



CRESCIMENTO MICROBIANO

DESCRIÇÃO

Nutrição e crescimento microbiano, controle do crescimento microbiano, mecanismos bacterianos de patogenicidade.

PROpósito

Compreender os principais aspectos da nutrição e do crescimento dos microrganismos, as formas de se controlar esse crescimento, bem como os mecanismos envolvidos na patogenicidade das bactérias, algo importante em várias situações, como no controle higiênico-sanitário em hospitais, laboratórios de análises clínicas, laboratórios de pesquisa e desenvolvimento científico.

OBJETIVOS

MÓDULO 1

Reconhecer as exigências nutricionais e os principais aspectos do crescimento microbiano

MÓDULO 2

Identificar as principais formas de controlar o crescimento de microrganismos

MÓDULO 3

Descrever os mecanismos envolvidos na patogenicidade bacteriana

INTRODUÇÃO

Neste tema, vamos estudar o crescimento microbiano, e você pode estar se perguntando qual é a importância de estudar o crescimento dos microrganismos.

A resposta é muito simples: o estudo dos aspectos envolvidos no crescimento microbiano nos permite entender sob quais condições os mais variados microrganismos apresentam mais facilidade ou mais dificuldade de crescimento, além do tempo necessário para que esse crescimento ocorra.

Dessa forma, é possível conhecer mais profundamente as características metabólicas dos microrganismos, e esse conhecimento é muito útil, principalmente para ser aplicado no controle do crescimento microbiano, que é fundamental para as mais diversas áreas.

Na área da saúde (Medicina, Biomedicina, Nutrição, Farmácia, Enfermagem etc.), os métodos de controle do crescimento microbiano ajudam na prevenção das infecções hospitalares, no correto processamento dos materiais utilizados, garantindo a segurança durante o atendimento tanto para os pacientes como para os profissionais envolvidos.

O controle microbiológico também é essencial na área industrial, garantindo a qualidade dos produtos (medicamentos, cosméticos, alimentos e água). Em laboratórios de análises clínicas e de pesquisa, o controle microbiológico está presente no preparo dos diversos materiais utilizados, que precisam estar livres de contaminação.

Neste tema, teremos a oportunidade de estudar, juntos, a nutrição e o crescimento dos microrganismos, as formas de controlar esse crescimento e as estratégias utilizadas pelas bactérias para causar infecção.

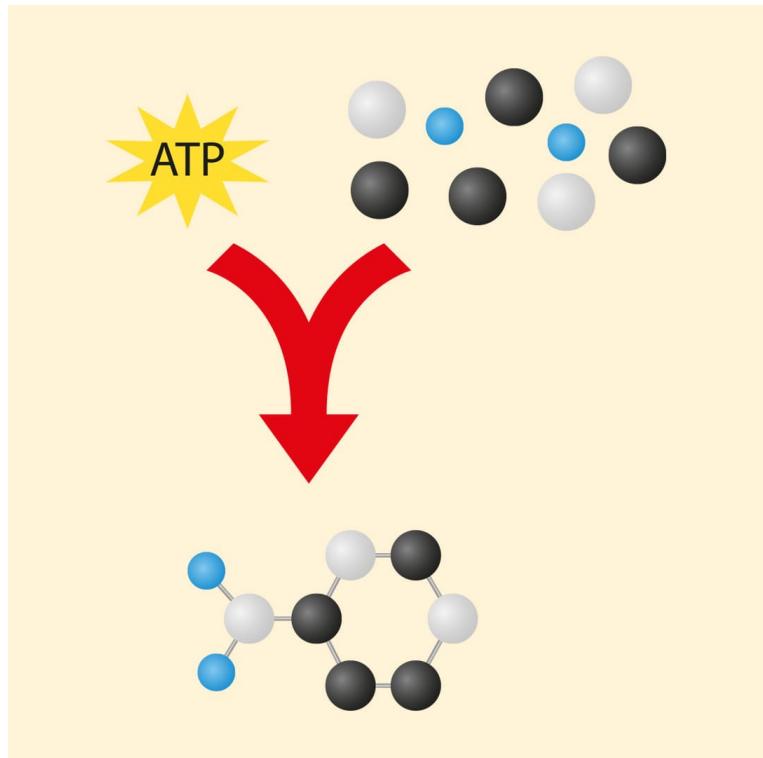
MÓDULO 1

- Reconhecer as exigências nutricionais e os principais aspectos do crescimento microbiano

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS

Os microrganismos requerem nutrientes para poder crescer, e essa exigência varia muito entre os diferentes microrganismos. Os nutrientes são utilizados no metabolismo da célula, tendo participação nos processos de obtenção de energia e na síntese de componentes celulares. O conhecimento sobre os princípios da nutrição microbiana é fundamental para o desenvolvimento da Microbiologia, permitindo que microrganismos sejam cultivados em laboratório.

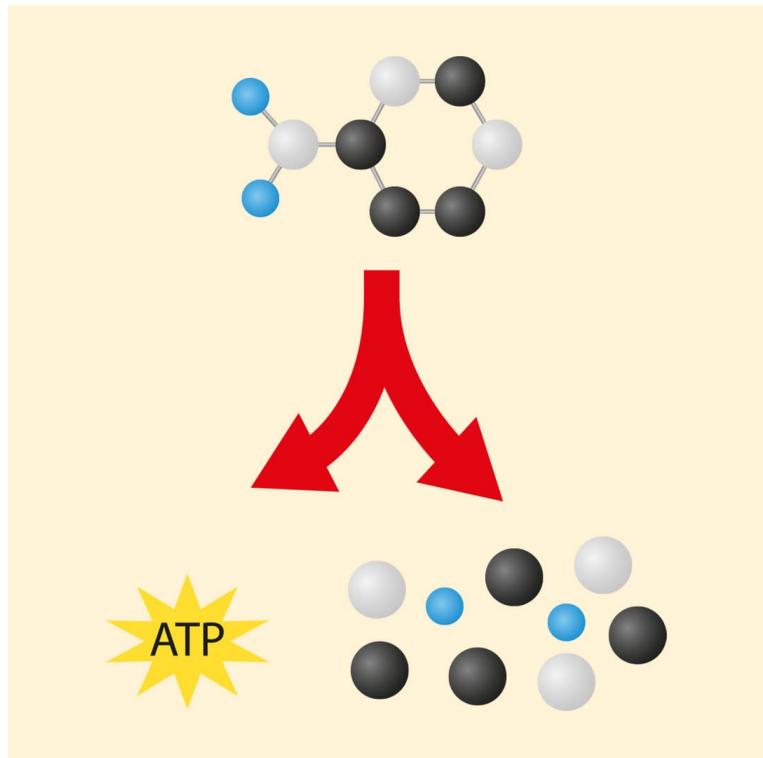
O metabolismo pode ser definido como um conjunto de transformações da matéria orgânica, sendo composto por dois processos:



Fonte: Shutterstock.com

ANABOLISMO

Envolve os processos biossintéticos, que dependem de energia e são responsáveis por formar componentes celulares a partir dos nutrientes.



Fonte: Shutterstock.com

CATABOLISMO

É caracterizado pela degradação dos nutrientes para liberação de energia.

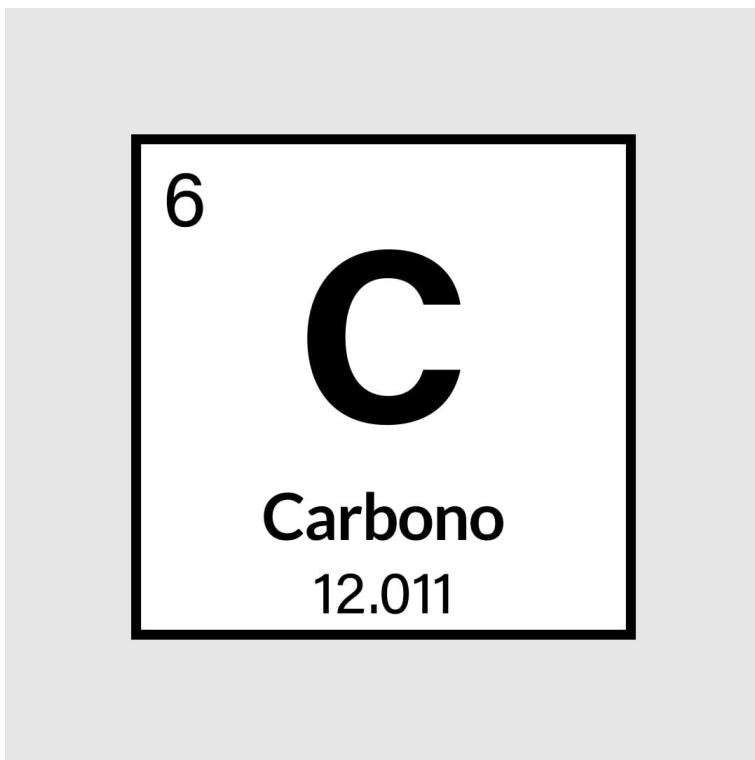
Os diferentes tipos de microrganismos necessitam não apenas de nutrientes distintos, mas também de quantidades variadas desses nutrientes. Geralmente, os **macronutrientes** são exigidos em quantidades grandes, enquanto os **micronutrientes** são exigidos em quantidades muito pequenas.

VOCÊ SABE QUAIS SÃO OS PRINCIPAIS NUTRIENTES NECESSÁRIOS À NUTRIÇÃO MICROBIANA?

VAMOS DESCOBRIR?

CARBONO, NITROGÊNIO E OUTROS MACRONUTRIENTES

O **carbono** é necessário a todas as células; aproximadamente 50% do peso seco de uma célula é formado por ele. O carbono pode ser encontrado na natureza na forma inorgânica (como CO₂ e carbonato) e a partir de compostos orgânicos (como aminoácidos, ácidos graxos, ácidos orgânicos, bases nitrogenadas, compostos aromáticos, açúcares etc.).



Fonte: Shutterstock.com

► ATENÇÃO

Vale ressaltar que os compostos orgânicos podem ser utilizados pelas células microbianas como fonte de energia ou de carbono. Nesse sentido, os microrganismos que são capazes de realizar a síntese de suas estruturas celulares a partir do CO₂ são conhecidos como **autotróficos**. Já aqueles que necessitam de compostos orgânicos são chamados de **heterotróficos**.

O **nitrogênio** representa cerca de 13% de uma célula bacteriana, sendo encontrado em ácidos nucleicos, proteínas e outros compostos celulares. Na natureza, o nitrogênio se encontra

disponível como amônia, nitrato ou gás nitrogênio. A maioria das células procarióticas utiliza amônia como fonte de nitrogênio, enquanto algumas também usam o nitrato.

Outros procariotos são capazes, ainda, de usar nitrogênio obtido de fontes orgânicas, como os aminoácidos. Apenas os procariotos fixadores de nitrogênio conseguem utilizar o gás nitrogênio como fonte de nitrogênio.



Fonte: Shutterstock.com

As células necessitam também de outros macronutrientes que desempenham importantes funções:

15

P

Fósforo

30.973761998

Fonte: Shutterstock.com

FÓSFORO

Participa da síntese de ácidos nucleicos e fosfolipídios.

16

S

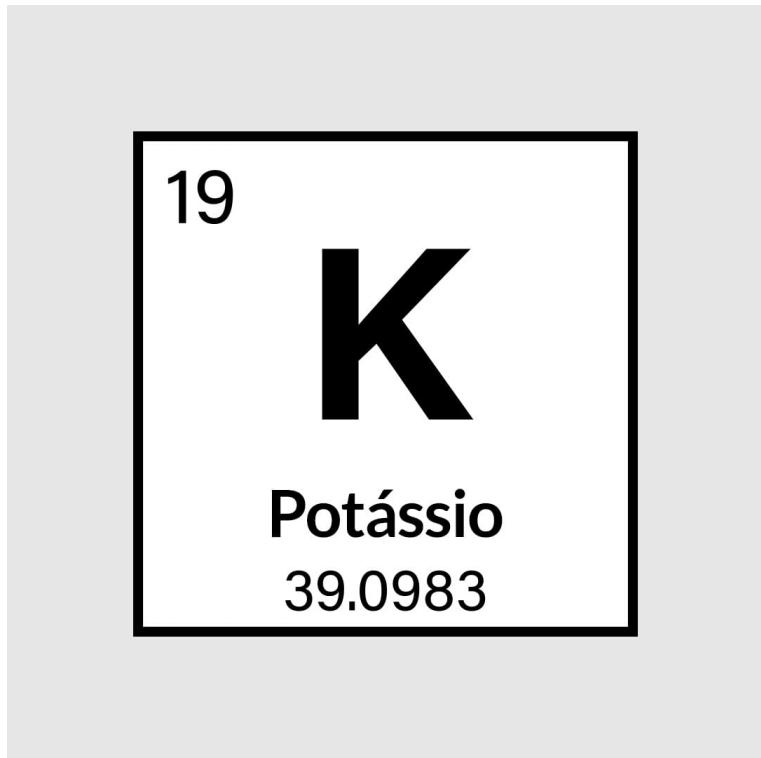
Enxofre

32.06

Fonte: Shutterstock.com

ENXOFRE

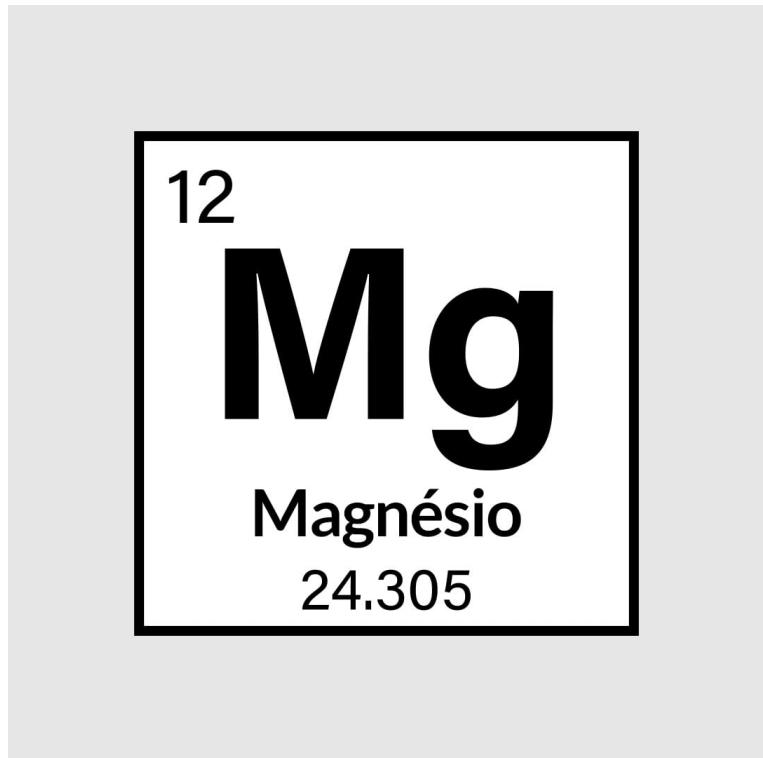
Presente em algumas vitaminas e aminoácidos.



Fonte: Shutterstock.com

POTÁSSIO

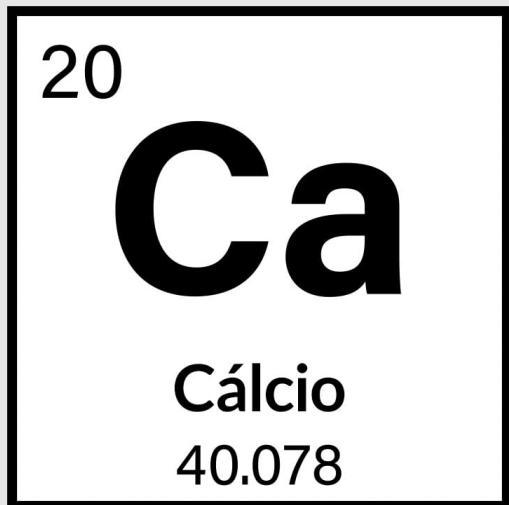
Participa da atividade de várias enzimas.



Fonte: Shutterstock.com

MAGNÉSIO

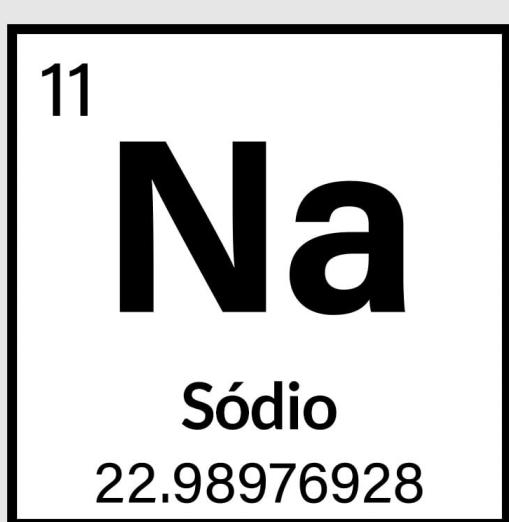
Necessário para a estabilização dos ribossomos, das membranas e dos ácidos nucleicos e também para a atividade de enzimas.



Fonte: Shutterstock.com

CÁLCIO

Necessário para alguns microrganismos.



Fonte: Shutterstock.com

SÓDIO

Importante para os microrganismos marinhos.

MICRONUTRIENTES: ELEMENTOS-TRAÇO E FATORES DE CRESCIMENTO

São elementos necessários em quantidades muito pequenas, sendo, inclusive, difíceis de detectar. Normalmente, são representados por íons metálicos. Esses micronutrientes são denominados **elementos-traço** ou **metais-traço**, desempenhando, geralmente, papel de **cofatores enzimáticos**.

O FERRO É O PRINCIPAL MICRONUTRIENTE PARA AS CÉLULAS, SENDO UM COMPONENTE FUNDAMENTAL DOS CITOCCRÔMOS E DE PROTEÍNAS QUE TÊM FERRO E ENXOFRE, QUE PARTICIPAM DAS REAÇÕES DE TRANSPORTE DE ELÉTRONS.

Alguns outros metais necessários e/ou metabolizados pelos microrganismos são boro, cobalto, cobre, manganês, molibdênio, níquel, selênio, tungstênio e zinco.

Por outro lado, os fatores de crescimento são representados pelos micronutrientes orgânicos, que são requeridos em pequenas quantidades. As vitaminas são os exemplos mais comuns, mas alguns microrganismos podem necessitar também de aminoácidos, purinas, pirimidinas e outras moléculas orgânicas.

