo a formação da parede celular nelas. Como normalmente elas são hipertônicas em relação ao meio, atraem água por osmose e sem parede celular, sofrem plasmoptise, morrendo.

Depois da penicilina, vários outros antibióticos foram desenvolvidos: tetraciclina, estreptomicinas etc. Até hoje, porém, a penicilina é utilizada (como, por exemplo, na forma de medicamentos como amoxicilina e benzetacil).

Entretanto, com o passar dos anos, foi se notando que alguns grupos de bactérias, que anteriormente era, facilmente eliminadas pelos antibióticos, começaram a ficar resistentes à ação antibiótica. Algumas bactérias, por exemplo, passaram a produzir a enzima penicilinase, que destrói a penicilina, de maneira que esta perde o efeito.

Essa resistência bacteriana surge por seleção natural de mutações positivas surgidas em determinados grupos. As bactérias mutantes se multiplicam e passam a formar linhagens resistentes. Muitas vezes, os genes responsáveis pela resistência estão nos plasmídeos (DNA extracromossomial), que passam a ser chamados de plasmídeos R. Esses podem ser passados de uma bactéria para outra através de métodos de reprodução sexuada bacteriana como conjugação e transformação. Desta maneira, bactérias não resistentes adquirem a resistência.

Atualmente existem bactérias tão resistentes que são chamadas de "superbactérias": nenhum antibiótico isoladamente pode matá-la, apenas combinações de antibióticos, como a KPC (*Klebsiella pneumoniae carbapenemase*) e a MRSA (*Staphylococcus aureus* resistente a metilicilina), ambas causadoras de infecções hospitalares em pacientes debilitados.

O que fazer para evitar o aparecimento de resistência? Os profissionais de saúde que fazem uso destes medicamentos devem tomar cuidado ao receitá-los em relação ao tipo adequado e à dose. Doses insuficientes podem eliminar apenas as variedades não resistentes permitindo a sobrevivência das resistentes, quando se quiser eliminar as resistentes, estas estarão presentes em tal quantidade que nem doses altíssimas do antibiótico irão eliminá-las, doses corretas eliminam as bactérias resistentes se elas estiverem em pequenas quantidades. O profissional deve orientar o paciente para seguir suas instruções no sentido de tomar o medicamento pelo tempo instruído (normalmente 7 dias), mesmo que os sintomas desapareçam antes. Se o paciente interromper a medicação, funcionará como uma subdose.

Infecções que não cedem com o uso de determinado antibiótico indicam que a pessoa contraiu linhagens de bactérias resistentes àquela droga. Nesse caso, é preciso pesquisar qual o tipo de antibiótico mais adequado para combater a infecção, através de um antibiograma.

Para fazer o antibiograma, retira-se uma amostra de bactérias do local infectado, cultivando-as em placas com meio de cultura. Em seguida, pequenos discos de papel absorvente são embebidos em diferentes antibióticos e colocados sobre as placas onde crescem as bactérias. Quanto maior a eficiência do antibiótico, maior será a área de bactérias destruídas ao redor do disco.

MORFOLOGIA DAS BACTÉRIAS

De acordo com a forma da bactéria, ela pode ser dita:

- **coco**: forma redonda (como os estafilococos, os estreptococos, os pneumococos etc).
- **bacilo ou bastonete**: forma de bastão (como as bactérias que causam a tuberculose, a hanseníase e o tétano).
- **espirilo ou espiroqueta**: forma espiralada (como a bactéria que causa a sífilis).
- **vibrião**: forma de vírgula (como a bactéria que causa o cólera).

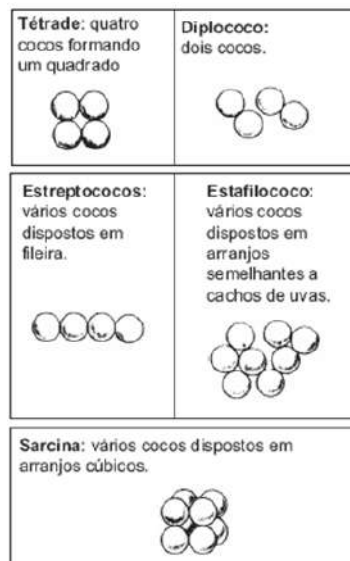


Os cocos, e mais raramente os bacilos, podem formar colônias, o que não acontece com os espirilos e os vibriões.

As colônias de cocos formam arranjos típicos para espécies particulares de bactérias.

- **diplococos**: formados por dois cocos, originados por divisão celular em um só plano, como a bactéria da pneumonia e a bactéria da gonorreia;
- **estreptococos**: formados por vários cocos dispostos em fileira, originados por várias divisões celulares em um só plano, como as bactérias do gênero *Streptococcus*;
- **estafilococos**: formados por vários cocos em arranjos semelhantes a cachos de uvas, ocorrendo as divisões em três planos, como as bactérias do gênero *Staphylococcus*;
- **tétrades**: formados por quatro cocos, originados por divisões celulares em dois planos.
- **sarcinas**: formados por vários cocos dispostos em arranjos cúbicos, originados por divisões celulares em três planos.

Os bacilos geralmente são células isoladas, mas, em alguns casos podem ocorrer aos pares, formando diplobacilos, ou em cadeias, formando estreptobacilos.



MODO DE VIDA DAS BACTÉRIAS

As bactérias podem ser autótrofas ou heterótrofas. Como as bactérias autótrofas não causam doenças, veremos em maiores detalhes alguns aspectos das bactérias heterótrofas.

