CIÊNCIA PRÁTICA

O incrível mundo dos PROCARIONTES

Patrícia Carvalho

PRAZER® DE LER
Acreditando no futuro do Brasil

Ciência Prática: O incrível mundo dos procariontes

Patrícia Carvalho

PRAZER DE LER®
Acreditando no futuro do Brasil

Ciência Prática:
O incrível mundo dos procariontes

Patrícia Carvalho

Editor: Lécio Cordeiro.
Revisão de texto: Suélen Franco.
Projeto gráfico: Allegro Digital.
Editoração Eletrônica, pesquisa iconográfica e infografia: Allegro Digital.
Coordenação Editorial:
Editora Prazer de Ler
Avenida Doutor Rinaldo de Pinho Alves, 2680
CEP: 53411-000 - Paratibe - Paulista / PE
Fone: (81) 3447.1178
CNPJ: 14.605.341/0001-03

Fizeram-se todos os esforços para localizar os detentores dos direitos das fotos, ilustrações e dos textos contidos neste livro. A Editora pede desculpas se houve alguma omissão e, em edições futuras, terá prazer em incluir quaisquer créditos faltantes.

O conteúdo deste livro está adequado à proposta da BNCC, conforme a Resolução nº 2, de 22 de dezembro de 2017, do Ministério da Educação.

C331m Carvalho, Patrícia, 1986-
Manual de experiências / Patrícia Carvalho. – Recife : Prazer de Ler, 2018.
64p. : il.

1. FÍSICO-QUÍMICA – ENSINO MÉDIO – EXPERIÊNCIAS – MANUAIS, GUIAS ETC. 2. MAGNETISMO – EXPERIÊNCIAS – MANUAIS, GUIAS, ETC. 3. ANÁLISE CROMATOGRÁFICA – EXPERIÊNCIAS – MANUAIS, GUIAS, ETC. 4. EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO – TESTES E EXERCÍCIOS. I. Título.

CDU 541.1
CDD 539

PeR – BPE 18-17

ISBN: 978-85-8168-654-7
Impresso no Brasil

As palavras destacadas de amarelo ao longo do livro sofreram modificações com o novo Acordo Ortográfico.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

Apresentação

É impossível não perceber a enorme diversidade de seres vivos que habitam em nosso planeta. São mais de dois milhões de espécies, adaptadas aos mais distintos ambientes, como a formiga-prateada-do-saara (*Cataglyphis bombycina*), que suporta temperaturas superiores a 60 ºC, graças à estrutura e à organização exclusiva dos pelos prateados que revestem seu corpo, refletindo os raios de Sol e, assim, ajudando-a a manter a temperatura corporal. Outro exemplo de perfeita adaptação às condições extremas é a rã-da-floresta (*Rana sylvatica)*, um anfíbio que habita o Ártico e consegue permanecer congelado durante determinado período, pois, em temperaturas muito baixas, seu fígado transforma o glicogênio em glicose, que atua como um anticongelante para as células vitais. O resto dos fluidos do corpo da *R. sylvatica* congela, e os órgãos, privados de sangue, ficam inativos. Quando a temperatura aumenta e o gelo derrete, o coração da rã volta a bombear o sangue com coagulantes para o corpo. E, como por milagre, a rã volta rapidamente à vida, como se nada tivesse acontecido.

Diante de tamanha diversidade, fez-se necessário criar um sistema de classificação que permitisse estudar os seres vivos de maneira mais precisa. Hoje em dia, sabemos que eles podem ser unicelulares ou pluricelulares, procariontes ou eucariontes, pertencerem ao Reino *Animalia*, *Plantae* ou algum outro reino. Mas como surgiu a classificação que conhecemos atualmente? O que mudou desde os estudos de Aristóteles?

Neste livro, vamos conhecer a evolução dos estudos da Taxonomia, parte da Biologia que identifica, nomeia e classifica os seres vivos, e embarcar numa fantástica viagem pelo incrível mundo dos procariontes, seres que protagonizaram as primeiras etapas da evolução dos seres vivos. Vamos reconhecer sua importância ecológica, assim como a contribuição para a alimentação, a indústria farmacêutica e até mesmo para o campo da estética.

Preparado?

Então, vamos praticar!

Patrícia Carvalho

Sumário

1 Classificação dos seres vivo 6

Prática 1 – Criando um sistema de classificação 9
Vamos praticar? 10
Praticando com o Enem 11
Pratique mais 12

2 Seres procariontes 14

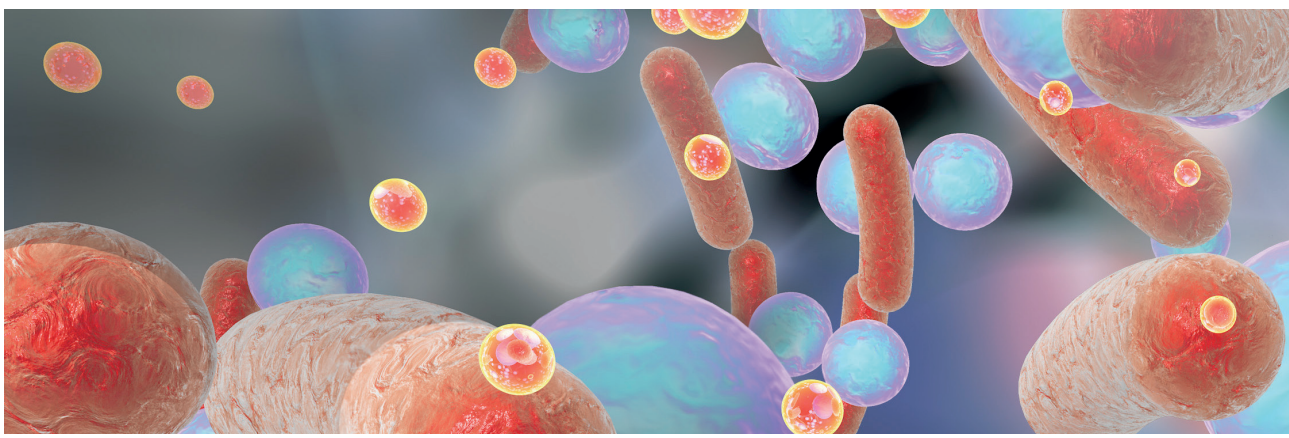
Prática 2 – Construindo um modelo de protocélula 17
Vamos praticar? 17
Praticando com o Enem 18
Pratique mais 19

3 O sistema dos três domínios 20

Prática 3 – Seleção natural dos tentrilhões das Ilhas Galápagos 26
Vamos praticar? 28
Praticando com o Enem 30
Pratique mais 31

4 Arqueas 32

Classificação das arqueas 34



Prática 4 – Arqueas: importância e relação evolutiva 36
Vamos praticar? 36
Praticando com o Enem 39
Pratique mais 40

5 Cianobactérias 42

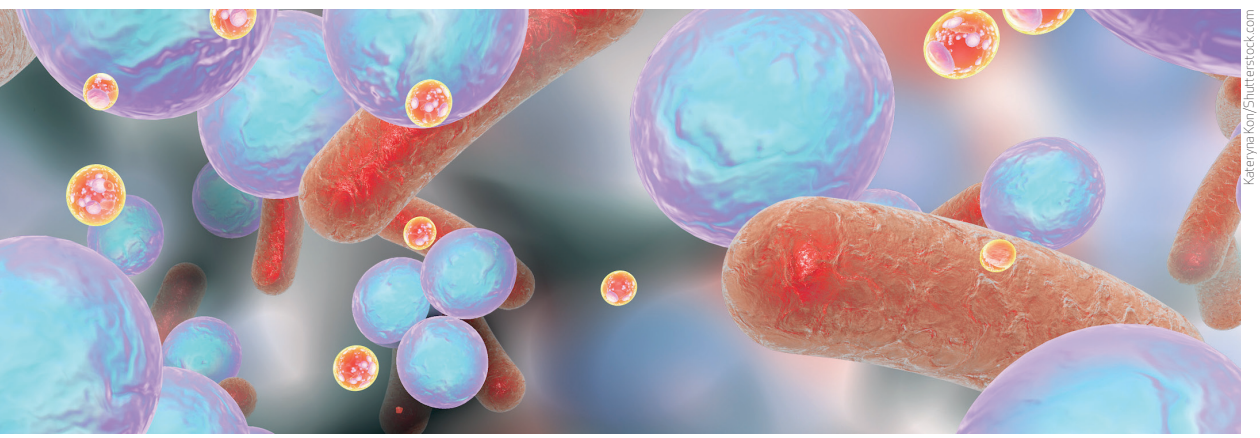
Prática 5 – Extração da clorofila 45
Vamos praticar? 45
Praticando com o Enem 46
Pratique mais 47

6 Bactérias 48

Prática 6 – Cultivo de bactérias 51
Vamos praticar? 52
Praticando com o Enem 53
Pratique mais 55

7 Bactérias benéficas 56

Prática 7 – Iogurte caseiro com lactobacilos 60
Vamos praticar? 61
Praticando com o Enem 62
Pratique mais 63



Kateryna Kon/Shutterstock.com

Aaron Amat/Shutterstock.com

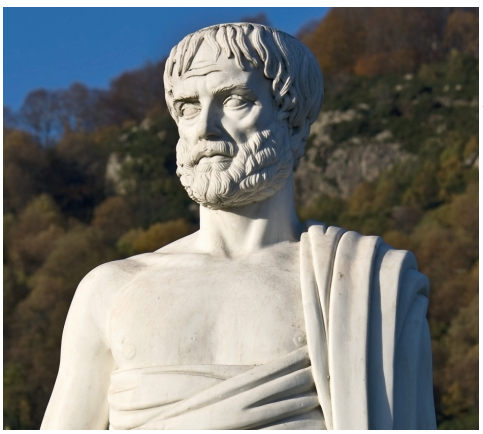
1

Classificação dos seres vivos

Devido à vasta diversidade de seres vivos existentes em nosso planeta, surgiu a necessidade de organizá-los em grupos distintos. Para tanto, seguiram-se padrões de semelhança, facilitando o estudo e estabelecendo a **filogênese**, ou **filogenia**, ou seja, a sequência em que os seres vivos surgiram, buscando, assim, mostrar o processo evolutivo de cada grupo.

O primeiro sistema de classificação dos seres vivos surgiu no século IV a.C., proposto pelo filósofo grego Aristóteles (384–322 a.C.) e por seu discípulo Teofrasto (372–287 a.C.), que separaram os seres vivos em dois grandes grupos: *Animalia* e *Plantae*, considerando a mobilidade e a nutrição. Aristóteles separou os animais em dois grupos: superiores ou *enaima*, com sangue vermelho (vertebrados); e inferiores ou *anaima*, sem sangue vermelho (invertebrados).

Aristóteles muito se dedicou ao estudo do reino animal, analisando o comportamento reprodutivo de algumas espécies e detalhando as estruturas anatômicas de diversos animais, pelo método da dissecação, descrevendo os órgãos internos de muitos vertebrados, como peixes, répteis, anfíbios e mamíferos aquáticos. Por essas e outras razões, ficou conhecido como o pai da **Zoologia**, ciência que estuda os animais e as relações ecológicas entre eles e o ambiente em que vivem.



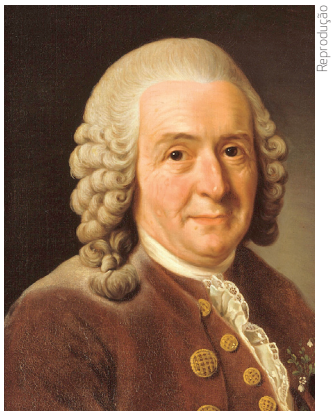
Panos Karas/Shutterstock.com

Estátua de Aristóteles localizada em Estagira, Grécia.

Fica a dica!

Dissecação é uma técnica utilizada na Anatomia, que consiste na abertura e separação de partes de um corpo ou de um órgão, com o objetivo de estudar sua morfologia interna.

Após 2 mil anos, o sueco **Carl Von Linné** (1707–1778), ou simplesmente Lineu, como é chamado no Brasil, acreditava que as classificações existentes na época eram confusas, muito distintas entre si e, por isso, difíceis de serem usadas. Por isso, buscou organizar um novo sistema de classificação que tornasse mais fácil a descrição e uniformizasse os nomes atribuídos aos diversos tipos e grupos de animais, plantas e minerais conhecidos na época. Nesse sentido, Lineu propôs um sistema padrão de classificação de uso universal, dividindo os seres vivos em sete categorias:



Reprodução

Carl Von Linné.

Reino → filo → classe → ordem → família → gênero → espécie

Antes dos estudos de Lineu, a nomenclatura das espécies era polinominal, o que resultava em nomes longos e difíceis de serem memorizados. Lineu então propôs uma **nomenclatura binominal**, contendo apenas o nome do gênero e uma única palavra para distinguir a espécie, e não mais para descrevê-la, como era feito anteriormente.

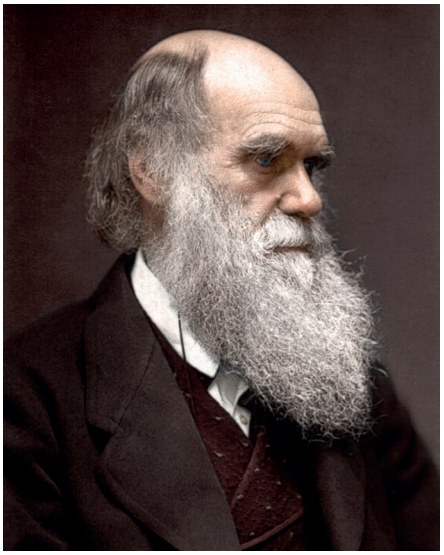
Em seus estudos, Lineu reuniu, ao sistema de classificação, uma sistemática de descrição e uma padronização para a nomeação das espécies e dos gêneros, o que facilitava a rápida identificação das espécies. De maneira resumida, podemos dizer que Lineu propôs três componentes em seus estudos: classificar, descrever e nomear.

Fica a dica!

A primeira e mais famosa publicação de Carl Von Linné continha apenas 11 páginas. Intitulado como *Systema Naturae* (*Sistema Natural*), publicado em 1735, o livro apresentou o novo sistema de classificação de plantas, animais e minerais que Lineu havia projetado quatro anos antes.

Lineu aceitava a teoria fixista, ou seja, considerava que a natureza, assim como o número de espécies, era constante e não sofria alterações evolutivas. Apenas em 1859, com a Teoria da Evolução do naturalista inglês Charles Darwin (1809–1882), os sistemas de classificação passaram a considerar a sequência evolutiva dos organismos.

Na classificação de Lineu, os seres vivos estavam distribuídos em dois reinos apenas: animal e vegetal. Mas, após a invenção do microscópio, foram descobertos diversos micro-organismos, que, por suas características peculiares, necessitavam de um novo grupo de classificação.


Reprodução

Charles Darwin.

Em 1866, surge o **Reino Protista**, incluindo bactérias, fungos e protozoários, proposto pelo médico e zoólogo alemão Ernest Haeckel (1834–1919). Alguns anos depois, Haeckel propôs a criação de um subgrupo denominado **Monera**, no qual seriam inclusos os micro-organismos unicelulares que não apresentavam núcleo individualizado.

Em 1956, o biólogo norte-americano Herbert Copeland (1902–1968) introduz um reino exclusivo para as bactérias, devido à sua organização celular **procariótica** (sem membrana nuclear/carioteca). Surge, assim, a classificação em quatro reinos: *Animalia*, *Plantae*, Protista e Monera.

Treze anos depois, em 1969, surge uma nova classificação, proposta pelo biólogo e ecologista Robert Whittaker (1920–1980), que estabelece um reino independente para os fungos — seres uni ou pluricelulares, heterótrofos e com ausência de tecido organizado —, o **Reino Fungi**. Os organismos passaram a ser classificados em cinco reinos:

Reino Monera – Composto por organismos unicelulares procariontes.
Reino Protista – Reúne os seres unicelulares eucariontes (com presença de membrana nuclear/carioteca).
Reino *Plantae* – Inclui as plantas terrestres, seres eucariontes, pluricelulares e autotróficos.
Reino *Fungi* – Formado pelos fungos, seres eucariontes, uni ou pluricelulares e heterotróficos por absorção.
Reino *Animalia* – Constituído pelos eucariontes pluricelulares e heterotróficos por ingestão.

Prática 1

Criando um sistema de classificação

Antes de começar...

1. Para você, qual a importância da classificação dos seres vivos?

2. Pesquise, em livros ou na Internet, e responda: o que é e para que serve uma chave de classificação?

Vamos praticar?

Material necessário:

- 10 botões variados por aluno.
- Papel-ofício ou caderno.
- Caneta.
- Régua.

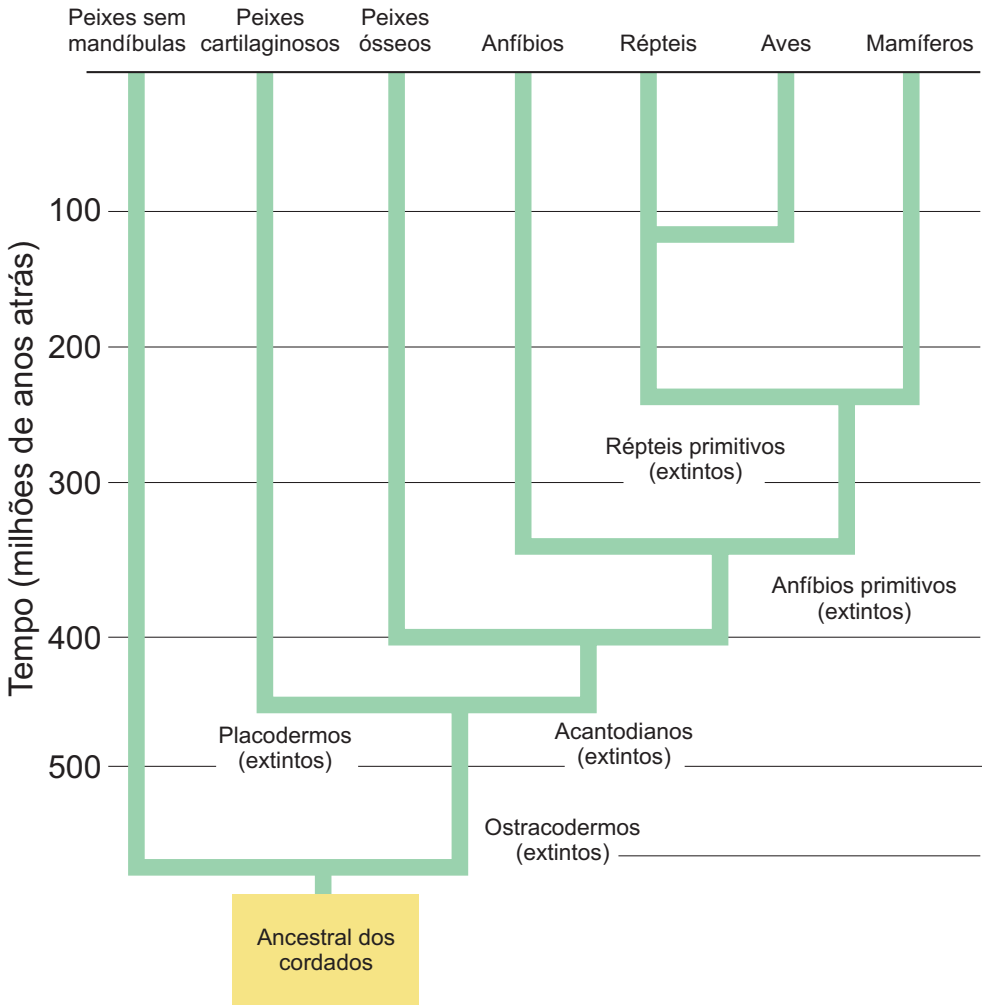
Como fazer:

1. Individualmente, construa uma tabela de descrição de cada botão, usando características como tamanho, cor, textura, formato e número de furos.
2. Junte-se a outro colega de sala, formando uma dupla.
3. Apresente sua tabela e discuta a descrição dos seus botões. (O outro aluno deverá fazer o mesmo.)
4. Juntos, criem uma chave de classificação para os 20 botões.
5. Formem um grupo com o maior número possível de botões de acordo com uma característica comum a todos (reino).
6. Repitam o item anterior, considerando que todos os botões possuam duas características em comum (filo).
7. Continuem agrupando os botões, porém agora com três características em comum (classe).
8. Repitam o processo de agrupamento sempre aumentando uma nova característica até conseguirem usar o maior número de características possíveis.
9. Discutam o resultado com o grande grupo na sala.
10. Não se esqueça de registrar quais as características usadas para classificar cada grupo de botões.

Garsya/Shutterstock.com

Praticando com o Enem

1. A classificação dos seres vivos permite a compreensão das relações evolutivas entre eles. O esquema representa a história evolutiva de um grupo.



Os animais representados nesse esquema pertencem ao filo dos cordados, porque:

a. possuem ancestrais que já foram extintos.
b. surgiram há mais de 500 milhões de anos.
c. evoluíram a partir de um ancestral comum.
d. deram origem aos grupos de mamíferos atuais.
e. vivem no ambiente aquático em alguma fase da vida.

2. Leia o trecho do poema a seguir:

Os bichinhos e o homem
Toquinho & Vinicius de Moraes

Nossa irmã, a mosca,
é feia e tosca,
enquanto que o mosquito
é mais bonito.
Nosso irmão besouro,
que é feito de couro,
mal sabe voar.
[...]

(MORAES, V. *A arca de Noé*: poemas infantis. São Paulo: Companhia das Letrinhas, 1991.)

O trecho sugere a existência de relações de afinidade entre os animais citados e nós, seres humanos. Respeitando a liberdade poética dos autores, a unidade taxonômica que expressa a afinidade existente entre nós e esses animais é:

a. o filo.
b. o reino.
c. a classe.
d. a família.
e. a espécie.

Pratique mais

1. As categorias sistemáticas, ou taxas, colocadas ordenadamente, em graus hierárquicos, são:

a. reino, filo, classe, família, ordem, gênero, espécie.
b. reino, classe, divisão, ordem, família, gênero, espécie.
c. reino, filo, classe, ordem, família, gênero, espécie.
d. reino, classe, divisão, família, ordem, gênero, espécie.
e. reino, divisão, classe, família, ordem, espécie, gênero.

2. (Unirio) Lineu, em 1735, publicou um trabalho no qual apresentava um plano para classificação de seres vivos. Nele, estavam propostos o emprego de palavras latinas e o uso de categorias de classificação hierarquizadas. De-

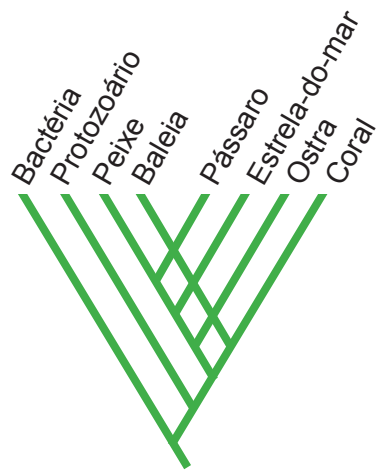
ve-se também a Lineu a regra de nomenclatura binominal para identificar cada organismo. Nessa regra, entre outras recomendações, fica estabelecido que devemos escrever:

a. em primeiro lugar o gênero, depois a família.
b. em primeiro lugar o gênero, depois a espécie.
c. em primeiro lugar a espécie, depois o gênero.
d. em primeiro lugar a espécie, depois o filo.
e. em qualquer sequência, gênero e filo.

3. (UFPA) O homem e o gorila pertencem à mesma ordem, são primatas. Pertencem também, obrigatoriamente:

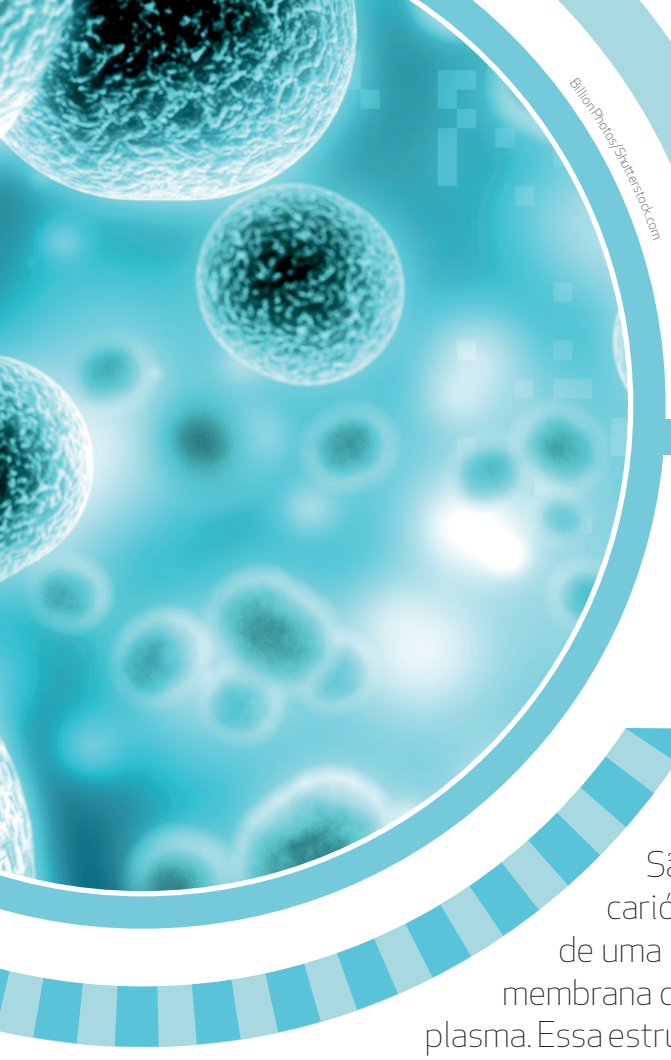
a. à mesma espécie.
b. ao mesmo gênero.
c. à mesma espécie e ao mesmo gênero.
d. aos mesmos reino, filo e classe.
e. ao mesmo reino e à mesma espécie.

4. (UFU) Observe a árvore filogenética a seguir:



Esperamos encontrar maior semelhança genética entre os seres abaixo:

a. bactéria e protozoário.
b. peixe e baleia.
c. baleia e pássaro.
d. estrela-do-mar e ostra.
e. ostra e coral.



BillionPhotos/Shutterstock.com

2

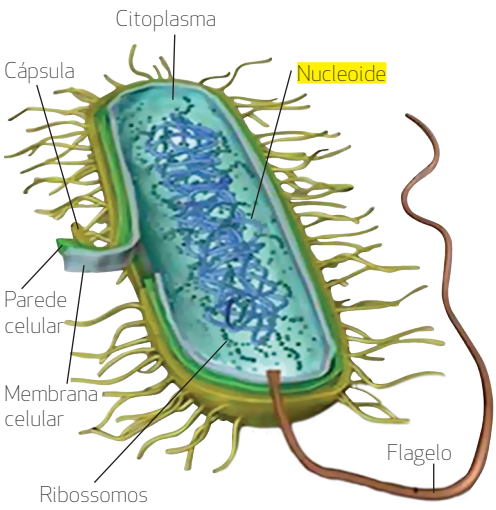
Seres procariontes

Os organismos procariontes são os seres vivos mais simples do ponto de vista estrutural. São assim chamados por apresentarem células procarióticas, ou protocélulas. A principal característica de uma protocélula é a ausência de **carioteca**, ou seja, da membrana que envolve o núcleo celular, separando-o do citoplasma. Essa estrutura está presente apenas nos seres eucariontes.

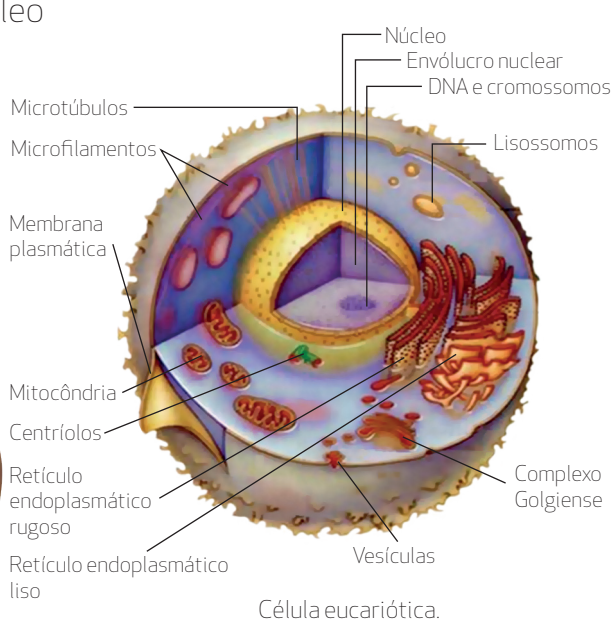
Os termos *procarionte* e *eucarionte* são de origem grega e possuem o seguinte significado:

pro = primeiro ou primitivo + ***káryon*** = núcleo

eu = verdadeiro + ***káryon*** = núcleo



Célula procariótica.



Célula eucariótica.

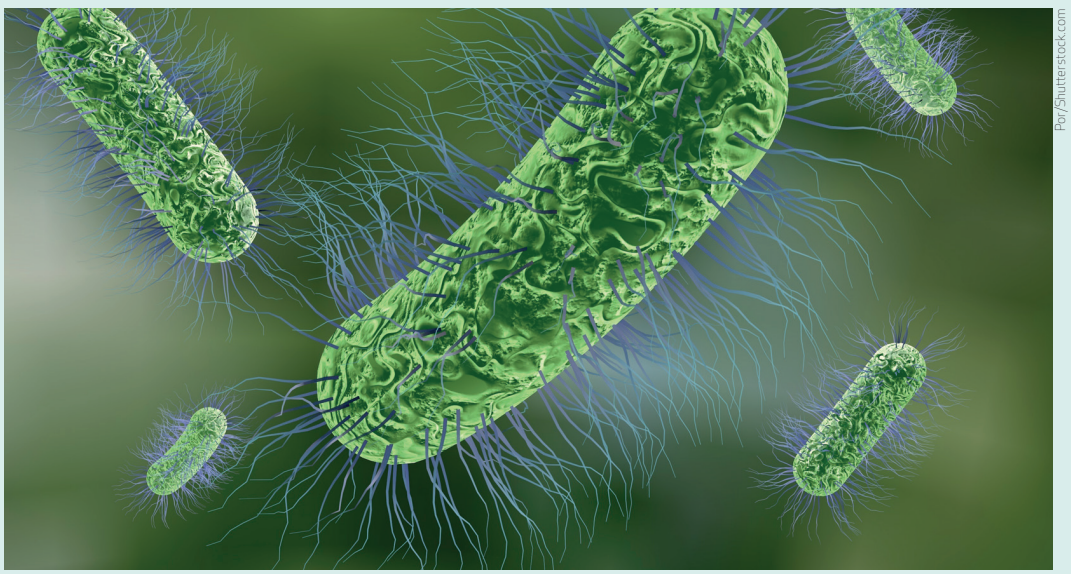
Fica a dica!

A carioteca é composta de uma dupla membrana originada do retículo endoplasmático granular, ou rugoso. Sua principal função é envolver e proteger o material genético.

Como podemos perceber analisando a imagem anterior, a célula procariótica é desprovida de mitocôndrias, complexo de Golgiense, retículo endoplasmático, entre outras organelas membranosas, e de **citoesqueleto** — estrutura responsável pelo movimento e pela forma da célula. Por essa razão, não ocorre o transporte de vesículas envolvidas na endocitose (entrada de substâncias) e na exocitose (saída de substâncias). Nas células procariontes, os metabólitos apenas se difundem pelo citoplasma.

Fica a dica!

A *Escherichia coli* (*E. coli*) é uma bactéria bacilar Gram-negativa, descoberta pelo alemão-austríaco Theodor Escherich em 1885. Constitui uma das mais antigas bactérias simbiontes dos seres humanos. Além de habitar o trato digestivo humano, essa bactéria também é encontrada no intestino e nas fezes de organismos **endotérmicos** (que são capazes de regular sua temperatura corporal) e répteis. Pela sua simplicidade estrutural e velocidade no processo de multiplicação, a *Escherichia coli* é a célula procarionte mais bem estudada.



Por/Shutterstock.com

Ilustração em 3D da *Escherichia coli*.

Estruturas presentes nas protocélulas:

• **Cápsula** — Estrutura mucosa, localizada no exterior da parede celular. É composta principalmente de polissacarídeos e está presente em apenas algumas protocélulas. Favorece a adesão às superfícies, evita a desidratação e proporciona proteção à célula.

• **Parede celular** — Estrutura localizada na parte externa da membrana celular. Proporciona rigidez à célula, determinando o seu formato. Tem a função de proteger e controlar as trocas de substâncias com o meio ambiente.

• **Membrana celular** — Camada lipoproteica que separa o conteúdo citoplasmático do meio externo. Tem a função de controlar as trocas de substâncias com o meio ambiente, permitindo a entrada de substâncias necessárias à célula, ao mesmo tempo em que permite a saída dos elementos de que ela não necessita, caracterizando sua função seletiva.

• **Ribossomos** — Únicas organelas presentes nas células procariontes. Consistem em organelas não membranosas que ficam dispersas no citoplasma. Os ribossomos são responsáveis pela síntese proteica da célula, ou seja, a produção de proteínas, um processo vital.

• **Nucleoide** — Região de forma irregular sem presença de envoltório membranoso, onde se localiza o material genético (DNA).

• **Plasmídeos** — Moléculas circulares em dupla hélice menores que o DNA, com capacidade de se reproduzir independentemente do DNA cromossômico. Armazenam pequena quantidade de material genético.

• **Citoplasma** — Espaço intracelular com função estrutural, mantém a consistência e a forma da célula. Armazena substâncias químicas indispensáveis à vida celular.

• **Flagelo** — Filamento proteico ligado à membrana e à parede celular, favorece a locomoção da célula.

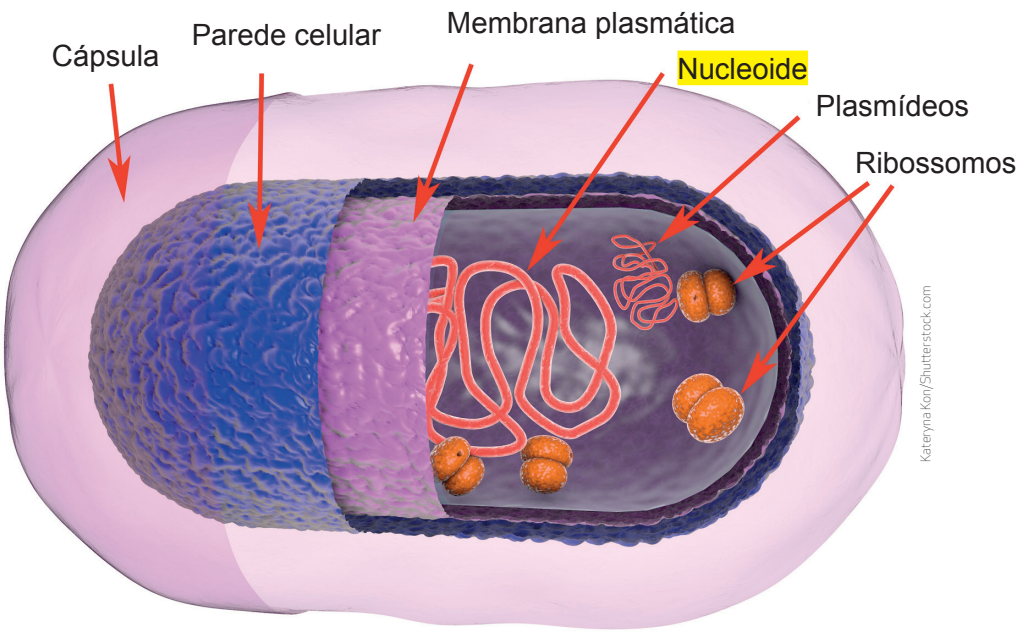
• **Cílios** — Estruturas semelhantes ao flagelo, porém em quantidade mais numerosa e estrutura curta, o que também favorece a locomoção celular.

Prática 2

Construindo um modelo de protocélula

Antes de começar...

Observe atentamente a imagem ilustrativa de uma célula procariótica, analisando minuciosamente cada uma de suas estruturas.



Vamos praticar?

Material necessário:

- Garrafa PET transparente.
- Papel crepom.
- Plástico transparente ou papel filme.
- Gel.
- Miçangas.

- Tesoura de ponta.
- Barbante.
- Massa de modelar.
- Fita durex.
- Palito de dente.

Como fazer:

1. Recorte horizontalmente a garrafa de modo que ela fique semelhante a um barco.
2. Cubra as partes interna e externa da garrafa com o papel crepom, representando a cápsula da protocélula.
3. Cubra a parte interna da garrafa com o plástico transparente para representar a membrana plasmática.
4. Coloque uma quantia generosa de gel na garrafa para figurar o citoplasma.
5. Espalhe miçangas no gel simbolizando os ribossomos.
6. Enrole a massa de modelar e coloque-a sobre o gel de modo a caracterizar o nucleoide.
7. Com a fita durex, fixe um pedaço de barbante na extremidade da tampa da garrafa para representar o flagelo.
8. Enrole pequenos pedaços de crepom e fixe-os nas laterais da garrafa para simbolizar os cílios.

Praticando com o Enem

1. Na embalagem de um antibiótico, encontra-se uma bula, que, entre outras informações, explica a ação do remédio do seguinte modo: o medicamento atua por inibição da síntese proteica bacteriana.
Essa afirmação permite concluir que o antibiótico:

a. impede a fotossíntese realizada pelas bactérias causadoras da doença e, assim, elas não se alimentam e morrem.
b. altera as informações genéticas das bactérias causadoras da doença, o que impede manutenção e reprodução desses organismos.
c. dissolve as membranas das bactérias responsáveis pela doença, o que dificulta o transporte de nutrientes e provoca a morte delas.
d. elimina os vírus causadores da doença, pois não conseguem obter as proteínas que seriam produzidas pelas bactérias que parasitam.
e. interrompe a produção de proteína das bactérias causadoras da doença, o que impede sua multiplicação pelo bloqueio de funções vitais.

Pratique mais

1. Analise as alternativas a seguir e marque aquela que indica uma estrutura presente em células eucarióticas e procarióticas.

a. Retículo endoplasmático rugoso.
b. Mitocôndrias.
c. Peroxissomo.
d. Complexo golgiense.
e. Membrana plasmática, ou membrana celular.

2. A presença de núcleo bem definido caracteriza uma célula eucarionte, diferenciando-a de uma célula procarionte. Entre as alternativas a seguir, marque aquela que indica o nome **correto** da membrana que separa o material genético do citoplasma.

a. Carioteca.
b. Membrana plasmática.
c. Parede celular.
d. Tonoplasto.
e. Plasmalema.

3. Ao analisarmos uma célula eucariótica e compará-la com uma célula procariótica, percebemos que as organelas existentes não são as mesmas nos dois tipos celulares. Isso ocorre porque nas células eucarióticas:

a. não existem organelas membranosas.
b. o número de organelas membranosas é inferior ao número de organelas presente nas células procarióticas.
c. existem organelas membranosas, ao contrário das células procarióticas.
d. não encontramos ribossomos.
e. encontramos apenas ribossomos.

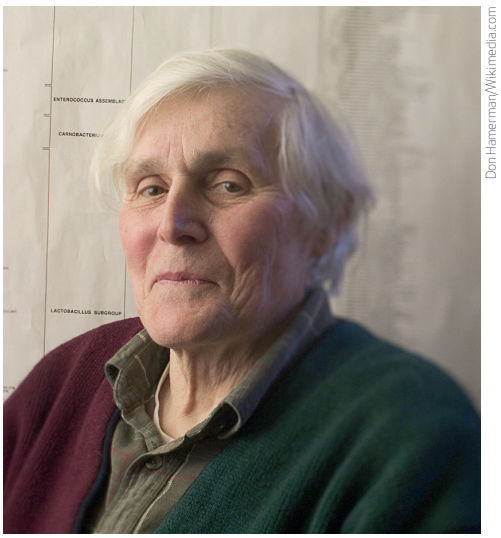
Kateryna Kon/Shutterstock.com

3

O sistema dos três domínios

Como vimos até aqui, os cientistas classificaram os seres vivos em cinco reinos (*Animalia*, *Plantae*, Protista, Monera e *Fungi*), que normalmente eram agrupados em duas categorias ou "super-reinos": **procarionte**, com ausência de carioteca, e **eucarionte**, com presença de carioteca delimitando o núcleo das células. Mas, com o avanço nos estudos da Biologia Molecular, a classificação em dois domínios foi alterada.

Anteriormente, o "super-reino" dos eucariontes agrupava os reinos *Animalia*, *Plantae*, Protista e *Fungi*, enquanto o Reino Monera era tradicionalmente classificado como procarionte. No entanto, desde as pesquisas do microbiologista norte-americano Carl Richard Woese (1928–2012), na década de 1970, essa classificação tem sido contestada, e mais recentemente a tendência é classificar os procariontes em dois grupos distintos: *Archaea* (arqueobactérias) e *Bacteria* ou *Eubacteria* (bactérias verdadeiras). Em 1977, Woese, em seus estudos com RNA ribossômico, estabeleceu um sistema filogenético para a classificação dos procariontes, provando que toda vida no planeta Terra estava relacionada entre si. As suas pesquisas mostraram que, em



Don Hamerman/Wikimedia.com

Além de cientista, Carl Richard Woese era matemático, físico e se formou em Medicina na Universidade de Rochester.

termos evolutivos, as *Archaeas* estão mais intimamente ligadas ao grupo dos eucariontes do que ao das bactérias verdadeiras. Essa relação levou o microbiologista a propor uma nova organização da árvore da vida em três domínios distintos:

Archaea – Arqueobactérias.
Bacteria – Bactérias verdadeiras.
Eukarya – Seres eucariontes.

No início, a comunidade científica resistiu à teoria de Woese e, só em 1990, quando a sequenciação dos genomas aprofundou o conhecimento desse novo grupo, é que as conclusões de Woese passaram a ser aceitas pelos cientistas mais críticos.

Fica a dica!

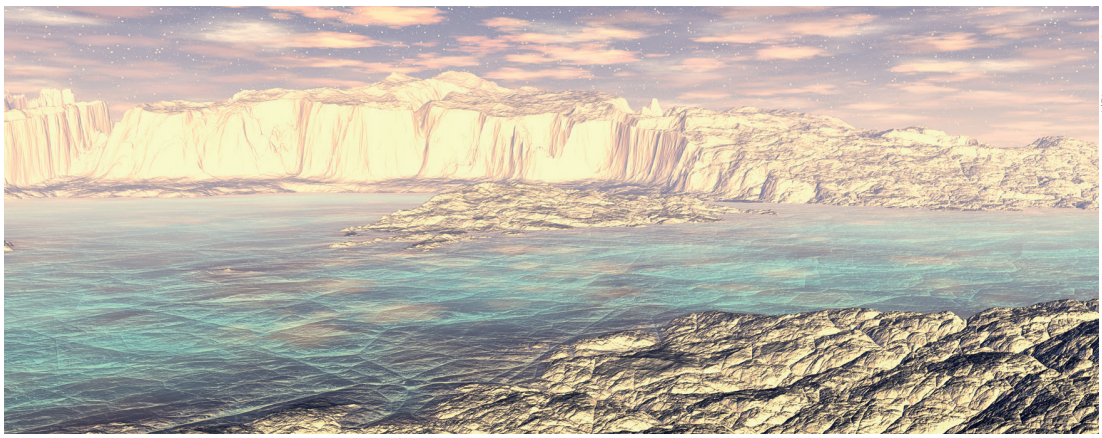
O microbiologista e biofísico Carl Richard Woese recebeu a Medalha Nacional da Ciência dos Estados Unidos, em 2000, e o Prêmio Crafoord das Biociências, em 2003, entregue pela academia sueca.

O Domínio *Archaea* é formado por seres procariontes e **quimiotróficos**, aqueles que não dependem do Sol para obtenção de energia, pois utilizam compostos químicos num processo chamado quimiossíntese. A maior parte dos representantes desse grupo é extremófila, isto é, vive em condições extremas, que normalmente não são suportáveis para outros organismos. O fato de resistir às condições extremas leva alguns pesquisadores a acreditarem que os representantes do Domínio *Archaea* são os responsáveis por determinar os limites de tolerância dos seres vivos às condições ambientais e, consequentemente, são de suma importância para o conhecimento sobre a origem da vida.

Inicialmente as arqueas (do grego "velho", "antigo", "primitivo") foram classificadas como bactérias por possuírem o mesmo formato, compartilharem alguns genes e funcionarem de forma similar em diversos aspectos. Mas o grupo de seres do Domínio *Archaea* também compartilha genes com os eucariontes, assim como também possuem vários genes exclusivos.

A Terra primitiva possuía elevada temperatura, com diversos vulcões em intensa atividade e uma atmosfera composta predominantemente de dióxido de carbono, nitrogênio, metano, amônia e água. As arqueas e algumas bactérias surgiram e evoluíram nessas condições e hoje são capazes de viver em condições

adversas semelhantes, a exemplo das arqueobactérias **termófilas**, que sobrevivem em temperaturas que atingem até 110 °C, diferentemente dos eucariontes, que não conseguem suportar temperaturas acima dos 60 °C. Porém, nem todos os representantes do Domínio *Archaea* são seres extremófilos. Muitos habitam ambientes com temperaturas e condições mais comuns.



ppj/Shutterstock.com

As arqueas conseguiram se desenvolver nas condições inóspitas da Terra primitiva.

Existem outros tipos de arqueobactéria extremófila: as **halófilas**, que vivem em ambientes aquáticos com elevada concentração de sal; as **acidófilas**, que vivem em níveis de pH extremamente baixos, ou seja, em ambientes altamente ácidos, contrastando com as **alcalinófilas**, que suportam elevados níveis de alcalinidade.

Fica a dica!

Alguns cientistas acreditam que as arqueas termófilas podem ter sido as únicas sobreviventes dos bombardeamentos catastróficos de asteroides e cometas que ocorreram no início da história da Terra. Essa catástrofe provavelmente matou todas as outras formas de vida, incluindo o ancestral universal do qual as arqueas e as bactérias evoluíram.

O Domínio *Bacteria* é constituído por um vasto grupo de organismos unicelulares procariontes, anteriormente denominados como **eubactérias**. Nesse domínio, encontramos bactérias patogênicas ao homem, bactérias que habitam nas águas, nos solos e em ambientes em geral. Entre elas, temos as cianobactérias, que são bactérias fotossintetizantes; bactérias quimiossintetizantes, como a *Escherichia coli*; e bactérias que usam apenas os substratos inorgânicos para seu desenvolvimento.

Já no Domínio *Eukarya*, ou Eucária, estão inseridos todos os seres eucariontes, ou seja, que possuem carioteca isolando o material genético. Inclui os protozoários, as algas, os fungos, os animais e os vegetais.

Os três domínios possuem uma forte ligação primária, afinal a transferência de genes bacterianos foi vital no processo de evolução dos seres arqueanos e eucariontes. Na verdade, acredita-se que essa transferência foi responsável pelo desenvolvimento da primeira célula eucariótica. Por meio do processo de fotossíntese de algas azuis e verdes, o oxigênio passou a se acumular na atmosfera e a vida na Terra precisou se adaptar rapidamente. A concentração de oxigênio na atmosfera favoreceu o surgimento das bactérias aeróbicas, que evoluíram para se tornar as protomitocôndrias no processo de endossimbiose, associação íntima em que um dos organismos vive dentro do corpo do outro sem causar danos. Os representantes dos domínios *Archaea* e *Eukarya* dos dias atuais parecem depender de alguma mediação das bactérias em seus metabolismos.

No quadro abaixo, podemos acompanhar as mudanças nos sistemas de classificação dos seres vivos:

	Reinos
Aristóteles (IV a.C.)	*Plantae* – *Animalia*
Carl Von Linné (1735)	*Plantae* – *Animalia*
Haeckel (1866)	Protista – *Plantae* – *Animalia*
Copeland (1956)	Monera – Protista – *Plantae* – *Animalia*
Whittaker (1969)	Monera – Protista – *Fungi* – *Plantae* – *Animalia*
Woese (1977)	Eubactéria – Arqueobactéria – Protista – *Fungi* – *Plantae* – *Animalia*

De acordo com Carl Woese, o conceito dos três domínios alterou radicalmente a forma como os cientistas percebem a vida na Terra. Para ele, o conceito destacou as características compartilhadas, assim como as diferenças entre os três grupos.

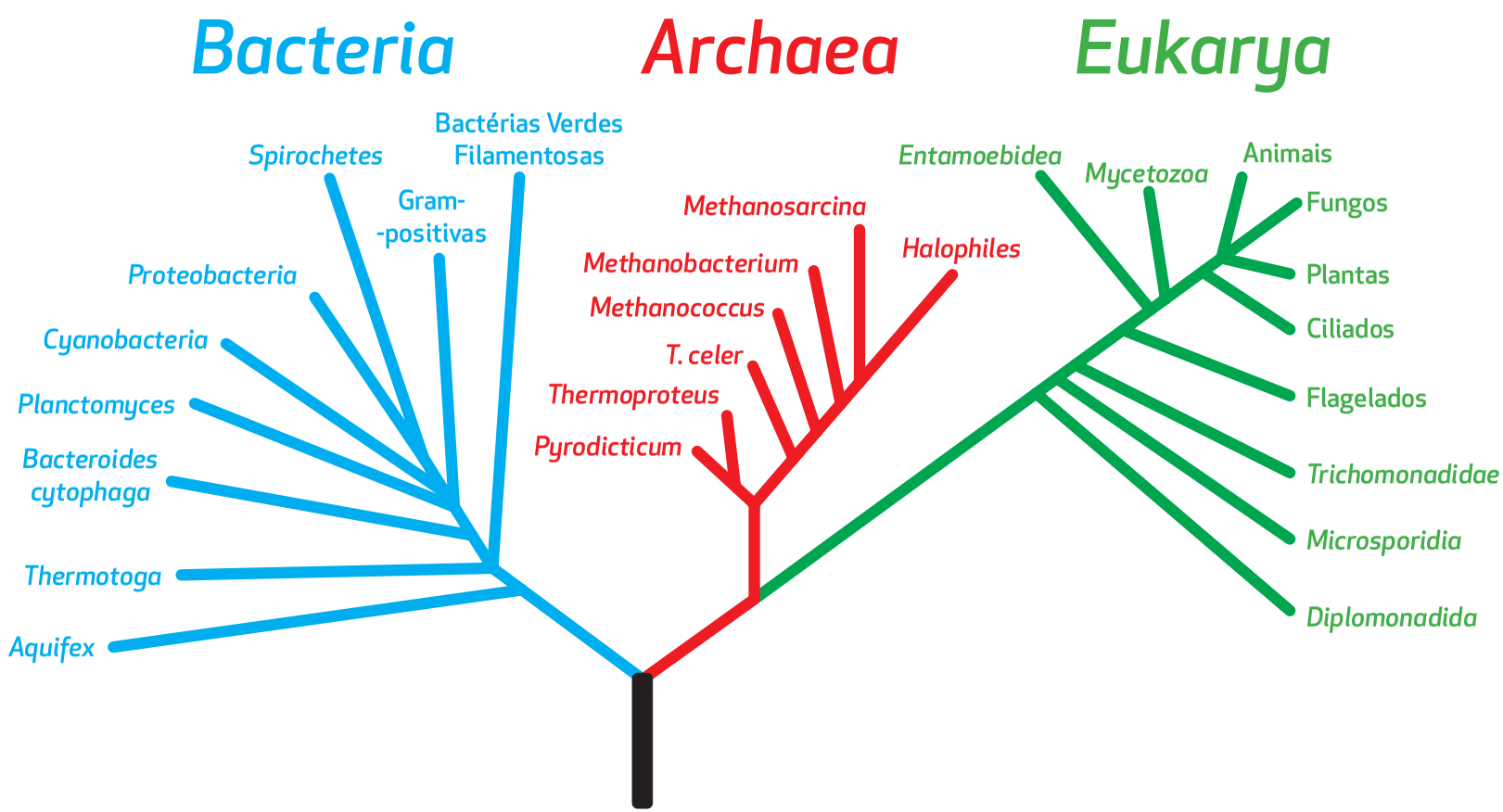
Característica	Domínio *Archaea*	Domínio *Bacteria*	Domínio *Eukarya*
Carioteca	Ausente	Ausente	Presente
Parede celular	Pseudopeptidoglicano, glicoproteínas e outros	Peptidoglicano	Plantas – Celulose Fungos – Quitina Animais – Ausente
Número de cromossomos	01	01	Mais de 01
Mureína na parede celular	Ausente	Presente	Ausente
Mitocôndrias	Ausente	Ausente	Presente
Cloroplastos	Ausente	Ausente	Presente

Fica a dica!

Mureína (peptidoglicano) é a estrutura que confere rigidez à parede celular das bactérias, determinando sua forma e protegendo-as da lise (quebra) osmótica quando em meio hipotônico, ou seja, ruptura da célula, uma vez que a osmose promove a transferência de solvente de meio menos concentrado para o mais concentrado.

Como podemos perceber, a linha de evolução de cada espécie, assim como suas características semelhantes, é o que permite a classificação em determinado Reino e, por conseguinte, domínio, sendo possível a representação da árvore filogenética da vida. É importante ressaltar que a linha de evolução está intimamente ligada ao processo de seleção natural.

Árvore filogenética da vida



Fica a dica!

A raiz da árvore filogenética da vida ou o ancestral comum aos três domínios é conhecido como **Luca**, sigla de ***L**ast **U**niversal **C**ellular **A**ncestor*.

Prática 3

Seleção natural dos tentilhões das Ilhas Galápagos

Antes de começar...

1. Como você pôde perceber em nossos estudos, as espécies seguem uma linha de evolução e há uma maneira de analisar uma possível ancestralidade comum entre elas: por meio de um cladograma. Para nossa atividade prática, é importante você ter o conhecimento desse termo e de outros relacionados, portanto realize uma pesquisa e defina:

a. Cladograma:

b. Seleção natural:

2. Pesquise, em livros ou na Internet, e responda: qual a relação entre Darwin e os tentilhões das Ilhas Galápagos?

Vamos praticar?

Esta prática procura demonstrar o que aconteceu para que um tipo de bico predominasse em cada uma das Ilhas Galápagos.

Material necessário (por equipe):

- 04 pratos descartáveis.
- 32 copos descartáveis ou recipientes similares.
- Cronômetro.
- 04 etiquetas.

Para representar os alimentos:

- Sementes de girassol.
- Uvas-passas.
- Elásticos atílio (liga para prender dinheiro).
- Clipes de papel.

Para representar os bicos dos tentilhões:

- Pinça.
- Grampo de cabelo.
- Prendedor de roupa.
- Palito de dente.

Como fazer:

1. Forme uma equipe com cinco integrantes.
2. Discuta com a sua equipe e formule uma hipótese para a seguinte pergunta:

Todos os tentilhões em cada uma das Ilhas Galápagos apresentaram um só tipo de bico?

3. Separe os pratos e coloque as etiquetas marcando os números 1, 2, 3 e 4 para representar as ilhas.
4. Em cada prato (ilha), coloque um tipo de alimento (semente de girassol, uva-passa, elástico e clipe).
5. Dos cinco integrantes, um ficará com o cronômetro e os outros ficarão cada um com um tipo de ferramenta para representar os bicos dos tentilhões.
6. Cada integrante, tendo em mãos um tipo de ferramenta (bico), posiciona-se em frente a um prato (ilha) com um tipo de alimento, tendo ao lado um copo descartável que representará o estômago do pássaro.
7. Será cronometrado o tempo de dez segundos para que cada integrante tente pegar o máximo de comida possível usando exclusivamente a sua ferramenta (pinça, grampo de cabelo, prendedor de roupa ou palito de dente).
8. Após observar os resultados, cada integrante deverá se posicionar na frente do outro prato (ilha).
9. Caso seja necessário, abasteça os pratos com mais alimentos.
10. Repita o item 7, lembrando de trocar o copo ou recipiente similar por um vazio, até que cada integrante tenha passado pelas quatro "ilhas".
11. No final, comparem os resultados observando cada um dos copos (quatro copos por ferramenta) e discuta qual tipo de tentilhões, de acordo com o bico (ferramenta), estaria mais bem-adaptado para sobreviver em determinada ilha e, assim, deixar descendentes.
12. Construa uma tabela com os resultados da atividade prática e socialize com o restante da turma discutindo o processo de seleção natural que ocorreu em cada ilha.

V.Belov/Shutterstock.com

Pertencentes ao Equador e localizadas a quase mil quilômetros de sua costa, no Oceano Pacífico, as Ilhas Galápagos, desde a visita de Charles Darwin, são consideradas o principal laboratório biológico do mundo.

Praticando com o Enem

1. O uso prolongado de lentes de contato, sobretudo durante a noite, aliado a condições precárias de higiene, representa um fator de risco para o aparecimento de uma infecção denominada **ceratite microbiana**, que causa ulceração inflamatória na córnea. Para interromper o processo da doença, é necessário tratamento antibiótico. De modo geral, os fatores de risco provocam a diminuição da oxigenação corneana e determinam mudanças no seu metabolismo, de um estado aeróbico para anaeróbico. Como decorrência, observa-se a diminuição no número e na velocidade de mitoses do epitélio, o que predispõe ao aparecimento de defeitos epiteliais e à invasão bacteriana.

CRESTA, F. Lente de contato e infecção ocular. *Revista Sinopse de Oftalmologia*. São Paulo: Moreira Jr., v.04, n.04, 2002. Adaptado.

A instalação das bactérias e o avanço do processo infeccioso na córnea estão relacionados a algumas características gerais desses micro-organismos, tais como:

a. a grande capacidade de adaptação, considerando as constantes mudanças no ambiente em que se reproduzem e o processo aeróbico como a melhor opção desses micro-organismos para a obtenção de energia.
b. a grande capacidade de sofrer mutações, aumentando a probabilidade do aparecimento de formas resistentes, e o processo anaeróbico da fermentação como a principal via de obtenção de energia.
c. a diversidade morfológica entre as bactérias, aumentando a variedade de tipos de agentes infecciosos, e a nutrição heterotrófica, como forma de esses micro-organismos obterem matéria-prima e energia.
d. o alto poder de reprodução, aumentando a variabilidade genética dos milhares de indivíduos, e a nutrição heterotrófica, como única forma de obtenção de matéria-prima e energia desses micro-organismos.
e. o alto poder de reprodução, originando milhares de descendentes geneticamente idênticos entre si e a diversidade metabólica, considerando processos aeróbicos e anaeróbicos para a obtenção de energia.

Pratique mais

1. Atualmente, costuma-se agrupar os seres vivos em três domínios. De acordo com essa classificação, os organismos procariontes estão agrupados:

a. exclusivamente no Domínio *Archaea*.
b. exclusivamente no Domínio *Bacteria*.
c. exclusivamente no Domínio *Eukarya*.
d. nos domínios *Archaea* e *Bacteria*.
e. nos domínios *Bacteria* e *Eukarya*.

2. Os organismos procariontes extremófilos foram classificados em qual dos domínios existentes?

a. Bacteria.
b. *Prokarya*.
c. *Archaea*.
d. *Eukarya*.
e. *Animalia*.

3. A reorganização taxonômica dos seres vivos baseada em aspectos evolutivos e filogenéticos, proposta por Karl Woese, em 1978, demonstrou a existência de três linhagens celulares conhecidas como **domínios**. Sobre esse assunto, é **correto** afirmar que:

a. os domínios são categorias taxonômicas acima de reino.
b. o Domínio *Archea* inclui bactérias que podem causar doenças ao homem.
c. o Domínio *Eukarya* inclui fungos, algas azuis, protistas e vegetais.
d. o Domínio *Eubacteria* inclui organismos encontrados em ambientes ácidos ou hipersalinos.
e. a existência dos domínios não alterou o sistema de classificação dos cinco reinos proposta por Robert Wittaker, em 1969.

xrender/Shutterstock.com

4

Arqueas

A forma de vida mais primitiva na Terra pode ter aparecido a elevadas temperaturas, uma média de 75 °C. Ambientes que apresentam tais condições abrigam seres denominados **termófilos** (do grego *thermê* = calor *e philein* = amar, ou simplesmente "amantes do calor"). Como resultado de suas pesquisas, Woese anunciou em 1977 a descoberta de uma excêntrica forma de vida entre os termófilos, que ele denominou *Archaea* (arquea) ou *Archaebacteria* (arqueobactéria), os primitivos representantes de um grupo restrito de seres procariontes que, por suas características filogenéticas peculiares, diferenciam-se das eubactérias.

Por viverem em ambientes de condições extremas, as arqueas são consideradas seres extremófilos com grande capacidade de adaptação de seu metabolismo e maquinaria molecular para garantir sua sobrevivência. Por exemplo, os organismos **acidófilos**, que, para sobreviver em ambientes de grande acidez, possuem a capacidade de produzir membranas celulares formadas de lipídios feitos de éteres no lugar dos ésteres de glicerol, encontrados nos seres **mesófilos** (que vivem em condições moderadas). Tal adaptação preserva a membrana celular desses seres mesmo em condições extremas de acidez, enquanto que, nos organismos mesófilos ocorre a degradação das membranas celulares, quando em meio ácido, por meio da **hidrólise** (*hidro* = água / *lise* = quebra).

O grupo *Archaea* é bastante diversificado, inclui organismos aeróbios (respiram na presença de oxigênio), anaeróbios (respiram na ausência de oxigênio/fermentação), autótrofos, heterótrofos, termófilos, halófilos, acidófilos, fotossintetizantes, etc. Os pontos mais distintos entre as arqueobactérias e

as eubactérias são: paredes celulares, síntese proteica, fosfolipídeos de membrana e fatores genéticos. Todas as bactérias, salvo raras exceções, possuem parede celular formada de peptideoglicanos, enquanto os seres eucariontes não possuem parede celular, ou possuem, porém composta de quitina, no caso dos fungos, ou de celulose, no caso das plantas. Já no caso das arqueas, pode existir uma diversidade de paredes celulares, entretanto nenhuma é constituída de peptideoglicanos. Em relação à síntese proteica, as arqueas assemelham-se bem mais aos seres eucariotos do que às eubactérias.

No início, acreditava-se que todas as arqueas fossem seres encontrados exclusivamente em ambientes de condições extremas, como aqueles que apresentam elevada taxa de salinidade, alto grau de temperatura ou pH. Há pouco tempo, porém, houve uma alteração nesse ponto, pois foram encontradas diversas eubactérias e seres eucariontes que também sobrevivem em ambientes extremos, ao mesmo tempo que se descobriu uma boa parte das arqueas vivendo também em ambientes normais, como o aparelho digestório de alguns animais, a exemplo das chamadas **arqueas mesofílicas**.

Fica a dica!

As pesquisas mais recentes afirmam que as arqueas são os únicos organismos a apresentar o fenótipo **hipertermofílico**, o que permite suportar temperaturas acima de 95 °C. Outro aspecto exclusivo desse domínio da vida consiste no metabolismo **metanogênico**, ou seja, são os únicos seres capazes de produzir metano como resíduo do seu metabolismo.

Wing-Chi Poon/Wikimedia.com

As arqueas conseguem sobreviver em condições nas quais a maioria dos seres vivos não conseguiria.

Em relação à morfologia, há bastante semelhança entre as arqueobactérias e eubactérias. Sendo assim, a descoberta desse novo grupo só foi possível graças aos avanços da **Biologia Molecular**, ramo da Biologia que estuda as interações entre os diversos sistemas celulares fundamentado em aprofundamento genético e bioquímico.

Ainda que alguns caracteres fisiológicos permitam diferenciar os grupos *Archaea*, *Bacteria* e o dos eucariotos, a distinção entre eles só pode ser feita, seguramente, por meio do sequenciamento de DNA. Dessa maneira, a definição de uma arqueobactéria deve conservar-se pela sua história evolutiva (filogenética), e não pelo seu aspecto fisiológico (fenótipo).

Classificação das arqueas

- **Metanogênicas**, ou **metanógenas** — As arqueobactérias desse grupo são caracterizadas pelo metabolismo anaeróbio e por liberarem gás metano (CH_4) como resíduo metabólico, fato que não é observado em qualquer outro grupo de seres vivos. Habitam locais com ausência de oxigênio e com vasta quantidade de matéria orgânica, como lagos, sedimentos marinhos, brejos e rúmen de bovinos, retirando hidrogênio e gás carbônico desses ambientes e utilizando-os em seu metabolismo.

Fica a dica!

As arqueas metanogênicas (organismos capazes de produzir metano) vivem em simbiose com uma variedade de protozoários, agindo ativamente em conjunto para proveito mútuo. No intestino dos animais ruminantes, esses micro-organismos ajudam na digestão do alimento vegetal e na produção de gás metano. As arqueas e os protozoários ciliados são responsáveis por aproximadamente 15% das emissões de metano na atmosfera, o que caracteriza um grave problema ambiental.

janecat/Shutterstock.com

Os gases expelidos por meio da digestão dos ruminantes, principalmente o gado, criado para abate em grandes áreas, são um dos vilões do efeito estufa.

• **Termófilas**, ou **termoacidófilas** — Grupo de arqueobactérias que suportam elevadas temperaturas e acidez muito baixa. São **quimiossintetizantes**, ou seja, utilizam compostos inorgânicos para sintetizar matéria orgânica e, assim, obter energia. Habitam fendas vulcânicas. Podem ser divididas em dois subgrupos: sulfobactérias e termoplasmas. As **sulfobactérias** se desenvolvem em temperatura que varia entre 65 °C a 80 °C. Possuem parede celular formada principalmente por lipoproteína e carboidratos e, por essa peculiaridade, em seu habitat, realizam respiração quimioautotrófica. Já as **termoplasmas** são caracterizadas pela ausência de parede celular. A membrana citoplasmática é formada por lipopolissacarídeo de glicoproteína, que proporciona uma rigidez substancial. Possuem melhor crescimento em temperaturas entre 55 °C a 65 °C e pH 2. São encontradas nos restos de carvão incandescente.

• **Halófilas** — Vivem em locais com elevada concentração de sal, cerca de 20% de cloreto de sódio (NaCl), por exemplo, a salinidade do Mar Morto. A estrutura bioquímica desses seres não só suporta uma quantidade excessiva de salinidade, como faz dessa condição um fator primordial para o perfeito funcionamento do seu metabolismo celular. Algumas arqueobactérias extremamente halófilas possuem pigmentos vermelhos na sua membrana, que funcionam como uma proteção natural à elevada luminosidade dos locais em que vivem.

irisphoto1/Shutterstock.com

A grande quantidade de sal presente no Mar Morto (acima) é uma das condições para o desenvolvimento celular das halófilas.

Prática 4

Arqueas: importância e relação evolutiva

Antes de começar...

1. O que são organismos metanogênicos?

2. Onde podem ser encontradas as arqueas metanogênicas?

3. Morfologicamente, quais as formas das arqueas metanogênicas?

Vamos praticar?

Material necessário:

- 02 cartolinas.
- Régua.
- Canetas coloridas.
- Árvore filogenética (ver na página 25).
- Texto a seguir: *Arqueobactérias metanogênicas: sem elas, estaríamos aqui hoje?*.

Arqueobactérias metanogênicas: sem elas, estaríamos aqui hoje?

Lembram-se das arqueobactérias (Domínio *Archaea*), que compõem um dos três domínios dos seres vivos? Então, prepare-se para o que você vai ler: pesquisadores de Harvard realizaram um estudo que mostra que, sem elas, provavelmente não estaríamos aqui neste momento.

Cerca de metade dos organismos desse grupo é metanogênica, isto é, possui habilidade de produzir grandes quantidades de gás metano. Acredita-se que estes organismos anaeróbicos reinaram supremamente durante os primeiros 2 bilhões de anos da história da Terra, e o efeito estufa que produziram teve consequências profundas sobre o clima do Planeta.

Simulações em computador revelaram que o gás metano pode ter durado até 10 mil anos num mundo sem oxigênio.

O papel principal do metano na atmosfera terrestre pode ter começado praticamente junto com o aparecimento da vida, há 3,5 bilhões de anos. Esse gás, juntamente com outro gás, o dióxido de carbono (CO_2) dos vulcões, teria aquecido a superfície do Planeta, aprisionando o calor da Terra e permitindo, ao mesmo tempo, a passagem da luz solar. Uma estufa úmida é o ambiente preferido de muitos organismos metanogênicos. Isso significa que, quanto mais quente o mundo, mais metano eles teriam produzido, suposição esta que teria como consequência o aumento da temperatura global do Planeta. Em seu auge, esses micro-organismos teriam gerado metano suficiente para deter um congelamento mundial. Naquela época, o Sol era consideravelmente menos brilhante do que hoje, de modo que o efeito estufa, provocado pelo metano, poderia ter sido exatamente o que o Planeta necessitava para se manter aquecido.

Entretanto, um leitor atento como você deve ter percebido um problema em tal suposição: a produção de gás metano não poderia aumentar indefinidamente, pois do contrário não estaríamos aqui redigindo este informativo e você, lendo-o, certo? Certo. Os cientistas de Harvard, então, trataram de propor uma solução. Um clima mais quente poderia ter intensificado o ciclo da água e aumentado a erosão de rochas nos continentes, o que teria levado a uma retirada progressiva de dióxido de carbono da atmosfera. Caindo as concentrações de CO_2 e aumentando as do metano, chegaria um ponto em que os dois gases se equivaleriam, em aproximação. Nessas condições, acredita-se que o metano

teria mudado seu comportamento dramaticamente, evitando, assim, que a Terra pudesse tornar-se em um planeta inabitável para a maioria dos seres vivos. Essa mudança envolveria a união do metano com hidrocarbonetos complexos, que se condensavam para formar névoas de poeira. Uma dessas névoas em altitudes elevadas teria reduzido o efeito estufa ao absorver a faixa visível da luz solar e irradiá-la de volta para o espaço. Com uma temperatura mais baixa, boa parte das bactérias metanogênicas não conseguiria sobreviver.

E como explicar as grandes eras glaciais de mais de 1 bilhão de anos atrás? É provável que as arqueobactérias metanogênicas tenham reinado soberanas por longos anos, mas, à medida que a concentração de oxigênio foi tornando-se progressivamente maior, com o surgimento de organismos autotróficos, esses micro-organismos passaram a ter problemas para sobreviver. Com isso, a concentração do metano teria caído drasticamente e o Planeta teria sido inteiramente congelado. Entretanto, a taxa pela qual o metano escapava dos mares para a atmosfera, naquela época, poderia ter sido até dez vezes superior à atual, e a concentração do metano na atmosfera poderia ter sido de até 100 ppm (parte por milhão). Isso explicaria, enfim, o fato da Terra não ter entrado em uma era glacial permanente.

Pedro Eisenlohr

Fontes: *Scientific American Brasil*, setembro/2004, p. 38-45 e Pelczar, M. *Microbiologia*: Conceitos e Aplicações, v. 1, 1997. Disponível em: http://arquivo.ufv.br/petbio/Informativos/outubro2004/Arqueobacteriasmetanogenicas.htm. Adaptado.

Johann Helgason/Shutterstock.com

Graças ao desenvolvimento de seres autótrofos, à queda da concentração do metano e ao aumento da concentração de oxigênio na atmosfera, a Terra não vive uma era glacial permanente.

Como fazer:

1. Forme um grupo com mais três colegas.
2. Com o seu grupo, analise a árvore filogenética da vida e suas relações evolutivas (você encontrará a imagem na página 25).
3. Na cartolina, represente a árvore filogenética em tamanho ampliado.
4. Use as canetas coloridas para diferenciar os três domínios.
5. Verifique que *Bacteria*, *Archaea* e *Eukarya* partem de um ancestral comum.
6. Leia e discuta com seu grupo sobre o texto *Arqueobactérias metanogênicas: sem elas, estaríamos aqui hoje?*.
7. Relembre as condições da Terra primitiva.
8. Na outra cartolina, registre a importância desses organismos para a existência dos seres vivos.
9. Apresente suas conclusões para a sala.

Fica a dica!

Observa-se que as arqueas não deram origem às bactérias atuais, mas derivaram de um mesmo ancestral. Por isso o termo *arqueobactérias* foi usado de forma indevida, visto que significa "bactéria primitiva". A principal diferença entre arqueas e eubactérias é que, na comparação com os genes dos eucariotos, os das arqueas se assemelham mais aos do grupo dos seres eucariontes.

Praticando com o Enem

1. A descoberta dos organismos extremófilos foi uma surpresa para os pesquisadores. Alguns desses organismos, chamados de *acidófilos*, são capazes de sobreviver em ambientes extremamente ácidos. Uma característica desses organismos é a capacidade de produzir membranas celulares compostas de lipídeos feitos de éteres em vez dos ésteres de glicerol, comuns nos outros seres vivos (mesófilos), o que preserva a membrana celular desses organismos mesmo em condições extremas de acidez. A degradação das membranas celulares de organismos não extremófilos em meio ácido é classificada como:

a. hidrólise.
b. eterificação.
c. condensação.
d. saponificação.
e. catálise.

Pratique mais

1. Marque a alternativa que indica uma estrutura ausente em todas as arqueobactérias.

a. Flagelos.
b. Membrana plasmática.
c. Parede celular.
d. Citoplasma.
e. Carioteca.

2. A seguir, estão listadas características de três diferentes grupos de arqueobactérias, ou arqueas: termófilas extremas (ou termoacidófilas), halófilas extremas e metanogênicas.

I. São anaeróbicas estritas e importantes decompositoras de matéria orgânica, sendo comuns em áreas pantanosas desprovidas de oxigênio.

II. São encontradas em estações de tratamento de lixo e no aparelho digestório de cupins e herbívoros.

III. Ocorrem em lagoas rasas de evaporação, formadas por água do mar, nas quais se obtém o sal de cozinha.

IV. Obtêm energia da oxidação do enxofre, sendo quimiossintetizantes, e ocorrem em fontes termais ou fendas vulcânicas, localizadas nas profundezas oceânicas.

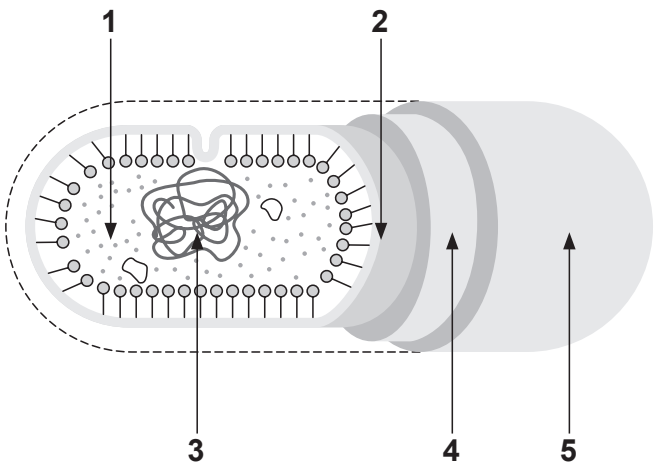
A correspondência entre as características descritas e os três grupos de arqueobactérias está **corretamente** apresentada em:

	Termófilas extremas	Halófilas extremas	Metanogênicas
a.	IV.	II.	I e III.
b.	I e II.	III.	IV.
c.	IV.	III.	I e II.
d.	IV.	II e III.	I.
e.	II e III.	IV.	I.

3. (PUC - RJ) Durante um exame de uma criança enferma, o médico explica aos pais que o paciente tem uma doença causada por um organismo, unicelular, procarionte e que pode ser combatido com uso de medicamento conhecido genericamente como um antibiótico. O médico descreveu um organismo classificado como:

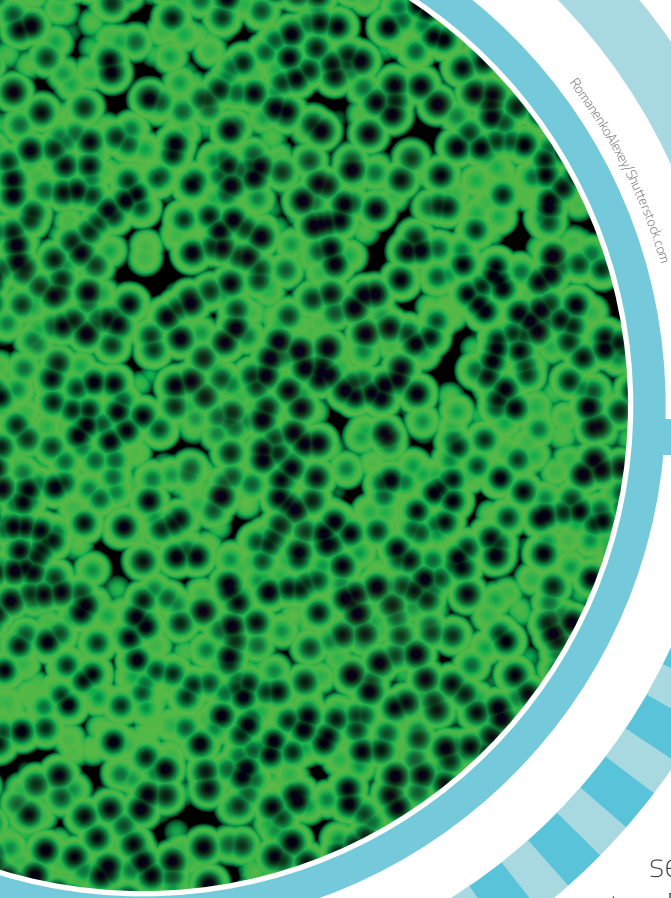
a. *fungi*.
b. animal.
c. protista.
d. vírus.
e. monera.

4. (UFPE – Adaptada) A figura abaixo representa esquematicamente uma bactéria. Sabendo-se que as enzimas relacionadas com a respiração nesses organismos estão ligadas à face interna de uma determinada estrutura, use como base seus conhecimentos prévios e assinale **corretamente** a alternativa que indica o nome das estruturas de acordo com as setas destacadas.



I. Citoplasma.
II. Membrana plasmática.
III. Núcleo.
IV. Parede celular.
V. Cápsula.

a. 1-V, 2-III, 3-VI, 4-I, 5-II.
b. 1-III, 2-II, 3-V, 4-IV, 5-I.
c. 1-I, 2-II, 3-III, 4-IV, 5-V.
d. 1-II, 2-I, 3-V, 4-III, 5-IV.
e. 1-IV, 2-V, 3-III, 4-I, 5-II.



RomanenkoAlexey/Shutterstock.com

5

Cianobactérias

As **cianobactérias** são micro-organismos que possuem características celulares procariontes, ou seja, sem membrana nuclear, porém possuem um sistema fotossintetizante semelhante ao das algas, que são seres eucariontes. De maneira simples, podemos dizer que as cianobactérias são bactérias fotossintetizantes, o que significa que seus processos vitais necessitam apenas de água, dióxido de carbono, substâncias inorgânicas e luz.

Por muito tempo, as cianobactérias foram classificadas como algas unicelulares. Mais tarde, os estudos demonstraram que elas possuem características de bactérias, sendo assim, agrupadas no Reino Monera. Possivelmente foram as cianobactérias as responsáveis pelo acúmulo de O_2 na atmosfera primitiva, o que permitiu o surgimento da camada de ozônio, favorecendo a evolução de organismos mais sensíveis à radiação UV.

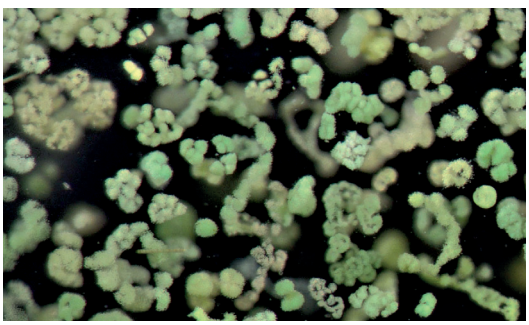
Assim como as arqueobactérias, as cianobactérias podem viver em ambientes de condições extremas, com temperaturas de até 74 °C, como as representantes do gênero *Synechococcus*. Já outras espécies podem ser encontradas em lagos antárticos, com temperaturas próximas de 0 °C. A maioria das espécies é **dulcícola** (vive em água doce), mas muitas resistem à alta salinidade. Algumas formas são terrestres, habitam em rochas ou solos úmidos, sendo essenciais para algumas plantas, visto que são fixadoras do nitrogênio atmosférico.

Uma característica vantajosa para as cianobactérias, em relação aos demais seres vivos, é que, na ausência de nitrogênio fixado (amônia, nitritos, nitratos), elas podem conseguir esse elemento aproveitando o nitrogênio na forma gasosa (N_2), por meio de uma célula especial denominada **heterócito**. Tal característica proporciona às cianobactérias uma alternativa de sobrevivência em condi-

ções potencialmente desfavoráveis a qualquer outro organismo.

A presença descontrolada de cianobactérias pode acarretar em sabor e odor desagradável na água, além de desequilibrar os ecossistemas aquáticos. Um ponto ainda mais crítico é que algumas bactérias fotossintetizantes são capazes de liberar neurotoxinas, que podem causar morte por asfixia, e hepatotoxinas, que possuem ação mais lenta e podem causar diarreias, vômitos e hemorragia interna. Elas não são retiradas pelos sistemas tradicionais de tratamento de água nem pela fervura, resultando em grande preocupação para as companhias de tratamento de água. A princípio, as **cianotoxinas**, substâncias produzidas pelas cianobactérias, representam uma defesa contra devoradores de algas, processo conhecido como **herbivoria**.

As cianobactérias podem ser vistas na forma unicelular, como no gênero *Aphanothece*; em colônias de organismos unicelulares, como nos gêneros *Merispmopedium*, *Microcystis* e *Gomphosphaeria*; ou apresentar organização celular em forma de filamentos, como as *Anabaena*, as *Oscillatoria* e as *Cylindrospermopsis*, cianobactéria invasiva e potencialmente tóxica.



NOAA Great Lakes Environmental Research Laboratory/ Wikimedia.com

O gênero *Microcystis* é um dos que mais causam problemas em águas continentais devido à sua alta capacidade de formar florações e produzir toxinas.

NEON Ja/Wikimedia.com

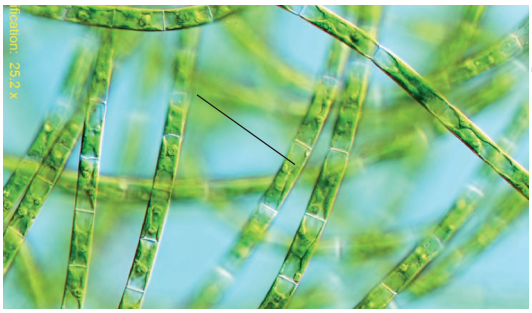
Diferentemente da *Microcystis*, as *Oscillatoria* não são ramificadas, e sim constituídas por células mais largas e compridas.

A presença dos pigmentos clorofila (verde), ficocianica (azul), ficoeritrina (vermelho) e carotenoides (amarelo/laranja) é responsável pela coloração das cianobactérias. Esses pigmentos atuam na absorção de luz para a realização do processo de fotossíntese.

Fica a dica!

Apesar de as cianobactérias serem conhecidas como **algas azuis**, somente metade das espécies apresenta a cor azul-esverdeada. O Mar Vermelho é assim chamado devido à floração, aumento descontrolado, de cianobactérias da cor vermelha do gênero *Trichodesmium*.

A reprodução das cianobactérias unicelulares não coloniais é assexuada e ocorre por divisão binária, semelhante à das bactérias. As espécies filamentosas reproduzem-se assexuadamente por **fragmentação** ou por **hormogonia**, quando cada pedaço do filamento se rompe dando origem a vários fragmentos, chamados **hormogônios**, que, por meio da divisão de suas células, originam novas colônias filamentosas com descendentes geneticamente semelhantes uns aos outros.



Reprodução

Fragmento de uma cianobactéria em reprodução por hormogonia.

Os primeiros registros fósseis de cianobactérias datam de aproximadamente 3,5 bilhões de anos. No decorrer desse longo período, houve tempo suficiente para que o processo evolutivo promovesse diversas transformações entre as espécies, originando estratégias de adaptação interessantes e eficientes, extremamente importantes em situações de estresse ambiental, como nos processos de **eutrofização**, poluição de corpos de água, como rios e lagos, que acabam adquirindo coloração turva e apresentando baixos níveis de oxigênio dissolvidos na água, acarretando a morte de diversas espécies de vegetais e animais.

A presença de matéria orgânica dissolvida na água tende a impulsionar o crescimento das cianobactérias por meio da assimilação de macro e micronutrientes, o que, de certa forma, justifica o sucesso das cianobactérias em ambientes eutrofizados, em especial aqueles sujeitos às consequências negativas das ações antropológicas.

A presença de cianobactérias não é abundante em ambientes não eutrofizados porque não há aporte suficiente de nitrogênio (N) e fósforo (P) para sustentar o crescimento forte e acelerado das espécies nocivas, especialmente as colônias, que precisam de maiores quantidades de nutrientes para favorecer a reprodução. Algumas espécies podem crescer em ambientes **oligotróficos** (pobres em nutrientes) a **mesotróficos** (com estado trófico intermediário), mas comumente não são as espécies nocivas.

Fica a dica!

A parede celular das cianobactérias é formada por várias substâncias, entre elas a mureína, alguns aminoácidos e glucosaminas de estrutura idêntica às de bactérias Gram-negativas, o que evidencia a afinidade entre elas.

Prática 5

Extração da clorofila

Antes de começar...

1. Vimos que as cianobactérias apresentam certas colorações, uma delas é a verde. A respeito disso, pesquise e escreva o que é clorofila.

2. Por qual razão a clorofila apresenta a cor verde?

Vamos praticar?

Material necessário:

- Diversas folhas verdes de plantas.
- Peneira.
- Almofariz (pilão) ou similar.
- Pistilo (utensílio usado para amassar, macerar substâncias sólidas).
- Papel-filtro ou filtro de café.
- Álcool etílico.
- Béquer ou recipiente de vidro (copo, vidro de maionese ou similar).

Como fazer:

1. Pique as folhas e coloque-as no almofariz.
2. Com o auxílio do pistilo, macere bem as folhas.

3. Acrescente 50 mℓ de álcool etílico e misture bem, amassando as folhas.
4. Passe a substância para o béquer ou recipiente similar através de uma peneira.
5. Corte uma fita de papel-filtro e coloque-o na vertical dentro do béquer.
6. Observe o processo de cromatografia da extração da clorofila.

A **cromatografia** é uma técnica quantitativa que consiste num processo físico-químico de separação de misturas.

Praticando com o Enem

1. Nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos têm sido alterados de maneira significativa em função de atividades antrópicas, tais como mineração, construção de barragens, desvio do curso natural de rios, lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados, desmatamento e uso inadequado do solo próximo aos leitos, superexploração dos recursos pesqueiros, introdução de espécies exóticas, entre outros. Como consequência, tem-se observado expressiva queda da qualidade da água e perda da biodiversidade aquática, em função da desestruturação dos ambientes físico, químico e biológico.
A avaliação de impactos ambientais nesses ecossistemas tem sido realizada através da medição de alterações nas concentrações de variáveis físicas e químicas da água. Esse sistema de monitoramento, juntamente com a avaliação de variáveis biológicas, é fundamental para a classificação de rios e córregos em classes de qualidade de água e padrões de potabilidade e balneabilidade humanas.

DAVE, M.; GOULART, C.; CALLISTO, M. *Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudo de impacto ambiental*. Disponível em: http://www.icb.ufmg.br. Acesso em: 9 jan. 2009. Adaptado.

Se um pesquisador pretende avaliar variáveis biológicas de determinado manancial, deve escolher os testes de:

a. teor de oxigênio dissolvido e de temperatura e turbidez da água.
b. teor de nitrogênio amoniacal e de temperatura e turbidez da água.
c. densidade populacional de cianobactérias e de invertebrados bentônicos.
d. densidade populacional de cianobactérias e do teor de alumínio dissolvido.
e. teor de nitrogênio amoniacal e de densidade populacional de invertebrados bentônicos.

Pratique mais

1. As cianobactérias têm sido motivo de preocupação, pois têm provocado problemas sérios para o ser humano. No tratamento da água servida à população, os gastos são enormes, em grande parte devido à contaminação por cianobactérias. A respeito desses organismos, é **correto** afirmar que são:

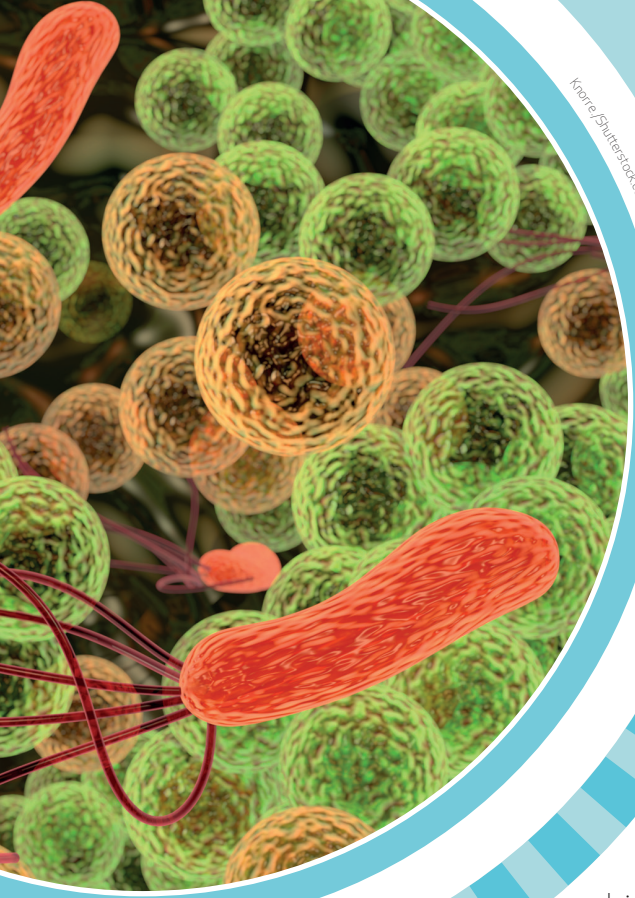
a. procariontes e quimiossintetizantes.
b. procariontes e fotossintetizantes.
c. eucariontes e fotossintetizantes.
d. eucariontes e quimiossintetizantes.
e. eucariontes e heterótrofos.

2. As cianobactérias, também chamadas de *cianofíceas* ou algas azuis, são organismos autotróficos que realizam fotossíntese. Esses organismos são amplamente encontrados em ambientes aquáticos e em locais que possuem grande enriquecimento artificial do ecossistema. Havendo derramamento de esgoto, por exemplo, elas se multiplicam de maneira exagerada. Essa multiplicação descontrolada de cianobactérias é denominada de:

a. eutrofização.
b. poluição.
c. floração.
d. frutificação.
e. regeneração.

3. As cianobactérias, apesar de serem chamadas de algas azuis, não estão incluídas no reino conhecido como Protista, no qual se encontram as algas. De acordo com a classificação dos cinco reinos proposta por Whittaker, as cianobactérias estão inseridas no:

a. Reino Monera.
b. Reino *Fungi*.
c. Reino *Animalia*.
d. Reino *Plantae*.
e. Reino Protista.



Knorre/Shutterstock.com

6

Bactérias

As **bactérias** são micro-organismos unicelulares procariontes. Como já vimos, não possuem membrana nuclear. Seu DNA encontra-se livre dentro da célula. Podem viver de forma isolada ou construir agrupamentos coloniais de tamanhos variados. São encontradas nos mais variados ambientes, inclusive no organismo dos seres humanos.

A célula bacteriana apresenta quatro componentes fundamentais a qualquer célula: membrana plasmática, hialoplasma, ou citosol, ribossomos e cromatina, que, no caso, consiste numa molécula de DNA circular, o único cromossomo bacteriano. É comum existirem moléculas de DNA não ligadas ao cromossomo bacteriano, os chamados **plasmídeos**. Eles ficam espalhados pelo hialoplasma e costumam conter genes para resistir a antibióticos.

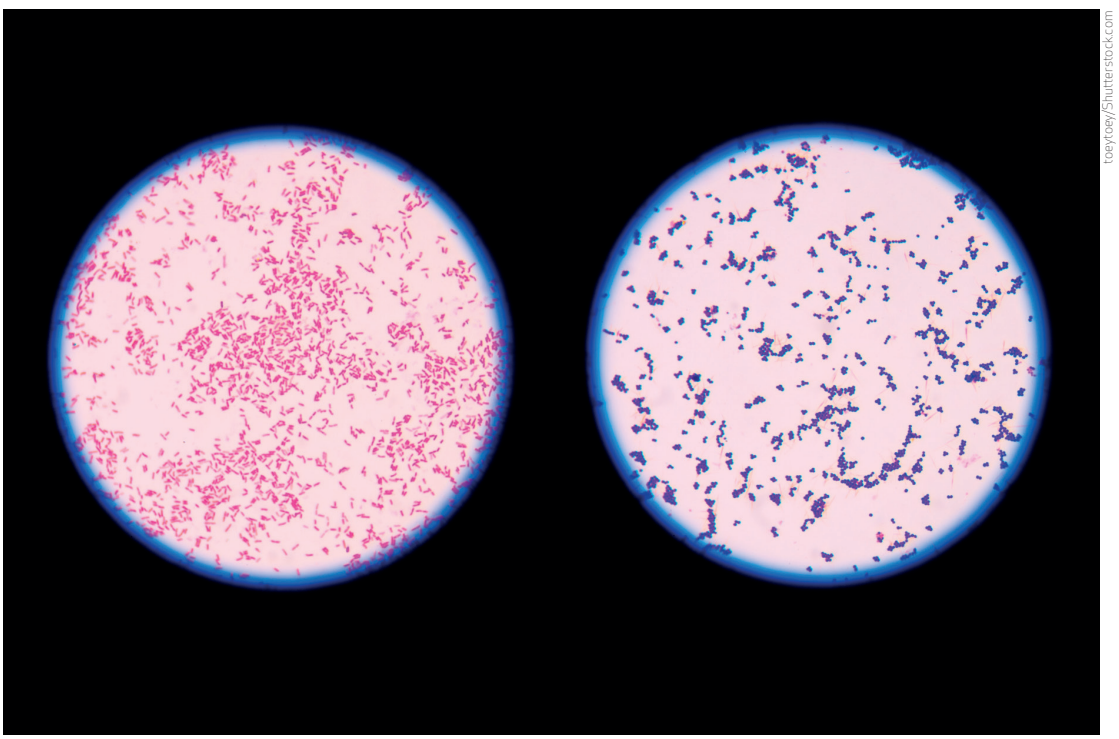
As bactérias apresentam grande diversidade em seu metabolismo. Há espécies autótrofas, que produzem seu próprio alimento por meio da fotossíntese ou da quimiossíntese; e espécies heterótrofas, que não produzem seu próprio alimento, necessitando, portanto, de moléculas orgânicas provenientes de outros seres vivos, como as bactérias parasitas (que prejudicam o indivíduo no qual se instalam), as decompositoras de matéria orgânica e as que se associam a outros seres vivos sem os prejudicar, numa relação de simbiose ou mutualismo, a exemplo das bactérias que se instalam no estômago de animais ruminantes e digerem a celulose.

Em 1884, um médico dinamarquês, Hans Christian Joachim Gram (1853–1938), elaborou um processo para colorir e descolorir as bactérias. O método consiste no tratamento sequente de um esfregaço bacteriano, fixado pelo calor, com os reagentes violeta de genciana (cristal violeta), lugol (iodo), etanol-acetona e fucsina básica. Tal método de coloração permite diferenciar bactérias com

distintas estruturas de parede celular com base nas colorações que estas apresentam após tratamento com agentes químicos característicos.

A amostra bacteriana é submetida ao reagente violeta de genciana, fixando-o, em seguida, pelo lugol. Todas as bactérias absorvem e fixam o corante, adquirindo uma tonalidade violeta. Em sequência, é realizado um processo de descoloração pelo etanol-acetona. O solvente descolore as membranas externas de algumas bactérias e não descolore outras. As bactérias que apresentam coloração azul-violeta são chamadas de **Gram-positivas**, e aquelas que apresentam a coloração róseo-avermelhada são chamadas de **Gram-negativas**. Isso ocorre devido à capacidade das paredes celulares de bactérias Gram-positivas (que são mais simples), de reter o corante cristal violeta no decorrer do tratamento com etanol-acetona, enquanto as paredes celulares das bactérias Gram-negativas, que apresentam estruturas mais complexas, não o fazem, ou seja, não a conservam.

A técnica de identificação das bactérias Gram-positivas e Gram-negativas ajuda a reconhecer as propriedades de cada caso de infecção e, dessa forma, determinar os tratamentos mais adequados. Aproximadamente 95% das bactérias Gram-negativas são patogênicas, fato que não se observa com tanta frequência no caso das Gram-positivas, sendo, inclusive, algumas delas úteis aos seres humanos. Devido à presença de paredes celulares mais complexas, as bactérias Gram-negativas tornam-se mais resistentes à ação dos antibióticos.

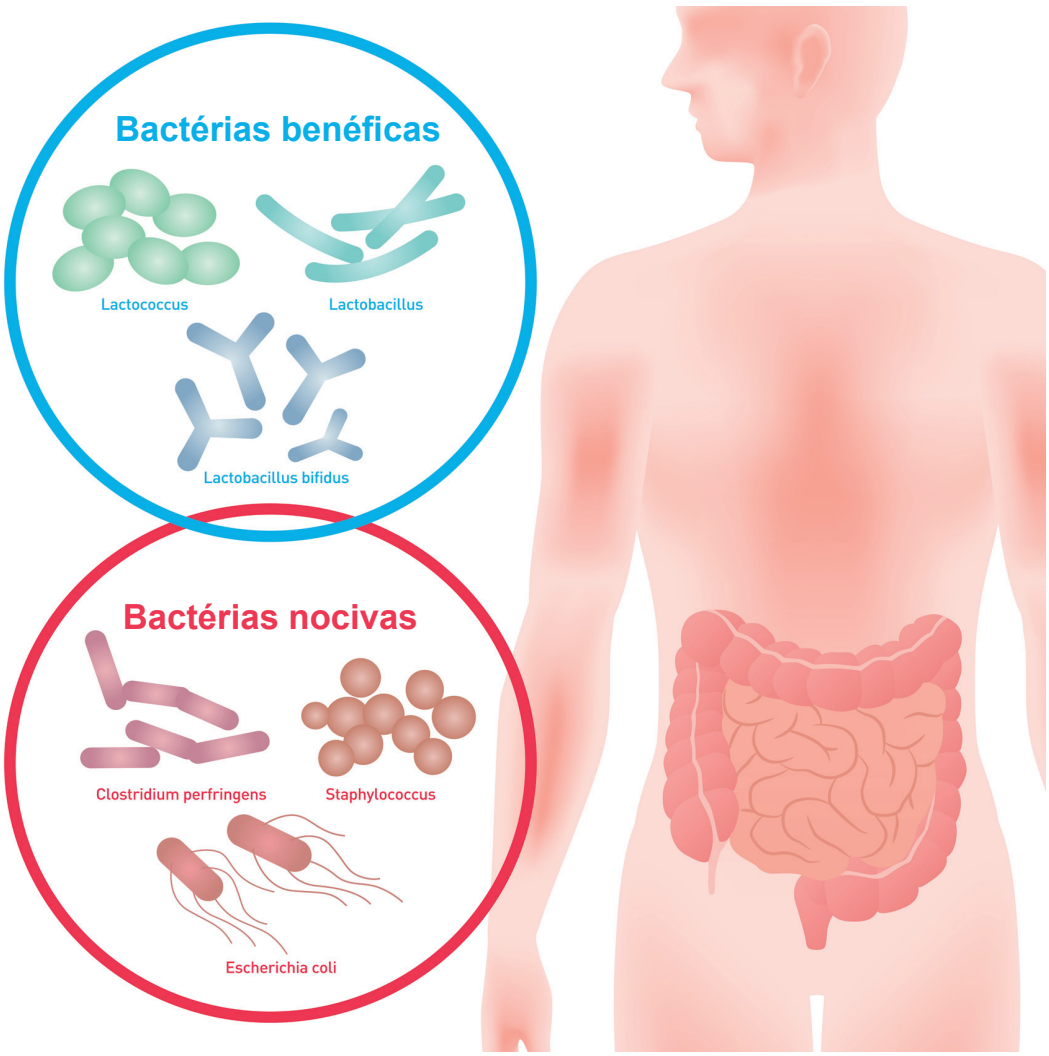


toeytoey/Shutterstock.com

Visão microscópica das bactérias Gram-negativas (à esquerda) e Gram-positivas (à direita).

As bactérias agem patogenicamente, ou seja, causando doenças, por meio de toxinas, substâncias venenosas resultantes de suas atividades metabólicas. As toxinas bacterianas causam danos aos tecidos animais. Podem ser classificadas em dois grupos: **endotoxinas**, integrantes da parede celular, sendo liberadas apenas quando ocorre a destruição dessa parede e secretadas exclusivamente pelas bactérias Gram-negativas; e **exotoxinas**, que são liberadas por meio do metabolismo e crescimento das bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. Ambas modificam o metabolismo normal das células ou dos tecidos do hospedeiro, causando danos.

Em grandes quantidades, as toxinas bacterianas podem causar **septicemia**, infecção grave do sangue causada quando uma infecção bacteriana, em outra parte do corpo, atinge a corrente sanguínea, e podem levar à morte.



chombosan/Shutterstock.com

No quadro a seguir, você pode conferir as principais doenças causadas por bactérias (bacterioses):

Bacteriose	Bactéria patogênica
Pneumonia bacteriana	*Streptococcus pneumoniae**
Tuberculose	*Mycobacterium tuberculosis*
Hanseníase	*Mycobacterium leprae*
Tétano	*Clostridium tetani*
Leptospirose	*Leptospira interrogans*
Escarlatina	*Streptococcus pyogenes*
Meningite meningocócica	*Neisseria meningitidis*
Tracoma	*Chlamydia trachomatis*
Gonorreia	*Neisseria gonorrhoeae*
Cólera	*Vibrio cholerae*
Coqueluche	*Bordetella pertussis*
Sífilis	*Treponema pallidum*
Febre tifoide	*Salmonela Typhi*
Tularemia (zoonose)	*Francisella tularensis*
Peste negra	*Yersinia pestis*

* também conhecida como bacilo de Koch.

Prática 6

Cultivo de bactérias

Antes de começar...

Você já teve a experiência de observar uma bactéria? Uma forma de observá-la é criando um meio de cultura, que é uma preparação química com a presença de nutrientes necessários para que os micro-organismos de determinada amostra biológica proliferem, permitindo, assim, seu estudo, sua identificação e sua análise. Sabendo disso, pesquise mais o assunto e responda às questões abaixo:

1. Quais são os principais componentes de um meio de cultura?

2. Quais são as bactérias comumente presentes em nossa boca?

Vamos praticar?

Material necessário:

- Três frascos pequenos de vidro com tampa.
- Um litro de água filtrada e fervida (ainda quente).
- Um recipiente para fazer gelatina.
- Gelatina sem sabor.
- Açúcar.
- Colher de sopa.
- Cotonetes.
- Caneta permanente para retroprojetor.

Como fazer:

1. Com cuidado para não se queimar, derrame a água fervente nos potes de vidro e nas tampas.
2. Deixe escorrendo e esfriando sem tocar na parte interior dos frascos e das tampas.

3. Em um recipiente, coloque meio litro de água quente, a gelatina sem sabor e duas colheres de sopa rasas de açúcar.
4. Após a gelatina esfriar um pouco, divida-a igualmente entre os três frascos de vidro e tampe-os.
5. Após esfriar mais um pouco, coloque os frascos com gelatina na geladeira até que a gelatina fique consistente.
6. Retire os frascos da geladeira e, com a caneta permanente, identifique cada vidro com um dos seguintes nomes: controle, saliva e suor.
7. Esfregue um cotonete na mucosa (parte interna) da boca até que o mesmo fique bem úmido.
8. Delicadamente, passe o cotonete na superfície da gelatina do frasco identificado com o nome "saliva".
9. Pegue outro cotonete e esfregue entre os dedos dos pés.

Fica a dica!

Para garantir o sucesso da sua atividade prática, a coleta entre os dedos dos pés deve ser realizada quando estes estiverem bem suados.

10. Passe o cotonete sem romper a gelatina no frasco identificado com a palavra "suor".
11. O frasco em que está escrito "controle" deve permanecer intacto.
12. Deixe os três frascos em local fresco e sem exposição direta da luz solar.
13. Aguarde cerca de três dias e observe os resultados.

Desenhe ou fotografe os resultados e faça o seu relatório.

Praticando com o Enem

1. Existem bactérias que inibem o crescimento de um fungo causador de doenças no tomateiro, por consumirem o ferro disponível no meio. As bactérias também fazem fixação de nitrogênio, disponibilizam cálcio e auxinas, substâncias que estimulam diretamente o crescimento do tomateiro.

PELZER, G. Q. et al. Mecanismos de controle da murcha-de-esclerócio e promoção de crescimento em tomateiro mediados por rizobactérias. *Tropical Plant Pathology*, v. 36, n. 2, mar.-abr. 2011. Adaptado.

Qual dos processos biológicos mencionados indica uma relação ecológica de competição?

a. Fixação de nitrogênio para o tomateiro.
b. Disponibilização de cálcio para o tomateiro.
c. Diminuição da quantidade de ferro disponível para o fungo.
d. Liberação de substâncias que inibem o crescimento do fungo.
e. Liberação de auxinas que estimulam o crescimento do tomateiro.

2. A cárie dental resulta da atividade de bactérias que degradam os açúcares e os transformam em ácidos que corroem a porção mineralizada dos dentes. O flúor, juntamente ao cálcio e um açúcar chamado *xilitol*, agem inibindo esse processo. Quando não se escovam os dentes corretamente e neles acumulam-se restos de alimentos, as bactérias que vivem na boca aderem aos dentes, formando a placa bacteriana ou biofilme. Na placa, elas transformam o açúcar dos restos dos alimentos em ácidos, que corroem o esmalte do dente, formando uma cavidade, que é a cárie. Vale lembrar que a placa bacteriana se forma mesmo na ausência de ingestão de carboidratos fermentáveis, pois as bactérias possuem polissacarídeos intracelulares de reserva.

Disponível em: http://www.diariodasaude.com.br. Acesso em: 11 ago. 2010. Adaptado.

Cárie: 1. destruição de um osso por corrosão progressiva. *Cárie dentária: efeito da destruição da estrutura dentária por bactérias.

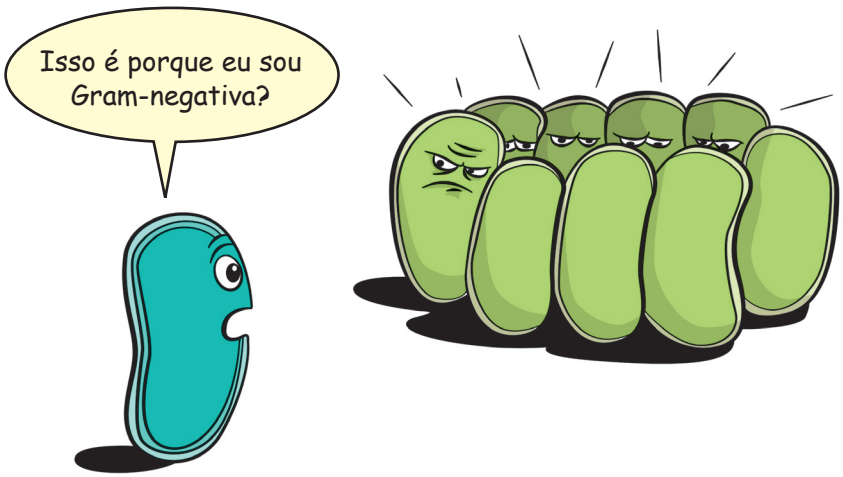
HOUAISS, Antônio. *Dicionário eletrônico*. Versão 1.0. Editora Objetiva, 2001. Adaptado.

A partir da leitura do texto, que discute as causas do aparecimento de cáries, e da sua relação com as informações do dicionário, conclui-se que a cárie dental resulta, principalmente, de:

a. falta de flúor e de cálcio na alimentação diária da população brasileira.
b. consumo exagerado do xilitol, um açúcar, na dieta alimentar diária do indivíduo.
c. redução na proliferação bacteriana quando a saliva é desbalanceada pela má alimentação.
d. uso exagerado do flúor, um agente que em alta quantidade torna-se tóxico à formação dos dentes.
e. consumo excessivo de açúcares na alimentação e má higienização bucal, que contribuem para a proliferação de bactérias.

Pratique mais

1. Considere a charge e o texto abaixo e responda à questão.



A distinção entre os dois maiores grupos de bactérias é feita com base em uma técnica de coloração desenvolvida, em 1884, por Hans Christian Joachin Gram. Bactérias coradas de violeta são chamadas *Gram-positivas*, e as coradas de rosa, *Gram-negativas*. A capacidade de reter os corantes se dá pela diferença na constituição da parede celular, fato que ocasiona outras diferenças: por exemplo, as bactérias Gram-positivas são mais sensíveis ao antibiótico penicilina do que as Gram-negativas.
Atualmente observa-se um número cada vez maior de bactérias resistentes a antibióticos, causando quadros preocupantes de infecção hospitalar. A resistência se dá devido ao seguinte fato:

a. As bactérias sofrem adaptações individuais para ser transmitidas hereditariamente a novas colônias.
b. As bactérias mudam constantemente seu metabolismo microbiano para se adaptar aos antibióticos antigos.
c. As bactérias sofrem seleção, devido à ampla utilização de antibióticos em ambientes hospitalares.
d. As bactérias sofrem mutações para se adaptar aos antibióticos, embora sejam incapazes de transmitirem essa mutação aos seus descendentes.
e. As bactérias passam por mutações, em função dos novos antibióticos produzidos ano a ano, e, sobrevivendo, deixam descendentes também resistentes.

royalty-stockphoto.com/Shutterstock.com

7

Bactérias benéficas

Nem todas as bactérias são vilãs. É fato que muitas são nocivas aos seres humanos, causando diversas bacterioses, como vimos no capítulo anterior. Porém, algumas bactérias são completamente inofensivas e até essenciais para o meio ambiente e os seres vivos que nele interagem, como as bactérias que vivem harmoniosamente nas raízes das plantas absorvendo o nitrogênio presente no ar, nutriente que favorece o crescimento dos vegetais, promovendo a formação de clorofila. Outro exemplo são as bactérias **saprófagas**, que se alimentam de matéria orgânica em decomposição, transformando esse material em adubo para alimentar outras formas de vida e, assim, contribuindo para a limpeza do nosso planeta.