As seguintes vitaminas são consideradas fatores de crescimento importantes:

ÁCIDO FÓLICO

BIOTINA

COBALAMINA (VITAMINA B₁₂)

TIAMINA (VITAMINA B₁)

PIRIDOXAL (VITAMINA B₆)

ÁCIDO NICOTÍNICO (NIACINA)

RIBOFLAVINA

ÁCIDO PANTOTÊNICO

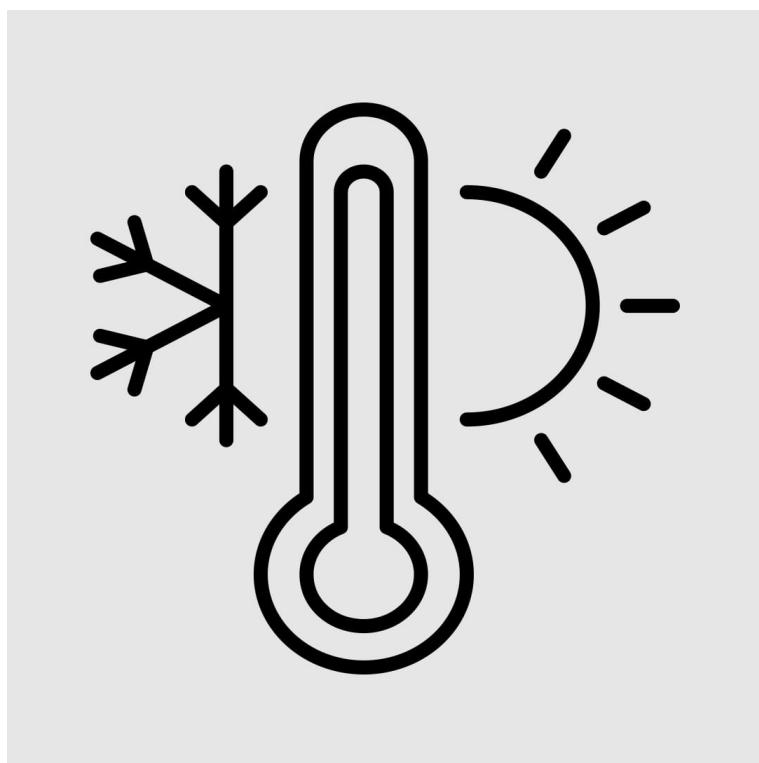
ÁCIDO LIPOICO

VITAMINA K

De modo geral, as vitaminas atuam como coenzimas (Componentes não proteicos das enzimas) , e as necessidades vitamínicas variam muito de um microrganismo para o outro.

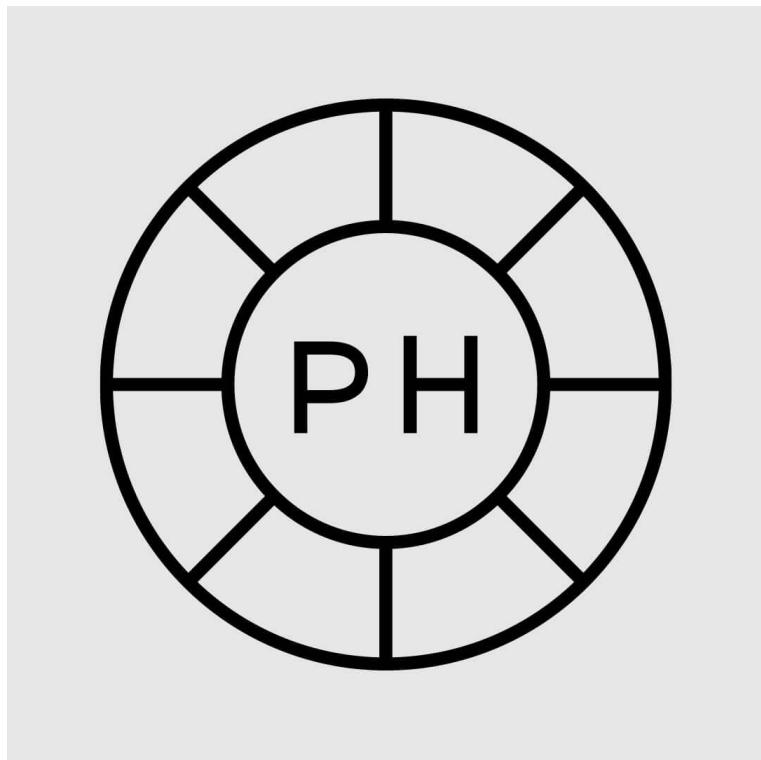
CONDIÇÕES FÍSICAS PARA O CULTIVO DE MICRORGANISMOS

Os microrganismos são encontrados na natureza nos mais variados ambientes. As características físicas desses ambientes são capazes de afetar esses microrganismos e seu crescimento. Dessa forma, os principais fatores físicos que afetam o crescimento dos microrganismos são:



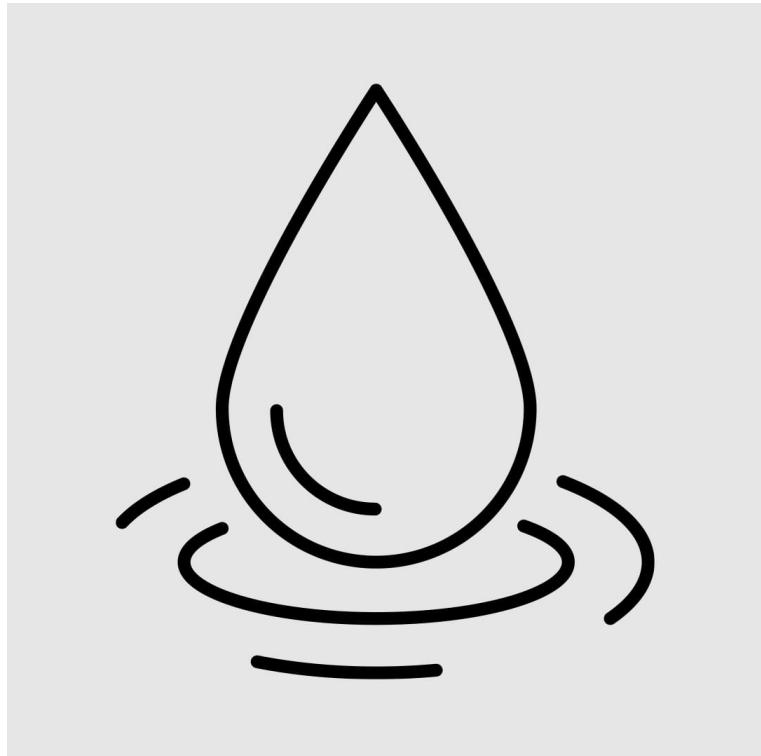
Fonte: Shutterstock.com

TEMPERATURA



Fonte: Shutterstock.com

PH



Fonte: Shutterstock.com

DISPONIBILIDADE DE ÁGUA



Fonte: Shutterstock.com

OXIGÊNIO

Neste tópico, discutiremos a importância de cada um desses fatores.

TEMPERATURA

A **temperatura** é um dos fatores físicos determinantes no crescimento microbiano. Existem microrganismos capazes de crescer nas mais variadas faixas de temperatura, e essa capacidade geralmente reflete a variação térmica e a temperatura média dos lugares onde vivem.

De modo geral, com o aumento da temperatura, ocorre aumento da velocidade das reações enzimáticas e químicas das células, tornando seu crescimento mais rápido. Porém, existe um limite de temperatura, a partir do qual os componentes das células sofrem danos irreparáveis, resultando em sua morte.



Fonte: Shutterstock.com

Assim, cada microrganismo apresenta uma:

— TEMPERATURA MÍNIMA DE CRESCIMENTO

Sendo os microrganismos incapazes de crescer em temperaturas inferiores.

TEMPERATURA ÓTIMA DE CRESCIMENTO

Representada pela temperatura mais favorável, em que os microrganismos crescem mais rapidamente.

TEMPERATURA MÁXIMA DE CRESCIMENTO

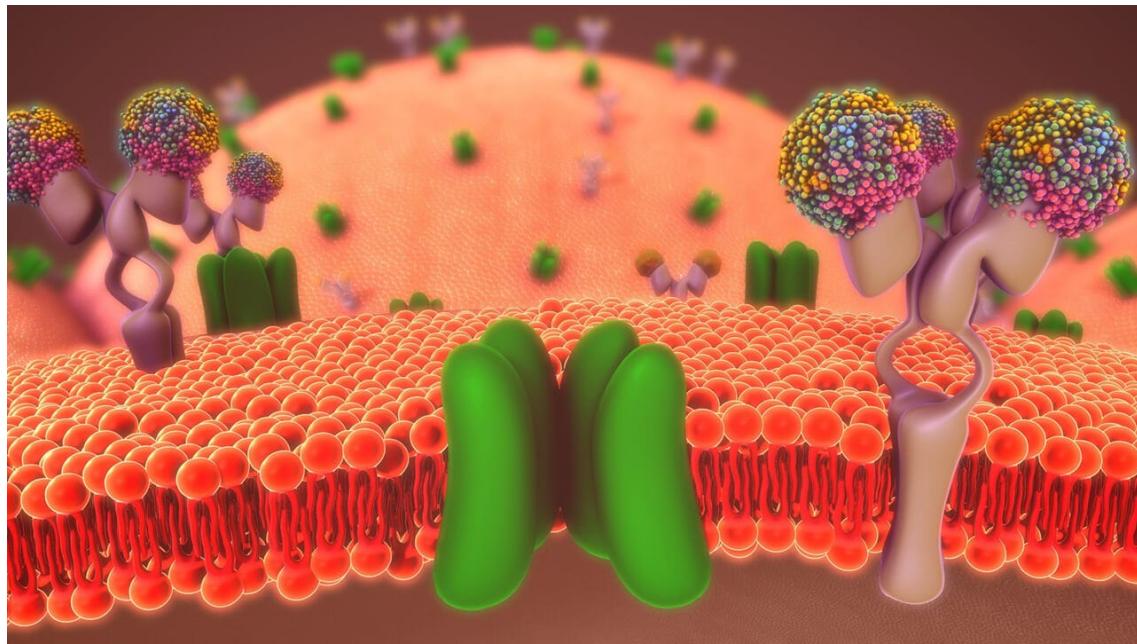
Sendo os microrganismos incapazes de crescer em temperaturas superiores.

Esse conjunto de temperaturas representa as **temperaturas cardeais** dos microrganismos, que podem ser muito diferentes entre as espécies; existem microrganismos com temperatura ótima de crescimento de 0°C e outros que têm temperatura ótima acima de 100°C, por exemplo.

O QUE DETERMINA AS TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS DE CRESCIMENTO DE UM MICRORGANISMO?

O que determina a temperatura máxima de crescimento de um microrganismo é a desnaturação de proteínas, como as enzimas. Assim, acima da temperatura máxima, as enzimas e as proteínas indispensáveis à sobrevivência da célula desnaturam, resultando na morte celular.

Em relação à temperatura mínima, os fatores ainda não são completamente definidos, mas acredita-se que estejam relacionados a características da membrana plasmática. Como a membrana atua no transporte de nutrientes e em funções bioenergéticas, ela precisa se manter em um estado semifluido para desempenhar suas funções.



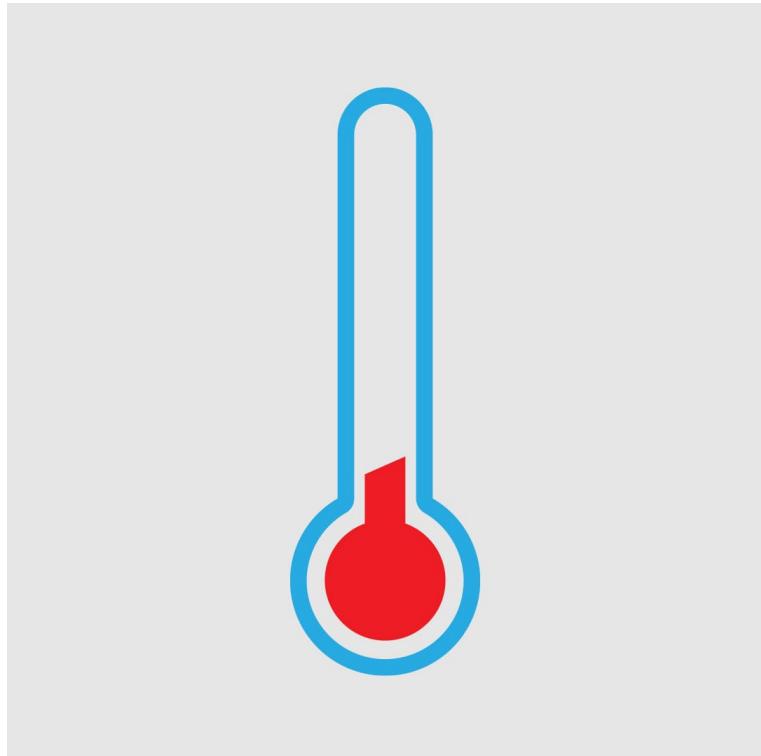
Fonte: Shutterstock.com

🕒 Ilustração 3D da membrana plasmática.

Temperaturas muito baixas podem torná-la mais rígida, impedindo o transporte de nutrientes ou a força próton-motiva, impossibilitando o crescimento microbiano. A composição de ácidos graxos da membrana plasmática dos microrganismos é determinante para sua sobrevivência a baixas temperaturas.

POR ÚLTIMO, VOCÊ SABIA QUE OS MICRORGANISMOS SÃO CLASSIFICADOS DE ACORDO COM SUA TEMPERATURA ÓTIMA DE CRESCIMENTO?

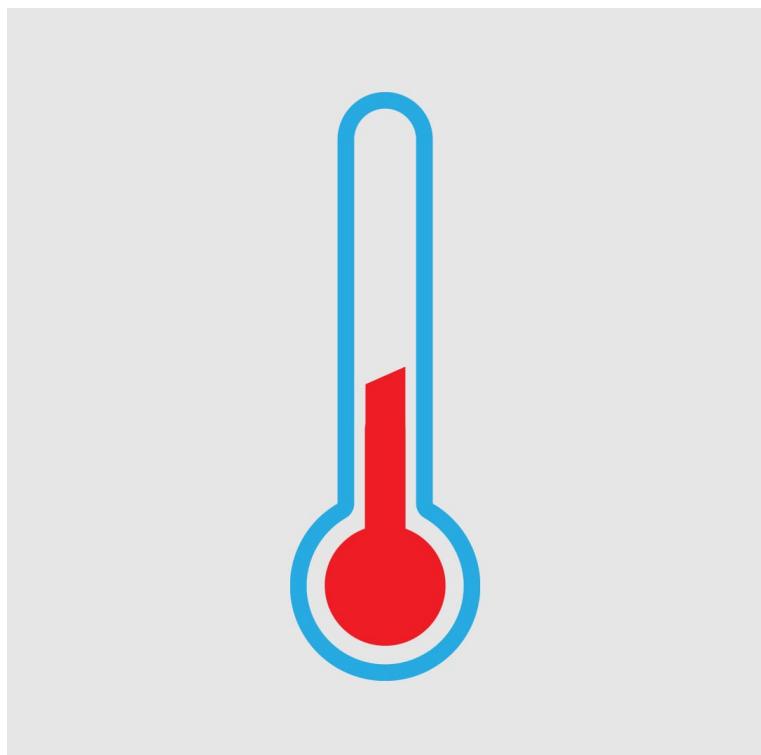
De acordo com essa classificação:



Fonte: Shutterstock.com

MICRORGANISMOS PSICRÓFILOS

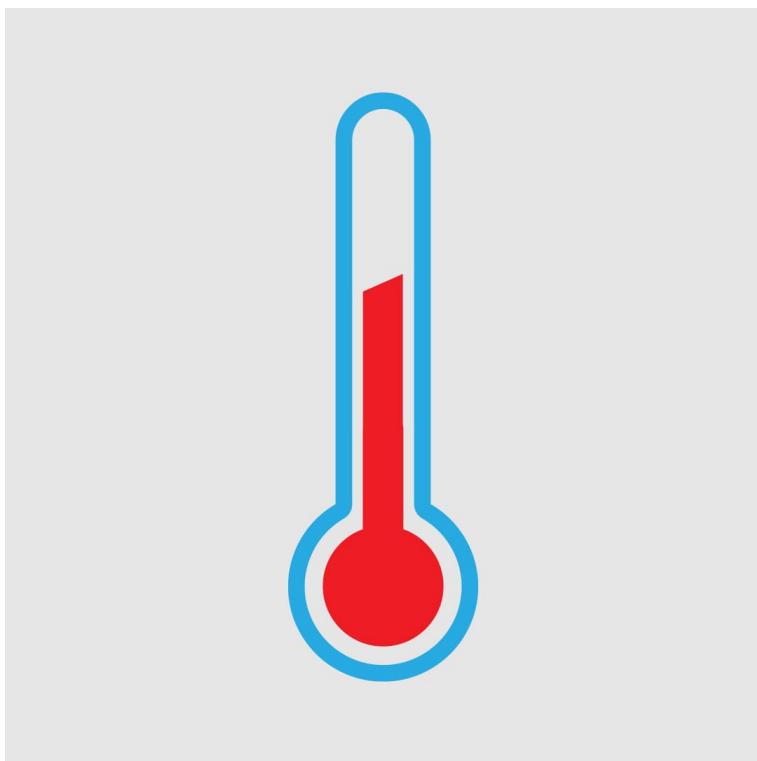
Apresentam crescimento ótimo em baixas temperaturas.



Fonte: Shutterstock.com

MICRORGANISMOS MESÓFILOS

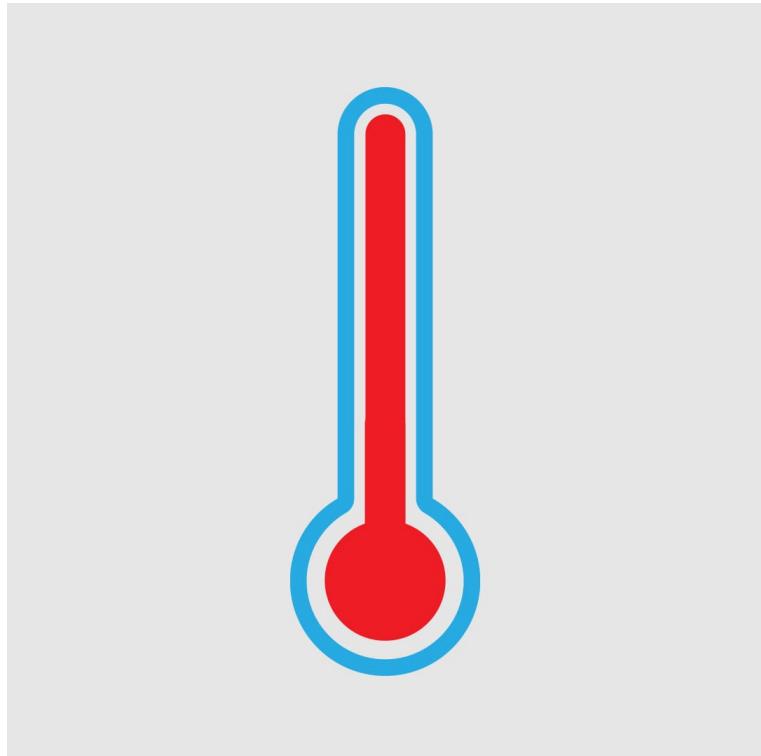
Apresentam crescimento ótimo em temperaturas medianas.



Fonte: Shutterstock.com

MICRORGANISMOS TERMÓFILOS

Apresentam crescimento ótimo em altas temperaturas.



Fonte: Shutterstock.com

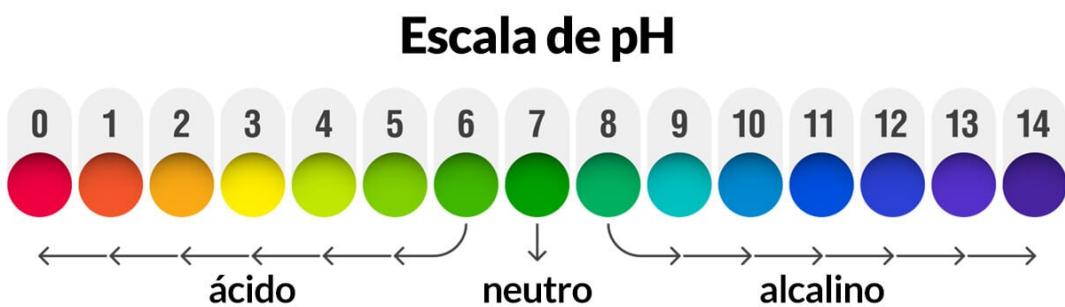
MICRORGANISMOS HIPERTERMÓFILOS

Apresentam crescimento ótimo em temperaturas extremamente elevadas.

Como você deve imaginar, os microrganismos mesófilos são os mais comumente encontrados na natureza e os mais estudados, pois são achados em locais com temperaturas temperadas e tropicais e nos animais de sangue quente. Os hipertermófilos são geralmente encontrados em fontes termais e fendas hidrotermais no fundo do oceano, têm enzimas altamente estáveis e são representados, principalmente, por bactérias e arqueias.

pH

O pH corresponde à concentração de íons hidrogênio $[H^+]$, e sua variação é grande nos diferentes ambientes. Valores de pH iguais a 7 representam pH **neutro**, pH inferior a 7 é chamado de **ácido** e pH superior a 7 é chamado de **alcalino ou básico**.



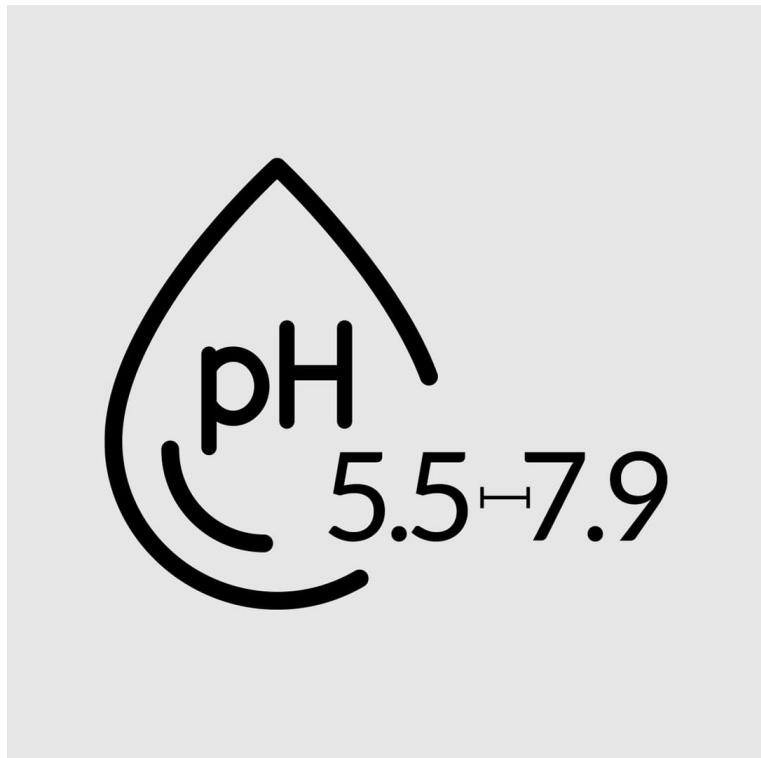
Fonte: Shutterstock.com

📷 Escala de pH.

VOCÊ SABIA QUE O PH É UMA FUNÇÃO LOGARÍTMICA?

O aumento de uma unidade de pH representa uma alteração de 10 vezes na concentração de íons hidrogênio, o que significa que a variação da quantidade de íons hidrogênio nos ambientes naturais é enorme!

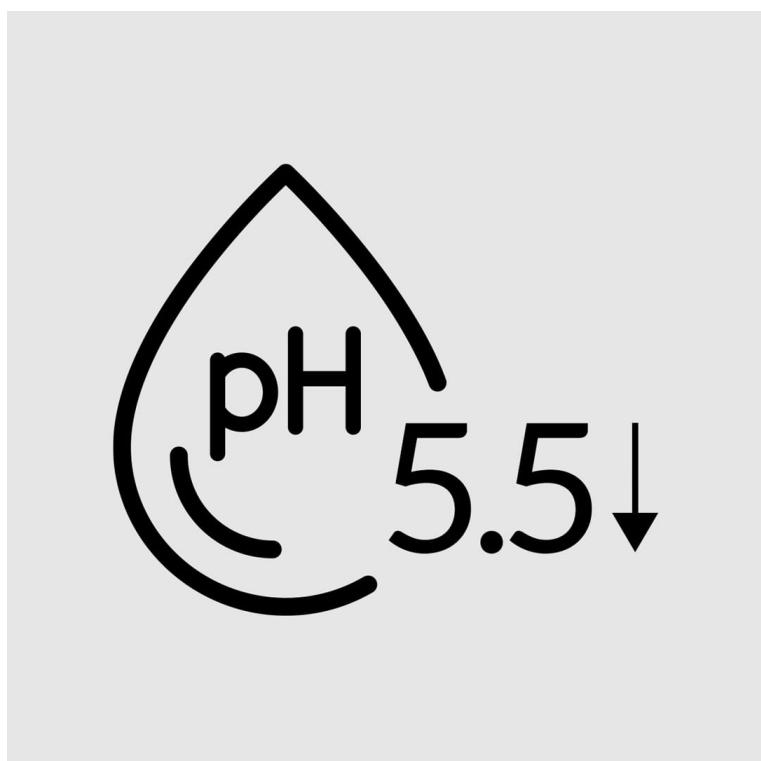
Assim como a temperatura, o pH também influencia fortemente o crescimento microbiano. Cada microrganismo é capaz de crescer em uma faixa de pH, sendo o pH ótimo aquele em que o crescimento ocorre mais rapidamente. Dessa forma, os microrganismos podem ser classificados, de acordo com o pH ótimo de crescimento, como:



Fonte: Shutterstock.com

NEUTRÓFILOS

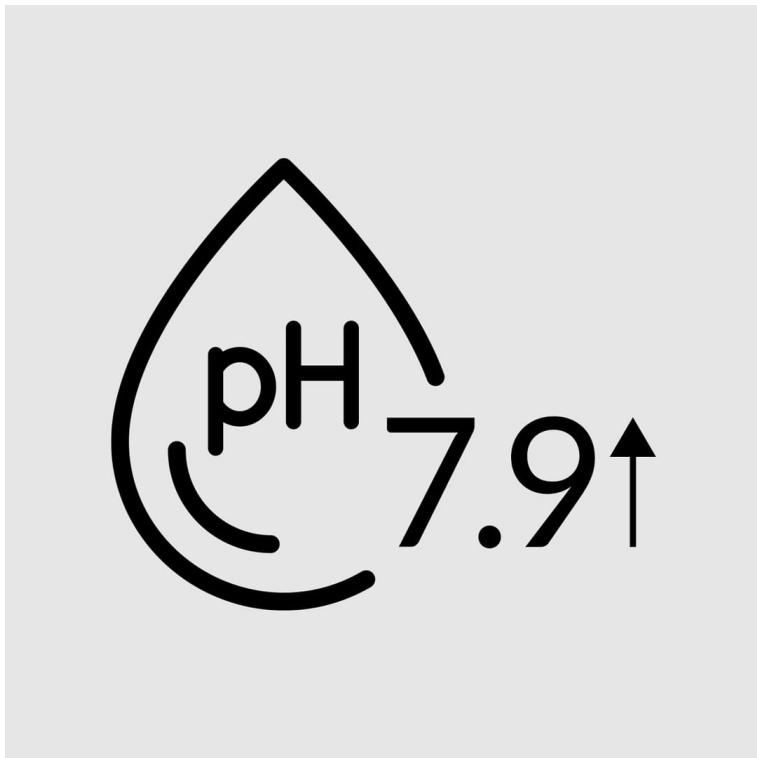
Apresentam pH ótimo de crescimento entre 5,5 e 7,9.



Fonte: Shutterstock.com

ACIDÓFILOS

Apresentam crescimento ótimo em valores de pH inferiores a 5,5.



Fonte: Shutterstock.com

ALCALIFÍLICOS

Apresentam crescimento ótimo em valores de pH superiores a 7,9.

Há diferentes classes de microrganismos acidófilos e alcalifílicos, o que significa dizer que existe uma variação de valores de pH ótimos entre os diferentes microrganismos. Por exemplo, as bactérias acidófilas *Rhodopila globiformis* e *Acidithiobacillus ferrooxidans* apresentam valores de pH para crescimento ótimo iguais a 5 e 3, respectivamente; o mesmo acontece com os microrganismos alcalifílicos.

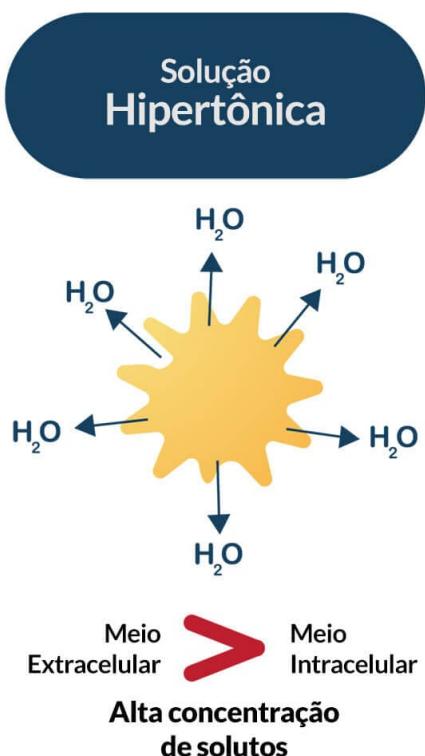
► ATENÇÃO

É importante dizer que o pH ótimo para o crescimento de um microrganismo é referente ao pH extracelular. De modo geral, o pH no interior da célula deve se manter próximo à neutralidade para evitar que as macromoléculas celulares sejam destruídas.

PRESSÃO OSMÓTICA

Atividade de água é um termo que se refere à disponibilidade de água em um ambiente. Essa disponibilidade não está apenas relacionada ao fato de o ambiente ser úmido ou seco, mas também à concentração de diferentes solutos dissolvidos na água, como sais, açúcares etc.

Os solutos apresentam a capacidade de se ligar à água, deixando-a menos disponível para os microrganismos. Ajustes fisiológicos são necessários para que os microrganismos sejam capazes de crescer em ambientes com solução hipertônica (Altas concentrações de solutos), pois, quando a concentração de soluto do ambiente supera a do citoplasma, a célula perde água por osmose, o que pode resultar em problemas sérios para a célula se ela não tiver mecanismos para contrabalançar esse processo, já que uma célula desidratada não consegue crescer.



Fonte: Shutterstock.com

- ▣ Célula em contato com solução hipertônica perde água para o meio extracelular.

Os microrganismos podem ser classificados como:

MICRORGANISMOS HALÓFILOS

MICRORGANISMOS HALOTOLERANTES

MICRORGANISMOS HALÓFILOS EXTREMOS

MICRORGANISMOS OSMÓFILOS

MICRORGANISMOS XERÓFILOS

MICRORGANISMOS HALÓFILOS

São aqueles que precisam de cloreto de sódio (NaCl) para crescer. A quantidade de NaCl necessária varia de acordo com o microrganismo e com o ambiente em que ele vive. Assim, os microrganismos marinhos geralmente necessitam de 1% a 4% de NaCl, enquanto os que vivem em ambientes mais salgados que a água do mar (chamados hipersalinos) precisam de 3% a 12% de NaCl, ou até mais que isso.

É importante destacar que os halófilos dependem de NaCl para seu crescimento, não sendo possível a substituição por outros sais (como cloreto de potássio, de cálcio ou de magnésio).

MICRORGANISMOS HALOTOLERANTES

São aqueles capazes de crescer na presença de solutos dissolvidos, mas que apresentam melhor crescimento na ausência dos solutos.

MICRORGANISMOS HALÓFILOS EXTREMOS

São aqueles que crescem na presença de concentrações extremamente altas de sal (de 15% a 30%) e, na maioria dos casos, não conseguem crescer em concentrações menores de sal.

MICRORGANISMOS OSMÓFILOS

Sobrevivem em locais ricos em açúcar.

MICRORGANISMOS XERÓFILOS

Crescem em locais muito secos (pela falta de água).

OXIGÊNIO

O oxigênio faz parte da composição de todas as células, sendo fornecido em grandes quantidades principalmente a partir da água. Porém, a capacidade de metabolizar o oxigênio molecular não é universal. Assim, para algumas células, o oxigênio é essencial, enquanto, para outras, é tóxico. Dessa forma, os microrganismos podem ser classificados da seguinte maneira, de acordo com a sua necessidade ou tolerância ao oxigênio:

CRESCIMENTO BACTERIANO



Fonte: Shutterstock.com

- ▢ Crescimento X Concentração de O₂. Da esquerda para a direita - 1º tubo: aeróbios; 2º tubo: anaeróbios; 3º tubo: aeróbios facultativos; 4º tubo: anaeróbios aerotolerantes; 5º tubo: microaerófilos.

AERÓBIOS

Capazes de crescer na presença de grandes quantidades de oxigênio, como o ar atmosférico, que tem 21% de O₂.

ANAERÓBIOS

Incapazes de respirar oxigênio.

AERÓBIOS FACULTATIVOS

Crescem melhor na presença de oxigênio, mas ele não é essencial.

ANAERÓBIOS AEROTOLERANTES

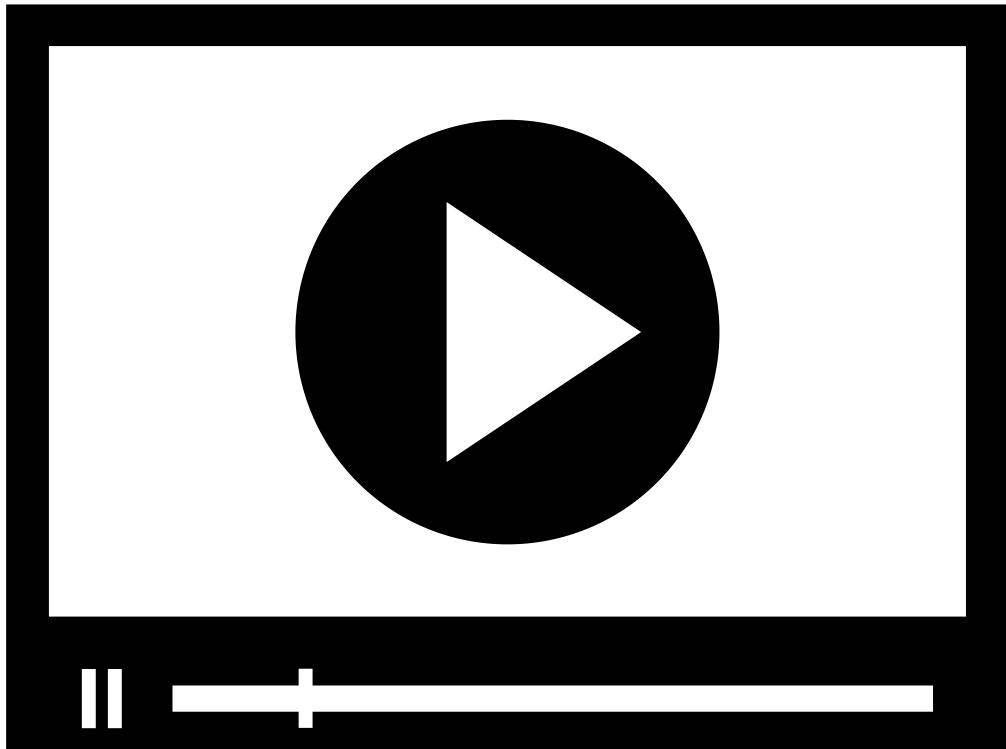
Capazes de crescer na presença de oxigênio, mas sem utilizá-lo.

MICROAERÓFILOS

Capazes de crescer somente na presença de pequenas quantidades de oxigênio (inferiores aos níveis de oxigênio do ar).

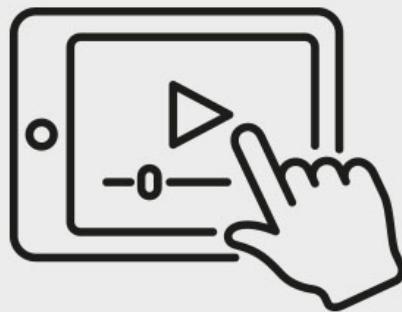
ANAERÓBIOS OBRIGATÓRIOS

Capazes de crescer exclusivamente na ausência de oxigênio, sendo o oxigênio nocivo ou letal para eles.



Neste vídeo, a Professora Lívia Helena fala sobre os diferentes meios de cultura usados em laboratório para estudar os diferentes grupos bacterianos.

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.

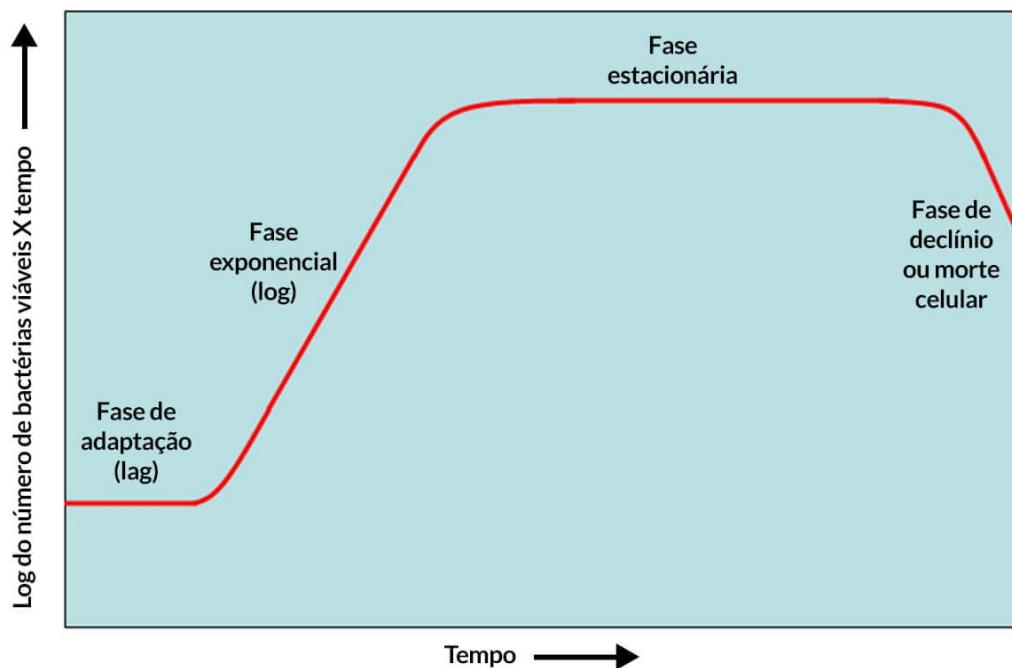


CURVA DE CRESCIMENTO MICROBIANO

O crescimento microbiano pode ser definido como o aumento do número de células de uma população. Nesse sentido, uma população microbiana em um ambiente fechado, como um frasco ou tubo, não cresce indefinidamente, apresentando o que chamamos de **curva de crescimento**.

A curva de crescimento microbiano apresenta algumas fases, nas quais eventos bioquímicos diferentes ocorrem.

Curva de crescimento bacteriano



Fonte: Gonn / Wikimedia commons/licença(CC BY 3.0)

🕒 Curva de crescimento microbiano.

Tradicionalmente, são descritas quatro fases para o crescimento de células procarióticas em cultura:

FASE LAG

A primeira fase, chamada de lag, é conhecida como a fase de adaptação. Nessa fase, os microrganismos estão se preparando para a divisão celular, transportando nutrientes, sintetizando DNA e enzimas necessárias para esse processo. Nesse momento, as células aumentam em tamanho, mas não em número. A duração dessa fase pode ser bem variável, dependendo do inóculo e das condições de crescimento. Em condições laboratoriais, a fase lag ocorre em algumas situações:

Quando a população microbiana é inoculada de um meio de cultura para outro, de composição diferente (principalmente quando a transferência é feita de um meio de cultura rico em nutrientes para um meio mais pobre).

Quando as células microbianas sofrem algum tipo de dano (por ação do calor, da radiação ou de compostos químicos tóxicos, por exemplo) e necessitam de um tempo para que esses danos possam ser reparados.

Quando o inóculo das células microbianas é proveniente de uma cultura que se encontra na fase estacionária (ou seja, cultura antiga).

Quando o inóculo tem poucas células viáveis.

Ao contrário, a fase lag não ocorre quando os microrganismos que estão crescendo em fase exponencial são inoculados em um novo meio de cultura, mas quando apresenta a mesma composição e condições de crescimento, como temperatura, aeração etc. Nesse caso, o crescimento exponencial começa a ocorrer imediatamente.

FASE EXPONENCIAL

A fase exponencial (também chamada de fase log) representa a melhor fase do crescimento microbiano, momento em que a divisão celular se encontra ativa e o crescimento é intenso. Diversos fatores podem influenciar a taxa de crescimento exponencial, como temperatura, pH, composição do meio de cultura, além das características genéticas de cada microrganismo.

Além disso, o tamanho celular afeta diretamente a taxa de crescimento: células microbianas menores tendem a crescer mais rapidamente que células maiores. Dessa forma, os procariotos crescem mais rápido que os eucariotos, enquanto as células eucarióticas menores crescem mais rápido que as células eucarióticas maiores. Isso se deve ao fato de as células menores serem capazes de trocar nutrientes com o ambiente e excretar produtos mais rapidamente, o que resulta em vantagem metabólica que torna seu crescimento mais rápido.

Geralmente, as células que estão na fase exponencial de crescimento estão mais saudáveis e, por esse motivo, são frequentemente escolhidas para o estudo em laboratório de seus componentes celulares ou de atividades enzimáticas.

FASE ESTACIONÁRIA

Em um meio de cultura, o crescimento exponencial de microrganismos não ocorre de maneira indefinida, pois os nutrientes do meio se esgotam após um tempo, e substâncias tóxicas liberadas pelas próprias células microbianas vão se acumulando no meio de cultura. Dessa forma, as células param de crescer, não sendo observados aumento nem diminuição do número de células. Essa fase é conhecida como estacionária.

Entretanto, muitas funções celulares relacionadas ao metabolismo energético e de síntese continuam ativas nessa fase. Um crescimento muito lento ainda pode ser observado em alguns microrganismos.

FASE DE DECLÍNIO OU MORTE

Na fase de declínio ou morte, o número de células que morrem é maior que o número de células que se multiplicam. Nesse momento, os nutrientes do meio já estão completamente esgotados e ricos em substâncias tóxicas, e as células perdem a viabilidade independentemente das condições ambientais. A duração dessa fase é bem variável entre as diferentes espécies microbianas, e até mesmo entre cepas diferentes de uma mesma espécie.

De modo geral, a taxa de morte das células é mais lenta que a taxa de crescimento exponencial e, muitas vezes, células podem continuar vivas em cultura por muitos meses.

SAIBA MAIS

O crescimento microbiano geralmente é o aumento do número de células ou da massa celular por unidade de tempo. Durante a divisão celular (que ocorre por fissão binária) todos os componentes celulares são duplicados. O intervalo que uma célula origina duas é denominado tempo de geração. O tempo de geração varia entre os organismos e as condições ambientais.

Podemos estimar o tamanho populacional através da fórmula:

$$N = N_0 \cdot 2^N$$

Onde:

N: número de microrganismos final

N_0 : Número de organismos inicial

n: tempo de geração

Exemplo:

Sabendo que o tempo de geração da bactéria *E. coli* é de 20 minutos, partindo-se de uma única bactéria, quantas células bacterianas serão obtidas após 1 hora de cultivo?

 Resolução:

1 hora de cultivo (60 minutos)

Tempo de geração: 20 minutos, então tivemos 3 gerações

N = 1

Então:

N = $1 \cdot 2^3$

N = 8 bactérias

VERIFICANDO O APRENDIZADO

1. AS CARACTERÍSTICAS DOS DIFERENTES AMBIENTES SÃO CAPAZES DE AFETAR DIRETAMENTE O CRESCIMENTO MICROBIANO. DESSA FORMA, OS MICRORGANISMOS PODEM SER CLASSIFICADOS COM BASE EM DIVERSOS PARÂMETROS FÍSICOS. TENDO ISSO EM MENTE, MARQUE A ÚNICA ALTERNATIVA CORRETA:

- A)** Microrganismos mesófilos são aqueles que apresentam temperatura ótima de crescimento próxima a 0°C.
- B)** Microrganismos halófilos dependem da presença de sal para seu crescimento.
- C)** Microrganismos microaerófilos não são capazes de crescer na presença de pouca quantidade de oxigênio.
- D)** Microrganismos anaeróbios aerotolerantes são capazes de crescer utilizando oxigênio.
- E)** Microrganismos acidófilos têm pH ótimo de crescimento igual a 7.

2. O CRESCIMENTO MICROBIANO CORRESPONDE AO AUMENTO DO NÚMERO DE CÉLULAS DE UMA POPULAÇÃO. AO CRESCER EM UM FRASCO QUE CONTÉM MEIO DE CULTURA, UM MICRORGANISMO APRESENTA UMA CURVA DE CRESCIMENTO COMPOSTA POR DIFERENTES FASES. DENTRE AS OPÇÕES A SEGUIR, MARQUE AQUELA QUE REPRESENTA UMA FASE DO CRESCIMENTO MICROBIANO QUE PODE NÃO OCORRER:

- A)** Fase lag.
- B)** Fase log.
- C)** Fase estacionária.
- D)** Fase de declínio.
- E)** Fase de morte.

GABARITO

1. As características dos diferentes ambientes são capazes de afetar diretamente o crescimento microbiano. Dessa forma, os microrganismos podem ser classificados com base em diversos parâmetros físicos. Tendo isso em mente, marque a única alternativa correta:

A alternativa "**B**" está correta.

Para crescer, os microrganismos halófilos precisam de sal, não sendo possível a substituição por outros solutos.

2. O crescimento microbiano corresponde ao aumento do número de células de uma população. Ao crescer em um frasco que contém meio de cultura, um microrganismo apresenta uma curva de crescimento composta por diferentes fases. Dentre as opções a seguir, marque aquela que representa uma fase do crescimento microbiano que pode não ocorrer:

A alternativa "**A**" está correta.

Um microrganismo pode não apresentar a fase lag quando está na fase log (ou exponencial) e é inoculado em um mesmo meio de cultura sob as mesmas condições de crescimento. Nesse caso, a fase log começa imediatamente.

MÓDULO 2

-
- ◎ Identificar as principais formas de controlar o crescimento de microrganismos

CONTROLE DO CRESCIMENTO MICROBIANO: DEFINIÇÃO DE TERMOS

Os microrganismos estão presentes nos mais variados ambientes. Dessa forma, ao longo da nossa vida, realizamos ações para manter os microrganismos controlados tanto no nosso corpo quanto no ambiente em que vivemos. No dia a dia, algumas ações são realizadas para controlar ou diminuir o crescimento microbiano, como, por exemplo:



Fonte: Shutterstock.com

TOMAR BANHO



Fonte: Shutterstock.com

ESCOVAR OS DENTES



Fonte: Shutterstock.com

LIMPAR A CASA



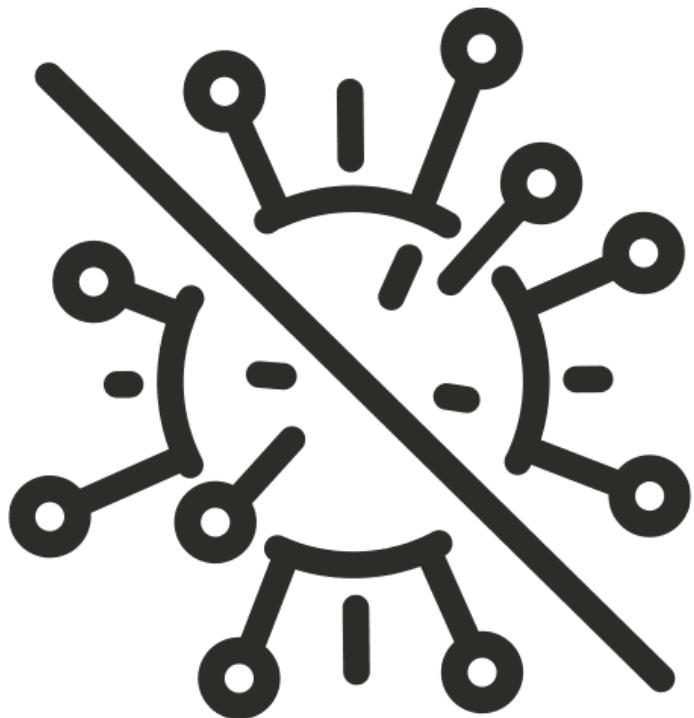
Fonte: Shutterstock.com

LAVAR AS ROUPAS E AS LOUÇAS

O controle do crescimento microbiano é fundamental nas mais diversas áreas, como na área da saúde, nas indústrias farmacêutica, alimentícia e de bebidas etc. Em hospitais, os cuidados para se evitar a transmissão de doenças infecciosas envolvem os mais variados aspectos, que vão desde os cuidados para proteger tanto os profissionais de saúde como os pacientes (ao fazer uso de equipamentos de proteção individual adequados) até a higienização correta dos ambientes e a esterilização dos dispositivos utilizados nos pacientes.

A ELIMINAÇÃO TOTAL DE MICRORGANISMOS É FUNDAMENTAL EM ALGUMAS SITUAÇÕES, MAS NEM SEMPRE É ALCANÇÁVEL NA PRÁTICA; NESSES CASOS, PROCESSOS QUE VISAM DIMINUIR A CARGA MICROBIANA A UM NÍVEL SEGURO SÃO ESSENCIAIS E MUITO EMPREGADOS.

Agora, vamos conhecer a definição dos principais termos utilizados no controle do crescimento microbiano, que nos ajudarão a entender os assuntos discutidos mais adiante.



FONTE: SHUTTERSTOCK.COM



Fonte: Shutterstock.com

ESTERILIZAÇÃO

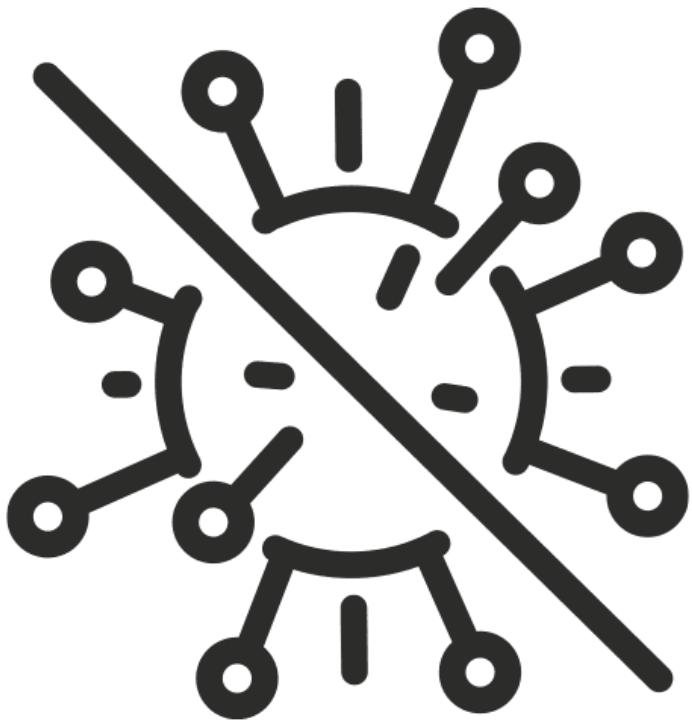
Refere-se à eliminação total dos microrganismos. Assim, um objeto ou uma solução estéril não apresenta nenhuma forma de vida. Durante uma cirurgia, por exemplo, todos os instrumentos utilizados devem estar estéreis, para que sejam seguros e não atuem como fonte de infecção para o paciente.

DESINFECÇÃO

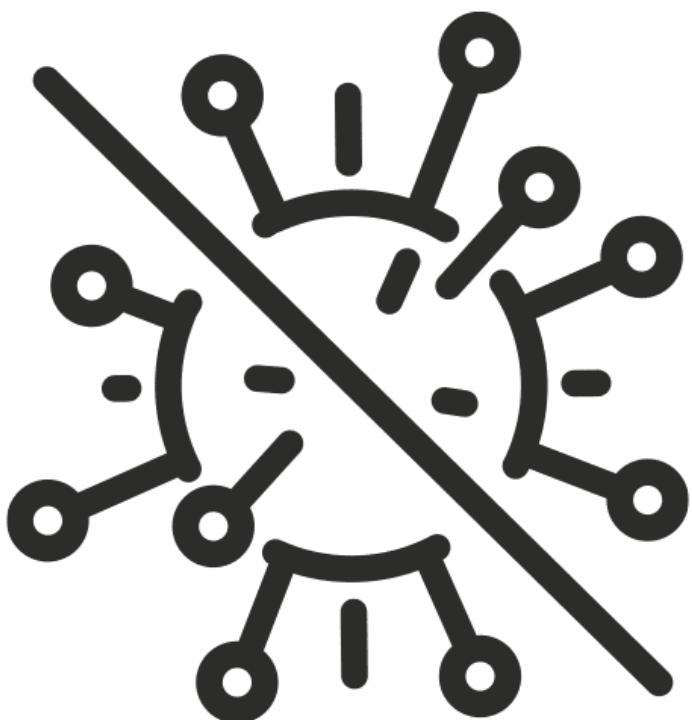
Consiste na eliminação parcial (ou na redução) do número de microrganismos (principalmente patogênicos) presentes em um material inanimado. A desinfecção é realizada com o uso de desinfetantes. Por exemplo, a famosa água sanitária (hipoclorito de sódio) é um desinfetante muito eficaz que pode ser utilizado com diversos fins.



Fonte: Shutterstock.com



FONTE: SHUTTERSTOCK.COM



FONTE: SHUTTERSTOCK.COM



Fonte: Shutterstock.com

DESCONTAMINAÇÃO

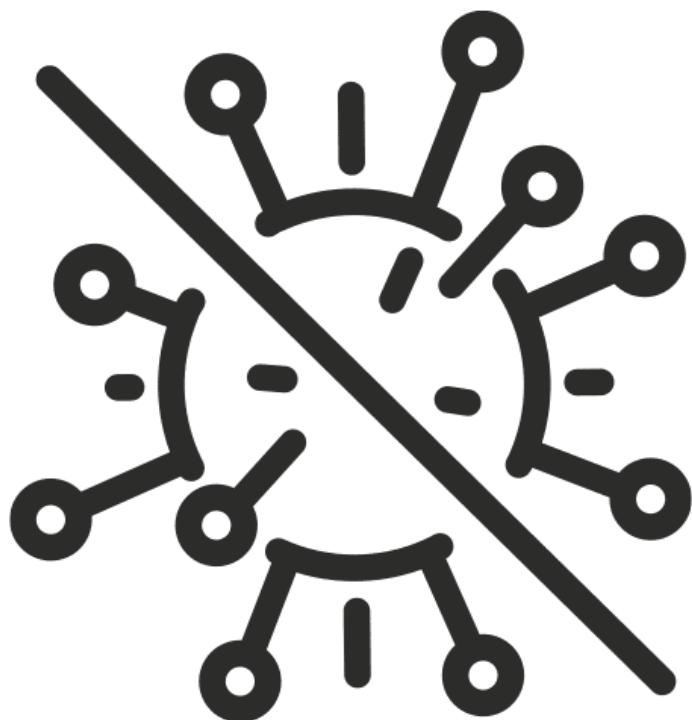
Consiste na redução da carga microbiana de um objeto ou uma superfície para tornar seu uso seguro, porém é um processo mais simples, que não requer a utilização de desinfetantes e não está relacionado especificamente a microrganismos patogênicos. Um exemplo simples seria a limpeza de utensílios de cozinha para retirar restos de alimentos, removendo os microrganismos que possam estar presentes ali, diminuindo a chance de crescimento de novos microrganismos.

ANTISSEPSIA

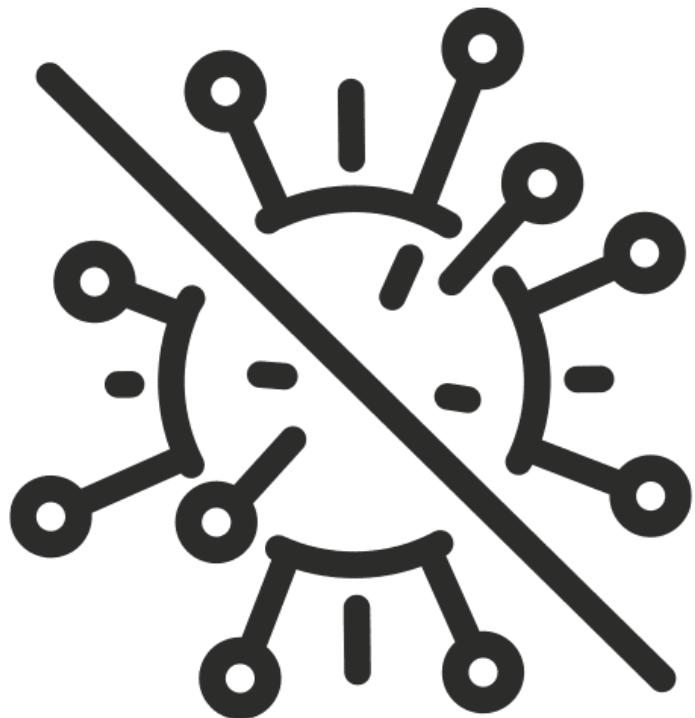
É um processo semelhante à desinfecção, ou seja, tem por objetivo reduzir o número de microrganismos, porém se refere à utilização em tecidos vivos. A antisepsia é realizada com o uso de antissépticos. Os antissépticos não devem provocar danos aos tecidos vivos e são de uso externo, não podendo entrar em contato com mucosas ou com o sangue. Como exemplo, podemos citar a utilização de álcool etílico a 70% para realizar a antisepsia das mãos.



Fonte: Shutterstock.com



FONTE: SHUTTERSTOCK.COM



FONTE: SHUTTERSTOCK.COM



Fonte: Shutterstock.com

ASSEPSIA

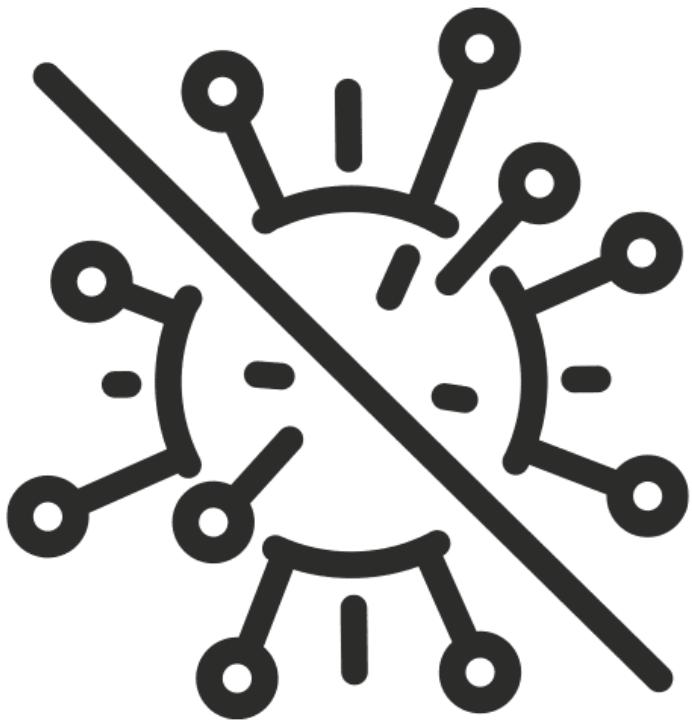
Tem por objetivo impedir que microrganismos alcancem locais que devem permanecer estéreis, como a corrente sanguínea ou um meio de cultura que tenha sido esterilizado em laboratório.

QUIMIOTERAPIA

Visa eliminar seletivamente microrganismos de seres vivos. Assim, se uma pessoa apresenta um quadro de infecção, antimicrobianos ou quimioterápicos devem ser usados para que ela fique curada.



Fonte: Shutterstock.com



FONTE: SHUTTERSTOCK.COM

As técnicas utilizadas para o controle do crescimento microbiano podem apresentar dois efeitos diferentes:

EFEITO ESTÁTICO

Pode ser bacteriostático, fungistático ou virustático. É assim caracterizado quando apenas inibe o crescimento do microrganismo.

EFEITO MICROBICIDA

Quando resulta na morte do microrganismo (sendo o efeito ideal).

Por fim, essas técnicas podem apresentar diferentes alvos na célula microbiana, como:

PAREDE CELULAR

Resultando na lise osmótica da célula

MEMBRANA PLASMÁTICA

Levando à perda de integridade celular

ENZIMAS CITOPLASMÁTICAS

Alterando o metabolismo da célula e a síntese de proteínas

DNA

Impedindo a replicação celular e a síntese de proteínas

Agora que já conhecemos esses importantes termos, vamos, juntos, estudar os métodos utilizados para controlar o crescimento dos microrganismos?

MÉTODOS ANTIMICROBIANOS

Existem diferentes métodos que podem ser utilizados para o controle do crescimento microbiano. Esses métodos podem ser classificados como **físicos** e **químicos**. A escolha do método a ser utilizado deve ser feita de acordo com as características do material e o uso a que se destina.

MÉTODOS ANTIMICROBIANOS FÍSICOS

Os principais métodos físicos de controle do crescimento microbiano incluem o **calor**, a **radiação** e a **filtração**. Esses métodos são amplamente utilizados em nossas casas, no ambiente hospitalar e na indústria com o objetivo de realizar a descontaminação, a desinfecção e a esterilização de objetos e ambientes.

DENTRE OS MÉTODOS FÍSICOS, O MAIS UTILIZADO É O CALOR.

A seguir, vamos conhecer melhor cada um dos métodos físicos.

CALOR

O **calor** é o método mais utilizado para o controle do crescimento microbiano por ser eficaz, econômico e de fácil aplicação. A susceptibilidade dos microrganismos ao calor é influenciada pela temperatura, pelo tempo de duração do tratamento térmico e pelo tipo de calor utilizado (úmido ou seco).

► ATENÇÃO

Cada microrganismo apresenta uma temperatura considerada letal, e o tempo necessário para sua eliminação também depende do número de células presentes. As células microbianas são eliminadas em escala exponencial pela ação do calor.

A aplicação do calor pode levar à desnaturação de proteínas da célula, a quebras na molécula de DNA e à perda da integridade de membrana, resultando na morte do microrganismo.

Os variados microrganismos apresentam uma susceptibilidade diferenciada ao calor:

FORMAS VEGETATIVAS DE BACTÉRIAS

São destruídas por temperaturas entre 60°C e 70°C.

ESPOROS BACTERIANOS (ESTRUTURAS DE

RESISTÊNCIA)

São destruídos apenas por temperaturas superiores a 100°C.

FORMAS VEGETATIVAS DE FUNGOS

São destruídas por temperaturas entre 50°C e 60°C.

ESPOROS FÚNGICOS (ESTRUTURAS DE REPRODUÇÃO)

São destruídos entre 70°C e 80°C.

CALOR ÚMIDO

O **calor úmido** se refere à utilização da água na forma de vapor. O vapor apresenta maior poder de penetração na célula microbiana, já que o principal componente das células é a água. A umidade em alta temperatura causa a desnaturação de proteínas (coagulação) e auxilia no rompimento das pontes de hidrogênio. O calor úmido é geralmente aplicado em materiais em solução aquosa. Os métodos que empregam o calor úmido são descritos a seguir:

AUTOCLAVE

Equipamento de aquecimento fechado que utiliza o vapor d'água sob pressão (121°C/ 10-30 min) para **esterilização** de materiais. É capaz de destruir formas vegetativas e esporuladas de bactérias, sendo muito utilizado para esterilização de vidrarias e meios de cultura em laboratório.

O autoclave tem o mesmo princípio de funcionamento de uma panela de pressão: ao atingir 100°C, a água no interior do equipamento começa a ferver, produzindo vapor; como o vapor não tem por onde sair, a pressão no interior da autoclave aumenta, permitindo, assim, que a

temperatura ultrapasse 100°C. No processo de autoclavagem, não é a pressão no interior da autoclave que mata os microrganismos, mas, sim, as altas temperaturas alcançadas.

TINDALIZAÇÃO

É um processo de **esterilização** fracionado ou intermitente, ou seja, realizado em etapas (100°C/20 min/3 dias – o que significa dizer que, durante três dias seguidos, determinado material é exposto à temperatura de 100°C por 20 minutos). Esse processo destrói formas vegetativas e esporuladas de microrganismos, sendo muito usado em medicamentos termolábeis (sensíveis ao calor) e na produção de vacinas.

PASTEURIZAÇÃO

A pasteurização não é um método de esterilização, e sim um método utilizado para eliminar microrganismos patogênicos e reduzir o número de células vegetativas dos outros microrganismos presentes. Consiste na exposição rápida a uma temperatura relativamente elevada, existindo dois tipos:

Alta temperatura – HTST (72°C/15 s);

Baixa temperatura – LTH (63°C/30 min).

É muito usado na fabricação de alimentos que não podem ser submetidos a temperaturas elevadas por um período longo, como leite e cerveja.

ULTRA-HIGH TEMPERATURE

O método UHT utiliza uma temperatura extremamente elevada por um tempo curto, para não alterar as características do alimento e aumentar seu **tempo de prateleira**. É muito usado na fabricação do leite longa vida (141 °C/2 s).

TEMPO DE PRATELEIRA

Termo utilizado para indicar o tempo de vida útil de um alimento, como, por exemplo, quanto tempo ele vai conseguir manter suas características (sabor, aroma e coloração).

ÁGUA EM EBULIÇÃO

O método que utiliza água em ebulação consiste na utilização do vapor d'água livre ($100^{\circ}\text{C}/20\text{ min}$). Como esse método não é aplicado em um sistema fechado, a água não ultrapassa 100°C . A água em ebulação apenas destrói as formas vegetativas, ou seja, não esteriliza o material. É muito usado no preparo de alimentos.

CALOR SECO

Os métodos que empregam o **calor seco** são menos eficientes que aqueles que utilizam o calor úmido, pois o poder de penetração nas células é menor. Assim, para garantir a eliminação dos microrganismos (incluindo os esporos bacterianos), são necessárias temperaturas mais elevadas e um intervalo de tempo maior.

O calor seco age por meio da desidratação das células, resultando na precipitação de solutos e na oxidação de macromoléculas. Geralmente, é aplicado em materiais que não estão em solução aquosa ou que são impermeáveis ao vapor d'água. Os métodos que empregam calor seco são apresentados a seguir.

FORNO OU ESTUFA

É um método de esterilização quando usado a 180°C por duas horas. Muito usado para esterilização de materiais resistentes ao calor, mas que não podem entrar em contato com umidade, como metais oxidáveis (exemplos: instrumentais cirúrgicos e odontológicos), óleos e materiais em pó. Também pode ser usado para esterilização de vidrarias.

FLAMBAGEM

É um método de esterilização usado em alças e agulhas microbiológicas (utilizadas para a transferência asséptica de microrganismos em laboratório). Elas são feitas de metais resistentes ao fogo e, quando aquecidas ao rubro na chama de um bico de Bunsen, garantem a combustão de qualquer material que esteja presente em sua superfície.

INCINERAÇÃO

Consiste na combustão completa ($500^{\circ}\text{C}/1\text{ h}$) de material hospitalar a ser descartado (como seringas, agulhas, luvas, curativos etc.), evitando que ocorra a contaminação do ambiente com microrganismos patogênicos que possam estar nestes materiais.

RADIAÇÃO

A **radiação** consiste em energia na forma de ondas eletromagnéticas. A quantidade de energia de uma radiação é inversamente proporcional ao seu comprimento de onda, ou seja, quanto menor o comprimento de onda, maior a energia. Geralmente, a radiação ionizante e a radiação ultravioleta são usadas em produtos e ambientes que não toleram variações de temperatura para o controle do crescimento microbiano.

RADIAÇÕES IONIZANTES

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

RADIAÇÕES IONIZANTES

Há dois tipos de radiações ionizantes, os raios X e os raios γ (gama). São radiações com alta energia (apresentam baixo comprimento de onda), capazes de causar a ionização de moléculas pela perda de elétrons, resultando na formação de radicais livres. Sua ação mais prejudicial é no DNA, cujas fitas são clivadas; esse dano no material genético impede que a replicação do microrganismo ocorra, levando à morte da célula.

Essas radiações têm alto poder de penetração, esterilizando materiais. São utilizadas principalmente para a esterilização de materiais de plástico e alimentos termolábeis, pois não deixam resíduos de radiação.

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Tem comprimento de onda maior e, consequentemente, menos energia. Porém, seu comprimento de onda é absorvido pela molécula de DNA, resultando em mutações na célula, ou seja, a radiação ultravioleta é mutagênica. Causa a morte de microrganismos, mas seu poder de penetração é muito baixo, deixando seu uso restrito a superfícies (ela não traspassa sólidos, atravessando bem pouco líquidos). É muito usada para esterilização de centros cirúrgicos e câmaras de fluxo laminar em laboratórios.

FILTRAÇÃO

O processo de filtração não tem por objetivo a eliminação dos microrganismos, e sim sua separação dos componentes de uma solução ou do ar por meio da sua retenção em um filtro. Os filtros podem ser feitos de diferentes materiais (como celulose, amianto, acetato, teflon etc.) e apresentam poros muito pequenos (0,20 a 0,25 µm), que impedem a passagem dos microrganismos, mas possibilitam a passagem de líquidos e gases.

OS FILTROS NÃO SÃO CAPAZES DE RETER VÍRUS.

Esse processo apresenta duas principais aplicações:



Fonte: Shutterstock.com

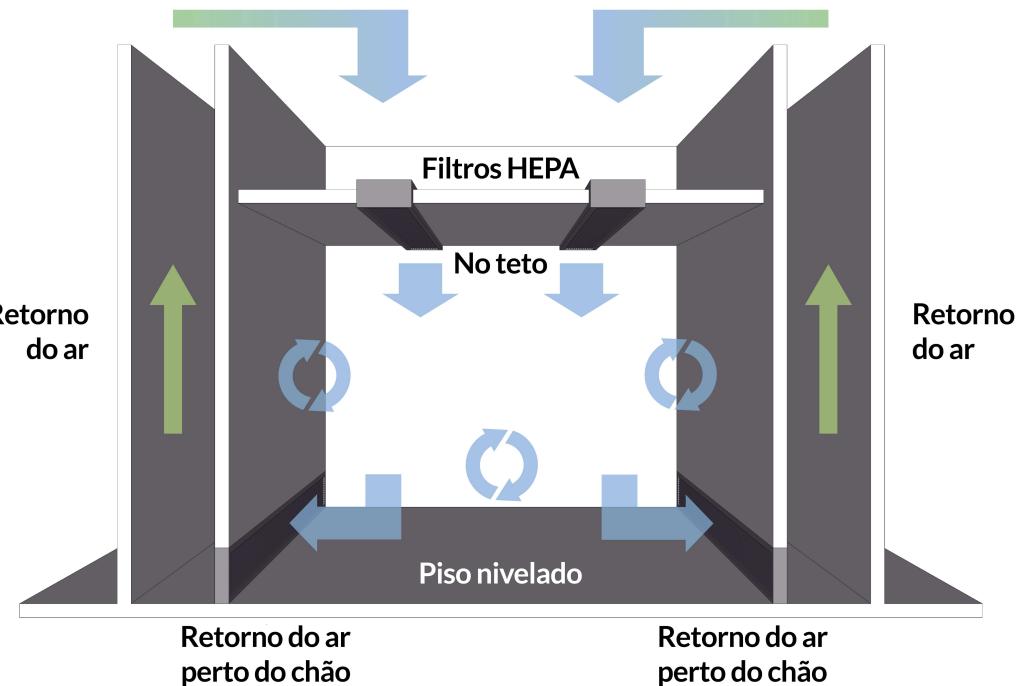
- 📷 Meio de cultura sendo esterilizado por um sistema de filtração a vácuo (o ar é removido por uma bomba a vácuo ligada a um kitasato).



Fonte: Shutterstock.com

▣ Filtro para seringa utilizado para esterilização de pequenos volumes.

- 1) Esterilização de soluções que contenham componentes termolábeis (que, portanto, não podem ser autoclavadas), como vitaminas, enzimas, soluções para administração intravenosa etc.
- 2) Esterilização do ar, como em câmaras de fluxo laminar, centros cirúrgicos e ambientes industriais; nesses casos, são utilizados filtros HEPA (feitos de acetato de celulose), capazes de reter partículas menores que $0,3\text{ }\mu\text{m}$. Nas câmaras de fluxo laminar, por exemplo, o ar é forçado a circular em seu interior por ação de um motor, passando pelos filtros HEPA, nos quais os microrganismos ficam retidos. Esses equipamentos são utilizados em indústrias e laboratórios de pesquisa, que trabalham com microrganismos patogênicos que não podem ser dispersos no ambiente, por exemplo.



Fonte: Shutterstock.com

▣ Esquema de filtração do ar em uma câmara de fluxo laminar.

MÉTODOS ANTIMICROBIANOS QUÍMICOS

O crescimento microbiano pode ser controlado pelo uso de produtos químicos. Um produto químico natural ou sintético capaz de matar ou inibir o crescimento de microrganismos é chamado de **agente antimicrobiano**. De acordo com sua ação sobre células bacterianas, esses agentes podem ser classificados como:

BACTERIOSTÁTICOS

Quando inibem o crescimento

BACTERICIDAS

Quando matam as células

BACTERIOLÍTICOS

Quando causam lise celular

Os compostos químicos são geralmente utilizados em situações em que os métodos físicos não podem ser empregados no controle do crescimento microbiano, como em equipamentos médicos termolábeis, pisos e paredes de hospitais e clínicas, além das mãos e braços de profissionais da saúde e da pele dos pacientes.

De modo geral, os agentes antimicrobianos têm maior ação sobre células vegetativas, ou seja, aquelas que apresentam metabolismo ativo. Eles também eliminam os microrganismos em escala exponencial, de maneira semelhante ao uso do calor.

Diversos fatores podem afetar a eficácia de um agente antimicrobiano, como:

CONCENTRAÇÃO DA SUBSTÂNCIA E O TEMPO DE CONTATO

Geralmente, quanto maior a concentração, menor é o tempo de exposição necessário.

pH

Costumam ser mais ativos em valores de pH neutros ou levemente ácidos.

TEMPERATURA

PRESENÇA DE MATERIAL ORGÂNICO

Como sangue, fezes, urina, vômito, pus etc., que podem isolar o microrganismo e dificultar a ação dos compostos químicos.

TIPO DE MICRORGANISMO

► ATENÇÃO

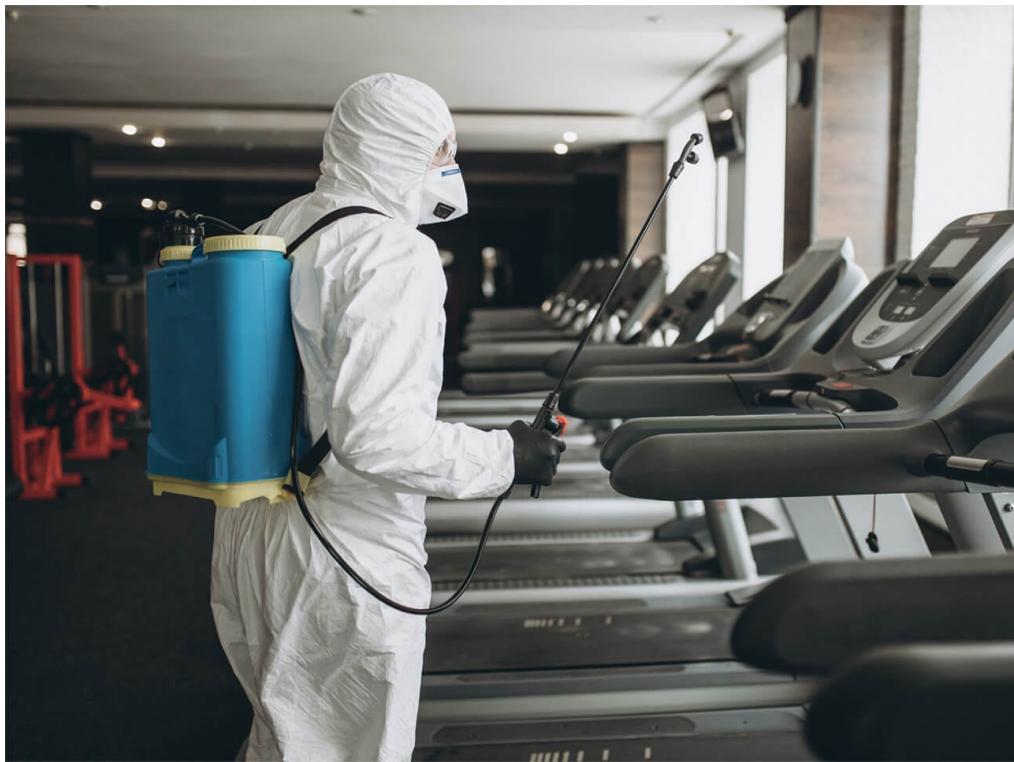
Todos esses fatores devem ser levados em conta no momento da escolha de um agente antimicrobiano.

DESINFETANTES

Os desinfetantes são utilizados nos ambientes doméstico, institucional (como escolas, por exemplo) e hospitalar. Especialmente nos hospitais, essas substâncias devem ser escolhidas cuidadosamente, pois, geralmente, a matéria orgânica está presente nos materiais e ambientes que precisam ser desinfetados. Assim, os desinfetantes desempenham um papel crucial para evitar a **contaminação cruzada** nesses locais.

CONTAMINAÇÃO CRUZADA

Consiste na transferência de microrganismos de uma pessoa para outra ou por meio de objetos contaminados.



Fonte: Shutterstock.com

A seguir, veremos exemplos dos principais tipos de desinfetantes:

FENOL

Foi o primeiro desinfetante a ter sua eficácia comprovada. De acordo com sua concentração, pode ser usado como antisséptico (0,5% a 1%), desinfetante (5%) ou cauterizante (89%). É capaz de romper a membrana plasmática e a parede celular de bactérias, atuando também de forma muito intensa na desnaturação de proteínas (esse processo é chamado de **coagulação de proteínas**).

O fenol não é muito estável na presença de matéria orgânica e é irritante para pele e mucosas. Para contornar esses problemas, alterações em sua estrutura foram feitas, obtendo-se derivados fenólicos menos tóxicos e com maior ação antimicrobiana. Como exemplo, temos os alquilfenóis (*ortho*, *meta* e *para*-cresóis, que, juntos, formam a creolina, utilizada para a desinfecção de pisos e vasos sanitários).

COMPOSTOS QUE LIBERAM CLORO

Os halogênios cloro, bromo e iodo são capazes de oxidar enzimas, agindo nos grupos sulfidrila (-SH) e amina (-NH₂) das enzimas, inativando-as. Destes, o cloro é o mais usado, tanto na sua forma gasosa como na forma de hipoclorito de sódio (água sanitária).

Em ambos os casos, sua ação se dá na presença de água, por meio da qual ocorre a formação do ácido hipocloroso, capaz de atravessar a membrana plasmática, reagir com a água e formar

o radical livre oxigênio, que é um agente oxidante forte. O hipoclorito de sódio apresenta um baixo custo e é frequentemente usado para desinfecção do ambiente hospitalar e da água (tanto para alimentação como de piscinas). Sua principal vantagem é a permanência de uma atividade residual, que impede a recontaminação da água por um tempo.

OZÔNIO (O_3)

É um **peroxigenio** utilizado na desinfecção da água. Trata-se de um gás gerado a partir do O_2 em reatores elétricos denominados ozonizadores. É um agente microbicida, pois tem uma forte ação oxidante e não deixa resíduos, mas apresenta como desvantagens o alto custo e a ausência de atividade residual (por ser um gás muito instável, que rapidamente se decompõe em O_2 quando dissolvido na água).

PEROXIGENIO

Compostos que apresentam uma ligação química direta entre dois átomos de oxigênio.

AGENTES SURFACTANTES

São moléculas que têm uma região polar e uma apolar, sendo esta última geralmente formada por um hidrocarboneto de cadeia longa. Por esse motivo, são moléculas anfipáticas, ou seja, conseguem diminuir a tensão superficial entre regiões polares e apolares que estão em contato. Assim, os surfactantes agem desorganizando a bicamada lipídica das células, resultando na morte celular.

Os detergentes são os exemplos mais comuns e, de acordo com a sua polaridade, podem ser classificados como não iônicos, catiônicos e aniônicos. Apresentam baixa toxicidade e alta solubilidade. Suas principais desvantagens são a capacidade de enferrujar objetos de metal e o fato de terem sua atividade diminuída pela absorção por materiais porosos, como algodão e gaze.

AGENTES ALQUILANTES

Promovem a alquilação de grupos carboxila (-COOH), hidroxila (-OH), sulfidrila (-SH) e amina (-NH₂) de enzimas, levando a sua inativação. Como exemplos de agentes alquilantes, podemos citar o formaldeído e o glutaraldeído. Dependendo da concentração e do tempo de contato,

ambos podem ser usados como desinfetantes ou como agentes esterilizantes. Tanto o formaldeído como o glutaraldeído são tóxicos e geralmente utilizados para esterilização de instrumentos médicos.

ANTISSÉPTICOS

Como vimos no tópico anterior, os antissépticos são utilizados para reduzir a carga microbiana de tecidos vivos.

Vamos conhecer os principais antissépticos:

ÁLCOOL (ETÍLICO OU ISOPROPÍLICO)

É capaz de provocar a desnaturação de proteínas e a desorganização dos lipídios da membrana plasmática e desidratar as células. Pode ser usado como antisséptico e desinfetante, apresentando maior ação em células vegetativas do que em esporos. Sua eficácia aumenta quando diluído a 70% em água, pois a presença de 30% de água facilita sua entrada na célula e a desnaturação de proteínas. O etanol é muito utilizado para a antisepsia das mãos.

IODO (I_2)

É o principal halogênio utilizado como antisséptico. Tem forte poder oxidante, sendo capaz de complexar e inativar proteínas. Não é tóxico e apresenta ação sobre células vegetativas, esporos, fungos e vírus. Um exemplo importante é a substância iodopovidona, presente na fórmula de antissépticos, geralmente na concentração de 1% de iodo ativo (a solução mais conhecida de iodopovidona é o Povidine), sendo muito utilizado no preparo pré-operatório de pacientes.

HEXACLOROFENO

É um derivado clorado do fenol. Presente em sabonetes (para assepsia das mãos antes de cirurgias), em pastas de dente e em antitranspirantes.

COMPOSTOS QUE CONTÊM METAIS PESADOS

Reagem com grupos sulfidrila de enzimas, inativando-as. No passado, compostos mercuriais orgânicos eram muito usados, como mercuriocromo (com merbromina), mertiolate (timersosal) e

metafen (nitromersol). Atualmente, esses compostos não têm mais mercúrio devido ao alto índice de toxicidade.

A marca “Merthiolate” substituiu seu princípio ativo por digliconato de clorexidina, mas não mudou seu nome, por ser muito conhecido pela população. Outros metais pesados também são usados, como nitrato de prata e sulfato de zinco.

PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO (H_2O_2)

É um antisséptico fraco usado para a antisepsia de feridas, devido à rápida liberação de oxigênio por ação da enzima **catalase**. Sua ação é breve.

CATALASE

Enzima capaz de hidrolisar o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em água e gás oxigênio. A formação de bolhas é decorrente do oxigênio liberado, que acaba matando os microrganismos, que não conseguem sobreviver na presença de oxigênio.

AGENTES SURFACTANTES

Representados pelos sabões ou sabonetes, que são constituídos por sais de sódio ou potássio com ácidos graxos de cadeia longa. Facilitam a mistura do óleo com a água, possibilitando a remoção mecânica dos microrganismos da pele.

ASPECTOS GENÉTICOS DA RESISTÊNCIA BACTERIANA AOS ANTIMICROBIANOS

Compostos capazes de matar ou controlar o crescimento de microrganismos em um hospedeiro são chamados de **fármacos antimicrobianos**. Esses compostos precisam ter uma toxicidade seletiva, ou seja, devem agir sobre os patógenos sem causar efeitos adversos no hospedeiro. São classificados de acordo com sua estrutura molecular, seu mecanismo de ação e seu espectro de atividade. Além disso, podem ser divididos em duas categorias:

FÁRMACOS ANTIMICROBIANOS SINTÉTICOS

ANTIBIÓTICOS

Quando os quimioterápicos começaram a ser usados para tratar as doenças causadas por microrganismos, a partir de 1940, surgiu a esperança de que todas as doenças infecciosas seriam rapidamente controladas. Porém, foi observado que o emprego terapêutico de uma droga era seguido pelo rápido aparecimento de amostras resistentes, que eram capazes de sobreviver ao tratamento.

HOJE, O COMBATE ÀS INFECÇÕES ESTÁ CADA VEZ MAIS DESAFIADOR, POIS O NÚMERO DE PATÓGENOS RESISTENTES ÀS MAIS VARIADAS CLASSES DE FÁRMACOS ANTIMICROBIANOS CRESCER ASSUSTADORAMENTE, ENQUANTO AS OPÇÕES TERAPÊUTICAS DISPONÍVEIS SEGUEM LIMITADAS.

A resistência antimicrobiana é decorrente, principalmente, da pressão seletiva causada pelo uso clínico de antimicrobianos para tratar e/ou prevenir as mais diversas infecções no ambiente hospitalar e também pela sua utilização na pecuária. Essa pressão pode fazer com que amostras anteriormente sensíveis adquiram resistência (resistência adquirida) ou que surjam novas amostras naturalmente resistentes (resistência intrínseca). Vamos entender a diferença:

RESISTÊNCIA INTRÍNSECA

RESISTÊNCIA ADQUIRIDA

RESISTÊNCIA INTRÍNSECA

É natural e herdada pelas células de maneira consistente, estando presente na vasta maioria das células que compõem um grupo ou uma espécie bacteriana.

RESISTÊNCIA ADQUIRIDA

É decorrente de mutações que ocorrem no material genético da célula bacteriana ou da aquisição de material genético codificante de genes de resistência, não estando presente em todas as células de um grupo ou de uma espécie de bactéria. Na resistência adquirida, os genes de resistência podem estar localizados no cromossomo da célula bacteriana ou nos plasmídeos, podendo fazer parte de elementos genéticos móveis, como os transposons e os integrons.

Os plasmídeos têm um papel de destaque na disseminação dos genes de resistência dentro de uma população bacteriana, atuando como carreadores de resistência de fato plasmidiais, e podem agir como vetores para genes de resistência associados a transposons e outros elementos genéticos móveis.

Assim, pode ocorrer rápida disseminação da resistência na população mediante a transferência horizontal de genes de resistência entre diferentes estirpes bacterianas e até mesmo entre gêneros de bactérias não relacionados.

Os principais mecanismos descritos de resistência bacteriana a drogas são:

ALTERAÇÃO DO SÍTIO-ALVO DA DROGA

Impede a ligação da droga ao alvo, inibindo sua ação.

REDUÇÃO DA PERMEABILIDADE DA MEMBRANA CELULAR À DROGA

Impede que a droga atinja a concentração necessária para sua ação.

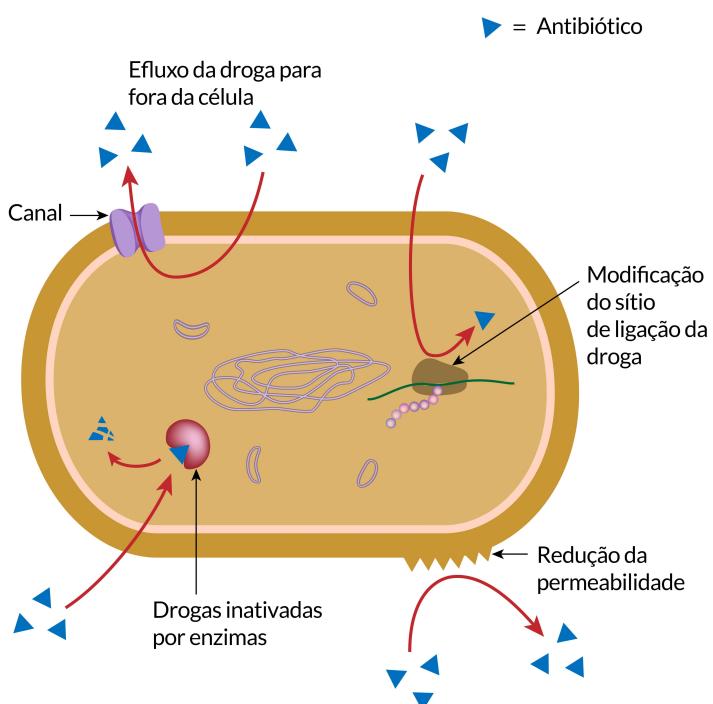
EFLUXO DA DROGA

A droga entra e é rapidamente expulsa, impedindo seu acúmulo na célula.

INATIVAÇÃO DA DROGA

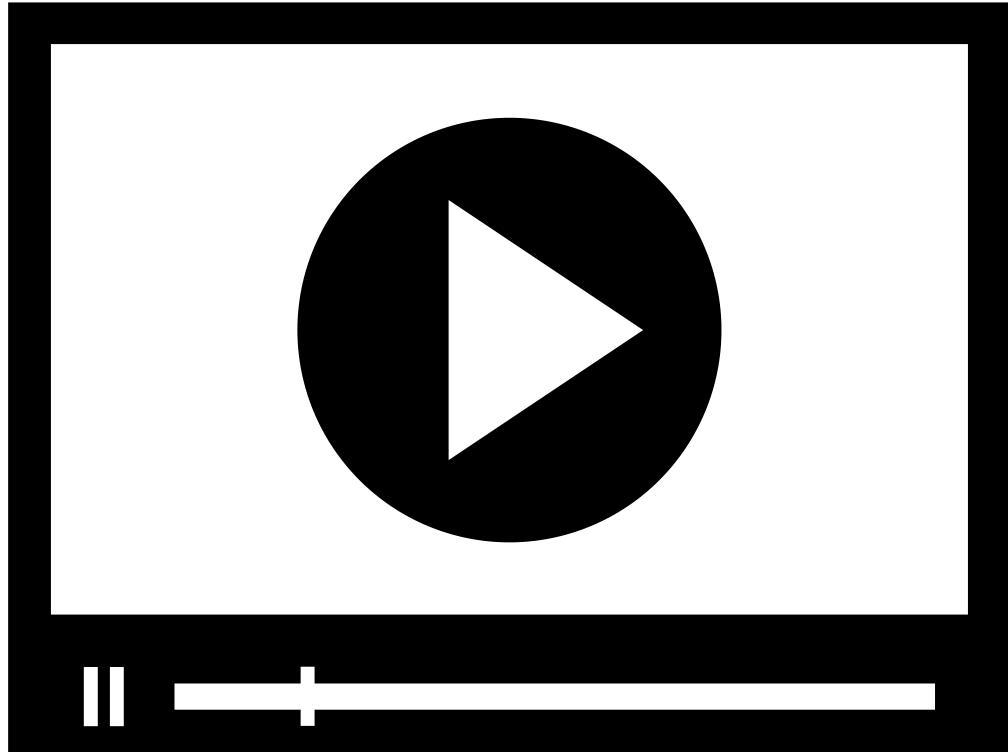
UTILIZAÇÃO DE UMA VIA METABÓLICA ALTERNATIVA RESISTENTE À DROGA

Na figura a seguir, podemos ver um dos principais mecanismos de resistência aos antimicrobianos.



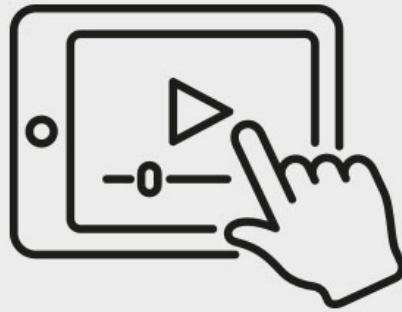
Fonte: Shutterstock.com

▣ Esquema dos principais mecanismos de resistência aos antimicrobianos.



Neste vídeo, a Professora Lívia Helena explica de forma mais aprofundada os mecanismos de resistência aos antimicrobianos.

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



VERIFICANDO O APRENDIZADO

1. APRENDEMOS SOBRE OS MÉTODOS DE CONTROLE DO CRESCIMENTO MICROBIANO. ACERCA DESSE ASSUNTO, MARQUE ALTERNATIVA INCORRETA:

- A)** Tanto o calor seco como o úmido são usados para controlar o crescimento de microrganismos, mas o calor úmido tem maior poder de penetração na célula microbiana.
- B)** A autoclave é um equipamento que utiliza vapor d'água sob pressão, atingindo temperaturas superiores a 100°C, permitindo a esterilização de materiais.
- C)** A radiação ultravioleta causa mutações no DNA da célula, levando à morte de microrganismos, mas seu uso é restrito a superfícies.
- D)** A filtração é um método de esterilização que pode ser utilizado tanto para soluções como para o ar.
- E)** O calor úmido não é usado nas indústrias alimentícias e farmacêuticas, pois a umidade acelera o processo de deterioração de alimentos e medicamentos.

2. (UFU-MG – ADAPTADA) EM RELAÇÃO AOS PRODUTOS UTILIZADOS NA ANTISSEPSIA E DESINFECÇÃO, ASSINALE A ALTERNATIVA CORRETA.

- A)** Álcool etílico é usado como antisséptico e desinfetante. A concentração ideal é de 40%. Age rapidamente sobre esporos, bactérias vegetativas, vírus e fungos.
- B)** Hipoclorito de sódio é desinfetante com amplo espectro de ação, sendo bactericida, fungicida e virucida, dependendo da concentração. É usado para limpeza orofaríngea e como inalante nos processos inflamatórios pulmonares.
- C)** Desinfetantes são agentes biocidas normalmente utilizados para inibir crescimento de microrganismos em tecidos vivos, pele e mucosas; como antissépticos, são mais utilizados em artigos e superfícies, e podem apresentar ação esporostática, dependendo de algumas condições de uso e tipo de agente.
- D)** Antissépticos como o álcool etílico, gluconato de clorexidina e iodopovidona são usados para eliminar microrganismos durante a preparação da pele do paciente e a lavagem cirúrgica.
- E)** Agentes surfactantes são compostos químicos utilizados apenas como desinfetantes.

GABARITO

- 1. Aprendemos sobre os métodos de controle do crescimento microbiano. Acerca desse assunto, marque alternativa incorreta:**

A alternativa "E" está correta.

Métodos que utilizam o calor úmido, como a pasteurização e o método UHT, são utilizados na indústria alimentícia, enquanto a tindalização tem aplicação na fabricação de medicamentos.

2. (UFU-MG – Adaptada) Em relação aos produtos utilizados na antisepsia e desinfecção, assinale a alternativa correta.

A alternativa "D" está correta.

Como vimos, os agentes antissépticos citados são extremamente importantes para reduzir a carga microbiana de tecidos vivos, sendo muito utilizados no ambiente hospitalar.

MÓDULO 3

● Descrever os mecanismos envolvidos na patogenicidade bacteriana

PORAS DE ENTRADA E MECANISMOS DE ADESÃO BACTERIANA

De modo geral, os patógenos precisam entrar em contato com o hospedeiro para causar doenças. Desse modo, a patogênese bacteriana geralmente começa com a adesão aos tecidos do hospedeiro, seguida da penetração nos tecidos ou evasão das defesas do sistema imune. Sendo assim, as vias pelas quais os patógenos infectam o organismo do hospedeiro são chamadas de **portas de entrada**.

As principais portas de entrada são:

AS MUCOSAS

A PELE

AS MUCOSAS

São as membranas que recobrem os tratos gastrointestinal, geniturinário e respiratório e a conjuntiva (membrana que recobre o globo ocular). Por exemplo, o trato geniturinário representa a porta de entrada para os microrganismos que causam as doenças sexualmente transmissíveis, que são capazes de penetrar tanto na membrana mucosa lesionada como na íntegra.

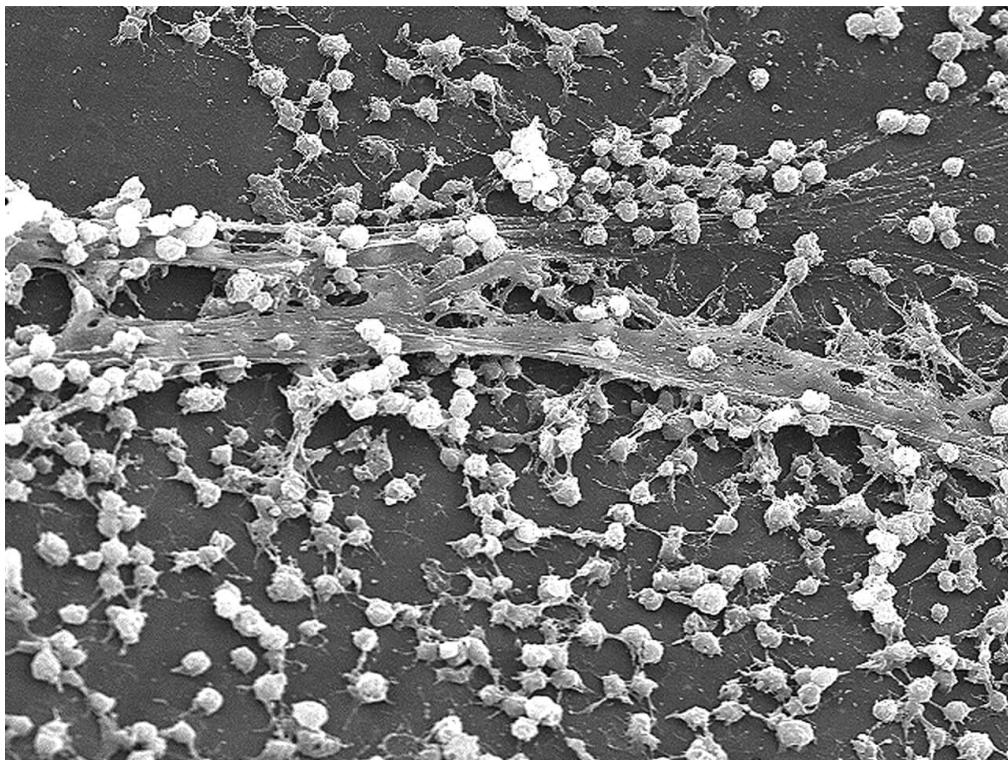
A PELE

O maior órgão do corpo humano também é uma porta de entrada para infecções. A maioria dos patógenos não consegue penetrar na pele íntegra, mas podem entrar pelos folículos pilosos e pelas glândulas sudoríparas.

Além disso, os patógenos também podem entrar no organismo do hospedeiro através de lesões nas mucosas e na pele. Essa situação é muito comum no ambiente hospitalar, em que o paciente passa constantemente por punções, injeções e cirurgias e faz uso de acessos venosos e/ou cateteres. Porém, isso também pode ocorrer fora dos hospitais, por meio de cortes, picadas, queimaduras e outros ferimentos acidentais.



Uma vez que as bactérias patogênicas entram em contato com o hospedeiro, elas realizam um processo de adesão às células epiteliais. O processo de adesão envolve a interação entre moléculas específicas do patógeno e moléculas situadas nos tecidos dos hospedeiros, ou seja, a adesão nada mais é que a capacidade de um microrganismo se ligar a uma célula ou a uma superfície.



Fonte: Public Domain Images

- ▣ Bactérias *S. aureus* aderidas à superfície do cateter.

VOCÊ CONHECE OS PRINCIPAIS MECANISMOS DE ADESÃO BACTERIANA?

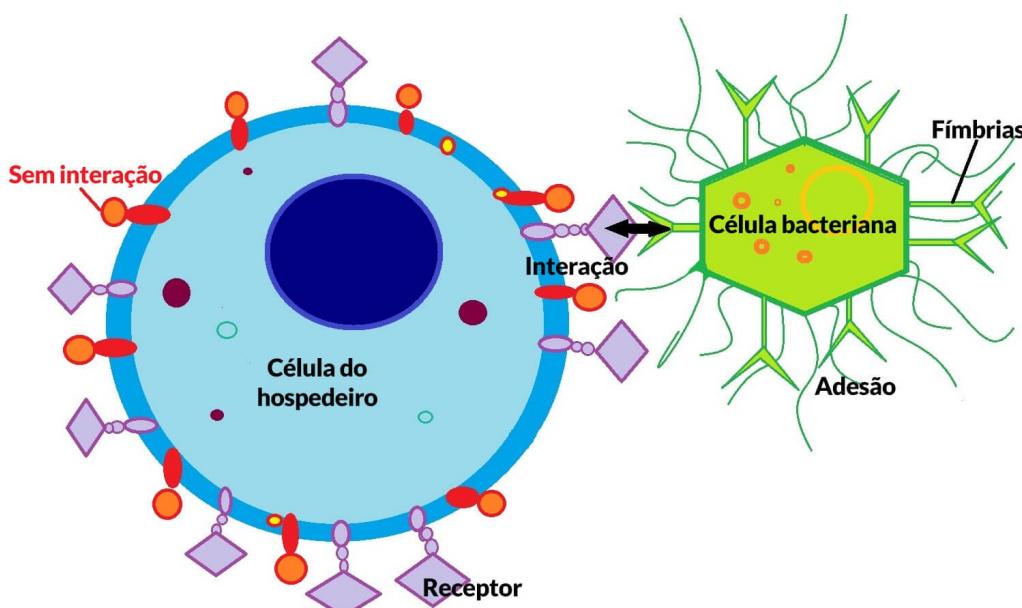
Nas bactérias, diferentes estruturas podem estar envolvidas no processo de adesão. Dentre elas, temos os **fatores de adesão não covalentes**, ou seja, macromoléculas que atuam na adesão e não são covalentemente ligadas às células bacterianas. Essas moléculas são conhecidas como glicocálix e são polímeros secretados pelas próprias bactérias (geralmente polissacarídeos), responsáveis por recobrir a superfície da célula.

Um exemplo de glicocálix é a cápsula bacteriana, presente nas bactérias *Bacillus anthracis* (Causadora do antraz) e *Streptococcus pneumoniae* (Causadora de pneumonia).

ALÉM DE PARTICIPAR DO PROCESSO DE ADESÃO CELULAR, A CÁPSULA TAMBÉM PODE PROTEGER AS BACTÉRIAS DOS MECANISMOS DE DEFESA DO SISTEMA IMUNE, PERMITINDO QUE ELAS ULTRAPASSEM AS BARREIRAS DE DEFESA DO HOSPEDEIRO.

Por exemplo, linhagens de *S. pneumoniae* encapsuladas conseguem se multiplicar no tecido pulmonar, podendo levar o hospedeiro à morte; por outro lado, linhagens dessa mesma bactéria que não apresentam cápsula são rapidamente destruídas pelas células do sistema imune, impedindo o desenvolvimento da doença.

Além disso, as bactérias podem apresentar outros fatores de adesão, como **fímbrias**, **pili** e **flagelos**. As fímbrias e os *pili* participam da ligação às glicoproteínas localizadas na superfície da célula hospedeira.



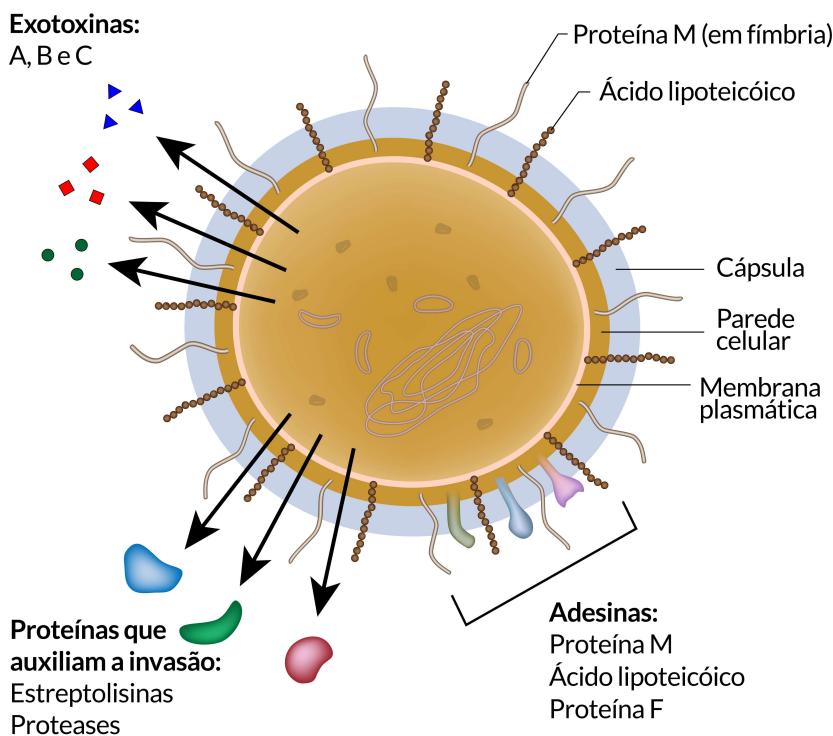
Fonte: HMMG301 / Wikimedia commons/licença(CC BY 3.0)

- ▣ Adesão de fímbrias a uma célula hospedeira.

Por exemplo, a bactéria *Neisseria gonorrhoeae*, causadora comum de infecções do trato geniturinário, tem *pili* que atuam diretamente na ligação bacteriana ao epitélio urogenital; já as linhagens que não têm *pili* causam infecções com uma frequência muito menor. Os flagelos também atuam no processo de adesão.

Por fim, outras proteínas da superfície celular bacteriana também estão envolvidas no processo de adesão. É o caso da proteína Opa, de *N. gonorrhoeae*, que se liga de maneira específica à proteína CD66 do hospedeiro, permitindo que a adesão ocorra.

A bactéria *Streptococcus pyogenes* (Causadora de infecções na garganta) se liga às células hospedeiras por meio do ácido lipoteicóico e das proteínas F e M; a proteína M ainda impede que a bactéria seja fagocitada por neutrófilos, facilitando ainda mais o estabelecimento da infecção.



Fonte: Shutterstock.com

- camera icon Esquema mostrando as moléculas de adesão do *S. pyogenes*.

Devido a essas particularidades, muitas espécies bacterianas só são capazes de causar doença quando têm contato com portas de entrada específicas, pois dependem da presença de determinadas moléculas do hospedeiro para que o processo de adesão ocorra satisfatoriamente.

LESÕES DIRETAS E LESÕES POR TOXINAS

Ao entrar em contato com o hospedeiro e vencer suas barreiras de defesa, os patógenos bacterianos podem causar danos às células hospedeiras por meio de lesões de dois tipos distintos, a saber:

LESÕES DIRETAS

As lesões diretas são aquelas que ocorrem quando vírus e algumas bactérias que estão se multiplicando rompem as células, liberando grande quantidade de células do patógeno dentro do corpo do hospedeiro. Após essa liberação, os patógenos podem alcançar outros tecidos e se multiplicar ainda mais.

LESÕES CAUSADAS POR TOXINAS

Já as lesões por toxinas são ocasionadas por sua produção pelos patógenos, sendo essas toxinas capazes de causar graves lesões nas membranas das células. Toxigenicidade é a capacidade de um microrganismo produzir toxinas; toxemia se refere à presença de toxinas no sangue do hospedeiro. Vamos estudar um pouco mais sobre as toxinas bacterianas no próximo tópico.

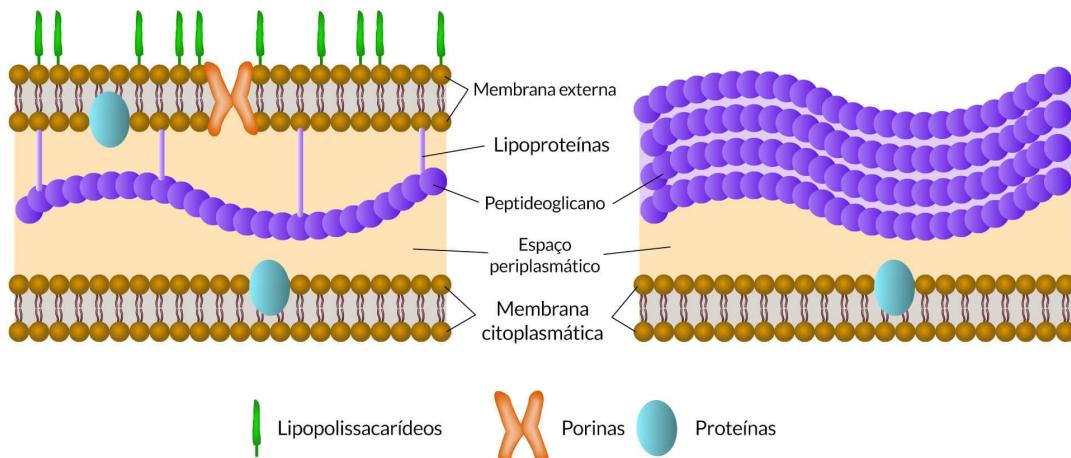
EXOTOXINAS E ENDOTOXINAS, PLASMÍDEOS E LISOGENIA

EXOTOXINAS

As **exotoxinas** são proteínas tóxicas, normalmente termolábeis (Sujeitas à destruição pela elevação do calor), secretadas por algumas bactérias (tanto gram-positivas quanto gram-negativas) durante seu crescimento.

GRAM-NEGATIVA

GRAM-POSITIVA



Fonte: Shutterstock.com

Diferenças entre bactérias gram-positivas e gram-negativas.

As exotoxinas conseguem se deslocar do sítio de infecção em que se encontram e alcançar outras partes do organismo do hospedeiro, causando danos. Elas têm uma ação bem específica em células ou tecidos, ligando-se a receptores ou a determinadas estruturas celulares.

Dessa forma, podem ser classificadas em três categorias, descritas a seguir.

TOXINAS CITOÍTICAS

TOXINAS AB

SUPERANTÍGENOS

TOXINAS CITOÍTICAS

Promovem a lise celular por meio da destruição da integridade da membrana citoplasmática da célula hospedeira (exemplo: a α -toxina produzida por *Staphylococcus* forma poros na membrana da célula-alvo, levando à lise de eritrócitos).

TOXINAS AB

São formadas por duas subunidades, A e B; a subunidade B se liga à superfície da célula hospedeira por meio de um receptor, transferindo a subunidade A pela membrana plasmática da célula-alvo, resultando em danos à célula (exemplo: toxina diftérica e toxina botulínica, sendo importantes fatores de virulência para essas bactérias).

SUPERANTÍGENOS

Causam reações inflamatórias intensas e danos teciduais devido ao estímulo exacerbado de células do sistema imune.

Um subconjunto importante de exotoxinas são as **enterotoxinas**. Também são classificadas como toxinas citolíticas, toxinas AB ou superantígenos. Sua ação ocorre no intestino delgado, causando vômitos e diarreia devido à secreção de fluidos para o lúmen do intestino.

COMO AS ENTEROTOXINAS ENTRAM NO ORGANISMO?

As enterotoxinas costumam ser adquiridas pela ingestão de água ou alimentos contaminados, sendo produzidas por diferentes bactérias causadoras de intoxicação alimentar, como *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* e *Staphylococcus aureus* e também por bactérias patogênicas intestinais, como *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* e *Vibrio cholerae*.



Fonte: Shutterstock.com

DE MODO GERAL, AS EXOTOXINAS COSTUMAM SER EXTREMAMENTE TÓXICAS, MESMO EM QUANTIDADES MUITO PEQUENAS, COMO PICOGRAMAS OU MICROGRAMAS, CHEGANDO A SER FATAIS EM ALGUNS CASOS.

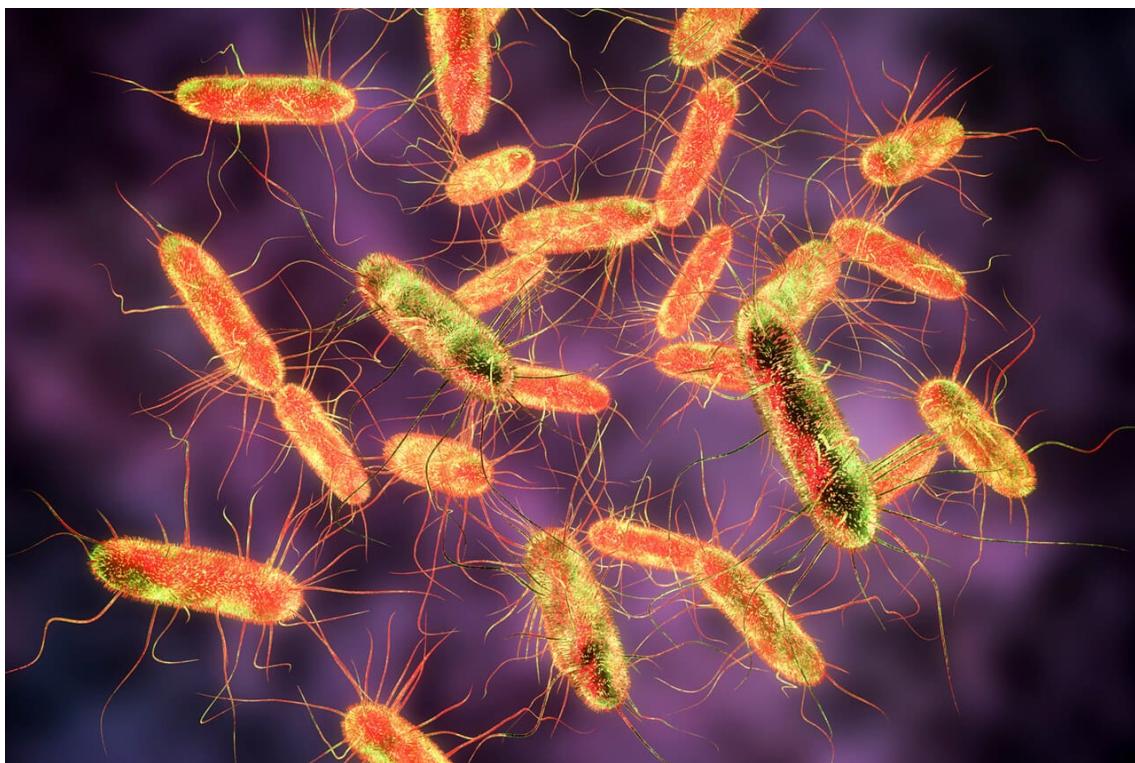
As exotoxinas são proteínas imunogênicas, ou seja, estimulam a resposta imune do hospedeiro, levando à produção de anticorpos neutralizantes (também conhecidos como antitoxinas). Geralmente, o calor ou os agentes químicos são capazes de eliminar a toxicidade das exotoxinas, porém elas continuam sendo imunogênicas.

Geralmente, as exotoxinas não causam febre no hospedeiro e, em sua maioria, são codificadas em elementos extracromossômicos (como plasmídeos).

ENDOTOXINAS

Diferente das exotoxinas, as **endotoxinas** são lipopolissacarídeos tóxicos, que são liberados no organismo do hospedeiro pela lise bacteriana, como parte da membrana externa das bactérias gram-negativas. São termoestáveis (Apresenta resistência ao aumento de temperatura) e costumam causar sintomas como febre, diarreia e vômito.

São menos tóxicas que as exotoxinas, sendo muito rara a morte do hospedeiro, e são pouco imunogênicas, ou seja, a resposta imune do hospedeiro não é capaz de neutralizar a toxina. São codificadas por genes cromossômicos. As endotoxinas de *Salmonella*, *Escherichia* e *Shigella* são bem estudadas e representam importantes fatores de virulência para essas bactérias.