As bactérias heterótrofas podem ser **de vida livre**, quando não dependem de outros organismos vivos para sobreviverem (como as saprófitas que se alimentam de matéria orgânica em decomposição; são decompositoras), **mutualísticas**, quando fazem associações com outros organismos para sobreviverem (como as bactérias produtoras de celulase em mamíferos herbívoros e as produtoras de vitamina K na microflora bacteriana intestinal humana) ou **parasitas**, podendo neste caso causar uma série de doenças.

Algumas bactérias se comportam de maneira diferente de acordo com a situação. Certas bactérias da microflora bacteriana intestinal humana, que vivem normalmente de maneira "pacífica", podem causar doenças em situações de proliferação excessiva ou queda de imunidade, passando a ser parasitas.

CIANOBACTÉRIAS

As cianobactérias eram antigamente conhecidas como cianofíceas ou algas azuis (*phyceae* de alga e *cyano* de azul), designação que tem caído em desuso pelo reconhecimento de que esses organismos são na verdade claramente bactérias em sua origem evolutiva e morfologia, uma vez que são **procariontes**. Elas são estruturalmente bastante semelhantes às bactérias: possuem parede celular rígida de composição e estrutura semelhante à da parede celular das bactérias, à base de **peptoglicana** e **lipopolissacarídeo (LPS)**, sendo Gram-negativas; possuem citoplasma sem citoesqueleto nem organelas mem-

branas e não possuem carioteca. São unicelulares, podendo formar colônias laminares ou filamentosas. Em muitos casos, existe uma bainha de mucilagem externa à parede celular. Elas diferem das bactérias pela ausência de flagelos e pelos. Apesar de não possuírem flagelos, algumas espécies de cianobactérias que formam colônias filamentosas são capazes de se movimentar: esse movimento é feito por deslizamento.

Todas as cianobactérias possuem **clorofila a e b**, além de **ficobilinas: ficocianina** (pigmento azul sempre presente) e **ficoeritrina** (pigmento vermelho muitas vezes presente). Esses pigmentos não estão incluídos em plastos, mas associados a **lamelas ou cromatóforos** (conjunto de invaginações da membrana citoplasmática, semelhantes ao mesossomo). Embora sejam conhecidas como algas azuis, elas nem sempre são azuis. Dependendo do tipo e da quantidade de pigmentos que possuem, pode ter cor verde, laranja, rósea, púrpura, amarela, violeta, marrom ou vermelha.

As cianobactérias têm ampla distribuição, ocorrendo no mar, na água doce, em locais úmidos sobre rochas, solo, troncos de árvores, sendo que algumas espécies ocorrem até mesmo em fontes termais, suportando temperaturas de 80° C. Algumas cianobactérias se destacam pela sua associação mutualística com fungos, formando os chamados **liquens**.

Além de realizarem a fotossíntese, algumas espécies (*Nostoc*, *Anabaena*) são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico, como fazem muitas bactérias. As cianobactérias fixadoras de nitrogênio têm requisitos nutricionais mínimos, exigindo apenas N₂, CO₂, água, luz e alguns minerais. Em função dessa pouca exigência nutricional, são capazes de colonizar áreas nuas de rocha, de solo, sem qualquer forma de vida, funcionando como excepcionais espécies pioneiras. Em algumas colônias, há inclusive organismos especializados em fixação

de nitrogênio, denominados **heterocistos**.

A reprodução das cianobactérias não colonial é assexuada, por **bipartição ou cissiparidade**. As formas coloniais podem reproduzir-se assexuadamente por **fragmentação**: quebram-se em alguns pontos, dando origem a vários fragmentos pequenos chamados **hor-mogônios**, que, por divisão de células, darão origem a novas colônias filamentosas. Algumas formas coloniais produzem esporos resistentes, denominados **acinetos**, que podem destacar-se e originar novos filamentos.

Não se conhece até o momento processo de troca de material genético entre indivíduos, embora existam evidências de recombinação do tipo bacteriana entre alguns tipos de cianobactérias.

Observe que as colônias de cianobactérias são **heteromorfas**, isto é, com divisão de trabalho. Há elementos especializados, como os já citados acinetos e os heterocistos, estes últimos com função de fixação de nitrogênio.

Tome nota:

LEITURA - MARCADOR À CATA DE MICROORGANISMO

As cianobactérias são geralmente encontradas em água com temperatura média acima de 25°C e em locais ricos em nitrogênio e fósforo.

Quando ocorre morte ou lise celular, há a liberação de toxinas, que pode lesar o fígado (hepatotoxinas), o sistema nervoso (neurotoxinas), ou somente irritar a pele. Apenas entre 30 e 50% das espécies de cianobactérias produzem essas toxinas; porém, a única forma de saber se uma colônia de alga azul pode contê-las é por análise laboratorial.

A toxina mais conhecida é mesmo a microcistina, liberada pela espécie *Microcystys aeruginosa*. A maior parte dos episódios de envenenamento por cianobactérias deve-se à presença de da microcistina LR, a forma geralmente encontrada em reservatórios de água em todo o mundo. Com estrutura química peculiar, essa toxina é altamente estável e pode resistir a grandes variações de temperatura e de acidez da água.

(...)

O problema das algas tóxicas no Brasil ficou conhecido após um incidente em uma clínica de hemodiálise na cidade de Caruaru (PE) em 1996, quando cerca de 60 pacientes morreram de intoxicação causada por microcistinas, presentes na água utilizada para hemodiálise. O crescimento populacional, do volume de esgotos residenciais e industriais e a maior utilização de fertilizantes nas plantações têm causado um excesso de alimentação para as algas nos reservatórios, levando à sua maior proliferação.

Scientific American Brasil, dezembro de 2004

OBSERVAÇÃO:

Bactérias proclorófitas são bastante parecidas com as cianobactérias, porém **não possuem ficocianina**. Alguns estudos sugerem que elas são as principais produtoras de oxigênio para a atmosfera da Terra.

Tome nota: