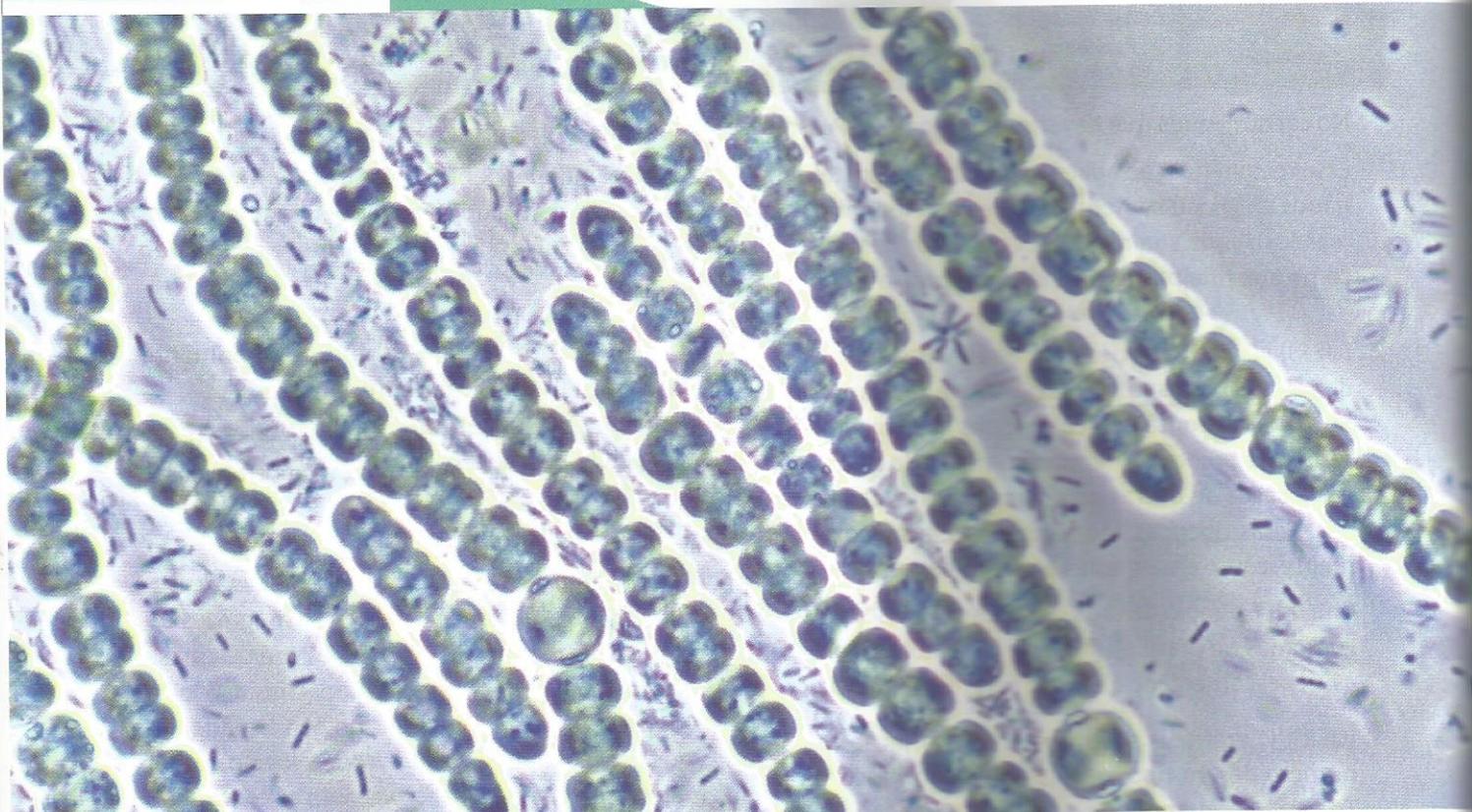


## Procariontes

Michael Abbey/Photoresearchers/Latinstock



**Figura 3.1.** As cianobactérias possuem atributos importantes para a manutenção da vida na Terra. Um deles é a capacidade de realizar fotossíntese semelhante à das plantas, liberando oxigênio para o ambiente. Outro atributo é a capacidade que certas espécies têm de fixar o nitrogênio atmosférico, processo realizado por células especiais, não clorofiladas, maiores que as demais e que podem ser identificadas nesta fotomicrografia de filamentos da cianobactéria do gênero *Anabaena*. Apesar desses aspectos positivos, algumas espécies podem ser tóxicas ao ser humano quando presentes em excesso na água. Por serem procariontes, as células da *Anabaena* podem ser consideradas grandes, com cerca de 2 a 4  $\mu\text{m}$  de diâmetro. Observe que, ao redor dos filamentos, existem inúmeros pequenos bastões, que correspondem às células de outras bactérias.



## Pense nisso

- Quais das situações abaixo acontecem com a participação de bactérias?  
tratamento de esgoto — digestão dos alimentos na boca — formação de pus em um ferimento na pele — formação de ferrugem em um portão de ferro — aparecimento de um tumor — apodrecimento de uma abobrinha na geladeira — produção de pão — decomposição de folhas mortas em uma floresta — disenteria  
Justifique sua resposta elaborando uma frase sobre a atividade das bactérias no nosso cotidiano.
- Das vacinas que você já tomou, quais delas evitam doenças bacterianas?
- Que organismos podem desempenhar o papel de produtores em uma teia alimentar aquática? Sua resposta envolve organismos que têm alguma relação com as bactérias? Explique sua resposta.

# 1. Introdução

Como já comentamos no capítulo 1, todos os procariontes eram tradicionalmente agrupados no Reino Monera, porém, desde os trabalhos de Woese na década de 1970, a existência desse táxon vem sendo contestada, e atualmente a tendência é considerar os procariontes em dois Domínios: **Archaea** e **Bacteria** (Fig. 3.2). Os dados moleculares disponíveis mostram que as arqueias estão mais intimamente ligadas aos eucariontes do que às bactérias.



Figura 3.2. Relação filogenética entre Bacteria, Archaea e Eukarya.

O termo "monera" pode ser usado apenas como coletivo a todos os procariontes e deixa de ter o valor de termo.

Os procariontes, especialmente as bactérias, são muitas vezes lembrados como formas nocivas aos demais seres vivos, pois podem causar doenças. Entretanto, apenas poucas espécies de bactérias provocam doenças nos seres humanos e em outros organismos. No caso das arqueias, não se conhecem espécies patogênicas, mas há as que vivem em mutualismo e mesmo como comensais com eucariontes.

Os procariontes são fundamentais para a manutenção da vida em nosso planeta:

algumas espécies atuam como decompositoras, degradando organismos mortos ou partes deles, como

folhas, flores e frutos, e, com isso, contribuindo para a reciclagem da matéria orgânica no planeta;

- outras espécies são **fotossintetizantes**, entre elas as cianobactérias, que realizam a fotossíntese oxigênica, igual à das algas e plantas, participando como produtoras nas cadeias alimentares com liberação do gás oxigênio no ambiente; há também as bactérias sulfurosas púrpuras e sulfurosas verdes, que realizam a fotossíntese não oxigênica, com liberação de enxofre;
- algumas espécies são **quimiossintetizantes** e importantes produtoras em ambientes especiais;
- certas espécies vivem em associação com outros organismos, trazendo-lhes benefícios, como é o caso das bactérias que ocorrem na nossa flora intestinal e que produzem vitamina K;
- algumas espécies que fazem **fermentação** são usadas na indústria de alimentos para a produção de iogurtes e outros produtos;
- certas bactérias e cianobactérias conseguem fixar o nitrogênio ( $N_2$ ) do meio e transformá-lo de modo que possa ser aproveitado pelas plantas para a síntese de proteínas e ácidos nucleicos; outras bactérias liberam o  $N_2$  para a atmosfera. Esses organismos são fundamentais no ciclo do nitrogênio.

A diversidade metabólica nos procariontes é enorme e muito maior do que a verificada nos eucariontes. Todos os tipos de fermentação (alcoólica, láctica e acética) e de respiração (aeróbia e anaeróbia) podem ser realizadas por procariontes, assim como os processos de quimiossíntese, fotossíntese oxigênica e não oxigênica.

Neste capítulo, vamos comentar um pouco mais sobre a estrutura e a reprodução desses organismos, e abordar algumas doenças bacterianas da espécie humana.

## Despertando ideias

### Por que lavar as mãos?

#### Objetivo

Verificar a importância de se lavar as mãos.

#### Materiais

- 2 placas de Petri com o meio de cultura caseiro;
- etiqueta;
- caneta;
- fita adesiva;
- sabonete para lavar as mãos.

## Procedimento

1. Primeiro, é necessário fazer um meio de cultura para bactérias (Fig. 3.3). Geralmente isso é feito com produtos bem específicos, com controles para evitar contaminações, em laboratórios de pesquisa. Mas podemos fazer um meio de cultura caseiro, seguindo uma receita fácil. O(a) professor(a) deverá preparar o meio de cultura previamente, para que o experimento possa ser feito no tempo da aula. O meio de cultura caseiro pode ser feito com dois cubos de caldo de legumes concentrado, dois saquinhos de gelatina em pó incolor, uma xícara de café de açúcar e 500 mL de água. Em uma panela, ferve-se a água e adiciona-se o caldo de legumes, a gelatina e o açúcar. Mexe-se até que os ingredientes se dissolvam completamente. Ferve-se a mistura por 30 minutos. Deixa-se esfriar um pouco (mas não completamente), coloca-se a preparação nas placas de Petri, que devem ser cobertas, evitando a contaminação com o ar. Essa quantidade é suficiente para preparar 24 placas de Petri (de plástico ou de vidro, que tenham tampa e que estejam esterilizadas). Deixa-se tudo esfriando até que a gelatina endureça. O meio de cultura está pronto.



Ilustrações: Studio Caparroz

Figura 3.3. Passos para a produção do meio de cultura.

Agora é com você!

2. Pegue duas das placas de Petri com meio de cultura.
3. Identifique-as com etiqueta contendo seu nome e coloque número 1 para a placa que vai ser usada com sua mão antes de lavar e número 2 com sua mão lavada.
4. Faça movimentos leves de esfregar as mãos. Passe levemente um dos dedos pela palma da mão e entre os dedos da outra mão. Depois, passe esse dedo sobre o meio de cultura da placa 1 fazendo um movimento de zigue-zague ou qualquer outro movimento de que você se lembre depois (seja criativo!). Tampe a placa de Petri e vede-a com fita adesiva (Fig. 3.4).
5. Lave bem as mãos e repita o procedimento 4 para a placa de número 2.
6. Deixe as duas preparações lado a lado por alguns dias, em local longe do sol direto, à temperatura ambiente.

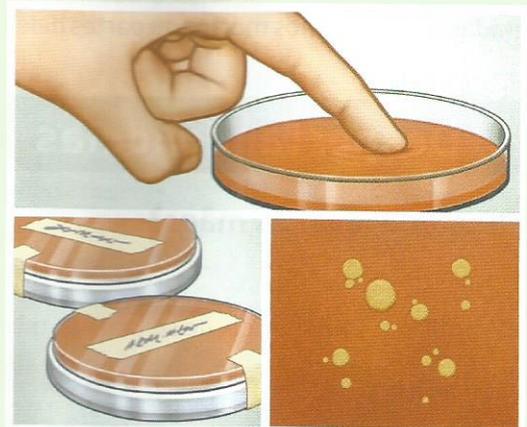


Figura 3.4. Procedimentos para a atividade prática.

7. Acompanhe o que acontece com os meios de cultura diariamente por cerca de uma semana. Nunca abra a placa de Petri. Após a experimentação, seu(sua) professor(a) saberá como fazer o descarte. Faça anotações de todas as suas observações e registre-as com fotografias ou ilustrações. Note se apareceu alguma mancha no meio de cultura na placa 1 e/ou na placa 2. Para cada placa anote: como são e quantas são essas manchas; se possuem cor e qual é a cor de cada mancha, qual é o tamanho de cada mancha e se elas surgiram no caminho do movimento que você fez com seu dedo.

### Questões

Depois de sete dias, o que você pode dizer sobre:

1. Havia colônia de bactérias em alguma das placas? Se sim, houve uma placa com maior número de colônias de bactérias? Em qual?
2. Se houve aparecimento de colônias, o que você pode descrever sobre as características delas (tamanhos, cores etc.)? O que isso pode indicar?
3. O que os resultados obtidos permitem concluir sobre os hábitos de higiene das mãos? E sobre a higiene pessoal?
4. Esses resultados permitem dizer que as bactérias que apareceram nos meios de cultura são nocivas à saúde?
5. Faça uma pesquisa e procure saber mais sobre bactérias em nosso corpo. Há bactérias benéficas?

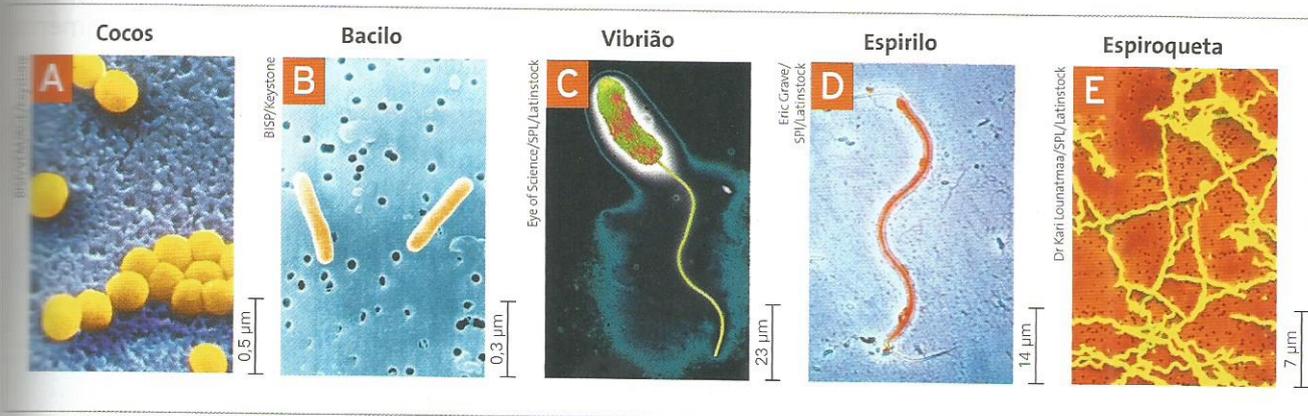
## 2. Diversidade morfológica em procariontes

A maioria dos procariontes é unicelular, com células medindo entre 0,5 e 5  $\mu\text{m}$ , muito menores que as células eucarióticas. Há, no entanto, exceções: a bactéria *Thiomargarita namibiensis* mede cerca de 0,75 mm de comprimento, e a *Epulopiscium fischelsoni* mede cerca de 0,6 mm de comprimento. Ambas podem ser vistas a olho nu. A *T. namibiensis* foi descoberta em 1999, em sedimentos do oceano na costa da Namíbia, e a *E. fischelsoni* foi descoberta em 1985, vivendo no in-

testino do peixe-cirurgião dos mares da Austrália e do mar Vermelho.

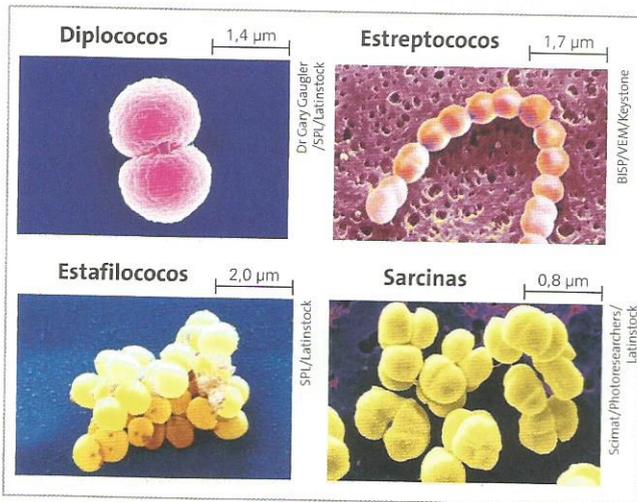
Uma das explicações mais prováveis para entender como procariontes podem atingir grandes dimensões não tendo organelas membranosas em seu interior é a existência de grandes mesossomos nesses organismos, que aumentam a relação superfície-volume da célula.

Veja na figura 3.5 as formas mais comuns de células bacterianas.



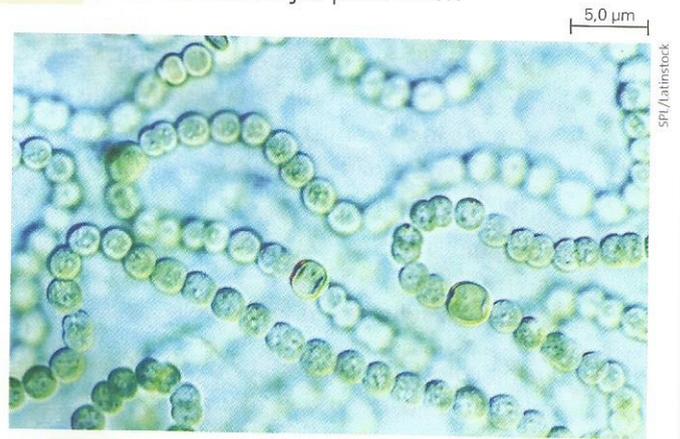
▲ **Figura 3.5.** Formas mais comuns de bactérias. A, B, C, E – eletromicrografias de varredura; D – fotomicrografia. (Cores artificiais.)

Apenas os cocos e, mais raramente, os bacilos podem formar colônias. As colônias de cocos formam arranjos típicos para espécies particulares de bactérias. Veja na **figura 3.6** como esses arranjos podem ser:



▲ **Figura 3.6.** Eletromicrografias de varredura (coloridas artificialmente) das formas mais comuns de colônias de cocos.

As cianobactérias podem ser desde unicelulares microscópicas até filamentosas e visíveis sem o auxílio de equipamentos. Um exemplo foi mostrado na fotografia de abertura deste capítulo; outro exemplo é mostrado na **figura 3.7**.