Fonte: Shutterstock.com

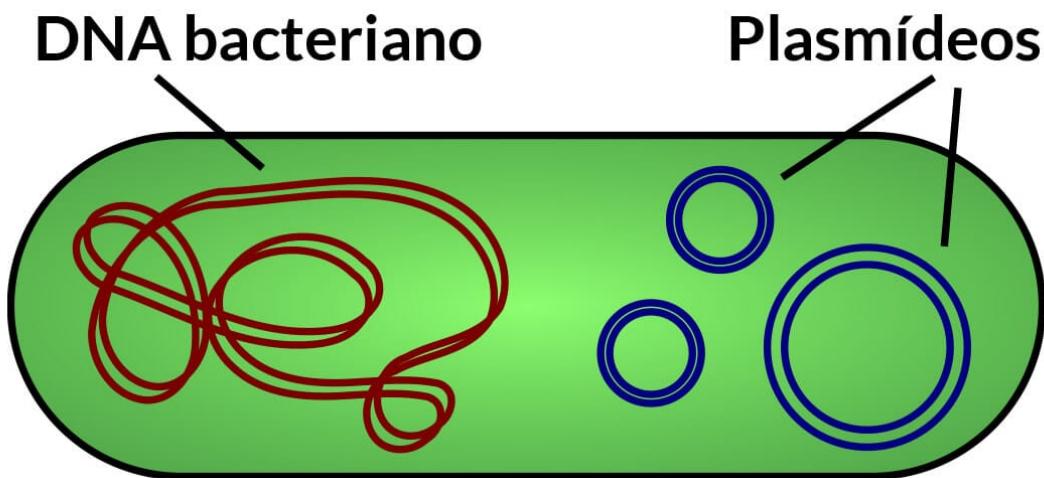
📷 *Salmonella*.

PLASMÍDEOS

Os **plasmídeos**, também conhecidos como **DNA extracromossômico**, são estruturas acessórias que conferem características vantajosas às bactérias que os têm. São moléculas de DNA dispersas no citoplasma da célula e se replicam independentemente do DNA cromossômico.

Os plasmídeos são responsáveis por conferir duas características muito importantes às bactérias patogênicas, que lhes dão a capacidade de causar doença: a capacidade de ligação do patógeno a tecidos específicos do hospedeiro e a produção de toxinas, de enzimas e de outras moléculas capazes de causar danos ao hospedeiro.

Além disso, os plasmídeos podem conferir às bactérias perfil de resistência a diferentes classes de antimicrobianos disponíveis para o tratamento das infecções, tornando-o desafiador.



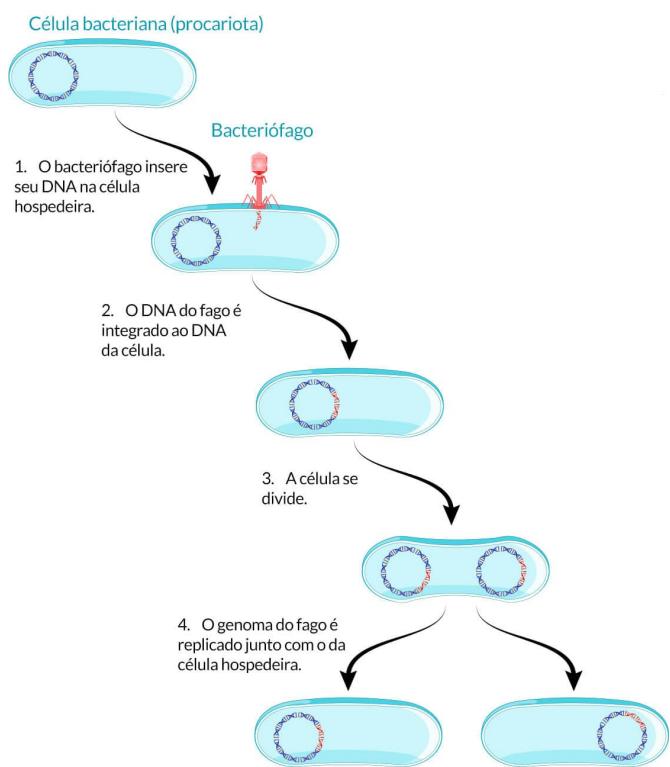
Fonte: Spaully / Wikimedia commons/licença(CC BY 3.0)

📷 Plasmídeos.

Por fim, a **conversão fágica** é um fenômeno que também pode contribuir para a virulência de uma bactéria. No entanto, para entender o que é a conversão fágica, precisamos entender primeiro o que é lisogenia.

LISOGENIA

Bacteriófagos são vírus que infectam bactérias. Em alguns casos, o genoma do vírus (conhecido como vírus temperado) consegue se replicar em sincronia com o genoma da bactéria hospedeira, não provocando a morte da célula. Esse fenômeno é chamado de **lisogenia**. Na lisogenia, o genoma do vírus consegue se integrar ao DNA da bactéria hospedeira e, durante a divisão celular, as células-filhas bacterianas recebem o genoma viral.



Fonte: Shutterstock.com

▣ Esquema demonstrando o ciclo lisogênico.

Por esse motivo, o estado lisogênico pode proporcionar às bactérias novas propriedades genéticas que aumentam sua virulência, ou seja, elevam sua capacidade de causar doença. Em muitos casos, a lisogenia é fundamental para que a célula hospedeira seja capaz de sobreviver na natureza.

A conversão fágica nada mais é que a alteração do fenótipo da bactéria que ocorre em consequência da lisogenização. Como exemplo, podemos citar a conversão de linhagens da bactéria *Corynebacterium diphtheriae* (Causadora da difteria) não produtoras de toxina em produtoras de toxina pela lisogenização causada pelo fago β , tornando a bactéria patogênica.

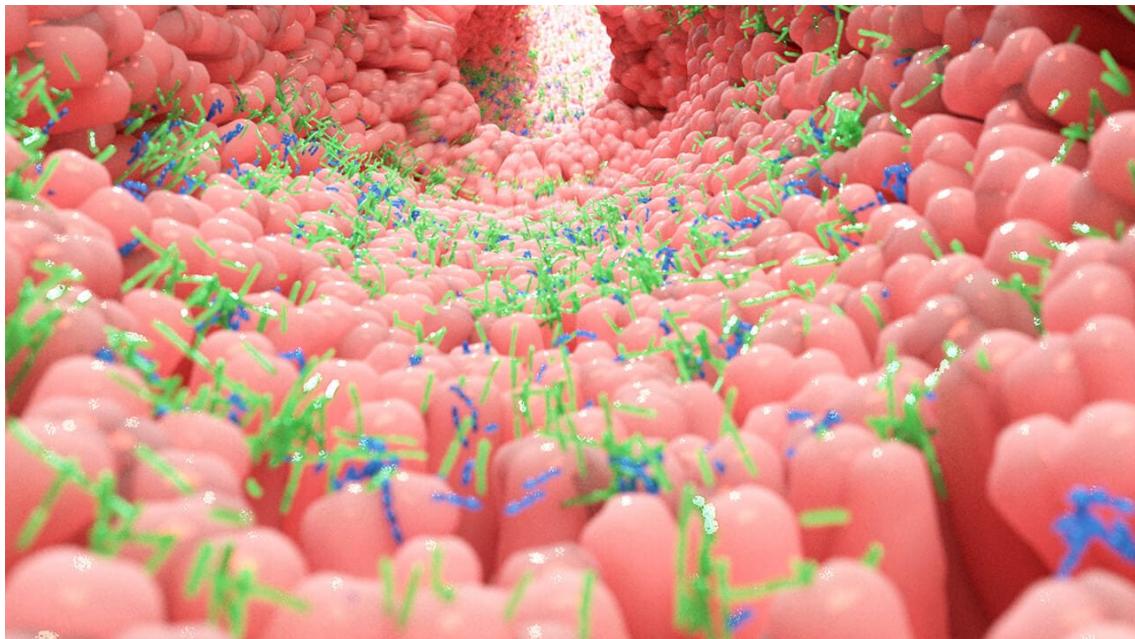
RELAÇÕES DA MICROBIOTA COM O HOSPEDEIRO

Como já sabemos, os microrganismos estão presentes nos mais variados ambientes, inclusive no corpo humano. As incontáveis células microbianas que vivem no corpo humano são coletivamente chamadas de **microbiota normal**, e vivem em simbiose com o hospedeiro.

Todos são beneficiados com essa relação: a microbiota proporciona ao hospedeiro saúde e bem-estar por meio da geração de produtos benéficos, além de dificultar o crescimento de microrganismos patogênicos; o hospedeiro, por outro lado, oferece vários microambientes diferentes ideais para o crescimento e a sobrevivência de determinadas populações de microrganismos, sendo fonte de nutrientes e fator de crescimento indispensáveis, além de ter condições controladas de temperatura, pH e pressão osmótica.

UM INDIVÍDUO COMEÇA A DESENVOLVER SUA MICROBIOTA NORMAL NO MOMENTO DE SEU NASCIMENTO, JÁ QUE O ÚTERO É UM AMBIENTE ESTÉRIL.

As diferentes partes do corpo, como a pele, o trato gastrointestinal, trato urogenital e trato respiratório, têm características químicas e físicas distintas, sendo favoráveis ao crescimento de certos microrganismos e desfavoráveis a outros.



Fonte: Shutterstock.com

📷 Microbiota no intestino.

Além disso, diferentes regiões de um mesmo órgão também podem apresentar características distintas, como acontece com a pele. A pele tem regiões mais úmidas, como a axila, o umbigo e o interior da narina, e regiões mais secas, como os cotovelos, os joelhos e as palmas das

mãos; existem, ainda, as regiões mais oleosas, ricas em glândulas sebáceas, como a lateral do nariz, a parte superior das costas etc. Por esse motivo, os microrganismos que colonizam cada região do corpo são diferentes.



Fonte: Shutterstock.com

- Representação dos diferentes microrganismos presentes na pele.

O intestino grosso, por exemplo, é um **ambiente anóxico**, no qual apenas bactérias anaeróbias conseguem viver; as regiões mais secas da pele favorecem o crescimento de bactérias resistentes à desidratação, como *Streptococcus* e *Staphylococcus*.

AMBIENTE ANÓXICO

Não contém oxigênio tanto na forma livre (O_2) como combinada (NO_3^- , SO_4^{2-})

► ATENÇÃO

É importante ressaltar que alguns tecidos, como o sangue e alguns órgãos como o sistema nervoso e o coração, não são colonizados; a presença de microrganismos nesses locais indica a existência de uma doença infecciosa.

Alguns microrganismos que compõem a microbiota intestinal são capazes de produzir compostos essenciais para o hospedeiro humano a partir de seu metabolismo. Esses compostos serão influenciados pela microbiota intestinal e pela dieta do indivíduo. Por exemplo, o homem não é capaz de produzir as vitaminas B₁₂ e K; a microbiota intestinal é responsável pela produção dessas vitaminas, que são absorvidas no colo.

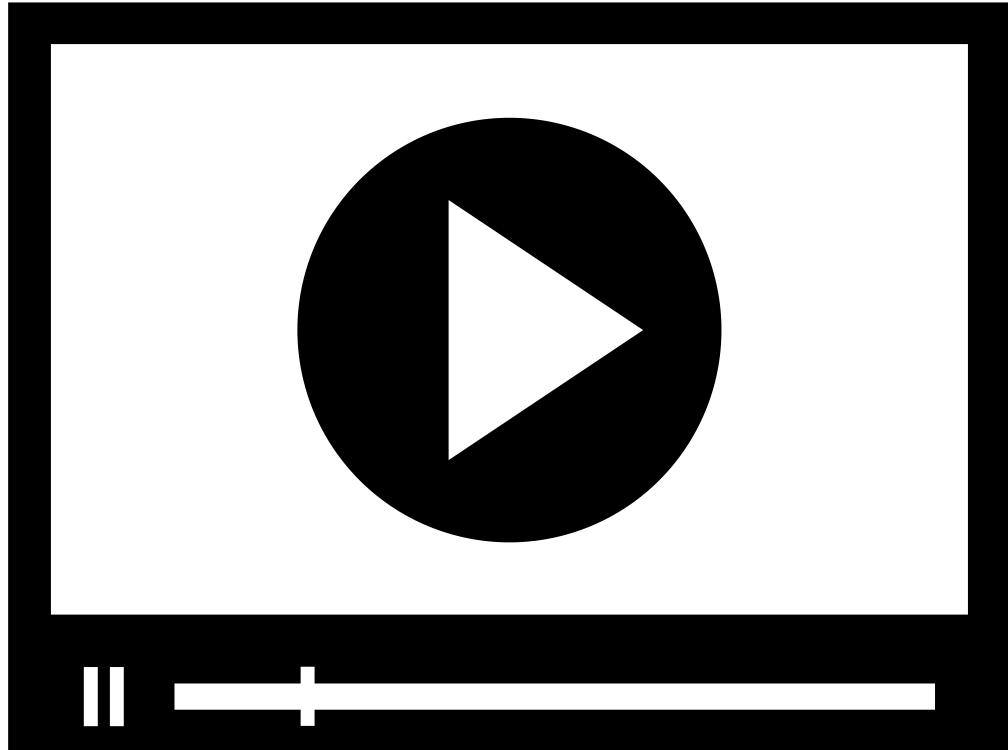
Por outro lado, bactérias fermentativas presentes na microbiota intestinal são responsáveis também pela produção de gases e substâncias com odor fétido. Além disso, cerca de 1/3 do peso das fezes corresponde a bactérias intestinais.

De modo geral, a perda das bactérias da microbiota resulta em diarreia ou fezes amolecidas. Com a alteração da microbiota normal, microrganismos oportunistas presentes no intestino podem conseguir se desenvolver, causando alterações digestivas e até doenças, como é o caso da bactéria *Clostridium difficile* (Bactéria que pode causar colite) e da levedura *Candida albicans* (Causadora da candidíase) .

② VOCÊ SABIA

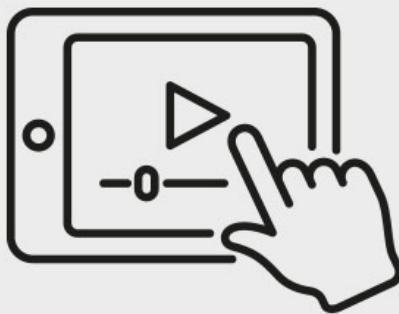
A microbiota normal do intestino pode ser alterada pelo uso de antibióticos, que podem afetar seu crescimento, assim como dos patógenos.

O restabelecimento da microbiota normalmente ocorre rapidamente após o fim do uso de antibióticos, e esse processo pode ser agilizado pelo uso de bactérias intestinais vivas, chamadas de probióticos.



Neste vídeo, a Professora Lívia Helena explica o que são os probióticos e para que servem.

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



VERIFICANDO O APRENDIZADO

1. AS BACTÉRIAS APRESENTAM MECANISMOS DE PATOGENICIDADE, RESPONSÁVEIS POR AUXILIAR NO ESTABELECIMENTO DO PROCESSO DE INFECÇÃO. MARQUE A ÚNICA ALTERNATIVA A SEGUIR QUE NÃO APRESENTA UMA INFORMAÇÃO VERDADEIRA SOBRE ESSE ASSUNTO:

- A)** Os locais em que as bactérias estabelecem o primeiro contato com o hospedeiro humano são chamados de portas de entrada.
- B)** A pele e as mucosas são as principais portas de entrada para as bactérias no organismo humano, locais em que elas precisam estabelecer um processo de adesão.
- C)** Estruturas como cápsula, flagelos, fímbrias e pili podem participar do processo de adesão bacteriana às superfícies do hospedeiro.
- D)** As bactérias patogênicas são capazes de causar infecção independentemente da porta de entrada do hospedeiro humano a que tem acesso.
- E)** A partir do momento em que as bactérias patogênicas entram em contato com o hospedeiro e vencem suas barreiras de defesa, podem causar lesões diretas e lesões por toxinas.

2. O CORPO HUMANO TEM POPULAÇÕES DE MICRORGANISMOS (CHAMADOS DE MICROBIOTA NORMAL) QUE VIVEM EM SIMBIOSE COM O HOSPEDEIRO. ENTRETANTO, ALGUNS ÓRGÃOS DO CORPO HUMANO SÃO ESTÉREIS, OU SEJA, NÃO TÊM MICROBIOTA, SENDO A PRESENÇA DE MICRORGANISMOS UM INDICATIVO DE INFECÇÃO. DENTRE AS OPÇÕES A SEGUIR, MARQUE AQUELA QUE CONTÉM LOCAIS NATURALMENTE ESTÉREIS DO CORPO HUMANO:

- A)** Estômago e intestino.
- B)** Sangue e cérebro.
- C)** Pele e sangue.
- D)** Trato respiratório e urogenital.
- E)** Trato respiratório e cérebro.

GABARITO

1. As bactérias apresentam mecanismos de patogenicidade, responsáveis por auxiliar no estabelecimento do processo de infecção. Marque a única alternativa a seguir que não apresenta uma informação verdadeira sobre esse assunto:

A alternativa "D" está correta.

A interação das bactérias patogênicas com o hospedeiro humano apresenta muitas particularidades, sendo necessária a presença de moléculas específicas tanto na célula bacteriana como na célula hospedeira para que o processo de adesão aconteça.

2. O corpo humano tem populações de microrganismos (chamados de microbiota normal) que vivem em simbiose com o hospedeiro. Entretanto, alguns órgãos do corpo humano são estéreis, ou seja, não têm microbiota, sendo a presença de microrganismos um indicativo de infecção. Dentre as opções a seguir, marque aquela que contém locais naturalmente estéreis do corpo humano:

A alternativa "B" está correta.

Alguns locais do corpo humano não devem apresentar microrganismos, logo, a presença desses microrganismos nesses locais pode indicar um quadro infeccioso geralmente grave. Nesse quadro destaca-se o tecido sanguíneo e o cérebro.

CONCLUSÃO

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste tema, os principais assuntos relacionados ao crescimento microbiano e seus mecanismos de patogenicidade foram abordados. Assim, tivemos a oportunidade de conversar um pouco sobre as principais necessidades nutricionais dos microrganismos e as condições ambientais necessárias ao seu crescimento. Além disso, a curva do crescimento microbiano também foi apresentada.

A partir daí, partimos para o estudo das formas de controle do crescimento microbiano, incluindo tanto os métodos físicos como os métodos químicos utilizados no controle do crescimento de microrganismos, aplicados nos mais diversos ambientes e situações. Conseguimos estudar um pouco também sobre a resistência bacteriana aos antimicrobianos.

Os mecanismos envolvidos na patogenicidade das bactérias também foram abordados, começando pelas portas de entrada para o processo infeccioso no organismo e passando pelas lesões causadas pela produção de toxinas, explicando, ainda, como os plasmídeos e o fenômeno da lisogenia podem contribuir para a patogenicidade bacteriana. Para finalizar, aspectos das relações da microbiota normal com o hospedeiro humano também foram abordados.

Para ouvir um *podcast* sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



REFERÊNCIAS

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; BENDER, K. S.; BUCKLEY, D. H.; STAHL, D. A.

Microbiologia de Brock. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 1032 p.

VERMELHO, A. B.; BASTOS, M. C. F.; BRANQUINHA, M. H. **Bacteriologia Geral**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 582 p.

EXPLORE+

Comentamos brevemente o problema da resistência bacteriana. Para entender melhor esse tema, assista aos vídeos *O problema da resistência bacteriana* e *Como enfrentar a resistência bacteriana*.

Para conhecer mais sobre Bacteriologia, visite o capítulo do livro *Bacteriologia*, escrito pelos professores Joseli Maria da Rocha Nogueira e Lucieny de Faria Souza Miguel, da Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio/FIOCRUZ.

Para entender mais sobre a relação da microbiota e os benefícios para o hospedeiro, leia a revisão *A colonização da microbiota intestinal e sua influência na saúde do hospedeiro*, Ludmilla Araújo da Paixão e Fabíola Fernandes dos Santos Castro.

Para apreender mais sobre a microbiota intestinal e sua importância para a patogenicidade das bactérias, leia a revisão *Microbiota intestinal e probióticos: implicações sobre o câncer de cólon*, de R. Bedani e E. A. Rossi.

CONTEUDISTA

Lívia de Souza Ramos

 CURRÍCULO LATTES