



# MICROBIOLOGIA

EM E-BOOK

NA 1.25



PRODUTO DA  
**MONITORIA**  
2021

© Copyright 2022. Centro Universitário São Camilo. TODOS OS DIREITOS RESERVADOS.

## MICROBIOLOGIA EM E-BOOK

Centro Universitário São Camilo  
João Batista Gomes de Lima - Reitor  
Anísio Baldessin - Vice-reitor e Pró-reitor Administrativo  
Carlos Ferrara Junior - Pró-reitor Acadêmico  
Celina Camargo Bartalotti - Coordenadora Geral de Graduação  
Cristiane Ruiz - Coordenadora dos Eixos Institucionais

Organizadora  
Tânia Leiko Tanaka

Autores  
Tânia Leiko Tanaka  
Débora Cunha Torres  
Luíza Moreira Galindo  
Maria Eduarda Bergamo  
Pâmela Maioli Lopes  
Alessandra Bucci Cancado  
Ana Clara Justo da Silva  
Anderson Santana dos Reis  
Meykson Junio Moura da Silva

Revisora Científica  
Thais Fabiana Gameiro Lucas

Produção editorial – Setor de Publicações  
Bruna San Gregório  
Cintia Machado dos Santos  
Bruna Diseró

M572

Microbiologia em e-book / Tânia Leiko Tanaka (Org.). -- São Paulo:  
Setor de Publicações - Centro Universitário São Camilo, 2022.  
182 p.

Vários autores  
ISBN 978-65-86702-26-2

I. Microbiologia 2. Bactérias 3. Fungos 4. Vírus I. Tanaka, Tânia Leiko  
II. Título

CDD: 576

# SUMÁRIO

1	<b>Introdução ao estudo da Microbiologia</b> _____	5
	Alessandra Bucci Cancado	
2	<b>Virologia</b> _____	20
	Luíza Moreira Galindo	
3	<b>Bacteriologia</b> _____	48
	Débora Cunha Torres	
4	<b>Microbiota normal do corpo humano</b> _____	75
	Ana Clara Justo da Silva	
5	<b>Bactérias patogênicas</b> _____	93
	Maria Eduarda Bergamo	
6	<b>Nutrição, metabolismo e crescimento bacteriano em laboratório</b> _____	115
	Pâmela Maioli Lopes	
7	<b>Controle do crescimento bacteriano</b> _____	135
	Meykson Junio Moura da Silva	
8	<b>Micologia</b> _____	161
	Anderson Santana dos Reis	

# Microbiologia

EM E-BOOK

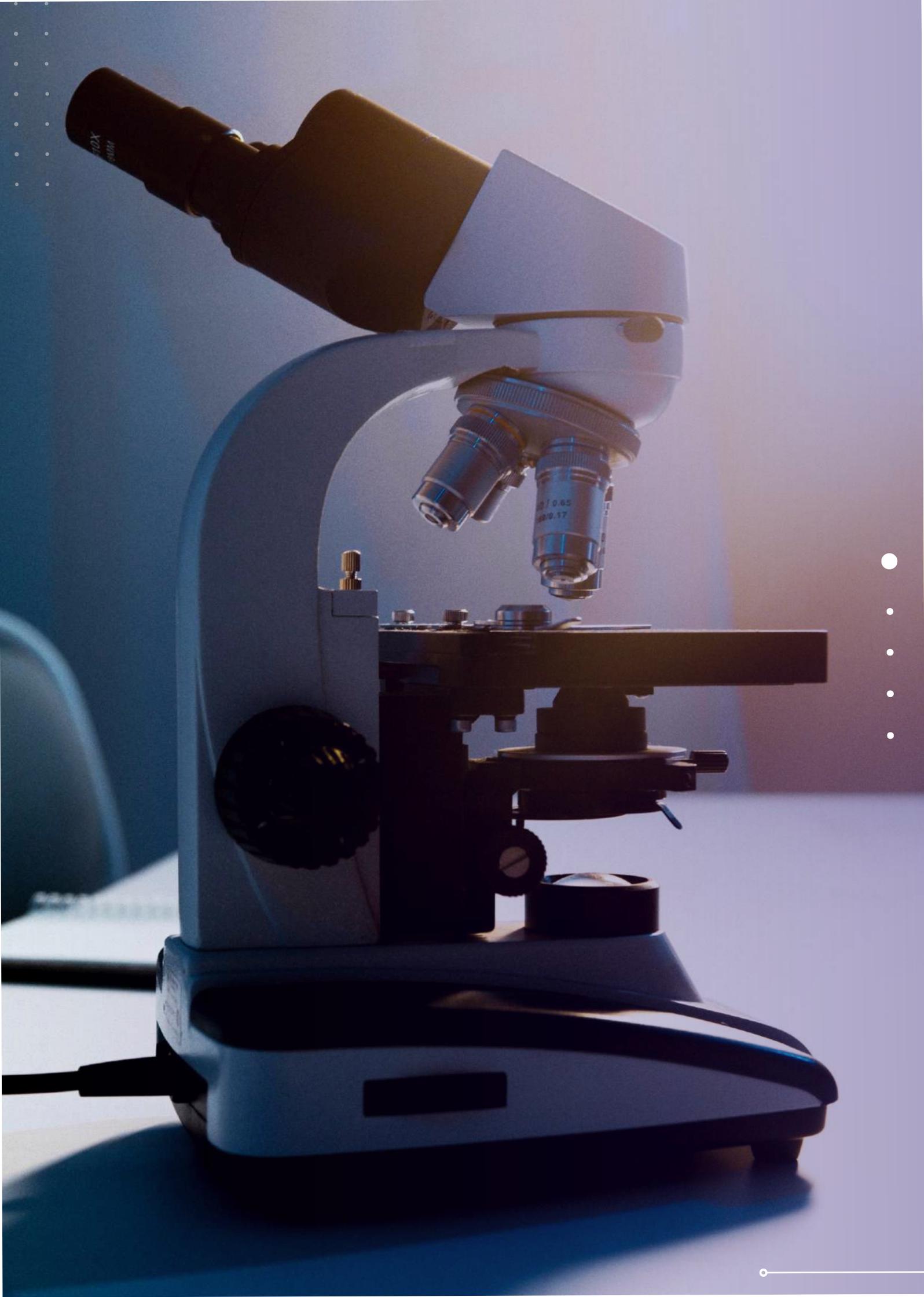
## CAPÍTULO

# 1

## Introdução

AO ESTUDO







# CAPÍTULO 1

## Introdução ao estudo da Microbiologia

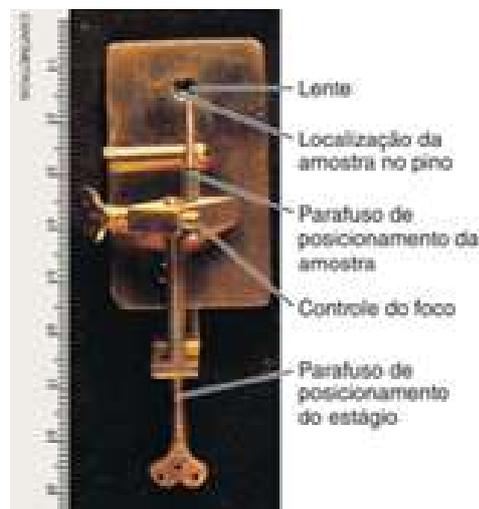
### 1. INTRODUÇÃO À MICROBIOLOGIA

A palavra “Microbiologia” tem origem grega de: mikros = pequeno; bios = vida e logos = ciência. Logo, a microbiologia é a ciência que vai estudar as características biológicas, estruturais, reprodutivas, genéticas e fisiológicas de microrganismos.

Os microrganismos são seres vivos tão pequenos que não podem ser vistos à olho nú, somente através do microscópio. Este grupo é composto por uma variedade de seres vivos que apenas compartilham o fato de serem microscópicos. Entre os microrganismos mais comuns, podemos citar: bactérias, vírus, fungos e protozoários. Muito embora os vírus sejam entidades microscópicas, não são constituídos de células.

Embora a microbiologia seja pauta de assuntos atuais, principalmente em época de pandemia, o estudo dos microrganismos acontece há muito tempo e só continua sendo possível pelo constante avanço tecnológico. As descobertas microbiológicas surgiram entre os anos de 1632 e 1723, com os cientistas Antony Van Leeuwenhoek e Robert Hooke.

Especula-se que o primeiro cientista a observar células vivas foi Leeuwenhoek, que relata ter observado microrganismos na sua cavidade bucal, com isso, ele foi o criador do primeiro microscópio, como ilustrado na figura 1, para que pudesse fazer a observação dos organismos, que os nomeou como “animálculos”.



**Figura 1. Réplica do primeiro microscópio (Fonte: TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).**

## 2. ORIGEM DOS MICRORGANISMOS

Foram propostas algumas teorias para explicar a origem dos microrganismos que serão descritas a seguir: a teoria da abiogênese e a teoria da biogênese.

### 2.1 TEORIA DA ABIOGÊNESE

A teoria abiogênese é popularmente conhecida como “teoria da geração espontânea”, na qual os cientistas afirmavam que os microrganismos eram derivados de uma transformação espontânea da junção de plantas com a carne de animais em estado de putrefação, explicava basicamente que a origem da vida partia de matérias não-vivas. A teoria logo foi refutada por Louis Pasteur, que defendia a biogênese, que contradiz a teoria anterior. Pasteur defendia a tese de que todos os seres vivos são derivados de outros preexistentes, para o cientista, não existe origem da vida sem outra envolvida.

### 2.2 TEORIA DA BIOGÊNESE

Para que a teoria da biogênese fosse aceita, Louis Pasteur realizou os experimentos, ilustrados na figura 2. Resumidamente: despejou caldo de carne com microrganismos em um frasco de pescoço comprido, em seguida curvou em formato de S, para impedir contaminação externa, ferveu o caldo por vários minutos para matar os microrganismos e não observou a presença deles, mesmo muito tempo depois.



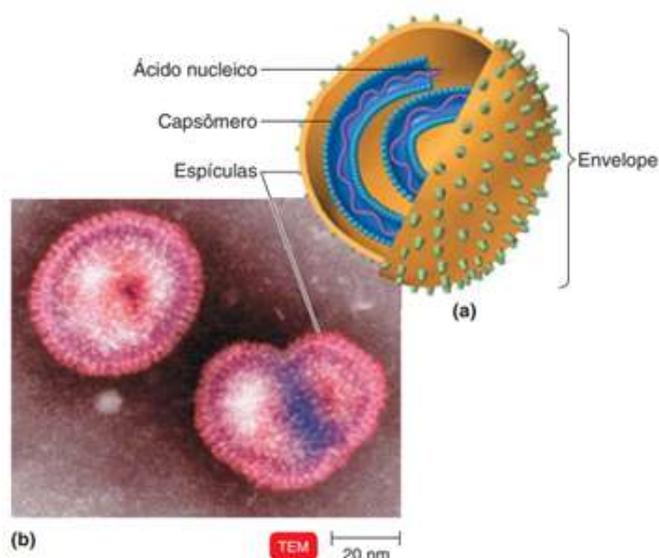
**Figura 2. Experimento de Pasteur a respeito da biogênese e abiogênese (Fonte: TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).**

Apesar do ramo existir há séculos, o estudo microbiológico acompanha o avanço tecnológico e contribui positiva e ativamente em muitas áreas do cotidiano, como veremos nos próximos capítulos.

### 3. VÍRUS

Os vírus são parasitas intracelulares obrigatórios. São agentes infecciosos que não possuem “maquinaria” metabólica própria e necessitam de uma célula para que possam se reproduzir. Apesar de existir uma constante discussão acerca da classificação dos vírus serem seres vivos ou não, eles têm capacidade de reprodução apenas no interior das células e são susceptíveis às mutações.

São microrganismos muito pequenos, seu tamanho varia de 20–300 nm. Os vírus são considerados acelulares, quando estão fora de células vivas eles são inertes, não possuindo capacidade de metabolismo. Seu genoma é composto apenas por um tipo de ácido nucleico (material genético), podem ter RNA ou DNA, diferente dos outros microrganismos, os vírus conseguem guardar suas informações no RNA. Existem vírus que durante sua fase de replicação podem ter o DNA e o RNA, como nos casos de retrovírus (vírus HIV). O material genético é envolto por um capsídeo, que são proteínas que vão envolver o material genético e tem função de proteção e rigidez e a estrutura do capsídeo vai ser diferente para cada vírus. Podemos observar a estrutura viral, analisando a figura 3 abaixo.



**Figura 3. Estrutura da partícula viral (Fonte: TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).**

Além do capsídeo, alguns vírus também apresentam um envelope viral que é formado de fosfolipídios, glicoproteínas e glicolipídios formados por um envoltório lipídico resultante da membrana plasmática da célula que foi invadida.

Ou seja, enquanto o capsídeo é uma camada protetora protéica do ácido nucleico, o envelope viral constitui uma membrana rica em lipídeos e reveste a partícula mais externamente.

No próximo capítulo (capítulo 2), os detalhes a respeito da estrutura, multiplicação viral e das viroses, serão abordados com maiores detalhes.

## 4. BACTÉRIAS

As bactérias são organismos unicelulares, ou seja, compostos de uma única célula, e não possuem núcleo definido que delimita o DNA. São células procariotas que possuem apenas o material genético composto por cromossomo e plasmídeo (DNA extracromossomal não obrigatório), citoplasma, ribossomos, membrana plasmática e parede celular (tem na sua estrutura peptidoglicano, na maioria das vezes). Esses organismos também apresentam como característica a ausência de organelas membranosas. As bactérias podem ser recobertas de fimbrias, ou ainda podem ter flagelos.

Existem dois grandes grupos de bactérias: as que tem parede celular típica e as que não tem. O grupo de bactérias que possuem a parede celular constituída de peptidoglicano podem ser subdivididas em: bactérias gram-positivas e bactérias gram-negativas. Já, o grupo de bactérias que não possuem parede celular típica são: micobactérias, micoplasma, clamídia e riquetsias.

As bactérias gram-positivas têm sua parede celular composta de maior quantidade de peptidoglicano e têm ácidos lipotecóicos ancorados. O ácido teicoico é exclusivo da bactéria gram-positiva. Já as bactérias gram-negativas têm camada fina de peptidoglicano e uma membrana externa que é formada por porinas, fosfolipídeos e lipopolissacarídeos (LPS).

Sobre sua morfologia, ilustrada na figura 4 abaixo, as bactérias podem ser classificadas em: cocos, bacilos, espirilos e vibriões. Os cocos têm sua estrutura esférica e são nomeados de acordo com seu arranjo, ou seja, o agrupamento de dois cocos formam os diplococos; o agrupamento de quatro cocos formam os tétrades; as sarcinas são formadas por oito cocos e têm formato similar à um cubo; os estreptococos são agrupados em cadeia linear e os estafilococos são bem semelhantes à um cacho de uva.

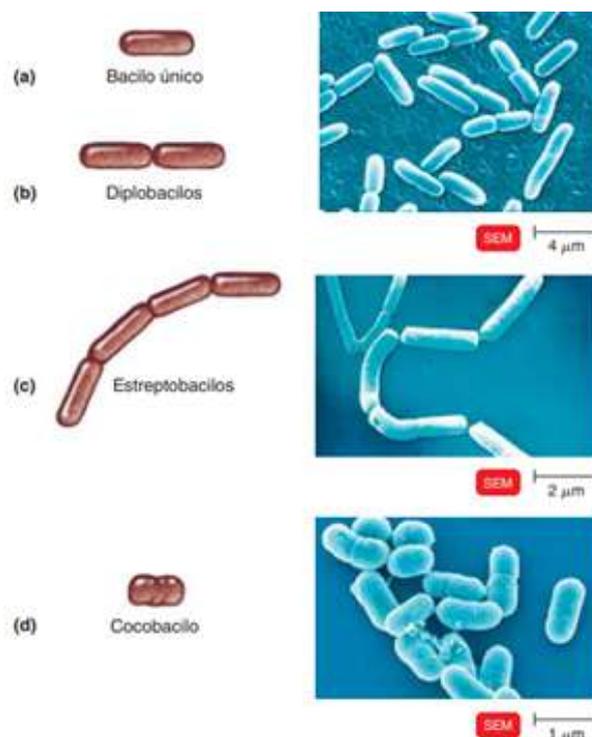
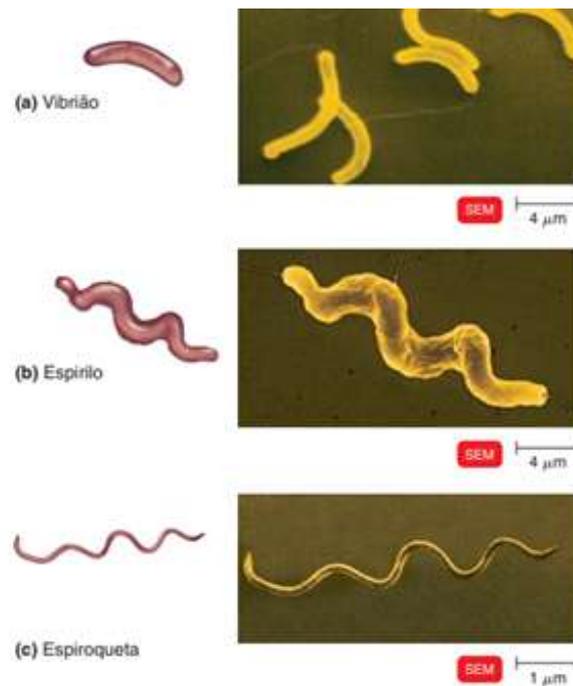


Figura 4. Morfologia bacteriana (Fonte: TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

A morfologia espiralada geralmente ocorre de forma isolada. Sendo classificada em espirilos, vibriões e espiroquetas. Os espirilos possuem o corpo rígido e se locomovem por flagelos externos. As espiroquetas são flexíveis e se locomovem por contrações citoplasmáticas com flagelos internos (endoflagelos). Os vibriões têm forma que se assemelham com uma vírgula, ou um bastão de ponta encurvada. Podemos identificar a morfologia de cada categoria de morfologia observando a figura 5 abaixo.

Maiores detalhes sobre as bactérias poderão ser encontrados no capítulo 3.



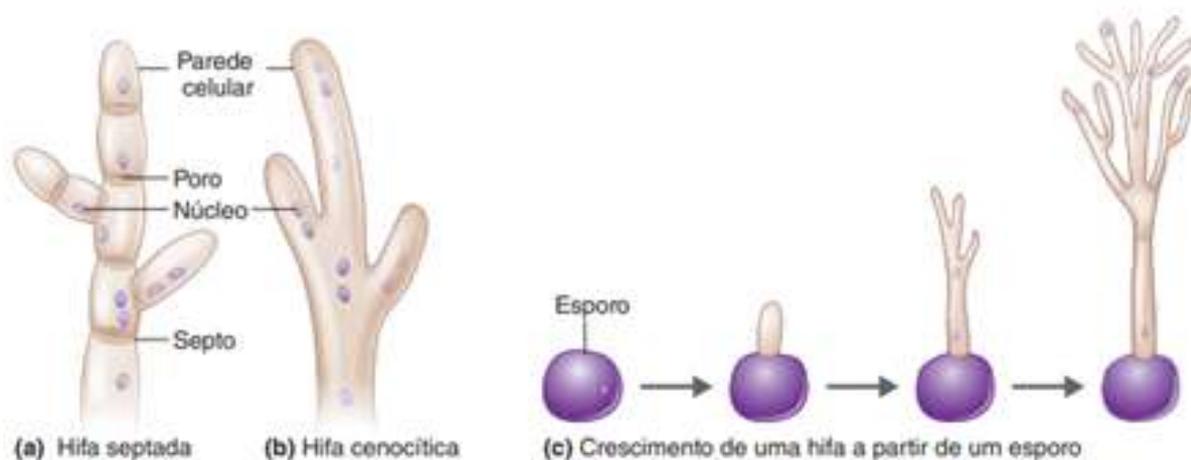
**Figura 5. Bactérias Espirais (Fonte: TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).**

## 5. FUNGOS

Os fungos são pertencentes ao Reino Fungi, onde encontramos representantes macroscópicos e microscópicos. Quanto aos fungos microscópicos temos os unicelulares (no caso das leveduras) e os pluricelulares (bolores ou fungos filamentosos), são eucariontes, heterotróficos e podem ser anaeróbios ou aeróbios facultativos. Esses organismos têm sua reprodução sexuada ou assexuada, são heterótrofos, parasitas e decompositores. Diferente das bactérias, os fungos não possuem peptidoglicano em parede celular.