Trilhões de bactérias habitam o nosso corpo de forma benéfica. O conjunto dessas bactérias do bem é conhecido como **flora bacteriana**, um termo consagrado pelo uso, porém não muito correto, visto que o termo *flora* está relacionado aos vegetais. As expressões mais apropriadas, e usadas atualmente, são microbioma ou microbiota humana. Essas bactérias ajudam o sistema digestório na absorção dos nutrientes e no processo de digestão, interagindo ativamente com o sistema imunológico do intestino; também atuam na pele, promovendo a defesa contra os alérgenos, substâncias que podem induzir a uma reação de hipersensibilidade, como cosméticos, corantes e detergentes; nas mulheres, o microbioma vaginal possui importante papel de impedir a proliferação de fungos e bactérias patogênicas, que normalmente causam coceira e corrimento vaginal.

Algumas práticas atuais têm diminuído a microbiota humana. O parto nor-

mal, no qual o bebê passa pela vagina da mãe, está cada vez mais raro em alguns hospitais, sendo substituído pela cesariana. É importante salientar que, durante o nascimento pelo parto normal, o bebê é colonizado pelas bactérias benéficas que habitam o trato vaginal, fato que não ocorre por via cesárea. Outro ponto desfavorável é a alimentação por meio de fórmulas lácteas disponíveis no mercado. O leite materno é indispensável aos bebês, pois é um alimento rico em bactérias do bem, as **probióticas**, que colonizam o trato digestório da criança recém-nascida, criando defesas para toda a vida.

FamVeld/Shutterstock.com

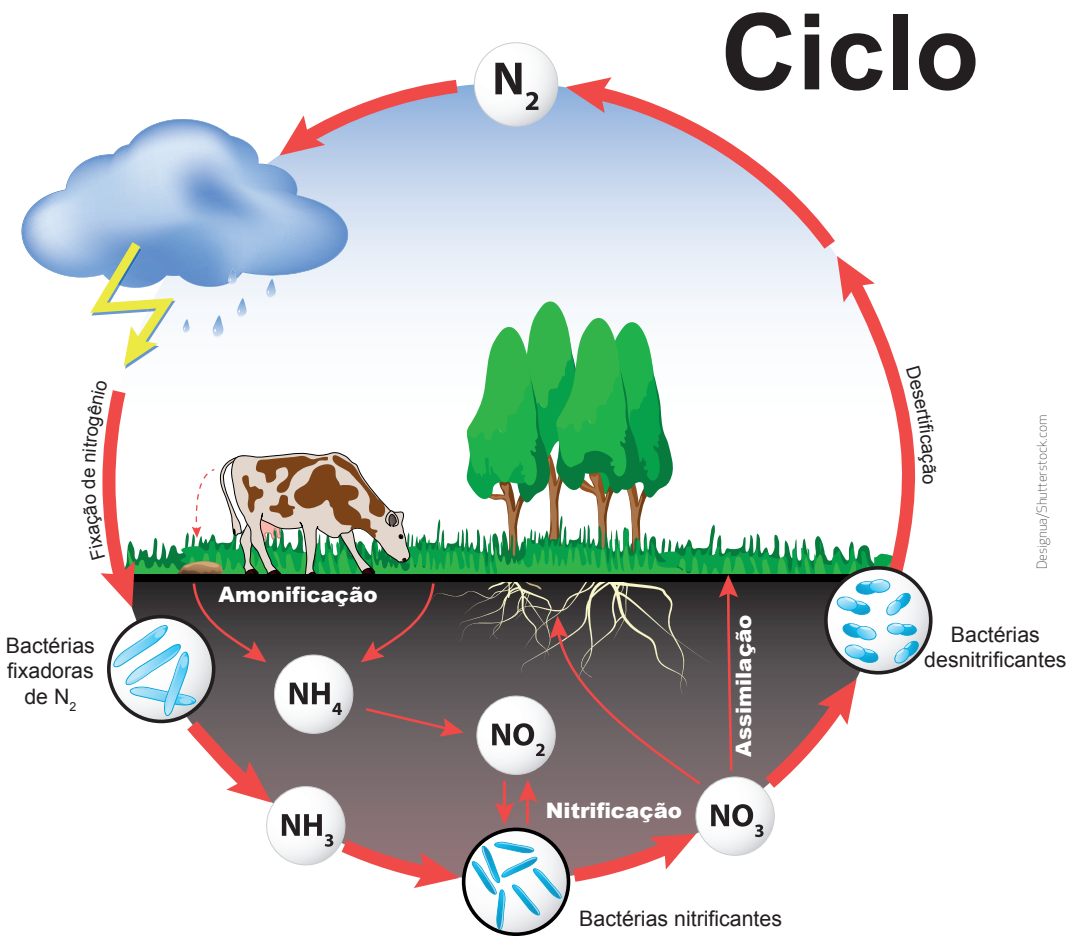
O leite materno começa a se formar durante a gravidez.

Fica a dica!

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a intervenção cesariana só é necessária em 15% dos nascimentos, quando há risco de vida para a mãe ou para o bebê. Apesar disso, os partos por via cesariana não param de crescer. O Brasil é um caso de destaque em toda a América, onde mais de 55% dos nascimentos são programados.

Observando a utilidade das bactérias para a nossa melhor qualidade de vida, o homem começou a explorá-las em diversos aspectos, como nos tratamentos de beleza, na produção de medicamentos e na alimentação. Os lactobacilos vivos são altamente utilizados para a fabricação de iogurtes: essas bactérias transformam a **lactose**, açúcar contido no leite, em ácido lácteo, mudando dessa forma o seu pH, o que faz com que a proteína do leite se precipite, formando os grumos (coágulo).

No âmbito ecológico, além do processo de decomposição da matéria orgânica, as bactérias também atuam no **ciclo do nitrogênio**, pois grande parte dos seres vivos é incapaz de absorver diretamente o nitrogênio presente na atmosfera terrestre. Devido à sua baixa reatividade, do ponto de vista químico, apenas algumas bactérias e cianobactérias são capazes de captar o N_2, utilizando-o na síntese de moléculas orgânicas nitrogenadas, tornando possível a assimilação para os demais seres vivos. A atuação das bactérias é essencial para garantir que o N_2 complete seu ciclo.



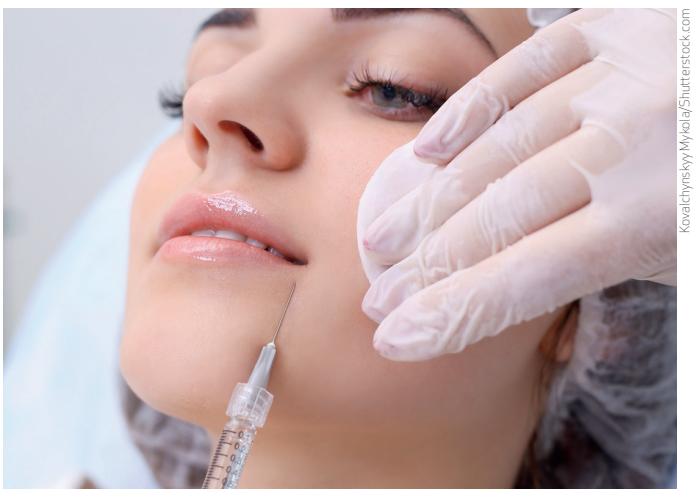
As cianobactérias e as bactérias do gênero *Rhizobium*, que vivem associadas harmonicamente às raízes de plantas leguminosas, como o feijão, a soja e o milho, transformam o nitrogênio presente no ar atmosférico em compostos orgânicos nitrogenados para as plantas, o que aumenta a quantidade de nutrientes absorvidos. Esse processo é chamado de **fixação**. Ao morrerem, as plantas leguminosas liberam o nitrogênio de suas moléculas orgânicas na forma de amônia (NH_3), o que favorece a fertilização do solo.

O nitrogênio também pode ser oxidado em nitritos e nitratos, processo conhecido como **nitrificação**. Nesse processo, atuam as bactérias nitrificantes, bactérias dos gêneros *Nitrossomonas* e *Nitrobacter*. As *Nitrossomonas* atuam na **nitrosação**, transformando a amônia (NH_3) liberada pela urina dos animais em nitrito, e as bactérias do gênero *Nitrobacter* atuam na **nitritação**, processo pelo qual os íons de nitrito são convertidos em nitrato (NO_3^-).

Completando o ciclo de nitrogênio, ocorre o processo de **desnitrificação**, quando os compostos nitrogenados encontrados no solo, na forma de excretas dos animais, são utilizados pelas bactérias desnitrificantes para obtenção de energia e, consequentemente, liberam gás nitrogênio para a atmosfera, reiniciando o ciclo.

As bactérias também são largamente utilizadas no controle biológico de pragas na agricultura. Nesse campo, podemos citar o *Bacillus thuringiensis*, espécie da família *Bacillaceae*, uma bactéria **entomopatogênica** (patogênica a insetos) que ataca as larvas de determinados insetos, produzindo cristais proteicos que rompem seus intestinos e ocasionam a morte dessas larvas. Dessa maneira, as *B. thuringiensis* controlam os insetos que atacam e comprometem as plantações.

No campo da estética, também há a atuação das bactérias do bem. A toxina botulínica, comercialmente conhecida como **botox**, é produzida pela bactéria *Clostridium botulinum*. Essa toxina, quando industrializada e purificada, usada em doses controladas, tem a capacidade de reduzir ou eliminar as linhas de expressão, pois paralisam as contrações musculares.



Kovalchynskyy Mykola/Shutterstock.com

O ácido botulínico, mais conhecido como **botox**, é indicado para o tratamento estético, já que suaviza linhas de expressão.

Fica a dica!

Em 1992, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) aprovou o uso do botox, tornando-o a primeira toxina botulínica registrada no Brasil. Além das indicações estéticas, essa toxina também vem sendo usada no tratamento para a **hiperidrose** (sudorese excessiva).

Devido ao seu alto poder biotecnológico, as bactérias são muito usadas na **engenharia genética**, que corresponde ao conjunto de técnicas que permitem a manipulação e recombinação de genes. Por meio da engenharia genética, as bactérias são geneticamente modificadas e usadas para produzir o hormônio do crescimento, classicamente extraído do cérebro de carneiros. Elas também podem ser programadas para produzir insulina, hormônio de extrema importância para controlar a taxa de açúcar presente no sangue, o que diminui de modo significativo as taxas de rejeição quando comparada à insulina tradicionalmente extraída após produção nos pâncreas suíno e bovino.

As bactérias também podem ser utilizadas na produção de drogas terapêuticas, como antibióticos. A maior parte dos antibióticos usados é produzida por bactérias do gênero *Streptomyces*.

Em síntese, pode-se afirmar que as mais diversas formas de vida existentes em nosso planeta necessitam da presença das bactérias atuando no ambiente, na alimentação, na fabricação de medicamentos, no ramo estético e nas relações harmônicas com diversos seres vivos, inclusive o ser humano.

Prática 7

Iogurte caseiro com lactobacilos

Antes de começar...

Você aprendeu as principais utilizações de bactérias benéficas, inclusive na indústria alimentícia, e agora poderá ver isso na prática. Para tanto, pesquise sobre o processo de fabricação do iogurte e responda:

1. Todo iogurte possui bactérias lácteas vivas?

2. Quais as bactérias presentes no iogurte?

3. Como as bactérias presentes no iogurte agem beneficamente em nosso organismo?

Vamos praticar?

Material necessário:

- Dois litros de leite desnatado ou integral.
- Um copo de iogurte natural.
- Panela.
- Colher.
- Recipiente de vidro com tampa.
- Toalha de prato.
- Isopor ou bolsa térmica.

Fica a dica!

As bactérias do iogurte se reproduzem em condições ambientais favoráveis, com disponibilidade de alimento e temperatura ideal.

Como fazer:

1. Aqueça o leite até chegar à temperatura de 85 °C (antes de levantar fervura e borbulhar).

2. Espere o leite esfriar um pouco até ficar com a temperatura em torno de 45 °C (temperatura de mingau).
3. Coloque o leite aquecido no recipiente de vidro (previamente esterelizado) e acrescente o copo de iogurte.
4. Com o uso da colher, misture bem o iogurte ao leite.
5. Tampe o recipiente e enrole-o no pano de prato.
6. Coloque o recipiente dentro de um isopor ou bolsa térmica e deixe repousar por doze horas.
7. Após o período de repouso, coloque o iogurte na geladeira.

Fica a dica!

Você pode enriquecer o seu iogurte depois de pronto batendo-o no liquidificador com frutas de sua preferência.

Praticando com o Enem

1. A palavra **biotecnologia** surgiu no século XX, quando o cientista Herbert Boyer introduziu a informação responsável pela fabricação da insulina humana em uma bactéria, para que ela passasse a produzir a substância.

Disponível em: www.brasil.gov.br. Acesso em 28 de julho 2012. Adaptado.

As bactérias modificadas por Herbert Boyer passaram a produzir insulina humana porque receberam:

a. a sequência de DNA codificante de insulina humana.
b. a proteína sintetizada por células humanas.
c. um RNA recombinante de insulina humana.
d. o RNA mensageiro de insulina humana.
e. um cromossomo da espécie humana.

2. Um instituto de pesquisa norte-americano divulgou recentemente ter criado uma "célula sintética", uma bactéria chamada de *Mycoplasma mycoides*. Os pesquisadores montaram uma sequência de nucleotídeos, que formam o único cromossomo dessa bactéria, o qual foi introduzido em ou-

tra espécie de bactéria, a *Mycoplasma capricolum*. Após a introdução, o cromossomo da *M. capricolum* foi neutralizado, e o cromossomo artificial da *M. mycoides* começou a gerenciar a célula, produzindo suas proteínas.

GILBSON et al. Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically synthesized Genome. *Science*, v. 329, 2010. Adaptado.

A importância dessa inovação tecnológica para a comunidade científica se deve à:

a. possibilidade de sequenciar os genomas de bactérias para serem usados como receptores de cromossomos artificiais.
b. capacidade de criação, pela ciência, de novas formas de vida, utilizando substâncias como carboidratos e lipídios.
c. possibilidade de produção em massa da bactéria *Mycoplasma capricolum* para sua distribuição em ambientes naturais.
d. possibilidade de programar geneticamente micro-organismos ou seres mais complexos para produzir medicamentos, vacinas e combustíveis.
e. capacidade da bactéria *Mycoplasma capricolum* de expressar suas proteínas na bactéria sintética e estas serem usadas na indústria.

Pratique mais

1. Para produzir iogurte caseiro, basta colocar uma colher de iogurte em um litro de leite fervido ainda morno, cobrir com um pano limpo e guardar em local protegido durante 12 horas. Isso é possível graças às bactérias existentes no iogurte, que:

a. se reproduzem rapidamente, por meio da simples divisão de uma célula em duas, devido à existência de condições favoráveis de temperatura e à presença de nutrientes.
b. se reproduzem rapidamente, através da reprodução sexuada, em que duas bactérias trocam material genético e dão origem a uma nova bactéria.
c. não se reproduzem devido à alta temperatura do leite, que provoca a morte das bactérias.
d. aumentam de tamanho, modificando a consistência do leite e dando aparência de iogurte.
e. NDA.

2. Há maior número de lactobacilos por unidade de volume de leite:

a. pasteurizado cru.
b. pasteurizado fervido.
c. recém-ordenhado.
d. em pó.
e. coalhado.

3. Em relação às bactérias, marque (**V**) para as afirmativas verdadeiras e (**F**) para as falsas.

( ) As bactérias têm sido usadas pela engenharia genética na síntese de peptídios humanos como a insulina e o hormônio de crescimento.
( ) As bactérias causam muitas doenças sexualmente transmissíveis como o herpes simples, a meningite e a sífilis.
( ) Em geral, as bactérias trazem mais benefícios do que prejuízos para os seres humanos e para a biosfera.

Assinale a alternativa que contém a sequência **correta**:

a. F, V, F.
b. V, F, V.
c. F, F, V.
d. F, V, V.
e. V, V, V.

4. A associação entre plantas leguminosas e bactérias do gênero *Rhizobium* é um exemplo de mutualismo envolvendo membros de reinos distintos. Por tratar-se de um mutualismo, ambos os organismos são beneficiados. O papel das bactérias do gênero *Rhizobium* nessa associação contribui significativamente para o ciclo global:

a. do carbono.
b. do nitrogênio.
c. da água.
d. do fósforo.
e. do enxofre.