▲ **Figura 3.7.** Fotomicrografia de cianobactéria do gênero *Nostoc*.

Entre as arqueias, além das formas de cocos, bacilos e as helicoidais, como das espiroquetas e dos espirilos, há espécies com forma não usual para um procarionte, como é o caso da espécie *Pyrodictium abyssi*, que vive nas fontes termais onde a temperatura é da ordem de 110 °C. As células dessa arqueia têm aspecto de um disco, do qual partem prolongamentos filamentosos e tubulares que formam uma rede.

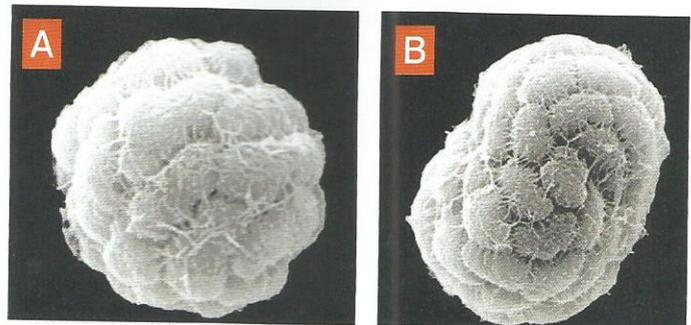
## EXISTEM PROCARIONTES MULTICELULARES?

A ideia de que os procariontes são sempre unicelulares e que as formas compostas por várias células, como as cianobactérias filamentosas, seriam colônias está mudando. Há uma tendência atual de considerar essas “colônias” como organismos multicelulares. Essa nova interpretação, embora ainda muito discutida, tem sido justificada pelo fato de as células interagirem e, em muitos casos, terem funções diferentes.

Um caso muito interessante e considerado um marco importante nessa discussão sobre multicelularidade em bactérias foi descoberto no Brasil, nas águas salgadas da Lagoa de Araruama (RJ). Os cientistas brasileiros Henrique Lins de Barros, físico do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Fernanda Abreu, Juliana Lopes, Carolina Keim e Ulysses Lins, do Instituto de Microbiologia Paulo de Góes, da UFRJ, e Frederico Gueiros Filho, do Departamento de Bioquímica da USP, descobriram uma bactéria multicelular que denominaram *Magnetoglobus multicellularis* (Fig. 3.8). O trabalho foi publicado em junho de 2007.

O nome *Magnetoglobus* se refere ao fato de essa bactéria ser esférica (*globulus*) e de interagir com o campo magnético da Terra (*magneto*). Embora existam algumas outras bactérias magnéticas, só essa bactéria multicelular é capaz de produzir, ao mesmo tempo, dois tipos de cristais usando ferro presente no ambiente: a magnetita e a greigita. Entender como esses organismos fazem essa biomineralização pode possibilitar o desenvolvimento de um método para produzir cristais magnéticos puros e de excelente qualidade.

**Figura 3.8.** Eletromicrografias de varredura de *Magnetoglobus multicellularis*. Essa bactéria, que tem cerca de 4 µm de diâmetro, é esférica e formada por 20 células (A) que não podem existir isoladamente. Em determinados momentos, cada célula cresce e se divide, todas ao mesmo tempo, chegando a 40 células quando inicia a divisão (B). Originam-se dois indivíduos, cada um com 20 células. Essa forma de reprodução é muito diferente de tudo o que se conhecia a respeito dos procariontes.



Carolina N. Keim, Fernanda Abreu, Ulysses Lins, Henrique Lins de Barros e Marcos Farina: *Journal of Structural Biology*

### 3. Parede celular

Quase todos os procariontes apresentam parede celular. No Domínio Bacteria, a parede celular é sempre de **peptideoglicano** (polímero de aminoácidos e dissacarídeos). Nas arqueias, por outro lado, a composição da parede celular varia nas diferentes espécies, podendo ser, por exemplo, de polissacarídeos complexos associados a proteínas, mas não há peptideoglicano.

Algumas poucas espécies de arqueias e de bactérias não têm parede celular. Dentre as bactérias há os **micoplasmas**, parasitas que podem viver dentro das células ou fora delas. A espécie *Mycoplasma pneumoniae*, por exemplo, causa uma forma de pneumonia, e espécies do gênero *Spiroplasma* provocam doenças em plantas.

#### 3.1. Coloração de Gram

A coloração de Gram é um dos mais importantes métodos de coloração utilizado em laboratórios de microbiologia e de análises clínicas, sendo quase sempre o primeiro passo para a caracterização de amostras de bactérias.

Esse processo foi desenvolvido em 1884 pelo bacteriologista dinamarquês Hans Christian Gram (1853-1938) e

permite a classificação dos procariontes em dois grandes grupos: **gram-positivos** e **gram-negativos** (Fig. 3.9).

Por essa técnica, um esfregaço de células procarióticas fixadas pelo calor recebe o corante cristal violeta e, depois, o lugol (à base de iodo). Essas duas substâncias se combinam no citoplasma da célula procariótica, que passa a ter coloração violeta-escuro ou púrpura. A seguir, adiciona-se álcool, que tem a capacidade de descolorir as células que foram coradas. No entanto, nem todas as células ficam descoradas. As que perdem a cor são chamadas gram-negativas e as que não perdem a cor são chamadas gram-positivas. Para visualizar as gram-negativas, adiciona-se à preparação um corante que cora de rosa ou lilás as células dessas bactérias, por exemplo a safranina.

Diferenças estruturais na parede celular dos procariontes afetam a retenção ou o escape da combinação entre o corante violeta e o iodo, quando se adiciona o álcool. Nas bactérias gram-positivas, essa retenção se deve à presença de parede celular formada por uma camada espessa de peptideoglicano. Nas bactérias gram-negativas, a parede celular apresenta camada delgada de peptideoglicano, associada a uma camada mais externa de composição lipoproteica.

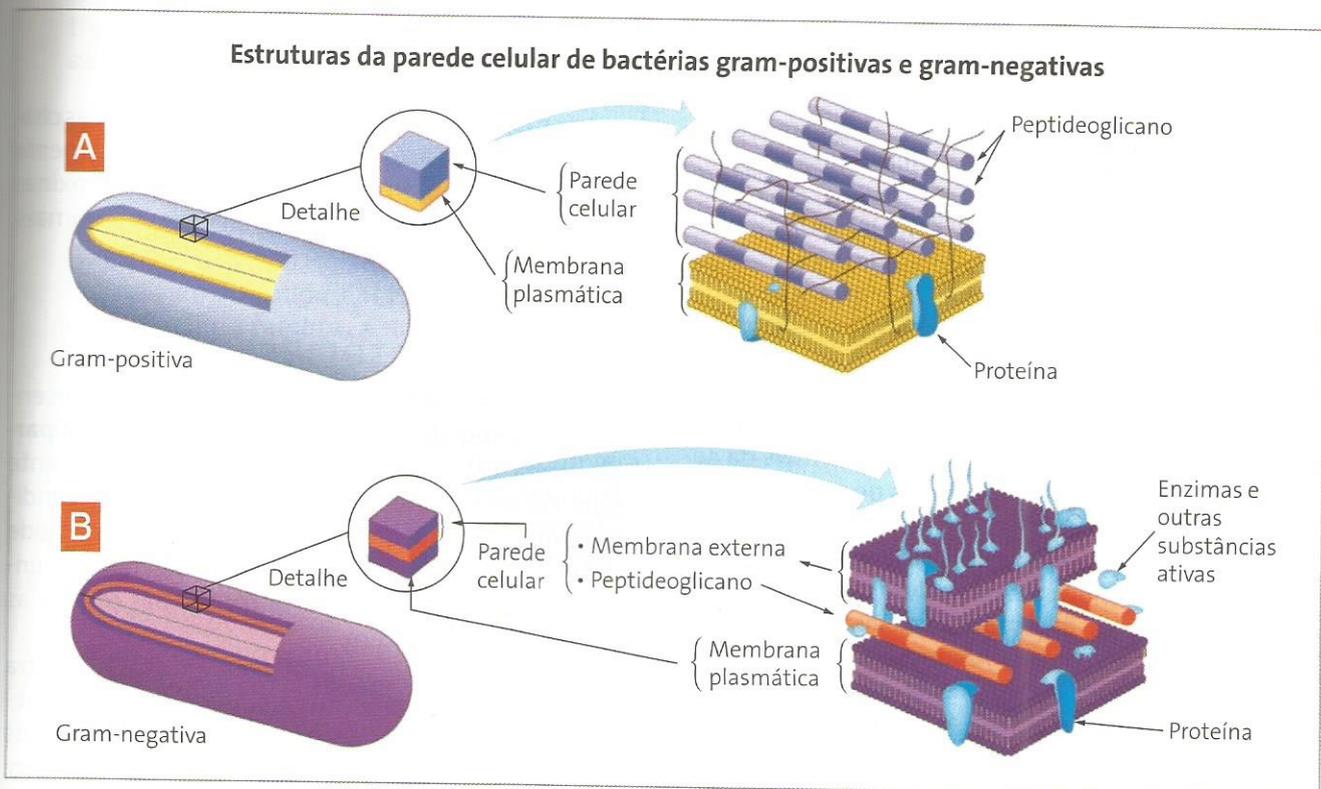


Figura 3.9. Esquemas de bactérias gram-positiva (A) e gram-negativa (B) com parte da célula removida, com detalhe para a parede celular e a membrana plasmática. (Elementos representados em diferentes escalas; cores-fantasia.)

## 4. Domínio Bacteria

Espécies do Domínio Bacteria podem ser encontradas em grande diversidade de ambientes, desde que haja água, mesmo que seja pouca e esporádica. À semelhança das arqueias, há espécies que vivem em vários locais onde a maioria dos seres vivos não consegue se estabelecer, como interior de geleiras, na água acumulada em regiões profundas da crosta, vulcões, nuvens, e também em fontes termais, estejam elas na superfície ou nas profundezas oceânicas (fontes termais submarinas) onde as temperaturas variam entre 65 °C e 95 °C. Há inclusive algumas espécies tolerantes a altos níveis de radiação ultravioleta e gama e ao peróxido de hidrogênio (água oxigenada), que são agentes mutagênicos nocivos aos demais seres vivos.



### Falando de BIOTECNOLOGIA

#### PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS FEITOS POR BACTÉRIAS

Até pouco tempo atrás, o bagaço da cana-de-açúcar era usado apenas para a produção do chamado etanol de primeira geração, sendo que os restos desse processo não eram aproveitados. Atualmente, esse excedente tem sido usado como matéria-prima para a produção de etanol de segunda geração, obtido a partir do que sobra da primeira moagem da cana-de-açúcar, e para a produção de plásticos biodegradáveis.

Está sendo desenvolvido no Brasil um tipo de plástico capaz de sofrer biodegradação em menos de um ano. Esse tipo de plástico apresenta uma enorme vantagem, considerando que os plásticos comuns, feitos com derivados do petróleo, demoram mais de 200 anos para serem decompostos.

Para sua produção, o bagaço da cana-de-açúcar, rico em sacarose, é hidrolisado. Com isso, são liberados açúcares, usados em meios de cultura de bactérias especiais. Esses microrganismos consomem os açúcares e os transformam em substâncias de reserva que ficam armazenadas no citoplasma como diminutos grânulos. Essas substâncias são os poli-hidroxicarboxilatos, o plástico biodegradável. No processo industrial, esses grânulos são extraídos e purificados com um solvente orgânico, o propionato de isoamila, que não provoca danos ao ambiente quando descartado. Essa substância quebra a parede celular das bactérias, liberando os grânulos. São necessários cerca de 3 kg de açúcar e milhares de bactérias para produzir 1 kg de plástico biodegradável.

Dentro do Domínio Bacteria estão as cianobactérias, único grupo de procariontes que realiza fotossíntese com produção de O<sub>2</sub>.

Antigamente chamadas algas azuis, as cianobactérias podem ser de diferentes cores, desde verde-azulado até marrom-avermelhado. Os pigmentos fotosintetizantes são clorofila a, ficoeritrina (pigmento vermelho) e ficocianina (pigmento azul). Algumas cianobactérias possuem também clorofila b.

Podem-se encontrar cianobactérias entre cristais de gelo, em águas aquecidas de fontes termais da superfície do planeta em temperaturas de até 70 °C.

Recentemente, certas espécies de cianobactérias foram reconhecidas como fonte potencial para numerosos produtos biologicamente ativos, como os de uso farmacológico com atividade citotóxica, antifúngica, antibacteriana, antivirótica, imunossupressora e antitumoral. A boroficina, a criptoficina e a cianovirina são exemplos dessas substâncias; as duas primeiras estão sendo testadas contra o câncer, e a última, contra a Aids.

Várias espécies de cianobactérias, no entanto, produzem toxinas, em geral hepatotóxicas e neurotóxicas. Se ingeridas, essas toxinas podem causar a morte de animais, inclusive de seres humanos. Sob condições am-

bientais favoráveis, essas cianobactérias exibem as chamadas "florações", isto é, se reproduzem profusamente e, com isso, aumentam a concentração de suas toxinas no ambiente, provocando a mortalidade de animais.

#### 4.1. Reprodução nas bactérias

As bactérias (incluindo as cianobactérias) apresentam alto poder de reprodução assexuada por **bipartição**: uma célula divide-se em duas geneticamente iguais. Por esse processo, em algumas horas, sob condições ambientais adequadas, uma única bactéria pode dar origem a milhares de descendentes geneticamente idênticos entre si (clones). Por divisão das células, as formas coloniais crescem.

No caso das cianobactérias filamentosas, há outra forma de reprodução assexuada: podem ocorrer quebras em determinados pontos, formando fragmentos denominados **hormogônios**, cujas células se dividem, e o filamento cresce novamente.

É comum entre as bactérias a formação de estruturas de resistência, os **esporos**.

## ARMAS BIOLÓGICAS

Armas biológicas são as que fazem uso de **organismos patogênicos**, ou de substâncias produzidas por eles. O potencial destrutivo dessas armas é imprevisível, podendo vitimar inclusive quem as usa, já que é praticamente impossível controlar sua ação. Os principais agentes biológicos são microrganismos, dentre os quais podemos destacar as bactérias *Bacillus anthracis*, *Yersinia pestis* e a toxina do *Clostridium botulinum*, assim como o vírus da varíola.

A ideia de utilizar organismos vivos e elementos químicos como instrumentos bélicos não é nova. Desde o século 14, na época em que a **peste bubônica** eliminou quase um quarto da população europeia, cadáveres humanos infectados eram catapultados para dentro dos muros das cidades para causar contaminações.

As armas biológicas e o bioterrorismo ganharam atenção mundial em 2001 e 2002, quando terroristas utilizaram o *B. anthracis*, também conhecido como **antraz**. Nesses casos, cartas contaminadas com esporos dessa bactéria foram enviadas a dezenas de moradores dos Estados Unidos, causando problemas de saúde e, até mesmo, mortes. Os esporos, invisíveis a olho nu, são formas de resistência de algumas bactérias, e podem permanecer viáveis no ambiente por dezenas ou mesmo centenas de anos.

Na espécie humana, os esporos de antraz podem penetrar o corpo pela pele, por via respiratória ou por ingestão (Fig. 3.10).

Conheça um pouco mais sobre a história da interação do antraz com o ser humano lendo os trechos de reportagem abaixo.

O antraz e os seres humanos são velhos conhecidos. A bactéria, que provoca feridas negras como o carvão (daí o nome “anthracis”, que significa carvão em grego), é uma das doenças de animais mais antigas já registradas.

Sua estreia na história começa na Bíblia, onde a doença aparece como a sexta praga do Egito. No capítulo 9, Deus instrui Moisés a tomar “mãos cheias de cinza de forno” e a espalhar o pó, provocando “nos homens e nos animais tumores que se arrebentem em úlceras por toda a terra do Egito”.

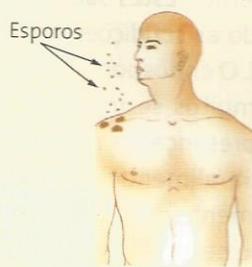
O bacilo só seria isolado séculos depois, em 1876, pelo bacteriologista alemão Robert Koch (1843-1910) que empresta seu nome a outra bactéria famosa, a da tuberculose. Num feito inédito, ele demonstrou que a doença era causada por um microrganismo, trabalho que inaugurou uma nova ciência, a microbiologia.

Outro cientista famoso, o francês Louis Pasteur (1825-1895), foi mais além. Em 1881, ele desenvolveu a primeira vacina bacteriana contra o *B. anthracis*. Pasteur se impressionou com a capacidade de resistência da bactéria, que podia sobreviver por décadas no solo, na forma de esporos, e voltar a infectar animais. De tão espantado, batizou os pastos contaminados de “campos malditos”. [...]

O poder de fogo do micróbio começou a ser mais claramente demonstrado no século 20. Na década de 30, o Japão usou o antraz (também chamado de carbúnculo ou carbúnculo hemático), além da bactéria da peste, contra os chineses, durante a invasão da Manchúria. [...]

Angelo, C. Doença é conhecida desde a era bíblica. In: *Folha de S.Paulo*, 19 out. 2001. Licenciado por Folhapress. Disponível em: <www1.folha.uol.com.br/folha/mundo/ult94u31807.shtml>. Acesso em: fev. 2014.

### Formas de contaminação pelo antraz



Ilustrações: Osmi de Oliveira

**Infeção pela pele:** é a forma mais comum de adquirir a doença. Os primeiros sintomas são úlceras cutâneas, que podem ser tratadas com medicamento.

Os casos de morte por infecção cutânea são raros.



**Inalação do esporo:** a infecção atinge o sistema respiratório.

Os sintomas, tosse seca, dor no corpo e febre, assemelham-se muito aos de uma gripe, o que dificulta o diagnóstico. Quando a pessoa procura tratamento, a infecção frequentemente já se agravou, o que pode causar necrose pulmonar e morte.



**Ingestão do esporo:** a pessoa desenvolve sintomas semelhantes aos de uma intoxicação alimentar — cólica, dores abdominais e diarreia, que pode se agravar e ser fatal. Essa forma de contaminação é mais rara e mais grave. O diagnóstico pode ser feito pela cultura de fezes.

▲ **Figura 3.10.** O antraz não se transmite de pessoa a pessoa. A doença não é fatal, desde que seja diagnosticada e tratada no início, com antibióticos. Há vacinas, mas sua eficácia não é total e sua ação é por período curto, além de trazer efeitos colaterais. (Elementos representados em diferentes escalas; cores-fantasia.)

Nas cianobactérias filamentosas há formação de esporos chamados **acinetos**, e nas demais bactérias há formação de esporos chamados **endósporos** (*endo* = dentro, interno). Estes são produzidos no interior da célula, quando as condições do meio se tornam adversas (Fig. 3.11). O endósporo resiste até que as condições melhorem; muitos se mantêm até mesmo em água fervente. A presença de endósporos deve ser evitada pela indústria alimentícia, principalmente durante o acondicionamento dos alimentos.

Ainda não se sabe se nas cianobactérias há mecanismos, além das mutações gênicas, que aumentem a variabilidade genética. Para as demais bactérias, três mecanismos são bem conhecidos:

- **conjugação**: duas bactérias unem-se e estabelecem entre si uma ponte citoplasmática de transferência. Uma delas, chamada “doadora”, duplica parte de seu DNA e doa essa parte para a outra bactéria, que é chamada receptora (Fig. 3.12);

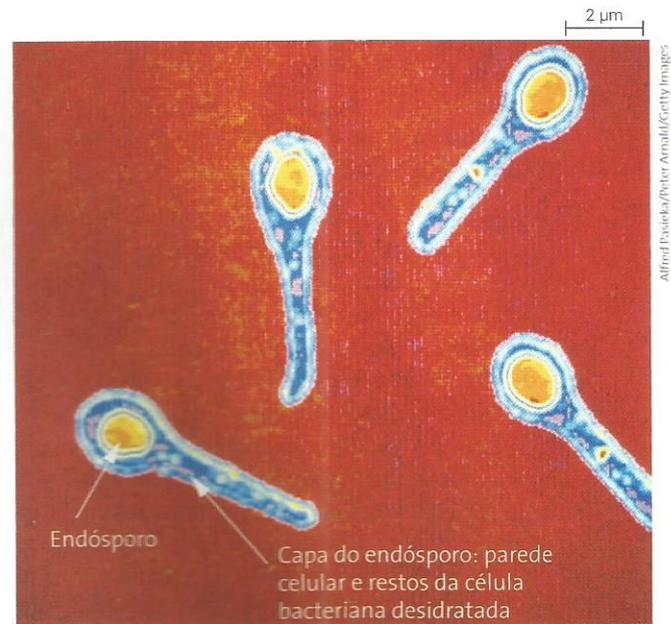


Figura 3.11. Eletromicrografia de transmissão de endósporos de *Clostridium tetani* (bacilo causador do tétano) coloridos artificialmente: cada célula bacteriana desidratada contém um endósporo.

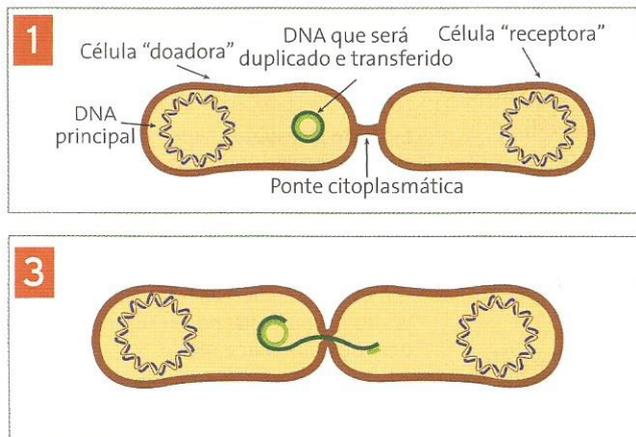


Figura 3.12. Esquema de uma das formas de conjugação em bactéria. (Cores-fantasia.)

- **transformação**: uma bactéria absorve moléculas de DNA disponíveis no meio e as incorpora ao seu DNA. Essas bactérias ficam então com constituição genética modificada e são chamadas transformadas (Fig. 3.13);

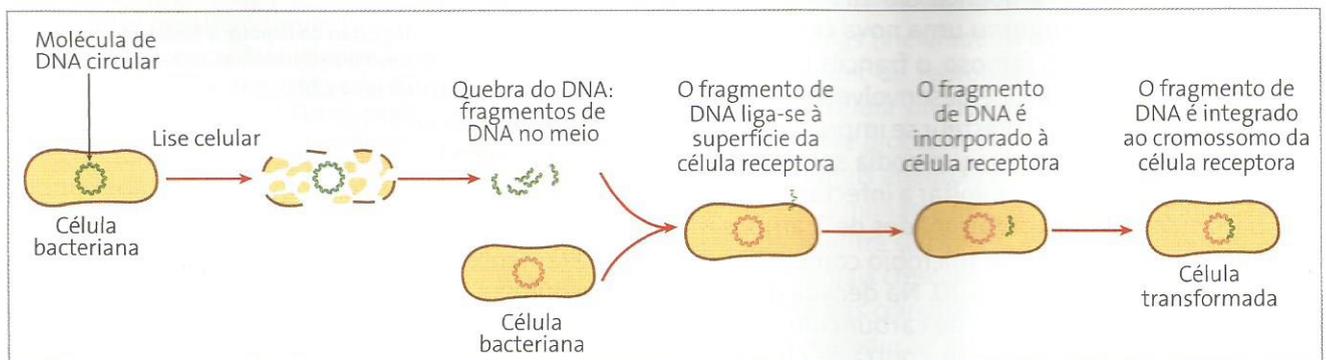


Figura 3.13. Esquema do mecanismo de transformação bacteriana. (Cores-fantasia.)

- **transdução**: transferência de genes de uma bactéria para outra por intermédio de vírus. Caso essa bactéria sobreviva à infecção viral, passará a apresentar novas características, que serão transmitidas a seus descendentes.

## 4.2. As bactérias e a saúde humana

As bactérias são agentes etiológicos de diversas doenças. Apesar disso, elas também podem ser usadas em favor de nossa saúde. Veja um exemplo disso no quadro a seguir.

### Falando de SOCIEDADE

#### BACTÉRIAS CONTRA O ARSÊNIO

Locais contaminados por arsênio, produto presente em alguns tipos de inseticidas, podem ter uma solução. A bactéria do gênero *Acidovorax* (Fig. 3.14), que vive em águas ricas em ferro, também é encontrada em solos úmidos altamente contaminados por arsênio. Essa bactéria é capaz de retirar o arsênio do solo, precipitando-o e tornando sua remoção mais fácil. Em função dessa característica, essas bactérias estão sendo estudadas para uso em solos contaminados por essa substância.

O arroz, por ser cultivado em áreas inundadas, absorve mais facilmente o arsênio do solo ou da água, quando ele está presente. No corpo humano, essa substância pode causar grandes danos à saúde, como o desenvolvimento de câncer. Assim, as bactérias *Acidovorax* podem ser usadas na descontaminação do solo e da água dos cultivos de arroz.

Há tabelas que regulamentam a quantidade máxima que se pode ingerir de alimentos contendo arsênio, como é o caso do arroz. Para saber mais sobre esse assunto, você pode consultar a Resolução 42 da ANVISA, de 30 de agosto de 2013.



Figura 3.14. Eletromicrografia de varredura mostrando indivíduos da bactéria *Acidovorax* parcial ou totalmente cobertos por ferro (Fe).

Agora, vamos nos deter em algumas doenças causadas por bactérias.

Já comentamos sobre os **micoplasmas**, que causam um tipo de pneumonia e que são bactérias sem parede celular.

Há outros dois grupos muito particulares de bactérias, as **riquétsias** e as **clamídias**, que são parasitas intracelulares obrigatórios, à semelhança do que ocorre com os vírus.

Uma das doenças causadas por riquétsias em humanos é o **tifo epidêmico**, cujos sintomas são grave comprometimento do estado geral, febre alta que se mantém por algum tempo e manchas vermelhas na pele. São transmitidas principalmente pela picada de pulgas, carrapatos e piolhos contaminados por essas bactérias. Outra doença é a **febre maculosa**, transmitida pela picada de carrapatos; essa doença será abordada mais adiante.

As clamídias são transmitidas aos humanos de modo direto, pessoa a pessoa. São exemplos de doenças humanas causadas por esses organismos o **tracoma** (que causa cegueira) e o **linfogranuloma venéreo** (doença sexualmente transmissível).

A seguir, apresentaremos algumas doenças do ser humano causadas por bactérias. Essas doenças podem ser tratadas com antibióticos que, entretanto, não são eficientes contra vírus e protistas parasitas. O uso de antibióticos deve ser feito sob rígido controle médico.

#### Botulismo

- **Agente etiológico:** *Clostridium botulinum*.
- **Modo de transmissão:** ingestão da toxina liberada pela bactéria, principalmente em alimentos enlatados e conservas artesanais.
- **Características da infecção:** a toxina bloqueia a transmissão dos impulsos nervosos para os músculos.
- **Medidas profiláticas:** cuidados higiênicos ao processar alimentos; não consumir alimentos contidos em latas estufadas.