Alguns fungos são semelhantes às plantas quando falamos que ambos são pluricelulares e também possuem paredes celulares que cobrem o exterior das células de forma individual. Por outro lado, os fungos também apresentam diferenças do Reino Plantae, por não serem capazes de produzir seu próprio alimento, já que se alimentam através da absorção de nutrientes. Eles crescem como células únicas (leveduras) ou em colônias filamentosas multicelulares.

A forma de observação dos fungos filamentosos pode ser macroscópica ou microscópica, seu corpo é formado por hifas, que em conjunto, fazem a formação do micélio. Como mostra a figura 6 abaixo:



**Figura 6. Morfologia dos hifas (Fonte: TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).**

As hifas são filamentos longos e em formato cilíndrico que possuem vários núcleos, como ilustrado na figura 6 acima. As hifas têm como função: digestão extracelular e reprodução (sexuada e assexuada). Apesar da semelhança com as plantas, os fungos precisam se alimentar de substâncias orgânicas e as hifas liberam substâncias que degradam os carboidratos para que seu metabolismo seja concluído.

Mais detalhes a respeito dos fungos microscópicos poderão ser encontrados no capítulo 8.

## 6. PROTOZOÁRIOS

Os protozoários são unicelulares, eucariontes e heterotróficos. Têm vida livre e podem ser encontrados em inúmeros ambientes, porém existem algumas espécies de protozoários que necessitam de outros organismos para que possam sobreviver – parasitas. A reprodução pode acontecer sexuada ou assexuada, sendo a assexuada a mais comum.

Os protozoários que vivem no meio aquático são divididos em quatro grupos:

- **Esporozoários:** não possuem estrutura para se locomover. São parasitas heterogêneas que habitam outras células inclusive as hemácias.
- **Rizópodos:** se locomovem através de prolongamentos do citoplasma denominados pseudópodes.
- **Flagelados:** se locomovem através de flagelos.
- **Ciliados:** se locomovem através de filamentos curtos denominados “cílios”.



# MAPA MENTAL

## Capítulo 1: Organizando conceitos



# DICAS DE LEITURA

Acesse o livro "**Microbiologia**" em "Minha Biblioteca" do Centro Univesitário São Camilo e estude mais sobre o assunto!

Livro: TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. **Microbiologia**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed,2017. (Recurso Online – Biblioteca São Camilo)

Capítulo: **1**

Páginas: **4 - 15**



# DICAS DE AULAS



## TEORIA DA MEDICINA

AULA 1: INTRODUÇÃO, HISTÓRIA E  
CONCEITOS DA MICROBIOLOGIA

AULA 2: CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS  
BACTÉRIAS (PARTE I E II)

## HENAC ALMEIDA

AULA 3: VÍRUS - CONCEITO, REPLICAÇÃO  
E REPRODUÇÃO VIRAL

## PROF<sup>o</sup> GUILHERME

AULA 4: MICROBIOLOGIA, FUNGOS E  
PROTISTAS

LINK DA AULAS



AULA 1 - [https://www.youtube.com/watch?v=HyiD7\\_JWYFg](https://www.youtube.com/watch?v=HyiD7_JWYFg)  
AULA 2 - [https://www.youtube.com/watch?v=ynahrB9M\\_iQ](https://www.youtube.com/watch?v=ynahrB9M_iQ)  
<https://www.youtube.com/watch?v=eZpgItjZuoY>  
AULA 3 - [https://www.youtube.com/watch?v=93gdvGxr9\\_8](https://www.youtube.com/watch?v=93gdvGxr9_8)  
AULA 4 - <https://www.youtube.com/watch?v=0QL0xKc3fbQ>

# QUESTÕES



Capítulo 1: Para treinar e fixar o conteúdo!

1. Louis Pasteur realizou experimentos pioneiros em Microbiologia. O processo denominado pasteurização consiste no \_\_\_\_\_ controlado a fim de garantir sua qualidade e \_\_\_\_\_ microrganismos nocivos.  
As lacunas podem ser corretamente preenchidas, respectivamente, por:  
A. Resfriamento, produzir  
B. Inóculo, produzir  
C. Aquecimento, destruir  
D. Patógeno, destruir
2. A bactéria não possui, qual das seguintes estruturas?  
A. Membrana plasmática.  
B. Ribossomo.  
C. Parede celular.  
D. DNA.  
E. Carioteca.
3. Em uma visão geral da estrutura procariótica, qual das alternativas está correta?  
A. As células procarióticas são células bastante complexas, são providas de carioteca onde está armazenado seu material genético e sua membrana celular é uma camada de peptidoglicanos.  
B. A presença das mitocôndrias nas células procarióticas tem grande importância como fonte de energia e os plasmídeos apresentam seu material genético.  
C. Os flagelos presentes nas células procariontes também estão presentes nas células eucariontes assim como o núcleo das células.  
D. Somente as células eucariontes apresentam estruturas externas, membrana celular completa.  
E. As células procarióticas apresentam uma variedade de estruturas externas, membrana celular envolvida pela parede celular composta por peptidoglicanos.

# QUESTÕES



Capítulo 1: Para treinar e fixar o conteúdo!

4. O material genético extracromossomal de uma célula procariótica se encontra no(a)?

- A. Glicocálice
- B. Flagelo
- C. Parede celular
- D. Plasmídeo
- E. Citoplasma

5. Sobre hifas e micélio, foi feita a seguinte afirmação:

"As hifas são um conjunto de células organizadas e os micélios são um conjunto de hifas."

A afirmação é:

- Verdadeira
- Falsa





Curiosidades  
**SAIBA MAIS!**

---

**Você sabia que o cheiro da chuva e o cheiro de terra molhada são causados por uma bactéria?**

O cheiro que sentimos de chuva é proveniente da geosmina, uma substância liberada por uma bactéria chamada *Streptomyces*.

Essa espécie de bactéria geralmente é encontrada no solo.

A substância é produzida quando os esporos (células reprodutoras) das bactérias entram em contato com a água e são disseminados através da própria chuva. As gotas de chuva aprisionam as bolhas de ar no solo e elas eclodem e espalham a geosmina pelo ar. Por isso o cheiro de chuva é tão caracterizado pelo cheiro de terra molhada.

## REFERÊNCIAS

### do Capítulo

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Doenças infecciosas e parasitárias: guia de bolso. 8. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2010.

BROOKS, Geo F. *et al.* Microbiologia médica de Jawetz, Melnick e Adelberg. 26. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

LEVINSON, Warren. Microbiologia médica e imunologia. 13. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

MADIGAN, Michael T. *et al.* Microbiologia de Brock. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. Microbiologia. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

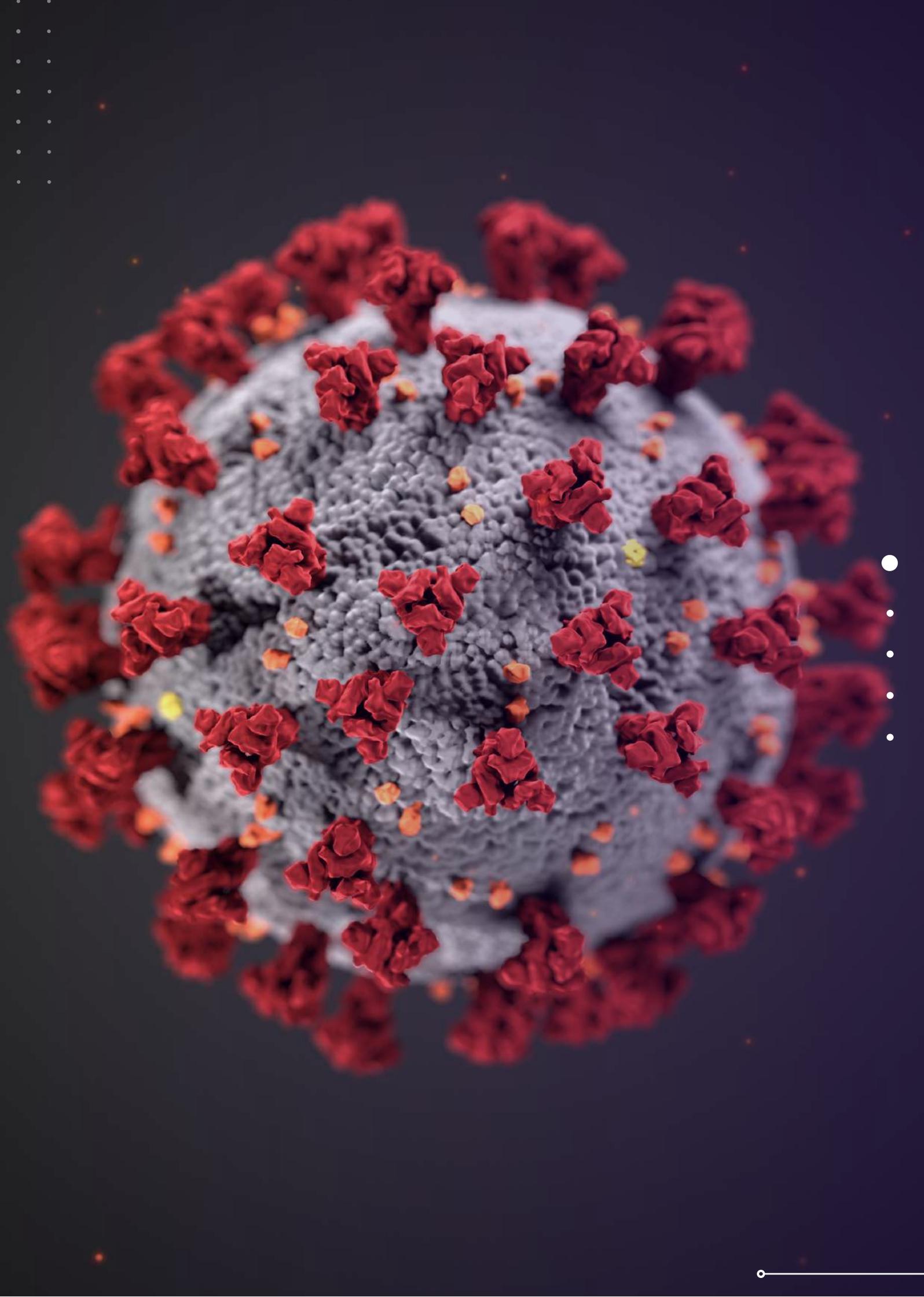
# Microbiologia

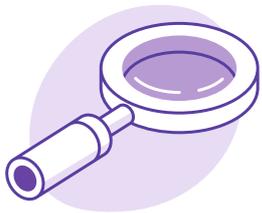
EM E-BOOK

## CAPÍTULO

# 2

# Virologia





# CAPÍTULO 2

## Virologia: Propriedades gerais dos vírus

### 1. PROPRIEDADES GERAIS DOS VÍRUS

Os vírus são os microrganismos mais numerosos em nosso planeta, infectando todos os tipos de organismos celulares existentes. Portanto, são interessantes por si somente (MADIGAN *et al.* 2016). A variedade de hospedeiros para determinado vírus pode ser ampla ou extremamente limitada. Sabe-se que os vírus infectam os microrganismos unicelulares, como micoplasmas, bactérias e algas, bem como todas as plantas e animais superiores, conforme descrevem Brooks *et al.* (2014). Os vírus são elementos genéticos incapazes de replicarem-se sozinhos. São parasitas intracelulares obrigatórios que dependem da penetração em uma célula viva apropriada para realizarem seu ciclo de replicação (MADIGAN *et al.* 2016).

Podem existir nas formas extra e intracelular. No estado extracelular, um vírus é uma partícula microscópica contendo ácido nucleico envolto por proteínas e, ocasionalmente, dependendo do tipo de vírus, outras macromoléculas, presentes no envelope. Nessa forma, a partícula viral, denominada **vírião**, é metabolicamente inerte, não realizando as funções de replicação ou biossíntese. O vírião é a estrutura a partir da qual o genoma viral é transferido, da célula em que foi produzido para outras células. Uma vez no interior de uma nova célula, o estado intracelular é iniciado e o vírus é replicado: novas cópias do genoma são produzidas, e os componentes que formam o envoltório viral são sintetizados (MADIGAN *et al.* 2016).

## 2. ESPECTRO DE HOSPEDEIROS

O espectro de hospedeiros de um vírus consiste na variedade de células hospedeiras que o vírus pode infectar. A maioria é capaz de infectar tipos específicos de células de uma única espécie de hospedeiro. Em casos raros, os vírus cruzam as barreiras de espécies, expandindo, assim, seu espectro de hospedeiros, como o vírus causador da raiva. Os vírus que infectam bactérias são chamados de **bacteriófagos** ou **fagos** (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

O espectro de hospedeiros de um vírus é determinado pela exigência viral quanto à sua ligação específica à célula hospedeira e pela disponibilidade de fatores celulares do hospedeiro em potencial necessários para a multiplicação viral (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). Para alguns bacteriófagos, o receptor faz parte da parede da célula hospedeira; em outros casos, faz parte das fímbrias ou dos flagelos. No caso de vírus que infectam células animais, os receptores estão na membrana plasmática das células hospedeiras (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

## 3. ESTRUTURA E TAXONOMIA VIRAL

### 3.1 Ácido nucleico

Ao contrário das células procarióticas e eucarióticas, nas quais o DNA é sempre o material genético principal (o RNA tem um papel auxiliar), os vírus podem possuir tanto DNA como RNA, mas ambos são raramente encontrados. O ácido nucleico dos vírus pode ser de fita simples ou dupla. Assim, existem vírus que apresentam o familiar DNA de dupla-fita, DNA de fita simples, RNA de dupla-fita e RNA de fita simples. Dependendo do vírus, o ácido nucleico pode ser linear ou circular. Em alguns vírus (como o vírus da gripe), o ácido nucleico é segmentado (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

### 3.2 Capsídeo

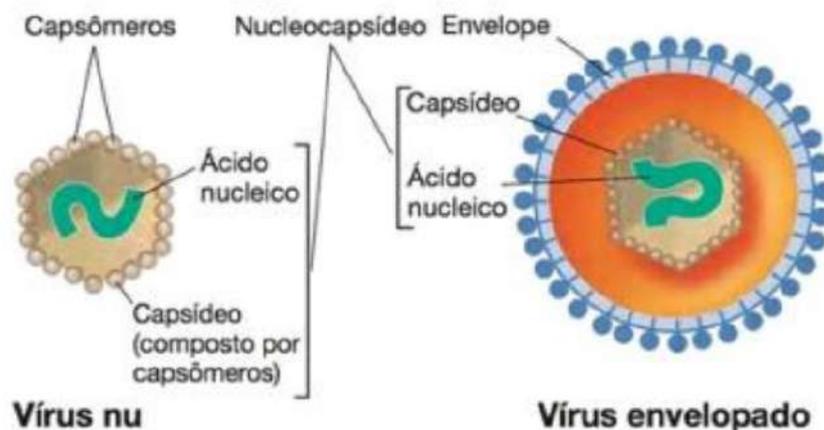
O ácido nucleico de um vírus é protegido por um revestimento proteico, chamado de capsídeo. A estrutura do capsídeo é determinada, basicamente, pelo ácido nucleico. Cada capsídeo é composto de subunidades proteicas, denominadas capsômeros (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

### 3.3 Envelope

Em alguns vírus, o capsídeo é envolto por um envelope, que geralmente consiste em uma combinação de lipídeos, proteínas e carboidratos (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). O envelope viral é adquirido à medida que o vírus deixa a célula, em um processo denominado "brotamento" (LEVINSON, 2016).

Em geral, a presença de um envelope confere instabilidade ao vírus. Aqueles envelopados são mais sensíveis ao calor, ao dessecamento, a detergentes, e a solventes lipídicos, como álcool e éter, quando comparados aos vírus não envelopados (nucleocapsídeo), que são compostos somente por ácido nucleico e proteínas do capsídeo, ressalta Levinson (2016). Os vírus cujos capsídeos não são envoltos por um envelope são conhecidos como vírus não envelopados. Nesse caso, o capsídeo protege o ácido nucleico viral do ataque das nucleases presentes nos fluidos biológicos e promove a ligação da partícula às células suscetíveis (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

Dependendo do vírus, os envelopes podem ou não apresentar espículas, constituídas por complexos carboidrato-proteína que se projetam da superfície do envelope. Alguns vírus se ligam à superfície da célula hospedeira através das espículas, que são características tão marcantes que podem ser utilizadas para a identificação (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). Na figura 1, é ilustrada a comparação entre vírus envelopado e vírus nu (sem envelope).

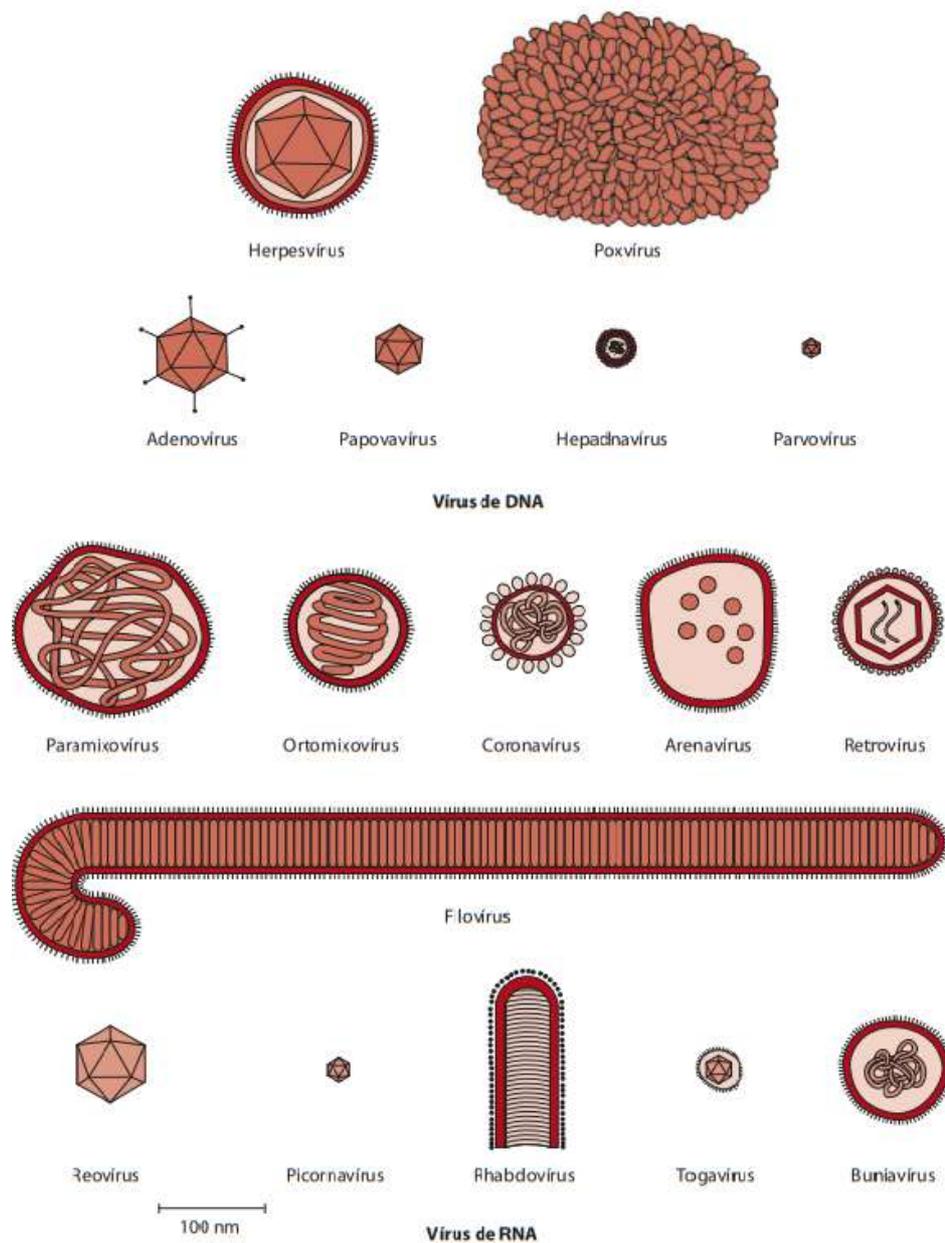


**Figura 1. Comparação entre partículas virais nuas e envelopadas (Fonte: MADIGAN et al, 2016).**

### 3.4 Morfologia geral

A estrutura composta pelo ácido nucleico e pelas proteínas do capsídeo é denominada **nucleocapsídeo**. O arranjo dos capsômeros confere à estrutura viral sua simetria geométrica (LEVINSON, 2016). Os vírus podem ser classificados em vários tipos morfológicos diferentes, com base na arquitetura do capsídeo (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

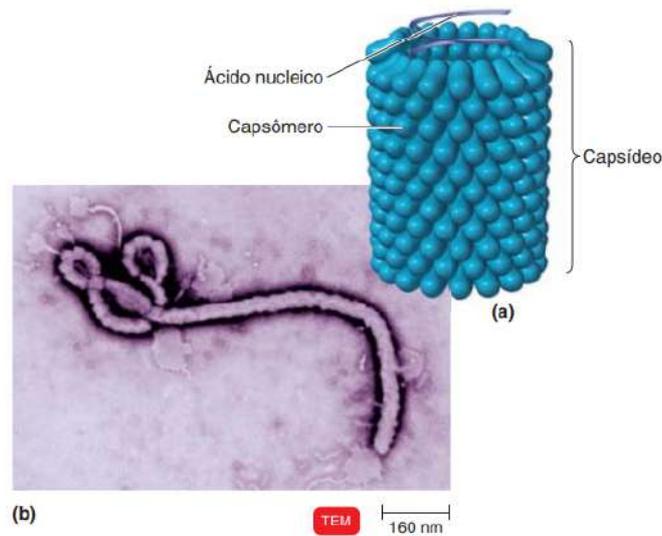
A figura 2 evidencia as diferentes morfologias dos vírus.



**Figura 2. Diversidade de formas e tamanhos dos vírus (Fonte: LEVINSON, 2016).**

### Vírus helicoidais

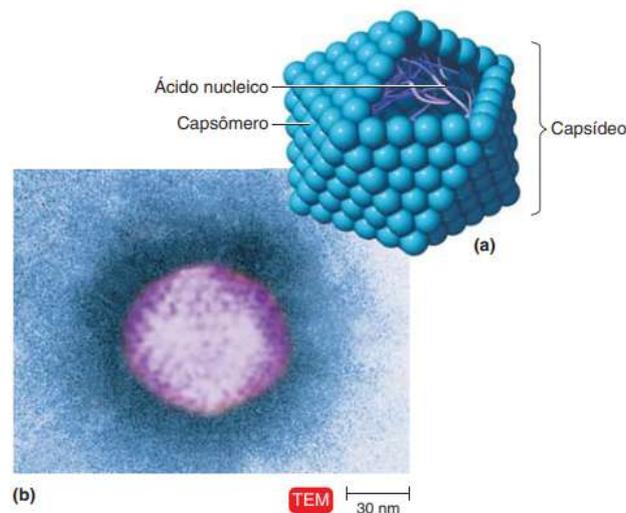
Os vírus helicoidais assemelham-se a longos bastonetes que podem ser rígidos ou flexíveis. O ácido nucleico viral é encontrado no interior de um capsídeo oco e cilíndrico que possui uma estrutura helicoidal. Os vírus que causam raiva e a febre hemorrágica Ebola são helicoidais (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).



**Figura 3. Morfologia de um vírus helicoidal. (Fonte: TORTORA; FUNKE; CASE, 2017.)**

### Vírus poliédricos

Muitos vírus animais, vegetais e bacterianos são poliédricos, isto é, têm muitas faces. O capsídeo da maioria dos vírus poliédricos tem a forma de um icosaedro, um poliedro regular com 20 faces triangulares e 12 vértices (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017), de morfologia ligeiramente esférica (MADIGAN et al. 2016). Os capsômeros de cada face formam um triângulo equilátero (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).



**Figura 4. Morfologia de um vírus poliédrico não envelopado (Fonte: TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).**

## Vírus envelopados

Como mencionado anteriormente, o capsídeo de alguns vírus é coberto por um envelope. Os vírus envelopados são relativamente esféricos. Quando os vírus helicoidais e os poliédricos são envoltos por um envelope são denominados vírus helicoidais envelopados ou vírus poliédricos envelopados (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

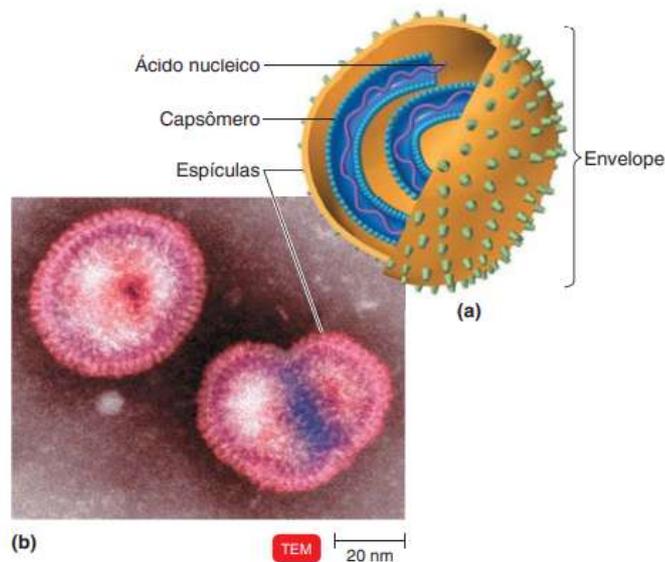


Figura 5. Morfologia de um vírus helicoidal envelopado (Fonte: TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

## Vírus complexos

Alguns vírus, particularmente os vírus bacterianos, têm estruturas complicadas e são chamados de vírus complexos. Um **bacteriófago** é um exemplo de um vírus complexo. Alguns bacteriófagos possuem capsídeos com estruturas adicionais aderidas. Nesta figura, observe que o capsídeo (cabeça) é poliédrico e a bainha da cauda é helicoidal. A cabeça contém o genoma viral (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

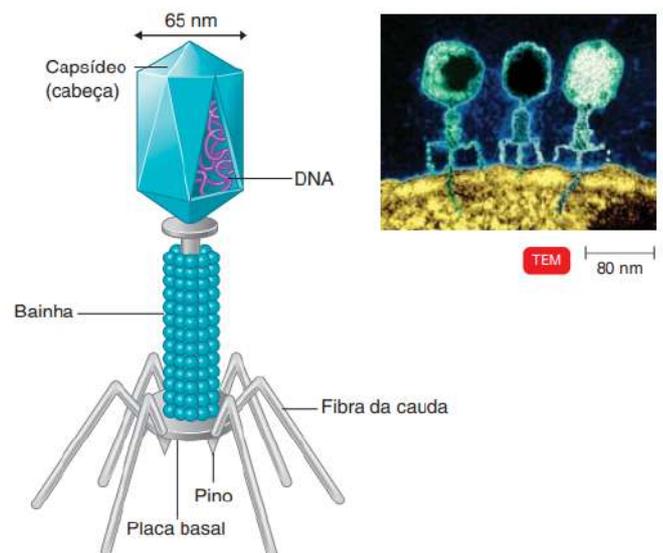


Figura 6. Morfologia de um vírus complexo (Fonte:TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

### 3.5 Taxonomia dos vírus

As novas e rápidas técnicas de sequenciamento de DNA permitiram que o Comitê Internacional de Taxonomia Viral começasse a agrupar os vírus em famílias com base em seu genoma e estrutura. O sufixo -virus é usado para os gêneros, ao passo que as famílias de vírus recebem o sufixo -viridae, e as ordens, o sufixo -ales (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). Madigan *et al.* (2016), em conformidade com Santos, Romanos e Wigg (2015) citam que os membros de uma mesma família de vírus apresentam morfologia de vírion, estrutura genética e estratégia de replicação similares.

No uso formal, os nomes das famílias e dos gêneros são usados da seguinte maneira: família Herpesviridae, gênero Simplexvirus, Human herpesvirus 2. Diferentemente da taxonomia de outros organismos, que usa o latim e o grego como base, a nomenclatura viral utiliza a língua inglesa como base. Portanto, o nome científico do herpes-vírus humano do tipo 2 é Human herpesvirus 2 (em itálico, como na taxonomia de outros organismos) (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

## 4. MULTIPLICAÇÃO VIRAL

Os vírus animais diferem dos fagos no seu mecanismo de penetração na célula hospedeira. Além disso, uma vez dentro da célula, a síntese e a montagem de novos componentes virais são ligeiramente diferentes, em parte devido às diferenças entre as células procarióticas e eucarióticas. Os vírus animais têm determinados tipos de enzimas não encontrados nos fagos. Finalmente, os vírus animais e os fagos diferem quanto aos mecanismos de maturação e liberação, e quanto aos efeitos de sua multiplicação na célula hospedeira (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). Vamos iniciar o estudo a partir da multiplicação de vírus animais e, posteriormente, abordaremos o ciclo lítico e lisogênico dos bacteriófagos.

### 4.1 Multiplicação de vírus animais

#### 4.1.1 Ligação ou adsorção

A base mais comum para a especificidade de um vírus em relação ao hospedeiro depende da ligação entre eles. O próprio vírion (nu ou envelopado) possui uma ou mais proteínas externas que interagem com componentes específicos da superfície celular, denominados receptores. Esses receptores são componentes superficiais normais da célula hospedeira, como proteínas, carboidratos, glicoproteínas, lipídeos, lipoproteínas ou complexos desses, aos quais os vírions se ligam (MADIGAN *et al.* 2016).

### 4.1.2 Penetração e desnudamento

Alguns vírus envelopados de animais são desnudados na membrana citoplasmática, liberando o conteúdo do vírion no citoplasma. No entanto, no caso de vírus nus de animais e muitos vírus envelopados de animais, o vírion inteiro penetra na célula por endocitose. Em tais casos, o vírus deve ser desnudado no interior da célula hospedeira, de forma que o genoma seja exposto e a replicação possa ser realizada (MADIGAN *et al.* 2016).

Os vírus envelopados podem penetrar por um processo alternativo, chamado de fusão, no qual o envelope viral se funde à membrana plasmática e libera o capsídeo, ocorrendo o desnudamento no citoplasma da célula, mencionam Tortora, Funke e Case (2017) em concordância com Madigan *et al.* (2016).

### 4.1.3 A biossíntese dos vírus de DNA

Em geral, os vírus de DNA replicam seu genoma no núcleo da célula hospedeira, usando enzimas virais, e sintetizam as proteínas do capsídeo e outras proteínas no citoplasma, usando enzimas do hospedeiro. As proteínas migram, então, para o núcleo e são reunidas ao DNA recém-sintetizado para formar os novos vírions. Os vírions são transportados pelo retículo endoplasmático para a membrana da célula hospedeira e são liberados (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

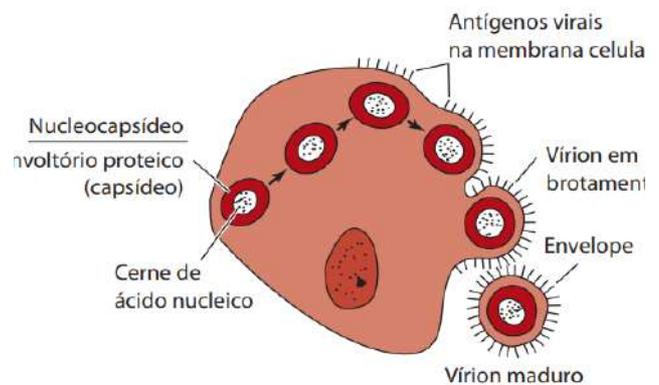
### 4.1.4 A biossíntese dos vírus de RNA

Os vírus de RNA multiplicam-se essencialmente da mesma forma que os vírus de DNA, com exceção de que os vírus de RNA se multiplicam no citoplasma da célula hospedeira. Diversos mecanismos distintos de produção de mRNA são observados entre os diferentes grupos de vírus de RNA. As principais diferenças entre os processos de multiplicação residem na forma como o mRNA e o RNA viral são produzidos (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

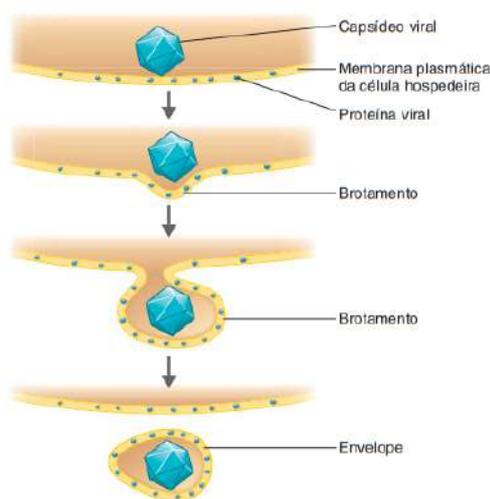
Estes vírus têm uma RNA-polimerase dependente de RNA. Essa enzima não é codificada em nenhum genoma celular. Os genes virais induzem a produção dessa enzima pela célula hospedeira. Essa enzima catalisa a síntese de outra fita de RNA, complementar à sequência de bases da fita infecciosa original. Assim que o RNA e as proteínas virais são sintetizados, ocorre a maturação (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

### 4.1.5 Maturação e liberação

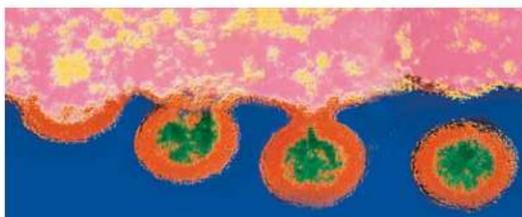
A montagem do capsídeo proteico constitui o primeiro passo no processo de maturação viral. Essa montagem, em geral, é um processo espontâneo. As proteínas do envelope são codificadas por genes virais e são incorporadas à membrana plasmática da célula hospedeira. Os lipídeos e os carboidratos são sintetizados pelas células e estão presentes na membrana plasmática. Quando o vírus deixa a célula por um processo denominado brotamento, o capsídeo viral adquire o envelope (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). Nas figuras 7 e 8, é possível observar o processo de brotamento e formação do envelope viral.



**Figura 7. Liberação dos vírus pelo processo de brotamento (Fonte: LEVINSON, 2016).**



**(a) Liberação por brotamento**



**(b) *Lenivirus***

TEM 50 nm

**Figura 8. Brotamento de um vírus envelopado (Fonte: TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).**

Após a sequência de adsorção, penetração, desnudamento e biossíntese do ácido nucleico e proteínas virais, o capsídeo montado, contendo o ácido nucleico, brota, empurrando a membrana plasmática da célula hospedeira. Como resultado, uma parte da membrana, que agora é o envelope, adere-se ao vírus. Essa extrusão do vírus de uma célula hospedeira é um dos métodos de liberação. O brotamento não mata a célula hospedeira imediatamente e, em alguns casos, a célula sobrevive (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

Tortora, Funke e Case (2017) afirmam que os vírus não envelopados são liberados através de rupturas na membrana plasmática da célula hospedeira e, ao contrário do brotamento, esse tipo de liberação geralmente resultará na morte da célula hospedeira.

## 4.2 Multiplicação de vírus bacteriófagos: O ciclo lítico e o ciclo lisogênico.

Os bacteriófagos podem multiplicar-se por dois mecanismos alternativos: o ciclo lítico e o ciclo lisogênico. O ciclo lítico termina com a lise e morte da célula hospedeira, ao passo que no ciclo lisogênico a célula hospedeira permanece viva (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

A figura 9 esquematiza as etapas do ciclo lítico.

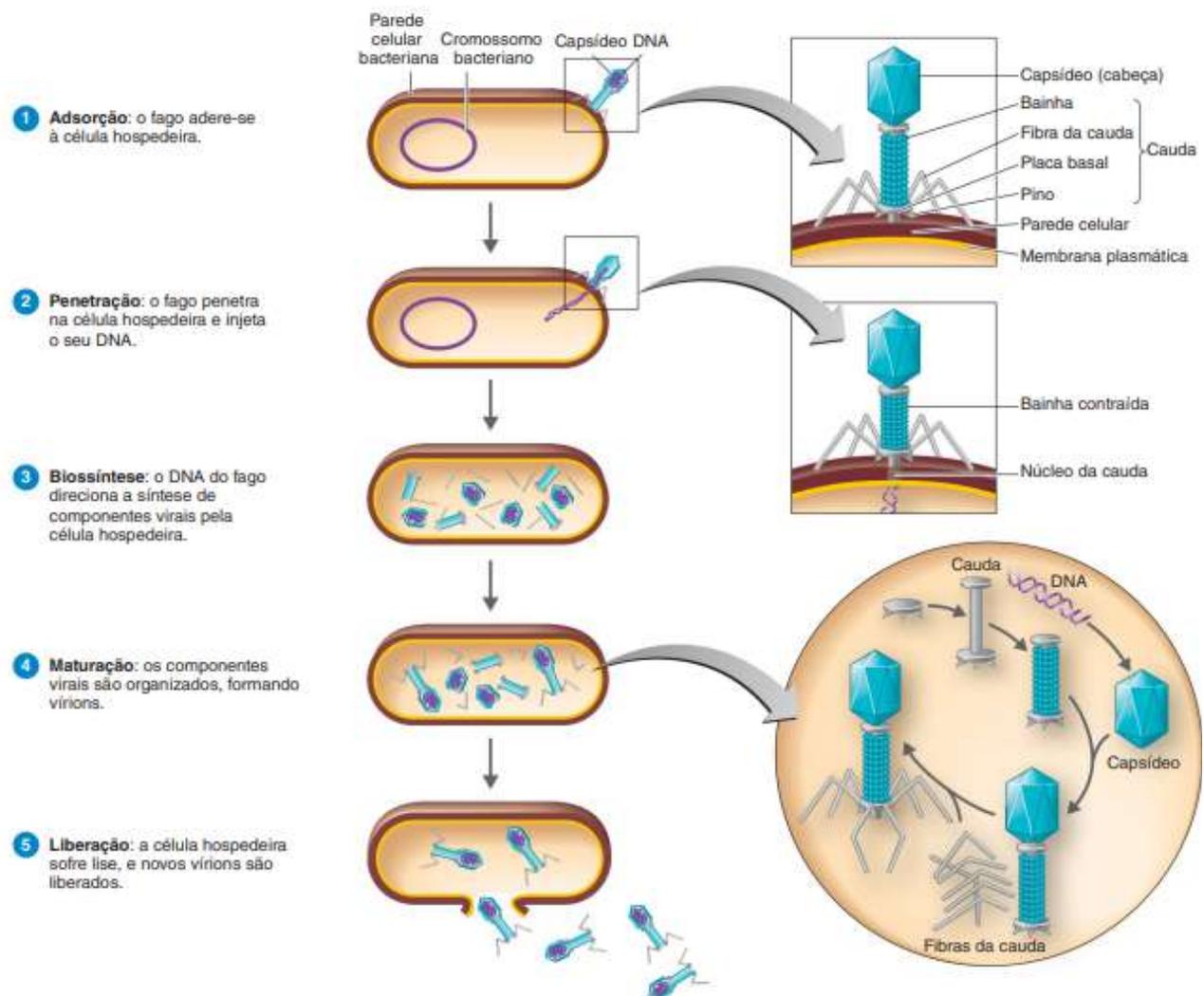
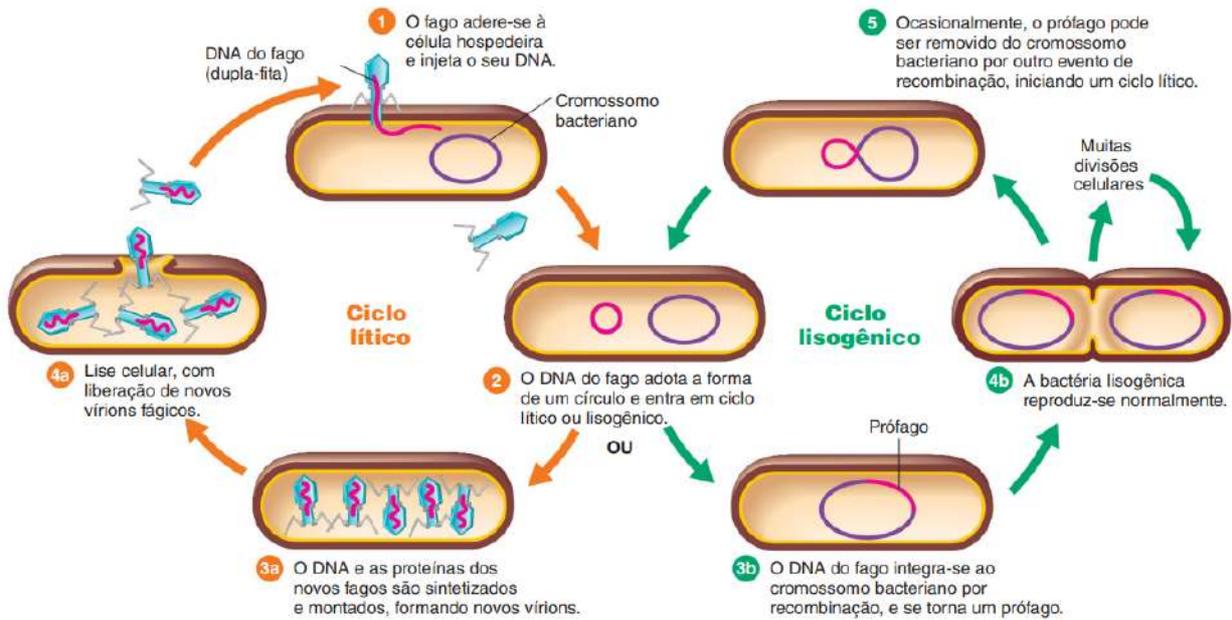


Figura 9. O ciclo lítico de um bacteriófago T-par (Fonte: TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

Alguns vírus não causam a lise e a morte da célula hospedeira quando se multiplicam. Esses fagos lisogênicos (também denominados fagos temperados) podem induzir um ciclo lítico, mas também são capazes de incorporar seu DNA ao DNA da célula hospedeira para iniciar um ciclo lisogênico. Na lisogenia, o fago permanece latente (inativo). As células bacterianas hospedeiras são conhecidas como células lisogênicas (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). Observe, na figura 10, as principais diferenças entre o ciclo lítico e o ciclo lisogênico.



**Figura 10. O ciclo lítico e lisogênico do bacteriófago lambda em *E.coli* (Fonte: TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).**

A tabela 1 faz a comparação entre a multiplicação de vírus animais e bacteriófagos, destacando as principais diferenças existentes.

**Tabela 1. Comparação entre a multiplicação viral dos bacteriófagos e dos vírus animais (Fonte:TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).**

Estágio	Bacteriófagos	Vírus animais
Adsorção	As fibras da cauda ligam-se às proteínas da parede celular	Os sítios de adesão são proteínas e glicoproteínas da membrana plasmática
Penetração	O DNA viral é injetado na célula hospedeira	O capsídeo penetra por endocitose mediada por receptor ou por fusão
Desnudamento	Desnecessário	Remoção enzimática das proteínas do capsídeo
Biossíntese	No citoplasma	No núcleo (vírus com genoma DNA) ou citoplasma (vírus com genoma RNA)
Infecção crônica	Lisogenia	Latência; infecções virais lentas; câncer
Liberação	A célula hospedeira sofre lise	Os vírus envelopados brotam; os não envelopados rompem a membrana plasmática

## 5. PRINCIPAIS VÍRUS DE DNA

### 5.1 Papilomavírus

Esses vírus assemelham-se aos poliomavírus em alguns aspectos, mas possuem genoma e tamanho grandes. Existem muitos genótipos de papilomavírus humanos, também conhecidos como vírus das "verrugas"; certos tipos são agentes causadores de cânceres genitais em seres humanos (BROOKS *et al.*, 2014).

### 5.2 Adenovírus

Vírus de tamanho médio (70 a 90 nm), sem envelope, que exibem simetria cúbica. O genoma consiste em DNA de fita dupla linear. Pelo menos 51 tipos de adenovírus infectam os seres humanos, particularmente as mucosas. Certos adenovírus provocam doenças respiratórias agudas, conjuntivite e gastroenterite (BROOKS *et al.*, 2014).

### 5.3 Hepadnavírus

São vírus pequenos (40 a 48 nm) que contêm moléculas de DNA de fita dupla circular. O vírus consiste em um cerne de nucleocapsídeo icosaédrico em um envelope estreitamente aderente que contém lipídeos. Os hepadnavírus causam hepatites aguda e crônica; as infecções persistentes estão associadas ao elevado risco de desenvolvimento de câncer hepático, nos casos de **hepatite B** (BROOKS *et al.*, 2014).

### 5.4 Herpes-vírus

Trata-se de uma grande família de vírus com diâmetro de 150 a 200 nm. Nucleocapsídeo com simetria cúbica, sendo circundado por um envelope que contém lipídeo. O genoma consiste em DNA de fita dupla linear. Os herpes-vírus humanos abrangem os herpes-vírus simples tipos 1 e 2 (lesões orais e genitais), vírus varicela-zóster (herpes-zóster e varicela), citomegalovírus, vírus Epstein-Barr (mononucleose infecciosa e associação com neoplasias humanas), bem como os herpes-vírus humanos 6 e 7 (linfotrópico T), além do herpes-vírus humano 8 (associado ao sarcoma de Kaposi) (BROOKS *et al.*, 2014).

### 5.5 Poxvírus

Grandes vírus ovóides ou em forma de tijolo, de 220 a 450 nm de comprimento. A estrutura das partículas é complexa, com um envelope contendo lipídeo, e o genoma consiste em DNA de fita dupla linear. Alguns são patogênicos para os seres humanos (varíola, vacínia)(BROOKS *et al.*, 2014).

## 6. PRINCIPAIS VÍRUS DE RNA

### 6.1 Picornavírus

Pequenos vírus (28 a 30 nm), resistentes ao éter, que exibem simetria cúbica. O genoma de RNA é de fita simples. Os grupos que infectam os seres humanos são os enterovírus (poliovírus, vírus Coxsackie, vírus Echo e o rinovírus [com mais de 100 sorotipos que causam o resfriado comum]) e os hepatovírus (vírus da hepatite A) (BROOKS *et al.*, 2014).

### 6.2 Herpes-vírus

As partículas são pequenas (27 a 34 nm) e resistentes ao éter. O genoma é de fita simples, formado por RNA. O vírus da hepatite E humana pertence a este grupo (BROOKS *et al.*, 2014).

### 6.3 Arbovírus e os vírus transmitidos por roedores

Os arbovírus apresentam um complexo ciclo que envolve artrópodes como vetores, os quais transmitem os vírus a hospedeiros vertebrados através de picada. Os arbovírus infectam seres humanos, mamíferos, aves e cobras, utilizando mosquitos e carrapatos como vetores. Os patógenos humanos incluem os vírus da dengue, da febre amarela, da encefalite e o vírus do Oeste do Nilo. Já os vírus transmitidos por roedores provocam infecções persistentes em roedores e não são transmitidos por artrópodes. As doenças humanas incluem as infecções por hantavírus e a febre de Lassa (BROOKS *et al.*, 2014).

### 6.4 Retrovírus

Vírus com envelope e esféricos (80 a 110 nm de diâmetro) cujo genoma contém duas cópias de RNA de fita simples linear. As partículas virais contêm um nucleocapsídeo helicoidal dentro de um capsídeo icosaédrico. Os vírus da leucemia e do sarcoma de animais e seres humanos estão incluídos nesse grupo. Os retrovírus causam a síndrome da imunodeficiência adquirida (AIDS) (BROOKS *et al.*, 2014).

### 6.5 Coronavírus

Brooks *et al.* (2014), em conformidade com Rabaan *et al.* (2020), citam que os coronavírus se caracterizam como partículas com envelope externo de 120 a 160 nm, contendo um genoma não segmentado de RNA de fita simples e positiva, possuindo os maiores genomas de RNA (27 a 32 kb) entre os vírus de RNA. O envelope viral é derivado da célula hospedeira e tem picos de glicoproteína.

O nucleocapsídeo é helicoidal, com 9 a 11 nm de diâmetro. Exibem projeções superficiais em forma de pétalas dispostas em uma franja que lembra uma coroa solar. Os nucleocapsídeos dos coronavírus desenvolvem-se no citoplasma e amadurecem por brotamento em vesículas citoplasmáticas. Esses vírus possuem uma estreita variedade de hospedeiros (BROOKS *et al.*, 2014).

Das seis espécies de coronavírus anteriormente conhecidas por causar doenças humanas, quatro geralmente causam sintomas de resfriado comum e duas, SARS-CoV e síndrome respiratória coronavírus do Oriente Médio (MERS-CoV), podem causar doenças respiratórias fatais (PEDERSEN; HO, 2020).

O SARS-CoV-2 é um  $\beta$ -coronavírus recém-identificado que causou uma pandemia de síndrome respiratória aguda em humanos, iniciada em dezembro de 2019, no contexto de um mercado de frutos do mar em Wuhan, China. Posteriormente, em fevereiro de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) chamou a doença de COVID-19 (co)rona (vi)rus (d)isease (LAUXMANN; SANTUCCI; AUTRÁN-GÓMEZ, 2020).



## 7. PRINCIPAIS VIROSES

### 7.1 AIDS

A AIDS é uma doença causada por retrovírus da família Lentiviridae (HIV-1 e HIV-2), que evolui para uma grave disfunção do sistema imunológico à medida que vão sendo destruídos os linfócitos T CD4+, uma das principais células-alvo do vírus. É transmitida por via sexual (esperma e secreção vaginal); pelo sangue (via parenteral e vertical); e pelo leite materno, elucida Brasil (2010).

### 7.2 COVID-19

Os coronavírus podem causar, principalmente, infecções do trato respiratório em humanos (CHEN *et al.*, 200). O SARS-CoV-2, pertencente à família Coronaviridae, é um vírus altamente infeccioso, que pode sobreviver no ar por, aproximadamente, 2 horas. As gotículas respiratórias são consideradas como a rota primária de transmissão, e o tempo de incubação, conforme os estudos, é de cerca de 4 a 8 dias em média, após a infecção, conforme citam Chen *et al.* (2020), Huang *et al.* (2020), Rabaan *et al.* (2020).

### 7.3 Dengue

Doença infecciosa febril aguda, que pode ser de curso benigno ou grave, dependendo da forma como se apresenta, sendo que os vetores são mosquitos do gênero *Aedes*. O vírus da Dengue é Arbovírus do gênero *Flavivirus*, pertencente à família Flaviviridae, descreve Brasil (2010).

### 7.4 Hepatites

Brasil (2010) descreve-a como doença viral com infecções assintomáticas ou sintomáticas (até formas fulminantes, raras). As Hepatites sintomáticas são caracterizadas por mal-estar, cefaleia, febre baixa, anorexia, fadiga, náuseas, vômitos e desconforto no hipocôndrio direito, sendo que a icterícia é encontrada entre 18% e 26% dos casos de Hepatite Aguda. Está relacionado ao vírus da Hepatite A (família Picornaviridae), B (família Hepadnaviridae), C (família Flaviviridae), D (família Deltaviridae) e E (família Caliciviridae).

### 7.5 Herpes

É uma virose transmitida, predominantemente, pelo contato sexual. A transmissão pode se dar, também, pelo contato direto com lesões ou objetos contaminados. Caracteriza-se pelo aparecimento de lesões vesiculosas que se transformam em pequenas úlceras, precedidas de sintomas de ardência, prurido e dor. É causada por Herpes Simplex Virus (HSV), tipos 1 e 2, pertencem à família Herpesviridae (BRASIL, 2010).

## 7.6 Influenza

Conforme Brasil (2010), Influenza ou gripe é uma infecção viral aguda do trato respiratório. Apresenta-se com início abrupto com febre, mialgia e tosse seca. Está relacionada ao vírus Influenza, da família Orthomyxoviridae. A transmissão é direta, por meio de gotículas expelidas pelo indivíduo infectado, ou de modo indireto, por meio do contato com as secreções do doente.

## 7.7 Papiloma Vírus Humano (HPV)

Doença viral que, com maior frequência, manifesta-se como infecção subclínica nos genitais de homens e mulheres. As lesões podem ser múltiplas, localizadas ou difusas, e de tamanho variável. Está relacionado ao Papilomavírus humano (HPV), da família do Papovavirus (BRASIL, 2010).



# MAPA MENTAL

Capítulo 2: *Organizando conceitos*

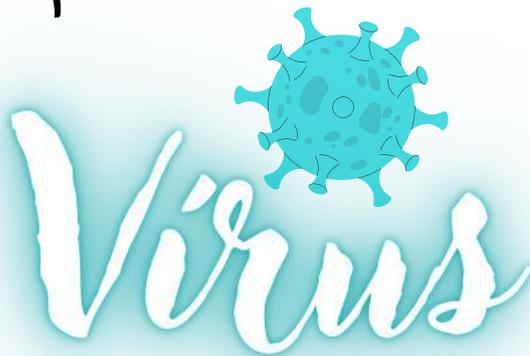


## *Acelulares*

Os vírus não são constituídos por células.

## *Material genético composto por DNA ou RNA*

Contém um único tipo de ácido nucleico, DNA ou RNA.



# Vírus

## *Características gerais*



## *Não possuem metabolismo próprio*

Os vírus têm poucas ou mesmo nenhuma enzima própria para seu metabolismo. Por isso controlam a maquinaria metabólica da célula hospedeira.

## *Morfologia diversificada*

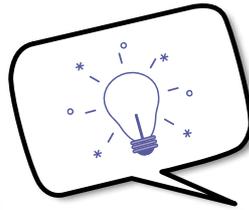
Os vírus podem ser classificados em vários tipos morfológicos diferentes, com base na arquitetura do capsídeo.



## *Parasitas celulares obrigatórios*

Necessariamente precisam de células hospedeiras vivas para a sua multiplicação.

Fonte: Autoria própria.



# MAPA MENTAL

Capítulo 2: *Organizando conceitos*



# Vírus

Morfologia



## Ácido Nucleico

Os vírus podem possuir tanto DNA como RNA, mas nunca ambos. O ácido nucleico pode ser de fita simples ou dupla. Assim, existem vírus que apresentam o familiar DNA de dupla-fita, DNA de fita simples, RNA de dupla-fita e RNA de fita simples.



## Capsídeo

O ácido nucleico de um vírus é protegido por um revestimento proteico, chamado de capsídeo. Os vírus podem ser classificados em vários tipos morfológicos diferentes, com base na arquitetura do capsídeo.



## Nucleocapsídeo

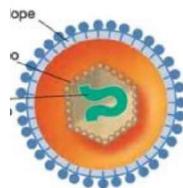
A estrutura composta pelo ácido nucleico e pelas proteínas do capsídeo é denominada nucleocapsídeo.

Vírus helicoidal



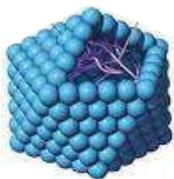
(TORTORA; FUNKE; CASE, 2017)

Vírus envelopado



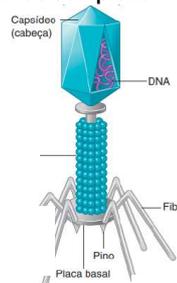
(MADIGAN et al, 2016)

Vírus poliédrico



(TORTORA; FUNKE; CASE, 2017)

Vírus complexo



(TORTORA; FUNKE; CASE, 2017)



# MAPA MENTAL

Capítulo 2: *Organizando conceitos*



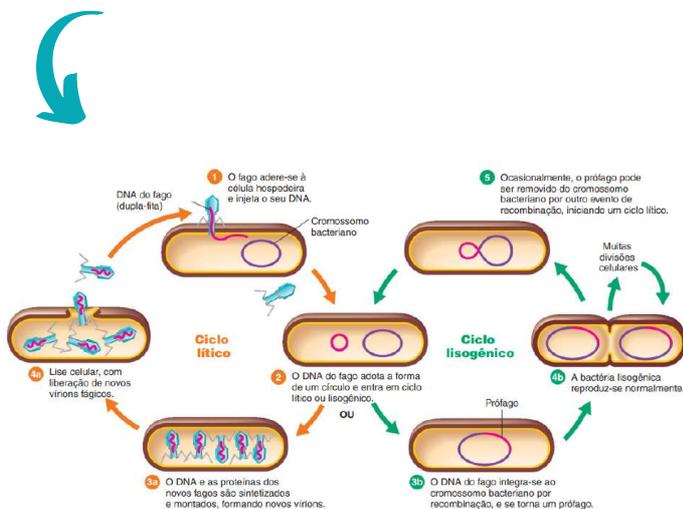
# Vírus

Multiplicação Viral

## Bacteriófagos

Os bacteriófagos podem multiplicar-se por dois mecanismos alternativos: o ciclo lítico e o ciclo lisogênico.

O ciclo lítico termina com a lise e morte da célula hospedeira, ao passo que no ciclo lisogênico a célula hospedeira permanece viva.



O ciclo lítico e lisogênico do bacteriófago lambda em *E.coli* (Fonte: TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

## Vírus Animais

A replicação dos vírus animais geralmente consiste nas seguintes etapas:

- 1 adsorção
- 2 penetração
- 3 desnudamento
- 4 biossíntese de ácido nucleico e proteínas
- 5 maturação e liberação.

O conhecimento acerca das fases da replicação viral é importante para estratégias de desenvolvimento de fármacos e para a compreensão da patologia das doenças.

Fonte: Autoria própria.

# DICAS DE LEITURA

Acesse esses livros em "Minha Biblioteca" do Centro Universitário São Camilo e estude mais sobre o assunto!

Livro: TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. (Recurso Online – Biblioteca São Camilo)

Capítulo: **13**

Páginas: **359 - 388**

Livro: MADIGAN, Michael T. et al. **Microbiologia de Brock**. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. (Recurso Online – Biblioteca São Camilo)

Capítulo: **10**

Páginas: **252 - 277**



# DICAS DE LEITURA

Acesse esses livros em "Minha Biblioteca" do Centro Universitário São Camilo e estude mais sobre o assunto!

Livro: LEVINSON, Warren. **Microbiologia médica e imunologia**. 13. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. (Recurso Online – Biblioteca São Camilo)

Páginas: **198 - 231**

Livro: BROOKS, Geo F. et al. **Microbiologia médica de Jawetz, Melnick e Adelberg**. 26. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014. (Recurso Online – Biblioteca São Camilo)

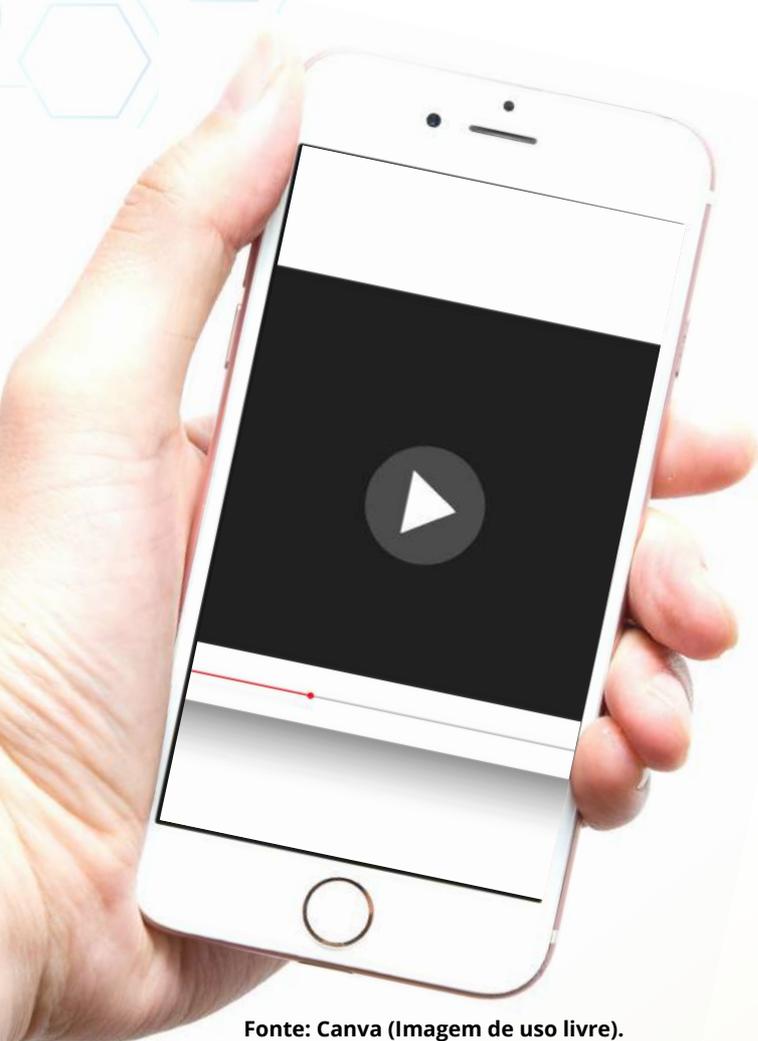
Capítulos: **29 e 30**

Páginas: **408 - 430/ 431 - 450**



# DICAS DE AULAS

Em plataformas de universidades públicas



Fonte: Canva (Imagem de uso livre).

## USP

CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS VÍRUS (VIDEOAULA: USP)



<https://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=14239>

## USP

CORONAVÍRUS E OS ALIMENTOS (VÍDEO INFORMATIVO: USP)



<https://www.prpg.usp.br/pt-br/todos-os-videos/pos-no-combate-ao-covid-19/185-coronavirus-e-os-alimentos>

Copie e cole o link da aula  
no seu navegador!

# QUESTÕES



Capítulo 2: Para treinar e fixar o conteúdo!

1. O processo de multiplicação viral pode ser dividido em cinco principais etapas. Descreva os eventos associados a cada uma dessas etapas.
2. De que maneira os genomas virais se diferenciam daqueles das células procarióticas e eucarióticas?
3. Qual é a importância de um capsídeo para um vírus?
4. Por que determinados vírus devem ser desnudados logo após a penetração na célula hospedeira, enquanto outros não necessitam passar por esse processo?
5. (LEVINSON, 2016) - Cada uma das afirmações a seguir, referentes aos vírus, está correta, à EXCEÇÃO de:  
  
(A) Os vírus podem reproduzir-se apenas no interior de células.  
(B) As proteínas de superfície do vírus medeiam a entrada deste nas células hospedeiras.  
(C) O anticorpo neutralizante é dirigido contra as proteínas de superfície do vírus.  
(D) Os vírus replicam-se por fissão binária.
6. (LEVINSON, 2016) - Os vírus são parasitas intracelulares obrigatórios. Cada uma das afirmações a seguir, referentes a este fato, está correta, à EXCEÇÃO de:  
  
(A) Os vírus não são capazes de gerar energia fora das células.  
(B) Os vírus não são capazes de sintetizar proteínas fora das células.  
(C) Os vírus devem degradar o DNA da célula hospedeira a fim de obterem nucleotídeos.  
(D) Vírus envelopados requerem membranas de células hospedeiras a fim de obterem seus envelopes.

# QUESTÕES



Capítulo 2: Para treinar e fixar o conteúdo!

7. (BROOKS *et al.*, 2014) - Qual das seguintes afirmativas sobre a morfologia viral é verdadeira?
- (A) Todos os vírus de RNA têm forma esférica.
  - (B) Alguns vírus contêm flagelos.
  - (C) Alguns vírus com genoma DNA contêm um núcleo primitivo.
  - (D) As proteínas de superfície virais protegem o genoma viral das endonucleases.
  - (E) Os nucleocapsídeos helicoidais são encontrados em vírus de DNA de fita simples.
8. (BROOKS *et al.*, 2014) - Os arbovírus são classificados em diferentes famílias virais baseados na seguinte característica:
- (A) Se replicam somente em seres humanos.
  - (B) Contêm DNA e RNA.
  - (C) São transmitidos por vetores.
  - (D) Causam febre hemorrágica.
  - (E) Causam encefalites .





Curiosidades  
**SAIBA MAIS!**

---

### ***Você sabia que existem vírus capazes de lisar células cancerosas?***

Os vírus **oncolíticos** infectam e lisam as células cancerosas. Descobertos no início da década de 1900, quando os médicos observaram que havia uma regressão dos tumores em pacientes que apresentavam infecções virais simultâneas, os vírus oncolíticos incluem os adenovírus, o vírus vaccínia e os Simplexvirus (TORTOTA; FUNKE; CASE, 2017).

Aprovado em 2015 pelo FDA, órgão americano responsável pelo controle de alimentos e medicamentos, o **talimogene laherparepvec** (TVEC) é um vírus oncolítico, que pode ser usado para tratar **melanomas** que não podem ser removidos cirurgicamente (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 2015; EUROPEAN MEDICINES AGENCY, 2016). Considerado um tipo de terapia genética, é proveniente de um vírus herpes simplex de tipo 1 (HSV-1) atenuado, conhecido como herpes labial, descrevem European Medicines Agency (2016) e Conry *et al.* (2018).

É apresentado em solução injetável em duas dosagens diferentes. A segunda dose é administrada três semanas após a primeira dose e o tratamento é continuado a cada duas semanas durante o mínimo de seis meses (EUROPEAN MEDICINES AGENCY, 2016).

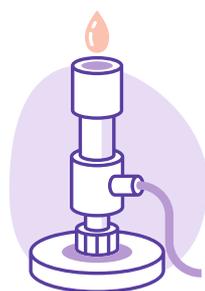
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Doenças infecciosas e parasitárias: guia de bolso**. 8. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2010.
- BROOKS, Geo F. et al. **Microbiologia médica de Jawetz, Melnick e Adelberg**. 26. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- CHEN, Nanshan et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. **The Lancet**. Volume 395, Issue 10223, 15–21 February 2020, Pages 507-513. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673620302117>. Acesso em: 28 out 2021.
- CONRY, Robert M. et al. **Talimogene laherparepvec: First in class oncolytic virotherapy**. Hum Vaccin Immunother. 2018; 14(4): 839–846.
- EUROPEAN MEDICINES AGENCY. Science Medicines Health. **Imlygic talimogene laherparepvec**. União Européia, 2016. Disponível em: [https://www.ema.europa.eu/en/documents/overview/imlygic-epar-summary-public\\_pt.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/overview/imlygic-epar-summary-public_pt.pdf). Acesso em: 25 out 2021.
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **IMLYGIC (talimogene laherparepvec)**. Estados Unidos da América, 2015. Disponível em: <https://www.fda.gov/media/94129/download>. Acesso em: 25 out 2021.
- HUANG, Chaolin et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. **Lancet**. 2020;395(10223):497-506. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140673620301835>. Acesso em: 28 out 2021.
- LAUXMANN, Martin Alexander; SANTUCCI, Natalia Estefanía; AUTRÁN-GÓMEZ, Ana María. The SARS-CoV-2 Coronavirus and the COVID-19 Outbreak. **International Braz J Urol** 46. July, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ibju/a/ymkTGvGBVd3ZhQLdVgMVQsQ/?lang=en>. Acesso em: 29 out 2021.
- LEVINSON, Warren. **Microbiologia médica e imunologia**. 13. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.
- MADIGAN, Michael T. et al. **Microbiologia de Brock**. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.
- PEDERSEN, Savannah F.; HO, Ya-Chi. SARS-CoV-2: a storm is raging. **J Clin Invest**. 2020;130(5):2202-2205. Disponível em: <https://www.jci.org/articles/view/137647/pdf>. Acesso em: 28 out 2021.
- RABAAN, Ali A. et al. SARS-CoV-2, SARS-CoV, and MERS-CoV: a comparative overview. *Le Infezioni in Medicina*, n. 2, 174-184, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32275259/>. Acesso em: 28 out 2021
- SANTOS, Norma Suely de Oliveira; ROMANOS, Maria Teresa Villela; WIGG, Marcia Dutra. **Virologia Humana**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.
- TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.



Microbiologia  
EM E-BOOK

Bacteriologia





# CAPÍTULO 3

## Bacteriologia

### 1. INTRODUÇÃO A BACTERIOLOGIA

De acordo com Tortora (2017), as bactérias são organismos unicelulares (compostos por uma única célula), cujo material genético não possui uma membrana nuclear, sendo assim chamados de procariotos.

#### Características importantes

Realizando-se uma comparação entre os diferentes tipos de microrganismos, o autor Levinson (2014), enfatiza uma propriedade marcante, o fato de bactérias, fungos, protozoários e helmintos serem celulares, ao passo que os vírus não são. Outras propriedades a serem discutidas em relação às bactérias são:

#### Estrutura Celular

As bactérias (seres procariontes), não possuem um núcleo definido, como os eucariontes, seu material genético corresponde a um cromossomo circular que contém o DNA, fica disperso no citoplasma e é nesse mesmo local que as proteínas são sintetizadas para gerar energia para a célula. Já os vírus por exemplo, apresentam um “cerne”, que contém o material genético (RNA ou DNA), porém como não possuem estrutura celular, conseqüentemente não apresentam o citoplasma, sendo assim estes serem dependem das células hospedeiras de outros organismos para realizar a síntese proteica para a geração de energia (LEVINSON, 2014).

#### Mecanismo de Replicação

As células procarióticas realizam sua reprodução através da fissão binária, as células eucarióticas dos protozoários, geralmente replicam-se por um processo assexuado semelhante à mitose. Por outro lado, os vírus se “desintegram” e produzem várias cópias de seu ácido nucleico usando a maquinaria metabólica da célula hospedeira (LEVINSON, 2014).

Outras características gerais das bactérias, seriam a apresentação de sua parede celular, estes organismos apresentam uma parede celular rígida que contém "peptideoglicano" (PPG), um polímero de aminoácido e açúcares complexos, um componente estrutural exclusivo desses microrganismos (LEVINSON, 2014).

A seguir encontraremos duas tabelas que melhor evidenciam as principais características e as diferenças estruturais de cada microrganismo.

**Tabela 1. Comparação entre organismos de importância médica (Fonte: LEVINSON, 2014).**

Características	Vírus	Bactérias	Fungos	Protozoários e helmintos
Células	Não	Sim	Sim	Sim
Diâmetro aproximado ( $\mu\text{m}$ ) <sup>1</sup>	0,02 a 0,2	1 a 5	3 a 10 (leveduras)	15 a 25 (trofozoitos)
Ácido nucleico	DNA ou RNA	DNA e RNA	DNA e RNA	DNA e RNA
Tipo de núcleo	Nenhum	Procarioto	Eucarioto	Eucarioto
Ribossomos	Ausentes	70S	80S	80S
Mitocôndrias	Ausentes	Ausentes	Presentes	Presentes
Natureza da superfície externa	Capsídeo proteico ou envelope lipoproteico	Parede celular rígida contendo peptideoglicano	Parede celular rígida contendo quitina	Membrana flexível
Motilidade	Nenhum	Algumas	Nenhum	A maioria
Método de replicação	Não por fissão binária	Fissão binária	Brotamento ou mitose <sup>2</sup>	Mitose <sup>1</sup>

**Tabela 2. Principais diferenças entre as células procarióticas e eucarióticas (Fonte: LEVINSON, 2014).**

Característica	Procariótica	Eucariótica
<b>Tamanho da célula</b>	Em geral, 0,2 a 2 $\mu\text{m}$ de diâmetro	Em geral, 10 a 100 $\mu\text{m}$ de diâmetro
<b>Núcleo</b>	Geralmente sem membrana nuclear ou nucléolo, com exceção de <i>Gemmata</i> (ver Figura 11.23)	Núcleo verdadeiro, consistindo em membrana nuclear e nucléolo
<b>Organelas revestidas por membrana</b>	Relativamente poucas	Presentes; os exemplos incluem núcleo, lisossomos, aparelho de Golgi, retículo endoplasmático, mitocôndria e cloroplastos
<b>Flagelo</b>	Consistem em dois blocos construtivos de proteína	Complexos; consistem em múltiplos microtúbulos
<b>Glicocálice</b>	Presente como cápsula ou camada límbica	Presente em algumas células sem parede celular
<b>Parede celular</b>	Geralmente presente; complexa do ponto de vista químico (a parede celular bacteriana típica inclui peptideoglicano)	Quando presente, quimicamente simples (inclui celulose e quitina)
<b>Membrana plasmática</b>	Carboidratos e geralmente não apresenta esteróis	Esteróis e carboidratos, que servem como receptores
<b>Citoplasma</b>	Citoesqueleto (proteínas MreB e ParM, cresetin e FtsZ); ausência de fluxo citoplasmático	Citoesqueleto (microfilamentos, filamentos intermediários e microtúbulos); presença de fluxo citoplasmático
<b>Ribossomos</b>	Tamanho menor (70S)	Tamanho maior (80S); tamanho menor (70S) nas organelas
<b>Cromossomo (DNA)</b>	Geralmente um único cromossomo circular e sem histonas	Múltiplos cromossomos lineares com histonas
<b>Divisão celular</b>	Fissão binária	Envolve mitose
<b>Recombinação sexual</b>	Nenhuma; somente transferência de DNA	Envolve meiose

Logo abaixo podemos analisar as diferenças, ilustradas com maiores detalhes, entre as células procariontes e eucariontes:

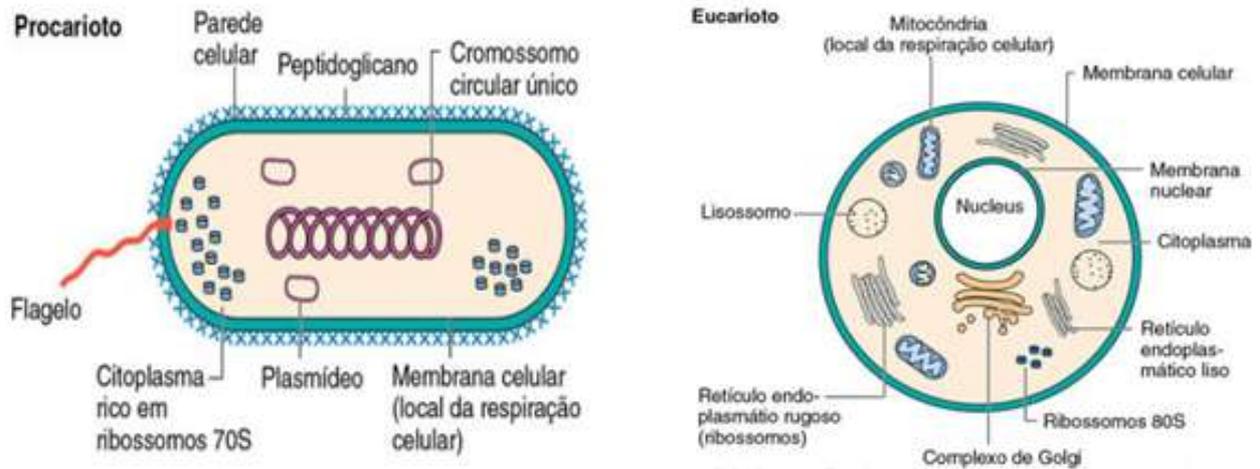


Figura 1. Estrutura Celular Procarionte e Eucarionte (Fonte: MURRAY, 2014).

## 2. MORFOLOGIA E ARRANJO BACTERIANO

As bactérias podem se diferenciar entre si, por muitos fatores, como por exemplo sua morfologia (formato), composição química, tipo de nutrição, fontes de energia, atividades bioquímicas entre outros (TORTORA, 2017).

Com relação ao tamanho das bactérias, Molinaro (2009) relata que:

O tamanho das bactérias é da ordem de milésimos de milímetro, ou seja, **micrômetros** ( $\mu\text{m}$ ), podendo, no entanto, serem observadas em microscopia óptica.

Ainda, segundo o mesmo autor, as bactérias podem se apresentar em três tipos morfológicos fundamentais.

- 1. **Bastonetes** ou bacilos: os bastonetes possuem formas alongadas, com extremidade reta ou de ponta arredondada, ou ainda curvos, em forma de vírgula.
- 2. **Espirilos**: os espirilos possuem forma encurvada.
- 3. **Cocos**: possuem forma arredondada ou esférica.

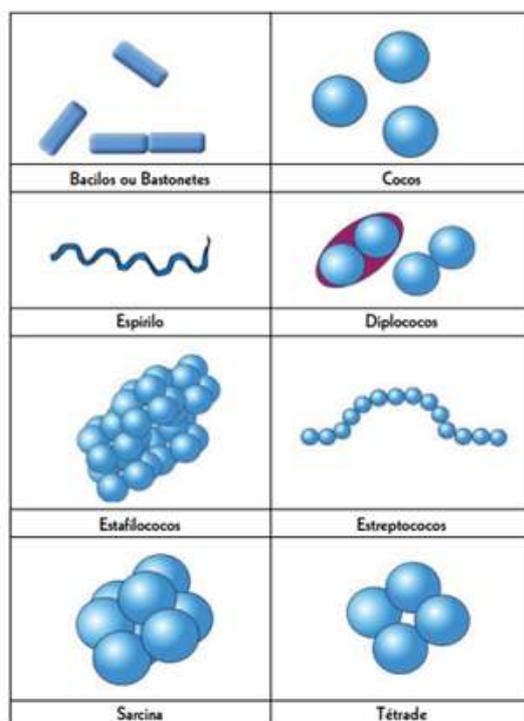
Conforme Tortora (2017), os cocos podem, após se dividir, permanecerem parcialmente ligados uns aos outros, sendo assim possuem outras classificações, denominados de arranjos, descritas a seguir:

- **Diplococo:** Quando os cocos se dividem e permanecem em pares;
- **Streptococos:** Quando os cocos se dividem e permanecem em cadeias lineares;
- **Tétrades:** Quando os cocos se dividem em dois planos e permanecem em grupos de quatro;
- **Sarcina:** Quando os cocos se dividem em três planos e permanecem ligados uns aos outros em grupos de oito, em forma de cubo;
- **Estafilococos:** Quando os cocos se dividem em múltiplos planos e formam agrupamentos em formato de cacho de uva ou lâminas amplas.

Muitas vezes, essas características do grupo são úteis na identificação de certos cocos.

Com relação ao grupo dos bacilos, estes, podem se dividir somente ao longo de seu eixo; portanto, existe um menor número de agrupamentos de bacilos que o grupo de cocos (TORTORA, 2017).

Conforme o mesmo autor, a maioria dos bacilos se apresenta como bastonetes simples, chamados de bacilo único, simples ou isolado. Contudo ainda podem apresentar arranjos, tais como os abaixo mencionados e ilustrados na figura 2.

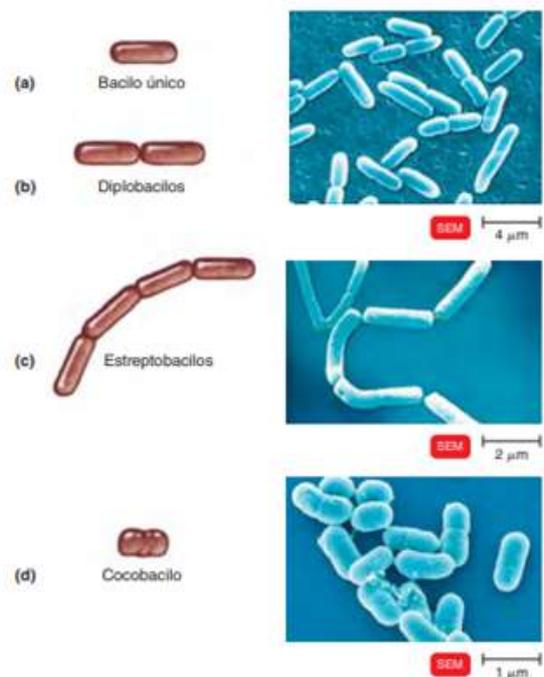


**Figura 2. Representação das diferentes formas e estruturas das bactérias.**  
(Fonte: TORTORA, 2002).

- Os diplobacilos se apresentam em pares após a divisão;
- Os estreptobacilos aparecem em cadeias lineares. Alguns bacilos possuem a aparência de “canudinhos”;
- Os cocobacilos são ovais e parecidos com os cocos.

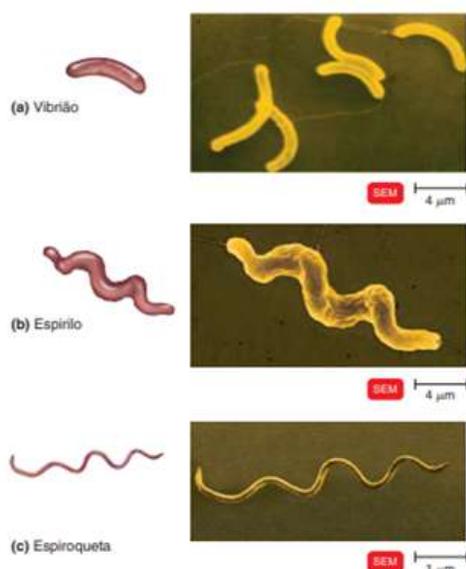
O mesmo autor ainda cita que, o nome “bacilo” tem dois significados em microbiologia, podendo se referir a morfologia bacteriana ou quando escrito com a nomenclatura binominal (científica), associando o gênero e a espécie em itálico, pode referir-se a um gênero específico. Por exemplo, a bactéria *Bacillus anthracis* (TORTORA, 2017).

Outras morfologias citadas pelo mesmo autor são os:



**Figura 3. Representação das diferentes formas e estruturas das bactérias (Fonte: TORTORA, 2017).**

- **Vibriões:** Bactérias que se assemelham a bastões curvos ou vírgulas.
- **Espirilos:** Possuem forma helicoidal, como um saca-rolha e corpo bastante rígido.
- **Espiroqueta:** Possuem forma helicoidal e flexível. Ao contrário dos espirilos, que utilizam um apêndice externo para se mover, as espiroquetas movem-se através de filamentos axiais, os quais lembram um flagelo, mas estão contidos dentro de uma bainha externa flexível (TORTORA, 2017). As formas supracitadas serão exemplificadas com mais detalhes logo abaixo:



**Figura 4. Representação das diferentes formas e estruturas das bactérias (Fonte: TORTORA, 2017).**

A forma de uma bactéria é determinada pela hereditariedade. Geneticamente, a maioria das bactérias é monomórfica; ou seja, mantém uma forma única. No entanto, várias condições ambientais podem alterar a sua forma. Se a forma é alterada, a identificação torna-se difícil. Além disso, algumas bactérias, como *Rhizobium* e *Corynebacterium*, são geneticamente pleomórficas, ou seja, elas podem apresentar muitas formas, não apenas uma única. (TORTORA, 2017).

### 3. ULTRAESTRUTURA DA CÉLULA BACTERIANA

Abordaremos inicialmente as estruturas e componentes externos à parede celular e, em seguida, será explicado sobre a parede celular, sua composição e por fim, as estruturas internas a ela (TORTORA, 20017).

#### Estruturas externas à parede celular

As estruturas externas à parede celular dos procariotos são: o glicocálice, a cápsula, os flagelos, os filamentos axiais, as fímbrias e os pili (TORTORA, 2017).

- **Glicocálice**

De acordo com Tortora (2017), muitas bactérias secretam na sua superfície uma substância que compõe o glicocálice (que significa revestimento de açúcar) que envolvem as células.

O glicocálice bacteriano é um polímero viscoso e gelatinoso que está situado externamente à parede celular e é composto por polissacarídeo, polipeptídeo ou ambos. Sua composição química varia amplamente entre as espécies. Em grande parte, ele é produzido dentro da célula e secretado para a superfície celular. Se a substância é organizada e está firmemente aderida à parede celular, o glicocálice é descrito como cápsula (TORTORA, 2017). Uma das funções do glicocálice é proteger a célula contra a desidratação, e sua viscosidade pode inibir o movimento dos nutrientes para fora da célula, outras funções ligadas a essa estrutura serão explicadas a seguir quando esta será descrita como cápsula (TORTORA, 2017).

- **Cápsula**

A cápsula é uma camada gelatinosa que reveste toda a bactéria. É composta por polissacarídeos, os açúcares que compõem os polissacarídeos variam de uma espécie bacteriana para a outra e, frequentemente, determinam o tipo sorológico de uma espécie (LEVINSON, 2014). De acordo com Levinson (2014), a cápsula é importante por quatro razões principais:

- (1) É um determinante da virulência de diversas bactérias, uma vez que limita a capacidade de fagócitos engolfarem as bactérias. Cargas negativas no polissacarídeo capsular repelem a membrana celular negativamente carregada do neutrófilo e evitam que ele engolfe a bactéria.
- (2) A identificação específica de uma bactéria pode ser realizada pelo uso de um antissoro contra o polissacarídeo capsular.
- (3) Os polissacarídeos capsulares são utilizados como antígenos em determinadas vacinas, uma vez que são capazes de induzir a formação de anticorpos protetores.
- (4) A cápsula pode desempenhar um papel na adesão das bactérias aos tecidos humanos, que consiste em uma etapa inicial importante da infecção.

- **Flagelos**

Algumas células procarióticas possuem flagelos, que são longos apêndices filamentosos que realizam a propulsão da bactéria (TORTORA, 2017).



**Figura 5. Flagelo em uma bactéria (Fonte: TORTORA, 2017).**

De acordo com o mesmo autor, ainda há algumas bactérias que não possuem flagelos, estas, são chamadas de atríquias (sem projeções). Além disso, os flagelos encontrados nas células procarióticas, ainda possuem uma classificação quanto a sua distribuição sendo chamado de:

- Peritríquios: Flagelos distribuídos ao longo de toda a célula.
- Polares: Flagelos distribuídos em uma ou ambas as extremidades da célula.

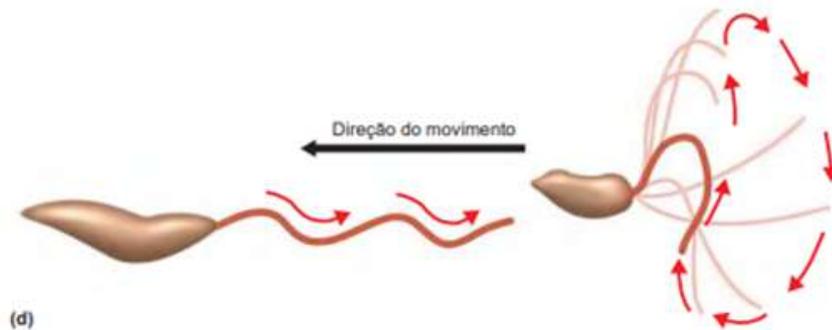
No caso de flagelos polares, eles possuem uma subclassificação, sendo:

- Monotríquios: Um único flagelo em um polo da célula;
- Lofotríquios: Um tufo de flagelos saindo de um polo da célula;
- Anfitríquios: Flagelos em ambos os polos da célula.

Com relação ao funcionamento da propulsão gerada pelo flagelo, esta estrutura helicoidal semirrígida move a célula pela rotação do corpo basal, podendo funcionar no sentido horário ou anti-horário em torno de seu eixo longo (TORTORA, 2017).

Quando comparado com os flagelos eucarióticos, estes realizam um movimento ondulante, já o movimento de um flagelo procariótico é similar ao movimento da haste de um motor elétrico. À medida que os flagelos giram, formam um feixe que empurra o líquido circundante e propela a bactéria.(TORTORA, 2017).

A rotação flagelar depende da geração contínua de energia pela célula. As células bacterianas podem alterar a velocidade e a direção de rotação dos flagelos; portanto, são capazes de vários padrões de motilidade, a capacidade de um organismo de se mover por si próprio (TORTORA, 2017).

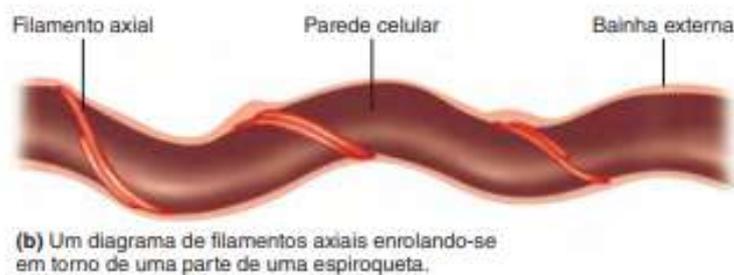


**Figura 6 - Propulsão gerada pelo flagelo - Movimento ondulante (Fonte: TORTORA, 2017).**

- **Filamentos axiais**

As espiroquetas são um grupo de bactérias exclusivas que possuem esta estrutura. Os filamentos axiais ou endoflagelos, feixes de fibrilas que se originam nas extremidades das células, sob uma bainha externa, e fazem uma espiral em torno da célula, possuem uma estrutura similar à dos flagelos, cuja rotação dos filamentos produz um movimento da bainha externa, que impulsiona as espiroquetas em um movimento espiral (TORTORA, 2017).

Esse tipo de movimento é semelhante ao modo como um saca-rolhas se move através da rolha. Esse movimento tipo saca-rolhas provavelmente permite que bactérias, como o *T. pallidum*, movam-se efetivamente pelos fluidos corporais (TORTORA, 2017).



**Figura 7 - Filamento axial ( Fonte: TORTORA, 2017).**

- **Fímbrias e pili**

Em conformidade com Tortora (2017), a maioria das bactérias gram-negativas contém apêndices semelhantes aos pelos, que são mais curtos, retos e finos. Essas estruturas, que consistem em uma proteína, denominada pilina, distribuída de modo helicoidal em torno de um eixo central, são divididas em dois tipos, fímbrias e pili, na qual possuem funções muito diferentes.

**Fímbrias:** Podem ocorrer nos polos da célula bacteriana ou podem estar homoganeamente distribuídas em toda a superfície da célula. Elas podem variar em número e possuem uma tendência a se aderirem umas às outras e às superfícies. Por isso, elas estão envolvidas na formação de biofilmes e outros agregados na superfície de líquidos, vidros e pedras. As fímbrias também auxiliam na adesão da bactéria às superfícies epiteliais do corpo (TORTORA, 2017). A seguir uma representação figurativa da fímbria de uma bactéria:



**Figura 8 - Fímbrias de uma bactéria (Fonte: TORTORA, 2017).**

**Pili:** Os pili (singular: pilus) normalmente são mais longos que as fímbrias, e há apenas um ou dois por célula. Os pili estão envolvidos na motilidade celular e na transferência de DNA. Em um tipo de motilidade, chamada de motilidade pulsante, onde faz contato com uma superfície ou com outra célula e, então, se retrai (força de deslocamento) produzindo movimentos curtos, abruptos e intermitentes. O outro tipo de motilidade associada aos pili é a motilidade por deslizamento, a motilidade por deslizamento fornece uma maneira para os micróbios viajarem nos ambientes com baixo conteúdo de água, como os biofilmes e o solo (TORTORA, 2017).

Uma das funções dos pili está na facilitação da transferência de DNA entre as bactérias, em um processo chamado de conjugação. Esses pili são chamados de pili de conjugação (sexuais), que serão explicados mais adiante (TORTORA, 2017).

- **Parede celular**

Segundo o mesmo autor, a parede celular da célula bacteriana é uma estrutura complexa e semirrígida que circunda a membrana plasmática (citoplasmática) e a protege, bem como ao interior da célula, de alterações adversas no meio externo (TORTORA, 2017). A principal função da parede celular é prevenir a ruptura das células bacterianas quando a pressão da água dentro da célula é maior que fora dela. Ela também ajuda a manter a forma de uma bactéria e serve como ponto de ancoragem para os flagelos. À medida que o volume de uma célula bacteriana aumenta, sua membrana plasmática e parede celular se estendem, conforme necessário (TORTORA, 2017).

A parede celular também pode contribuir para a capacidade de algumas espécies causarem doenças como *Pneumococcus*, *Staphylococcus*, *Enterococcus*, entre outros.

Além disso, pode ser o local de ação de alguns antibióticos, como a penicilina. A composição química da parede celular é usada para diferenciar os principais grupos de bactérias (TORTORA, 2017).

### Composição e características

A parede celular bacteriana é composta de uma rede macromolecular, denominada peptidoglicano (também conhecida como mureína), que está presente isoladamente ou em combinação com outras substâncias. O peptidoglicano consiste em um dissacarídeo repetitivo ligado por polipeptídeos para formar uma rede que circunda e protege toda a célula (TORTORA, 2017).

Logo abaixo teremos um esquema representativo que demonstra estruturalmente a diferença da parede celular de uma bactéria gram-positiva e gram-negativa:

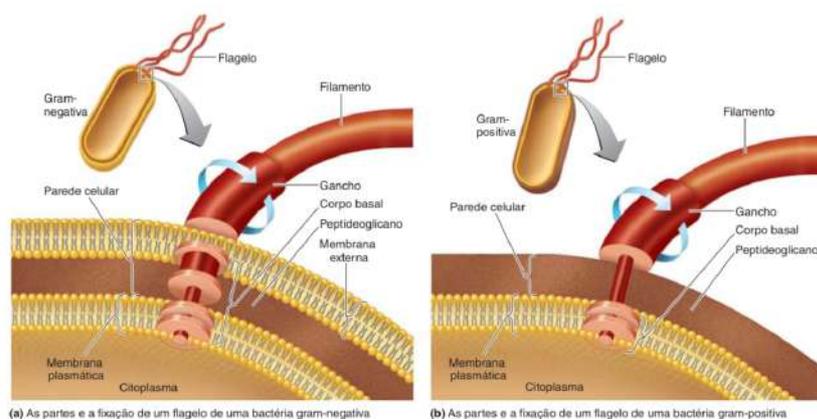


Figura 9. Esquema da parede celular de bactérias gram-negativas e gram-positivas (Fonte: TORTORA, 2017).

### Parede celular e princípio da coloração de Gram

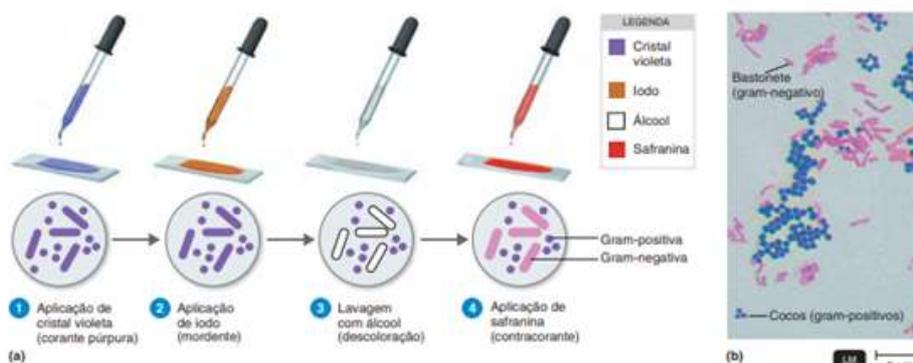


Figura 10. Método coloração de Gram (Fonte: TORTORA, 2017).

De acordo com Tortora (2017), a coloração de Gram foi desenvolvida em 1884 pelo bacteriologista dinamarquês Hans Christian Gram. Ela é um dos procedimentos de coloração mais úteis, pois classifica as bactérias em dois grandes grupos: gram-positivas e gram-negativas como observado na figura anterior (figura 10).

### Passo a passo da técnica de coloração de Gram

1. Um esfregaço fixado pelo calor é coberto com um corante básico púrpura, geralmente cristal violeta. Uma vez que a coloração púrpura colore todas as células, ela é denominada coloração primária.
2. Após um curto período de tempo, o corante púrpura é lavado, e o esfregaço é recoberto com iodo, um mordente. Quando o iodo é lavado, ambas as bactérias gram-positivas e gram-negativas aparecem em cor violeta-escura ou púrpura.
3. A seguir, a lâmina é lavada com álcool ou com uma solução de álcool-acetona. Essa solução é um agente descorante, que remove a coloração púrpura das células de algumas espécies, mas não de outras.
4. O álcool é lavado, e a lâmina é então corada com safranina, um corante básico vermelho. O esfregaço é lavado novamente, seco com papel e examinado microscopicamente.

### Entendendo o que ocorre na coloração de Gram

Segundo Tortora, o corante primário (cristal violeta), irá penetrar no citoplasma dos dois tipos celulares, ou seja, células gram-positivas e gram-negativas, corando-as de púrpura. Em seguida, o lodo será aplicado (mordente – reagente usado para fixar os corantes nas fibras), e formará cristais com o corante anterior que permanecerá sem sair pela parede celular, pois possuem um tamanho grande para poderem escapar. Logo após, haverá uma aplicação de álcool, o qual, irá desidratar o peptidoglicano (substância que compõe a parede celular) das células gram-positivas para torná-las mais resistentes a perda do cristal violeta-iodo. Com relação as células gram-negativas, estas, terão ações bem diferentes: o álcool que foi aplicado, irá dissolver a membrana externa, deixando-as com pequenos buracos na fina camada de peptidoglicano e o cristal formado (violeta-iodo), irá se difundir, tornando-as incolores após a lavagem do álcool. A adição de safranina (contracorante) posteriormente, se torna essencial, pois deixará as células das bactérias gram-negativas cor-de-rosa ou vermelhas, acompanhe o procedimento na figura 10 e o resultado da coloração na figura 11.

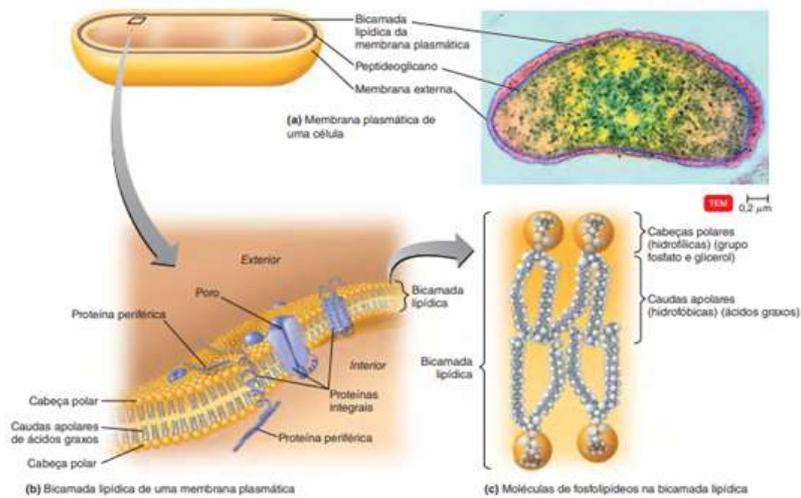
Característica	Gram-positiva	Gram-negativa
		
Coloração de Gram	Retém o corante cristal violeta e cora-se de violeta-escura ou púrpura	Podem ser descoradas e aceitar o contracorante (safranina) e corar-se de cor-de-rosa ou vermelho
Parede de peptidoglicano	Espessa (camada múltipla)	Fina (camada única)
Ácidos teicoicos	Presentes em muitas	Ausente
Espaço periplasmático	Camada granular	Periplasma
Membrana externa	Ausente	Presente
Conteúdo de lipopolissacarídeo (LPS)	Praticamente nenhum	Alto
Conteúdo de lipídeos e lipoproteínas	Baixo (as bactérias acidorresistentes possuem lipídeos ligados ao peptidoglicano)	Alto (devido à presença da membrana externa)
Estrutura flagelar	Dois anéis no corpo basal	Quatro anéis no corpo basal
Toxinas produzidas	Exotoxinas	Endotoxinas e exotoxinas
Resistência à ruptura física	Alta	Baixa
Ruptura da parede celular por lisozimas	Alta	Baixa (requer um pré-tratamento para desestabilizar a membrana externa)
Sensibilidade à penicilina e às sulfonamidas	Alta	Baixa
Sensibilidade à estreptomicina, ao cloranfenicol e à tetraciclina	Baixa	Alta
Inibição por corantes básicos	Alta	Baixa
Sensibilidade a detergentes aniônicos	Alta	Baixa
Resistência à azida sódica	Alta	Baixa
Resistência ao ressecamento	Alta	Baixa

Figura 11 – Características comparativas entre bactérias gram-positivas e gram-negativas (Fonte: LEVINSON, 2014).

## Estruturas internas à parede celular

### • Membrana plasmática

A membrana plasmática dos procariotos é constituída principalmente por fosfolipídios e proteínas, e está situada no interior da parede celular, revestindo o citoplasma da célula bacteriana (TORTORA, 2017).



**Figura 12. Estrutura da membrana plasmática de uma bactéria (Fonte: TORTORA, 2017).**

### Funções da membrana plasmática

A principal função desta estrutura está na seleção de entrada e saída de matérias da célula procariótica, ou seja, ela atua como uma barreira e indica que determinadas moléculas e íons consigam atravessar a membrana, a conhecida “permeabilidade seletiva” (TORTORA, 2017).

### • Citoplasma

Em conformidade com Tortora (2017), para uma célula procariótica, o citoplasma refere-se à substância celular localizada no interior da membrana plasmática, sendo que sua composição é formada por cerca de 80% de água, contendo, principalmente, proteínas (enzimas), carboidratos, lipídeos, íons inorgânicos e muitos compostos de baixo peso molecular.

O citoplasma é espesso, aquoso, semitransparente e elástico. As principais estruturas do citoplasma dos procariotos são: um nucleoide (contendo DNA), as partículas, denominadas ribossomos, e os depósitos de reserva, denominados inclusões. O termo citoesqueleto é um nome coletivo para uma série de fibras (pequenas vias e cilindros) no citoplasma (TORTORA, 2017). O citoesqueleto procariótico atua na divisão celular, mantendo a forma da célula, no crescimento, na movimentação do DNA, no direcionamento de proteínas e no alinhamento de estruturas internas (TORTORA, 2017).

- **Nucleoide**

O nucleoide de uma célula bacteriana carrega toda a informação genética da célula, além de informações necessárias para as estruturas e funções celulares. É composto por uma única molécula longa e contínua de DNA de dupla-fita denominado cromossomo bacteriano, fixado à membrana plasmática e ao contrário dos cromossomos de células eucarióticas, os procarióticos não são circundados por um envelope nuclear (TORTORA, 2017).

O nucleoide pode ser esférico, alongado ou em forma de halteres. Em bactérias em crescimento ativo, cerca de 20% do volume celular é preenchido pelo DNA, uma vez que essas células pré-sintetizam o DNA para as células futuras (TORTORA, 2017).

- **Ribossomos**

Os ribossomos possuem a função de sintetizar proteínas para a célula. A célula procariótica possui uma alta taxa de síntese proteica o que confere ao citoplasma uma aparência granular (TORTORA, 2017).

- **Plasmídeos**

Plasmídeos são moléculas de DNA de fita dupla, circulares e extracromossomais, capazes de replicar-se independentemente do cromossomo bacteriano. Embora sejam geralmente extracromossomais, os plasmídeos podem integrar-se ao cromossomo bacteriano (LEVINSON, 2014).

De acordo com o mesmo autor, os plasmídeos estão presentes tanto em bactérias gram-positivas quanto em gram-negativas, podendo haver vários tipos diferentes de plasmídeos em uma mesma célula:

- (1) Plasmídeos transmissíveis: podem ser transferidos de uma célula a outra por conjugação.
- (2) Plasmídeos não transmissíveis: uma vez que não contêm genes de transferência, frequentemente estão presentes em muitas cópias (10 a 60) por célula.

- **Endósporos**

Os endósporos são estruturas bacterianas desidratadas, altamente duráveis com paredes espessas, produzidas pelas próprias células com o objetivo de sobreviver a temperaturas extremas, falta de água, exposição a muitas substâncias químicas tóxicas e radiação. Ela é exclusiva das bactérias como os gêneros *Bacillus* e *Clostridium* e são produzidas como forma de garantir a sobrevivência da bactéria quando os nutrientes essenciais se esgotam (TORTORA, 2017).

Na figura 13 teremos uma representação do passo a passo do processo de formação do endósporo, conhecido como esporulação.

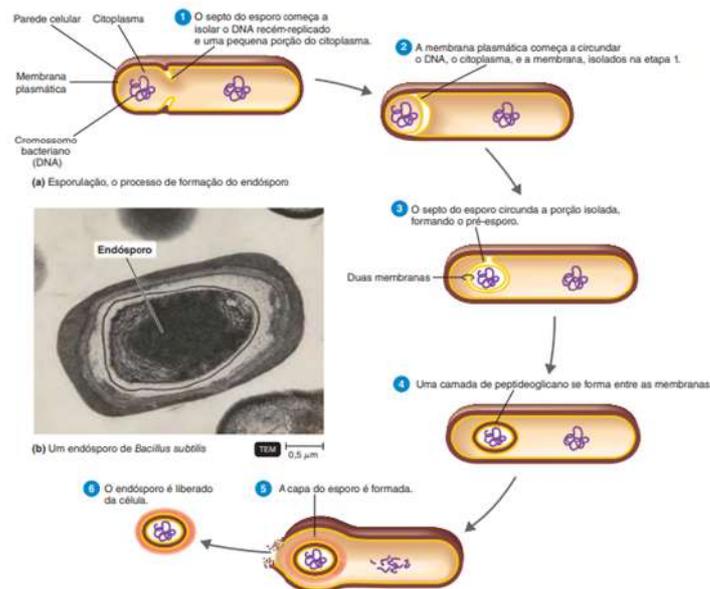


Figura 13. Processo de formação do endósporo (Fonte: LEVINSON, 2014).

## 4. GENÉTICA BACTERIANA (REPRODUÇÃO/CRESCIMENTO BACTERIANO E PRINCIPAIS MÉTODOS DE RECOMBINAÇÃO)

### 4.1 Ciclo de crescimento bacteriano

De acordo com Levinson (2014), as bactérias reproduzem-se por fissão binária, durante esse processo a célula parental divide-se, e origina duas células-filhas, sendo assim, realizam um crescimento exponencial (crescimento logarítmico). O conceito de crescimento exponencial é ilustrado logo abaixo:

Número de células	1	2	4	8	16
Exponencial	$2^0$	$2^1$	$2^2$	$2^3$	$2^4$

O tempo de duplicação (geração) das bactérias varia de 20 minutos a mais de 18 horas. O crescimento exponencial e o tempo curto de duplicação de alguns organismos resultam na rápida geração de grande número de bactérias (LEVINSON, 2014).

O tempo de duplicação varia não somente em relação à espécie, mas também de acordo com a quantidade de nutrientes, temperatura, pH e outros fatores ambientais (LEVINSON, 2014).

Ainda em conformidade com o mesmo autor, o ciclo de crescimento das bactérias em um sistema fechado apresenta quatro fases principais, que serão explicadas a seguir:

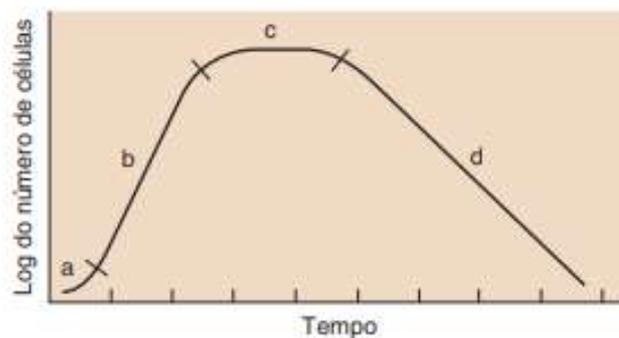
(1) A primeira corresponde à fase lag, durante a qual ocorre intensa atividade metabólica; contudo, as células não se dividem. Essa fase pode durar de alguns minutos a muitas horas.

(2) A fase log (logarítmica) é a fase em que se observa rápida divisão celular. Fármacos beta-lactâmicos, como a penicilina, atuam durante essa fase, uma vez que os fármacos são eficazes no período em que as células produzem peptidoglicano, isto é, quando estão em divisão. A fase log também é conhecida como a fase exponencial.

(3) A fase estacionária ocorre quando a depleção de nutrientes ou os produtos tóxicos causam uma diminuição no crescimento até que o número de células novas produzidas se equilibra com o número de células que morrem, resultando em um estado de equilíbrio. Apenas as células cultivadas em um aparato especial, denominado quimiostato, no qual nutrientes frescos são adicionados continuamente, podem permanecer na fase log e não entram na fase estacionária.

(4) A fase final corresponde à fase de morte, caracterizada por um declínio no número de bactérias viáveis.

A seguir, representação gráfica do conteúdo descrito:



**Figura 14 - Curva de crescimento bacteriano em sistema fechado.**  
Fase a: Lag; Fase b: log; Fase c: fase estacionária; Fase d: de morte ou declínio (Fonte: LEVINSON, 2014).

## 4.2 Transferência de DNA entre as células bacterianas

Conforme Levinson (2014), as transferências de DNA realizadas pelas bactérias, podem ocorrer de três maneiras principais: transformação, conjugação e transdução. Do ponto de vista clínico, essas transferências de DNA ajudam as bactérias a resistirem aos diferentes tipos de antibióticos (LEVINSON, 2014).

### • Transformação

A transformação acontece através da captação de moléculas de DNA dispersas no meio e logo em seguida incorporadas à cromatina. Esse método ocorre através dos sítios de ligação de DNA livres que se encontram na superfície da célula. Esse DNA pode ser proveniente, por exemplo, de bactérias que sofreram citólise e serão chamadas de doadoras. A incorporação desses trechos de DNA poderá ocorrer se houver homologia entre o DNA livre e o DNA da receptora. Caso contrário esse DNA será degradado por nucleases. Os cientistas têm utilizado a transformação como uma técnica de Engenharia Genética, para introduzir genes de diferentes espécies em células bacterianas.

### • Conjugação em bactérias

Outro mecanismo pelo qual o material genético é transferido de uma bactéria para outra é denominado conjugação. A conjugação é mediada por um tipo de plasmídeo, um fragmento circular de DNA que se replica de modo independente do cromossomo da célula.

Entretanto, os plasmídeos diferem dos cromossomos bacterianos, pois os genes que eles transportam, normalmente, não são essenciais para o crescimento da célula sob condições normais (TORTORA, 2017).

Nesse processo, o pilus de conjugação de uma bactéria, chamada de célula F<sup>+</sup> ou doadora, conecta-se ao receptor na superfície de outra bactéria de sua própria espécie ou de espécies diferentes. As duas células estabelecem contato físico, e o DNA da célula F<sup>+</sup> é transferido para a outra célula. O DNA compartilhado pode adicionar uma nova função à célula receptora, como a resistência a um antibiótico ou a habilidade de degradar o seu meio com mais eficiência (TORTORA, 2017).

### DIFERENÇA ENTRE TRANSFORMAÇÃO E CONJUGAÇÃO

- A conjugação requer o contato direto célula a célula;
- As células em conjugação geralmente devem ser de tipos opostos de acasalamento;
- Na conjugação as células doadoras devem transportar o plasmídeo, e as células receptoras, normalmente, não.

Em bactérias gram-negativas, o plasmídeo transporta genes através de pili sexuais, já as células bacterianas gram-positivas produzem moléculas aderentes de superfície que fazem as células entrarem em contato direto umas com as outras (TORTORA, 2017).

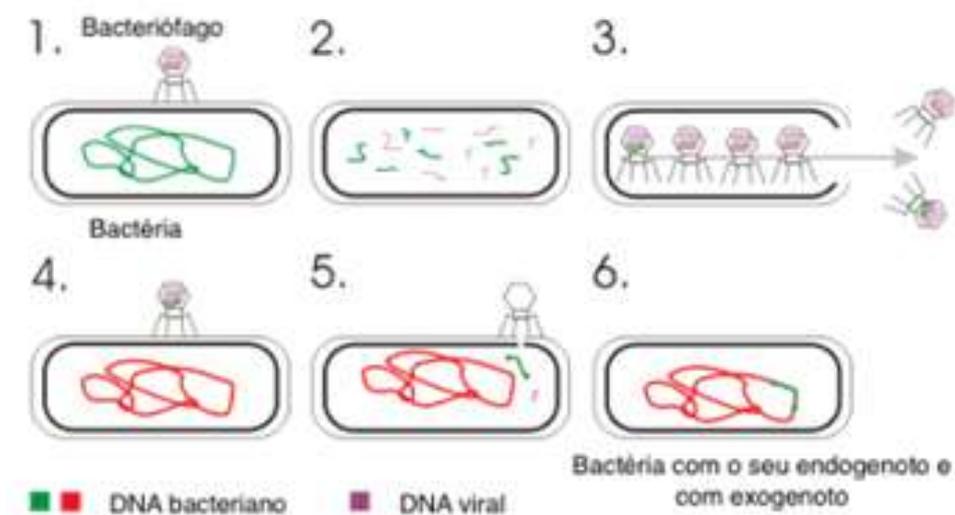


**Figura 15- Recombinação das células através do pilus sexual e ponte de conjugação, respectivamente (Fonte: TORTORA, 2002).**

### • Transdução

A transdução é um método na qual a bactéria realiza a transferência de DNA celular por meio de um vírus bacteriano (bacteriófago). Esse processo pode transformar um organismo não patogênico em patogênico (LEVINSON, 2014).

Durante o crescimento do vírus no interior da célula, uma porção do DNA bacteriano é incorporada na partícula viral, sendo transferido para a célula receptora durante a infecção. No interior da célula receptora, o DNA do fago pode integrar-se ao DNA celular e a célula pode adquirir uma nova característica – processo denominado conversão lisogênica (LEVINSON, 2014).