#### Cólera

- **Agente etiológico:** *Vibrio cholerae*.
- **Modo de transmissão:** ingestão de água ou de alimentos contaminados pela bactéria.

- **Características da infecção:** diarreia acentuada com fezes em “água de arroz”, vômitos e câibras. Sem tratamento, pode ocorrer morte por desidratação e paralisia dos rins.
- **Medidas profiláticas:** tratamento dos doentes; saneamento básico; consumo somente de água potável (fervida ou clorada e filtrada); higienização de verduras e frutas; consumo apenas de frutos do mar bem cozidos.

## Coqueluche

- **Agente etiológico:** *Bordetella pertussis*.
- **Modo de transmissão:** inalação de gotículas espalhadas no ar pela fala, tosse ou espirros de pessoas contaminadas pela bactéria.
- **Características da infecção:** febre baixa, coriza, surtos de tosse seca, vômitos; podem ocorrer complicações tais como: pneumonia, convulsões e hemorragias cerebrais.
- **Medidas profiláticas:** tratamento dos doentes; vacinação; evitar contato com doentes.

## Difteria, ou crupe

- **Agente etiológico:** *Corynebacterium diphtheriae*.
- **Modo de transmissão:** inalação de gotículas eliminadas no ar pelo nariz e pela boca de pessoas contaminadas pela bactéria.
- **Características da infecção:** a bactéria produz uma toxina que afeta principalmente cavidades nasais, tonsilas (amígdalas), faringe e laringe. Pode ocorrer morte por asfixia.
- **Medidas profiláticas:** tratamento dos doentes; vacinação; evitar contato com doentes.

## Febre maculosa

- **Agente etiológico:** *Rickettsia rickettsii*.
- **Modo de transmissão:** picada do carrapato-estrela (*Amblyomma cajennense*) (Fig. 3.15) ou de fases de seu ciclo de vida conhecidas popularmente por micuins e vermelhinhas; esses carrapatos são ectoparasitas principalmente de mamíferos (cavalo, morcego, gambá, cão, boi, capivara). Após a picada do carrapato contaminado, o período de incubação da bactéria no corpo humano é de 2 a 14 dias. Não há vacinas e não é transmitida de pessoa a pessoa.

- **Características da infecção:** febre, vômitos, dores de cabeça e musculares, manchas vermelhas no corpo; caso não haja tratamento, o quadro pode evoluir até a morte.
- **Medidas profiláticas:** evitar caminhar em locais sabidamente infectados por carrapatos sem proteger o corpo com calça comprida e botas; caso seja necessário caminhar por locais infectados, vistoriar o corpo em busca de carrapatos em intervalos de 3 horas e retirar o animal sem esmagá-lo; usar carrapaticidas em animais domésticos.



▲ **Figura 3.15.** Forma larval (A), de ninfa (B) e adulta (C) do carrapato *Amblyomma cajennense*, transmissor da febre maculosa. A fêmea adulta, após se alimentar de sangue, pode medir até 3 cm de comprimento.

## Hanseníase, ou lepra

- **Agente etiológico:** *Mycobacterium leprae*.
- **Modo de transmissão:** bacilos liberados em secreções respiratórias quando uma pessoa infectada e não tratada tosse, espirra ou fala; pacientes em tratamento ou curados não são transmissores.
- **Características da infecção:** afeta o sistema nervoso causando vários sintomas, entre eles falta de sensibilidade nas áreas do corpo que estão afetadas; surtem lesões na pele; diminuição da força muscular.
- **Medidas profiláticas:** tratamento dos doentes; vacinação com a BCG (a mesma usada contra tuberculose) nas pessoas que convivem com os doentes.

## Leptospirose

- **Agente etiológico:** bactérias do gênero *Leptospira*.
- **Modo de transmissão:** animais, como ratos, eliminam leptospirosas vivas pela urina e contaminam água e alimentos; as bactérias penetram no corpo humano principalmente por pequenas lesões da pele, mas podem penetrar também pelas mucosas da boca, narinas e olhos.

**Características da infecção:** febre alta, dor de cabeça, dores musculares, náusea, vômitos, aumento do fígado, hemorragia digestiva, lesões na pele e problemas respiratórios, podendo ocorrer morte.

**Medidas profiláticas:** por ser comum em épocas de enchentes, uma das formas de combate é a prevenção de enchentes; ficar o menor tempo possível em contato com águas de enchente; após inundações, diluir um copo de água sanitária em um balde de 20 litros de água limpa para lavar os locais afetados e depois lavar novamente com água limpa; tratamento do lixo (evitar lixões onde proliferam ratos); se há evidência de ratos na residência, todos os alimentos devem ser guardados em recipientes fechados ou na geladeira; tratamento da água; vigilância sanitária de alimentos.

### Meningite epidêmica

- **Agente etiológico:** *Neisseria meningitidis* (conhecida como meningococo).
- **Modo de transmissão:** inalação de gotículas de secreções eliminadas pela boca e pelo nariz de pessoas contaminadas pela bactéria.
- **Características da infecção:** afeta as meninges (membranas que envolvem a medula e o encéfalo); ocorrem dor de cabeça intensa, febre, rigidez da nuca, vômito em jatos; pode evoluir até a morte.
- **Medidas profiláticas:** tratamento dos doentes; vacinação; evitar ambientes abafados e com aglomerações de pessoas; isolar o doente em hospitais especializados.

### Pneumonia

- **Agente etiológico:** *Streptococcus pneumoniae* ou *Diplococcus pneumoniae*.
- **Modo de transmissão:** inalação de ar contaminado por essas bactérias.
- **Características da infecção:** infecção pulmonar.
- **Medidas profiláticas:** tratamento dos doentes; evitar contato na fase de manifestação da doença.

### Sífilis

- **Agente etiológico:** *Treponema pallidum*.
- **Modo de transmissão:** por via sexual (relação sexual com pessoa contaminada); por via congênita (contaminação do feto por meio da placenta de mães portadoras da bactéria).
- **Características da infecção:** inflamação na pele e nos ossos, doenças respiratórias, esterilidade; pode causar a morte do feto, ou este pode nascer normal e apresentar sintomas da doença na infância.
- **Medidas profiláticas:** tratamento dos doentes; uso de camisinha nas relações sexuais.

### Tétano

- **Agente etiológico:** *Clostridium tetani*.
- **Modo de transmissão:** os esporos desse bacilo são encontrados principalmente no solo. Podem penetrar no corpo humano quando ocorre uma lesão causada por objetos contaminados.
- **Características da infecção:** os bacilos liberam uma neurotoxina que desencadeia principalmente fortes contrações musculares; pode ocorrer parada respiratória e/ou cardíaca.
- **Medidas profiláticas:** vacinação, com reforço a cada 10 anos; evitar ferimentos, especialmente com objetos sujos de terra ou esterco; cuidados higiênicos durante o parto.

### Tuberculose

- **Agente etiológico:** *Mycobacterium tuberculosis* (bacilo de Koch).
- **Modo de transmissão:** inalação de gotículas espalhadas no ar pela fala, espirro e tosse de pessoa contaminada pela doença.
- **Características da infecção:** atinge os pulmões, provocando infecções; pode passar para o sangue e a linfa, atingindo outras estruturas do corpo, como fígado, baço, medula óssea, rins e sistema nervoso.
- **Medidas profiláticas:** vacinação (BCG) e tratamento dos doentes.

## Falando de SAÚDE

Manter a saúde e o bem-estar deve ser uma preocupação constante. Um dos fatores importantes para se atingir uma vida mais plena é a manutenção de uma massa corpórea adequada à idade, à altura e ao sexo. Cada vez mais as pesquisas indicam a importância de uma alimentação saudável nesse processo. Para entender um pouco mais sobre esse assunto, leia o texto a seguir, sobre uma pesquisa bastante curiosa em que o tema é abordado.

## MAGREZA CONTAGIOSA

*Transmissão de flora intestinal de camundongos magros para obesos leva à perda de peso. O efeito só ocorre quando os animais têm uma alimentação saudável.*

[...] A técnica usada para transmitir “magreza” pode dar origem a terapias personalizadas para o tratamento ou a prevenção da obesidade.

O experimento em questão começa assim: extraem-se bactérias da flora intestinal de gêmeas – isso é feito por meio de amostras de fezes. Mas, no caso, uma irmã é magra; a outra, obesa – isso ocorre em cerca de 5% dos gêmeos. Injetam-se esses microrganismos no intestino de camundongos livres de micróbios.

Os roedores que receberam a flora das irmãs obesas ganharam mais peso e acumularam mais gordura, apesar de terem sido submetidos à mesma dieta e igual quantidade de comida que o grupo que recebeu as bactérias das magras.

Algo certamente alterou o metabolismo dos animais obesos. Mas o quê? A parte seguinte da pesquisa responde a essa pergunta – em um cenário que, certamente, faz surgir exclamações.

Vanessa Ridaura e colegas, da Universidade de Washington (EUA), puseram na mesma gaiola camundongos que haviam recebido as bactérias das gêmeas magras e aqueles que as receberam das obesas.

Camundongos praticam a coprofagia – ou seja, comem fezes. Com base nessa prática, os autores do estudo perceberam que, depois de 10 dias, os roedores obesos começaram a emagrecer e também tiveram o metabolismo alterado. Os camundongos “magros” não foram afetados – ou seja, seguiram magros e sem alteração metabólica.

Ridaura descobriu – meio na base da tentativa e erro – que as bactérias provavelmente responsáveis pela mudança de metabolismo eram bacteroidetes, que já haviam sido associadas à magreza em estudos anteriores. Segundo os autores, essas bactérias talvez estejam ocupando nichos. Evidência, nesse sentido, é um trabalho de 2009, em que se mostrou que a diversidade de bactérias no intestino de obesos é menor do que aquela em magros.

O intestino hospeda trilhões de bactérias, que quebram as moléculas de alimentos e fabricam nutrientes a partir dos alimentos. As colônias variam de pessoa para pessoa.

### Depende da comida

Uma segunda parte do experimento colocou novamente juntos os dois grupos de camundongos. Mas, agora, a dieta era dividida em dois tipos: I) rica em fibras e pobre em gorduras saturadas (saudável); II) pobre em fibras e rica em gorduras saturadas (não saudável).

No caso da primeira dieta, os resultados foram iguais aos anteriores: camundongos magros transmitem as bactérias para os obesos, que passaram a perder peso – e, com isso, evitaram o desenvolvimento de problemas metabólicos, que podem levar a diabetes e a doenças cardiovasculares.

Mas, quando os dois grupos foram postos juntos e a dieta era não saudável, não houve a transmissão. Ou seja, os roedores magros não puderam conferir a proteção contra o aumento de peso.

Nesse caso, verificou-se que não havia bacteroidetes no intestino dos camundongos que ficaram obesos. Segundo os autores, as bactérias da magreza não conseguem se hospedar em indivíduos que não se alimentam saudavelmente. [...] Ou seja, dietas não saudáveis (por exemplo, pobres em fibras) acabam inviabilizando a flora intestinal responsável pela magreza.

Um possível desdobramento desses resultados seria o desenvolvimento de terapias probióticas – microrganismos que, na dosagem certa, fazem bem à saúde – ou à base de comidas, para levar ao intestino do indivíduo bactérias “emagrecedoras”.

[...]

VIEIRA, C. L. Magreza contagiosa. *Revista Ciência Hoje*. Publicado em: 05/11/2013; atualizado em: 05/11/2013. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2013/308/magreza-contagiosa>>. Acesso em: fev. 2014.

## 5. Domínio Archaea

Entre os três domínios este é o menos estudado e conhecido. Há muito ainda por descobrir.

Embora a maioria das arqueias seja extremófila, ou seja, vive em locais onde as condições são extremas e inadequadas para os demais seres vivos, há registros de arqueias vivendo em ambientes onde as condições não são adversas.

Com relação à reprodução, esses organismos parecem apresentar apenas bipartição. Não são conhecidos mecanismos que envolvam transferência de material genético, sendo que a variabilidade genética surge só por mutação.

Entre as arqueias de especial interesse estão as metanogênicas, as halófilas extremas (*halo* = sal; *filo* = que tem afinidade por) e as termófilas extremas (*thermo* = calor).

As **metanogênicas** recebem esse nome por produzirem o gás metano ( $\text{CH}_4$ ) como um subproduto de seu metabolismo; são anaeróbias estritas, ou seja, não podem viver na presença de gás oxigênio. São comuns no intestino de ruminantes e de seres humanos causando flatulência. Ocorrem também nos pântanos, em sedimentos anóxicos (sem oxigênio) e ricos em matéria orgânica presentes no fundo de lagos e mares e no solo de florestas. Há espécies que vivem em rochas próximo a fontes de água muito quente, vários quilômetros abaixo da superfície, em geleiras, no solo quente do deserto e em muitos outros locais sem oxigênio (anóxicos), como aterros sanitários. Em algumas estações de tratamento de lixo, o metano produzido por essas arqueias tem sido canalizado para ser usado como gás combustível.

### Falando de AMBIENTE

#### AQUECIMENTO GLOBAL, ARQUEIAS METANOGÊNICAS E BACTÉRIAS METANOTRÓFICAS - QUAL A RELAÇÃO?

Existem estimativas que indicam que as arqueias metanogênicas liberam a cada ano 2 bilhões de toneladas de gás metano, cuja capacidade de aumentar o efeito estufa da atmosfera é cerca de 21 vezes maior que a do gás carbônico. Todo o metano do ar atmosférico deriva da atividade desses procariontes e cerca de 1/3 desse metano vem das metanogênicas associadas aos intestinos dos herbívoros ruminantes como bois e vacas.

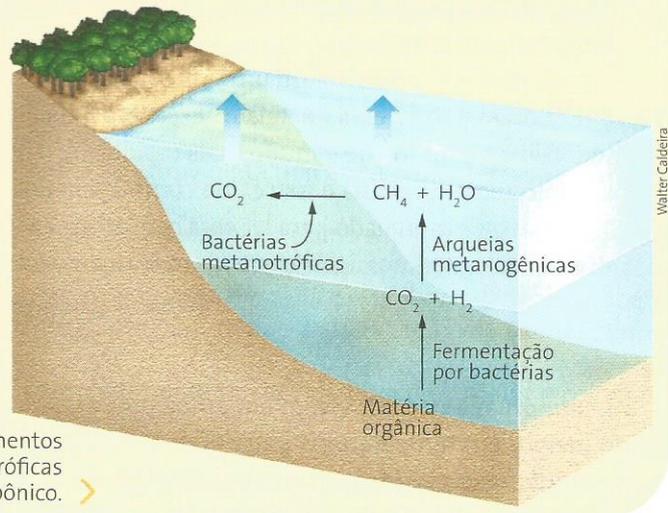
A quantidade de metano na atmosfera dobrou desde 1860, contribuindo para o aumento do efeito estufa, um dos possíveis responsáveis pelo aquecimento global. Esse aumento na produção de metano tem sido atribuído a diversos fatores, destacando-se o número crescente de cabeças de gado nas criações e o incremento da decomposição de matéria orgânica, devido ao aumento na quantidade de detritos.

Muitas bactérias decompositoras que degradam a matéria orgânica por fermentação liberam  $\text{CO}_2$  e gás hidrogênio ( $\text{H}_2$ ). As arqueias metanogênicas usam essas substâncias para produzir metano ( $\text{CH}_4$ ) e água (Fig. 3.16). Certas metanogênicas usam outras substâncias, como acetato e metanol, como fonte de carbono.

O metano produzido e liberado por essas arqueias pode ser oxidado na interface ar-água ou no topo do solo, por bactérias aeróbias chamadas **metanotróficas** (*trófos* = alimentação). Essas bactérias oxidam metano e liberam  $\text{CO}_2$  que, apesar de ser um gás que aumenta o efeito estufa, o faz com menor intensidade do que o metano.

Se essas bactérias conseguem degradar o metano, por que a quantidade desse gás está aumentando? Será que as atividades humanas, como a poluição e o aumento do uso de fertilizantes, têm inibido o crescimento das populações das bactérias metanotróficas? Cientistas têm procurado isolar essas bactérias e estudar quais são as condições ideais para seu crescimento, o que talvez possa ser importante para se tentar reduzir a quantidade de metano atmosférico e, conseqüentemente, o potencial efeito desse gás no aquecimento global.

**Figura 3.16.** Exemplo de produção de metano em sedimentos pela ação de arqueias metanogênicas. Bactérias metanotróficas oxidam o metano na interface ar-água, produzindo gás carbônico.



As **halófilas extremas** vivem em ambiente aquático com salinidade muito elevada, como no Mar Morto (Fig. 3.17) e em salinas. Nessas regiões, a água do mar é represada em lagoas rasas de evaporação, a fim de obter o sal de cozinha. Colônias de algumas espécies desses seres deixam a água com cor rósea ou púrpura-avermelhada (como observado na fotografia) em

função da presença do pigmento **bacteriorrodopsina**, semelhante ao pigmento rodopsina existente na retina do olho humano.

A bacteriorrodopsina absorve a luz solar e essa energia é usada para sintetizar diretamente ATP. É o processo fotossintético considerado mais simples, e nenhum outro grupo de ser vivo realiza processo equivalente.



Figura 3.17. Fotografia de uma região do Mar Morto, em que se pode observar a produção de sal pela evaporação da água.



## Falando de TECNOLOGIA

### HALÓFILAS E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Arqueias do gênero *Halobacterium* têm despertado grande interesse da indústria de computadores. Os computadores convencionais armazenam informações em um **chip** de silício. O processamento da informação é feito pela leitura de séries de zeros (0) e uns (1) produzidos à medida que elétrons fluem por esse **chip**: quando o elétron passa, registra-se o número 1 e quando não passa, o número 0. Entretanto, o silício não retém ou não processa informações na rapidez que se necessita para aplicações em inteligência artificial.

Cientistas desenvolveram um **chip** com a bacteriorrodopsina extraída da *Halobacterium*, que é cultivada em laboratório com essa finalidade. Esse **chip** trabalha na velocidade da luz, pois o que estimula a bacteriorrodopsina é a luz, o que é muito mais rápido que o fluxo de elétrons. A luz verde provoca dobramento dessa molécula de proteína e isso é lido como 1; quando essa molécula não sofre dobramento, é lido como 0.

O **laser** é empregado para ler essa conformação da proteína. Pretende-se utilizar esses **chips** na produção de computadores ágeis e com grande capacidade de processamento, na área de inteligência artificial.

Dados obtidos em: Tortora, G. J. et al. *Microbiology*. Benjamin Cummings, 2002.

As **termófilas extremas** vivem em ambientes aquáticos onde a temperatura da água é muito elevada, proliferando melhor em temperaturas entre 60 e 150 °C. A maioria delas obtém energia da oxidação do enxofre, sendo quimiossintetizantes. Um exemplo interessante é o do gênero *Sulfolobus*, que vive em fontes quentes e sulfurosas do parque Yellowstone (Estados Unidos), onde a temperatura da água fica em torno de 70 °C e o pH em torno de 2.



### ARQUEIAS DAS FONTES TERMAIS

A descoberta das enzimas polimerases do DNA, isoladas de arqueias dos gêneros *Thermococcus* e *Pyrococcus* que vivem em fontes termais (Fig. 3.18), foi fundamental para o desenvolvimento do processo que permite produzir várias cópias de uma molécula de DNA ou de trechos dela: o PCR (sigla, em inglês, para Reação em Cadeia da Polimerase). Nesse processo, há necessidade de desnaturação do DNA a temperaturas elevadas (cerca de 94 °C) para que as duas cadeias em hélice se abram. As DNA polimerases produzidas por essas arqueias não sofrem desnaturação nessas temperaturas e realizam o emparelhamento das bases nitrogenadas nas cadeias simples do DNA desnaturado. Ciclos alternados de aquecimento e resfriamento durante o PCR promovem a produção de inúmeras cópias do DNA.



Figura 3.18. Fotografia de fonte termal no Parque Nacional Yellowstone, nos Estados Unidos, ambiente favorável ao desenvolvimento de arqueias.

### PROCARIOTES E A ORIGEM DA VIDA

O estudo dos procariontes é importante sob vários aspectos, como já comentamos. Agora, vamos analisar dois textos que retomam o tema “origem da vida”, em que os procariontes têm grande relevância. Além disso, a leitura desses textos deixa ainda mais claro que o conhecimento cresce em ritmo acelerado e que, apesar disso, ainda há muito a ser estudado e descoberto em várias áreas do saber.

#### TEXTO 1

##### Minúsculos, mas de peso

*“Organismos invisíveis a olho nu demonstram capacidade de resistir a viagens interplanetárias.*

Eles sobrevivem a condições impensáveis para qualquer outro terráqueo. Fazem seu lar em águas hipersalinas, desertos tórridos, crateras de vulcões e nas geleiras antárticas. São seres vivos que só se pode enxergar ao microscópio, mas gigantes naquilo que revelam aos astrobiólogos como Claudia Lage, professora da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). “A estrutura genética de microrganismos como vírus, bactérias e arqueias é tão diversificada que eles poderiam ter sido formados em lugares muito diferentes do Universo”, afirma. A ideia tem raízes na panspermia, hipótese que postula a origem da vida em múltiplos pontos do Universo, não necessária e exclusivamente na Terra.

A super-heroína da área é a bactéria *Deinococcus radiodurans*, que resiste a altas doses de radiação e se revelou, em simulações feitas em aceleradores de partículas, capaz de suportar viagens pelo espaço pousada em fragmentos de poeira [...]. Sem a proteção de uma nave espacial, o ambiente interplanetário não é lugar para seres vivos: doses altíssimas de radiação ultravioleta e raios X, além de bombardeios impiedosos de partículas aceleradas por explosões solares, tornam impossível a existência de qualquer forma de vida.

[...]

[...] O estudo mostrou que, ao fim de uma viagem interplanetária, a superbactéria teria tempo de sobra para pousar na Terra, mesmo depois de passar pela vizinhança do nosso Sol: de acordo com essas pesquisas, ela resistiria mais de um ano – pelo menos 420 dias – às doses de radiação ultravioleta típicas da órbita terrestre, mesmo sem a proteção de uma atmosfera. [...]

Outro trabalho recente do grupo [...] ampliou as possibilidades de sobrevivência no espaço: mostrou que essa bactéria não seria o único ser vivo a sobreviver nas inóspitas condições características das regiões próximas a estrelas e planetas [...]. Duas outras espécies de microrganismos, *Natrialba magadii* e *Haloferax volcanii*, também aguentam altas doses de radiação ultravioleta, embora menos intensas do que a suportada pela campeã entre as bactérias. [...]

[...] A descoberta sugere, portanto, que formas ainda mais rudimentares de vida poderiam viajar e colonizar diferentes recantos do Universo.

[...]”

GUIMARÃES, M. Minúsculos, mas de peso. *Revista Pesquisa Fapesp* 193. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/03/23/min%C3%BAsculos-mas-de-peso>>. Acesso em: fev. 2014.

## TEXTO 2

### Cientistas encontram vida no Lago Vostok

“Cientistas encontraram sinais de vida num local até então improvável. Análises do gelo do Lago Vostok, o maior dos quase 400 lagos subterrâneos conhecidos na Antártica, revelaram a existência de DNA de 3 507 organismos. Após mais de uma década de perfuração intermitente, a Rússia atravessou no ano passado [2012] a crosta congelada da Antártica e recolheu amostras da água do lago que permaneceu intocado durante pelo menos 14 milhões de anos, numa profundidade de 3 768 metros sob a superfície glacial. [...]

A diversidade de vida encontrada surpreendeu cientistas, já que muitos tinham pensado que o lago seria estéril devido às condições extremas. A descoberta aumenta a esperança de haver vida em outros ambientes extremos do planeta e até fora dele. Biólogos têm um interesse especial em lagos, pois as condições existentes neles não devem ser muito diferentes das que existem em corpos de água líquida provavelmente existentes sob a superfície das luas geladas do Sistema Solar exterior. Uma das luas de Júpiter, a Europa, por exemplo, é coberta com uma camada de gelo que pode esconder um oceano líquido embaixo.

– Encontramos muito mais complexidade do que se pensava. Isso realmente mostra a tenacidade da vida, e como os organismos podem sobreviver em lugares onde uma dúzia de anos atrás pensávamos que nada poderia sobreviver – afirmou ao “Telegraph” Scott Rogers, biólogo da Universidade Estadual Bowling Green, em Ohio, nos Estados Unidos.

Quase 94% das sequências são de bactérias, [...] [mas há também] um pequeno grupo (6%) de organismos multicelulares mais complexos (eucariotas). Isoladas do resto do mundo, algumas sequências de DNA encontradas são novas para a ciência e podem ser de espécies que evoluíram nas profundidades do lago. [...]

Há mais de 35 milhões de anos, o lago era aberto para a atmosfera e cercado de um ecossistema de floresta. Provavelmente, os organismos foram se adaptando às mudanças de condições entre 15 a 35 milhões de anos atrás, quando o lago se converteu de um sistema terrestre para o subglacial.

[...]

O lago está a 200 metros abaixo do nível do mar.

Identificado em 1956 pelos russos e mapeado na década de 1990 pelos britânicos, o Vostok cobre uma área de 15 mil quilômetros quadrados e tem profundidade de até 800 metros. [...]

[...]”

Cientistas encontram vida no Lago Vostok. *O Globo* – Ciência. Publicado em: 08/07/2013; atualizado em: 08/07/2013. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/ciencia/cientistas-encontram-vida-no-lago-vostok-8959773#ixzz2YYSIhKuX>>. Acesso em: fev. 2014.



## Tema para discussão

### As bactérias e o tratamento do esgoto

Em estações de tratamento de esgoto há primeiramente a filtragem grosseira do material, para se fazer a separação dos detritos maiores. Usa-se para isso uma grade filtradora; depois, o material passa por um filtro de areia. Com sólidos e líquidos separados, os destinos são diferentes: os sólidos são conduzidos para tanques onde bactérias anaeróbias vão converter a matéria orgânica em produtos que podem ser usados como fertilizantes, após esterilização; já a parte líquida do esgoto é tratada separadamente por um sistema de filtros em tanques especiais, onde bactérias aeróbias vão atuar, degradando a matéria orgânica. Essa água, então, é devidamente esterilizada, principalmente com a adição de cloro, podendo ser devolvida aos rios ou oceanos.

O tratamento de esgoto também é fundamental para se evitar a transmissão de doenças: um litro de esgoto não tratado pode conter até 20 bilhões de bactérias, muitas delas patogênicas para o ser humano, como é o caso das causadoras da cólera e da febre tifoide. Em uma análise bacteriológica, a água é considerada de boa qualidade se apresentar menos de dez bactérias do tipo coliforme e menos de mil bactérias de outros tipos por litro de água.



Juca Martins/Olhá! Imagens

^ Fotografia de estação de tratamento de esgoto em São Paulo, SP. Nesses tanques, bactérias degradam a matéria orgânica.