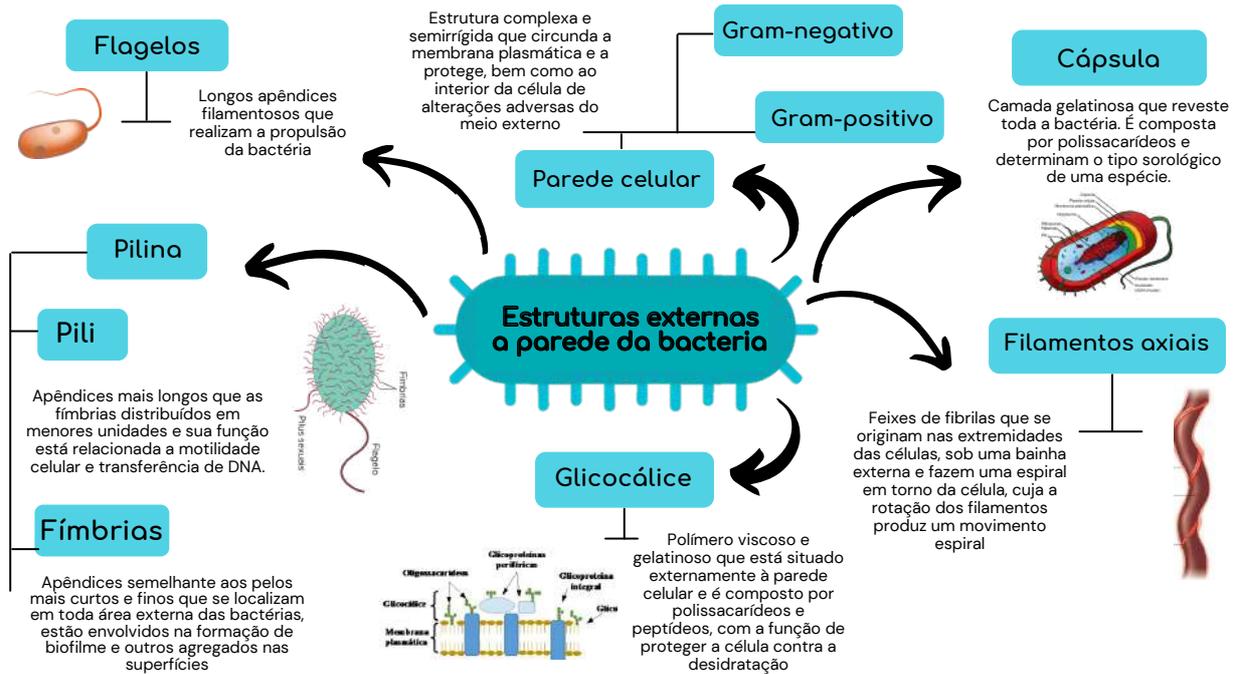


**FIGURA 16. Recombinação Genética Através do Método de Transdução .**  
(FONTE: SILVA, 2018).

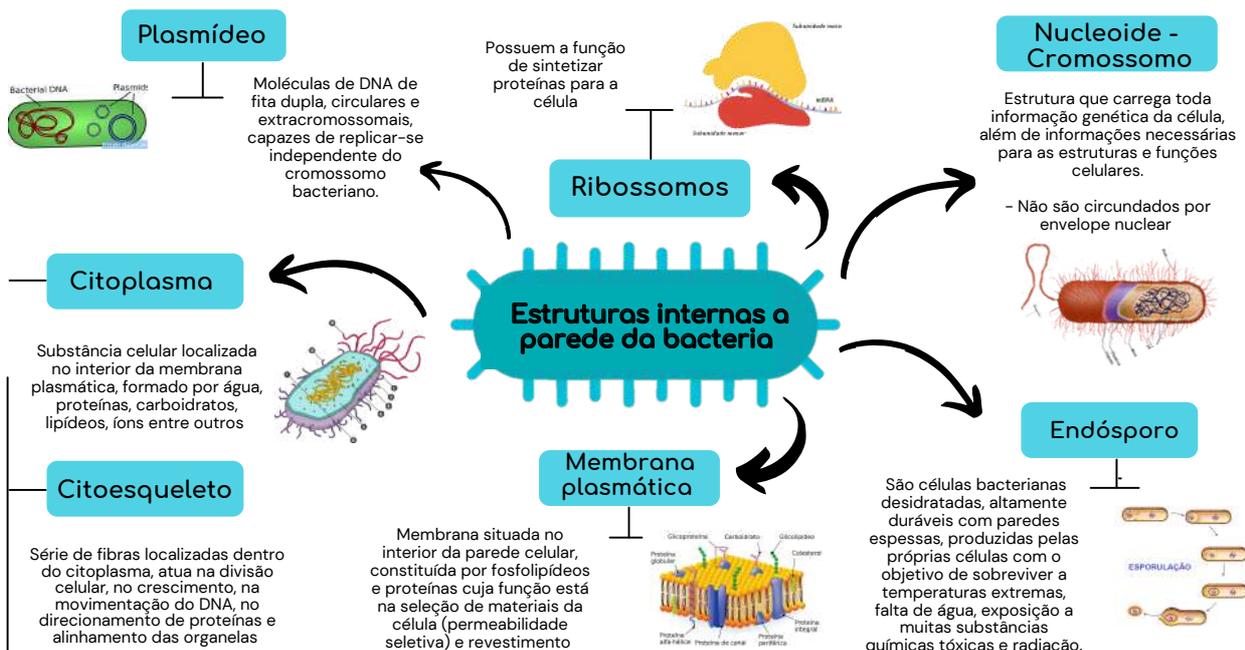


# MAPA MENTAL

## Capítulo 3: Organizando conceitos



Fonte: Próprio autor.

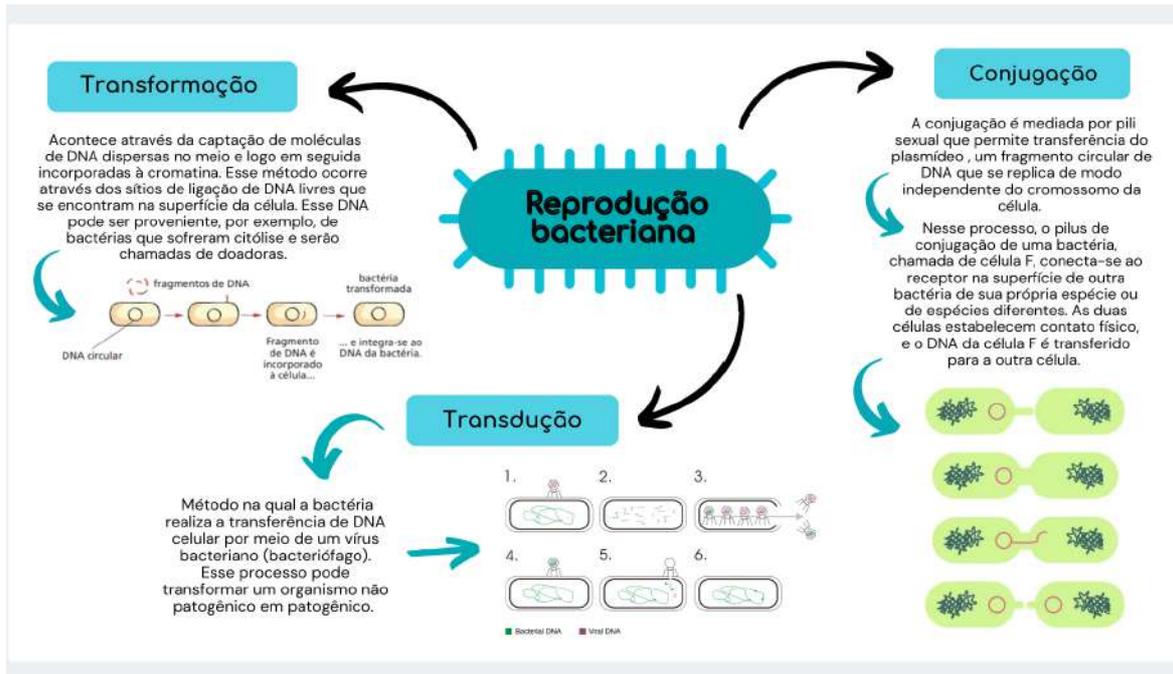


Fonte: Próprio autor.

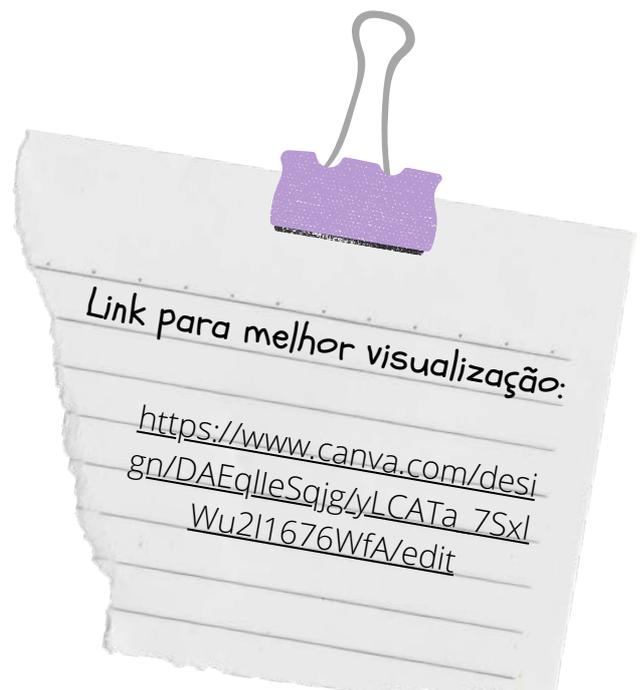


# MAPA MENTAL

Capítulo 3: Organizando conceitos



Fonte: Próprio autor.



# DICAS DE LEITURA

Acesse o livro "**Microbiologia**" em "Minha Biblioteca" do Centro Universitário São Camilo e estude mais sobre o assunto!

Livro: TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed,2017. (Recurso Online – Biblioteca São Camilo)

Capítulos: **3, 4 e 8.**

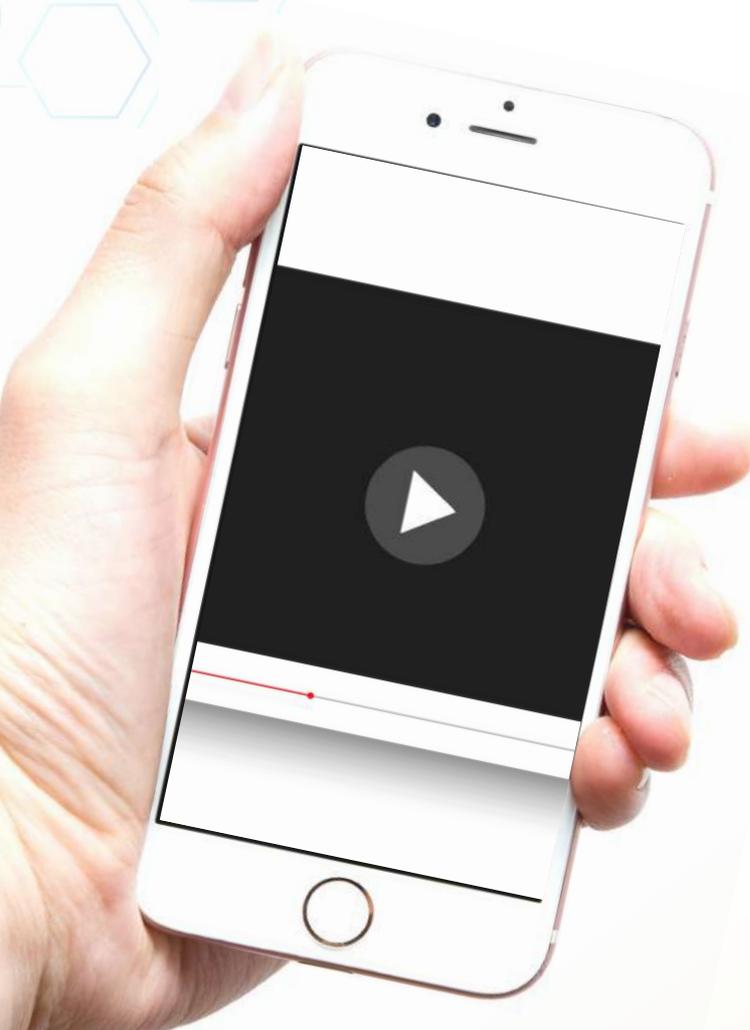
Páginas: **62, 73,75,80, 85, 225**

---



# DICAS DE AULAS

Em plataformas de universidades públicas



## LABXCHANGE

STRUCTURE AND REPLICATION OF  
BACTERIAL CELLS



<https://www.youtube.com/watch?v=njk8R77zUkM>

Copie e cole o link da aula  
no seu navegador!

# QUESTÕES

Capítulo 3: Para treinar e fixar o conteúdo!

1. As bactérias, os fungos, os vírus e os protozoários são agentes importantes de doenças humanas. Qual dos microrganismos a seguir, não possuem o DNA circundado por uma membrana nuclear?
  - a) Leveduras
  - b) Protozoários
  - c) Bactérias
  - d) Bolores
  
2. Qual é o meio de reprodução que as células procarióticas realizam?
  - a) Fissão binária
  - b) Brotamento
  - c) Mitose
  - d) Meiose
  
3. No procedimento de coloração de Gram, as bactérias são expostas ao álcool 95%, ou a uma solução acetona/álcool. A razão desse passo é:
  - a) Aderir as células à lâmina.
  - b) Reter a corante púrpura dentro de todos os tipos bacterias.
  - c) Causar o rompimento da membrana externa, permitindo que o corante púrpura seja liberado das células.
  - d) Facilitar a entrada do corante púrpura dentro das células gram negativas
  - e) Formar um complexo com a solução de Iodo.
  
4. As bactérias realizam processos em que há recombinação gênica. O mais conhecido é aquele em que há a formação de uma ponte citoplasmática e em que uma bactéria doadora fornece material genético a outra. Esse processo é denominado corretamente de:
  - a) cissiparidade.
  - b) esporulação.
  - c) transdução.
  - d) conjugação.
  - e) transformação.

# QUESTÕES

Capítulo 3: Para treinar e fixar o conteúdo!

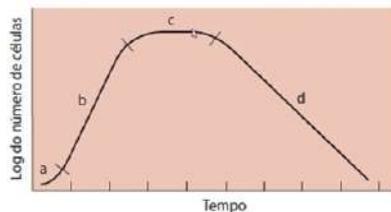
5. O *Vibrio cholerae*, também chamado de vibrião colérico, é a bactéria causadora da cólera. O termo vibrião indica uma classificação dessa bactéria com base no seu formato. Analise as alternativas e marque aquela que indica o formato de um vibrião.

- a) Formato esférico.
- b) Formato oval.
- c) Formato de vírgula.
- d) Formato cilíndrico.
- e) Formato espiral

6. O passo inicial para o início de infecção de muitas bactérias é a adesão às mucosas do organismo. Um dos componentes bacterianos que pode mediar essa aderência está em qual das alternativas abaixo?

- a) Nucleoide
- b) Plasmídeo
- c) Peptideoglicano
- d) Pilus
- e) Lipídeo

7. A figura a seguir demonstra uma curva de crescimento bacteriano, dividida em fases: a,b,c,e d. Qual a denominação da fase indicada pela letra B?



- a) Fase log
- b) Fase lag
- c) Fase da morte
- d) Fase estacionária





Curiosidades  
**SAIBA MAIS!**

### ***Staphylococcus aureus* e a descoberta da penicilina**

O oficial médico inglês, Alexander Fleming, voltou da Primeira Guerra Mundial com um sonho: pesquisar uma forma de reduzir o sofrimento dos soldados que tinham suas feridas infectadas, impondo dor e, por tantas vezes, um processo ainda mais acelerado em direção à morte. De volta ao St. Mary's Hospital, em Londres, em 1928, dedicou-se a estudar a bactéria *Staphylococcus aureus*, responsável pelos abscessos em feridas abertas provocadas por armas de fogo. Estudou tão intensamente que, um dia, exausto, resolveu se dar de presente alguns dias de férias. Saiu, deixando os recipientes de vidro do laboratório, com as culturas da bactéria, sem supervisão. Esse desleixo fez com que, ao retornar, encontrasse um dos vidros sem tampa e com a cultura exposta e contaminada com o mofo da própria atmosfera. Estava prestes a jogar todo o material fora quando, ao olhar no interior do vidro, percebeu que onde tinha se formado bolor, não havia *Staphylococcus* em atividade.

Concluiu que o mofo, oriundo do fungo *Penicillium*, agia secretando uma substância que destruía a bactéria. Ainda que, por acaso, estava descoberto o primeiro antibiótico natural – a penicilina – que é para tantos cientistas uma das mais importantes descobertas da história humana. Para eles, a medicina só se tornou ciência verdadeira a partir dos antibióticos. Antes deles, era um bom exercício para o diagnóstico das enfermidades infecciosas. Quanto ao tratamento e à cura, só a interpretação religiosa podia compreender ou ajudar. Com a descoberta de Alexander Fleming, abriam-se as portas de um novo mundo, com o surgimento de uma grande indústria que passou a se dedicar à produção de penicilina e outros antibióticos responsáveis pela possibilidade de vida com qualidade para pessoas que sofriam de tuberculose, pneumonia, meningite, sífilis, entre outras infecções.

## REFERÊNCIAS

### do Capítulo

LEVINSON, W. Microbiologia médica e imunologia. 12 ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

Microbiologia médica - 6. ed. / 2009. MURRAY, Patrick R.; ROSENTHAL, Ken S.; PFALLER, Michael A. Microbiologia medica.

MOLINARO, Etelcia Moraes; CAPUTO, Luzia Fátima Gonçalves; AMENDOEIRA, Maria Regina Reis (Org). Conceitos e Métodos para a Formação de Profissionais em Laboratórios de Saúde, v. 4. Rio de Janeiro: EPSJV, IOC, 2009.

Imagem: MURRAY, Patrick R.; ROSENTHAL, Ken S.; PFALLER, Michael A.. Microbiologia Médica. 8 ed. Rio De Janeiro: Editora Elsevier Ltda, 2014.

SILVA Inês. Transdução bacteriana. Disponível em: <<https://know.net/ciencterravida/biologia/transducao-bacteriana/>> Acesso em 18 Set 2021

TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. Microbiologia. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 935 p



*Microbiologia*  
EM E-BOOK

The central text is surrounded by decorative elements including a magnifying glass with a blue handle and a circular lens containing a diagram of a cell with internal organelles. There are also several blue and purple triangles and clusters of small dots scattered around the text.

*Microbiota*  
NORMAL DO  
CORPO HUMANO







# CAPÍTULO 4

## Microbiota normal do corpo humano

### 1. MICROBIOTA NORMAL

A microbiota humana, por definição é o conjunto de microrganismos que estabelecem residência permanente ou não em um sítio anatômico específico do corpo humano, e essa associação não causa nenhuma doença ou infecção ao homem em uma circunstância normal, mas em caso de extravasamento desta microbiota para outro sítio anatômico estéril, pode se tornar nociva à saúde (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).

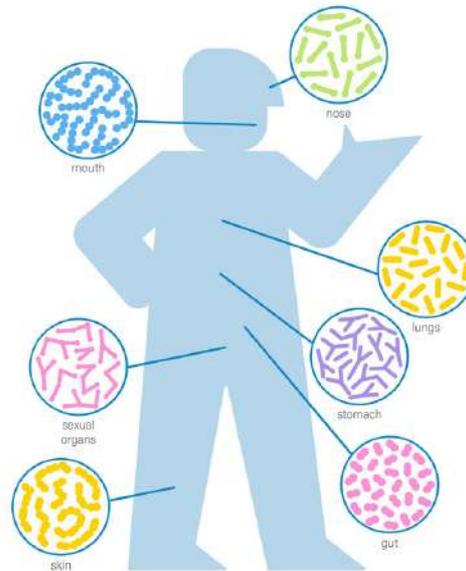
Assim, a microbiota normal pode ser dividida em permanente ou transitória. A microbiota denominada como transitória compreende microrganismos que permanecem por pouco tempo em determinada circunstância, sem colonização efetiva, elas estarão presente naquele local por vários dias, semanas, ou meses, e depois desaparecem. Já microbiota residente, são micróbios que colonizam o hospedeiro por tempo indeterminado, em condições de simbiose e situações normais (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).

Para termos a noção da importância dos micróbios e o quão presente eles estão no organismo humano, um indivíduo tem em média 1 trilhão de células humanas e pode abrigar por volta de 10 trilhões de células bacterianas, ou seja, uma quantidade de 10 vezes mais do que as próprias células humanas (TORTORA, 2017).

### 2. LOCALIZAÇÃO DA MICROBIOTA

Nos seres humanos a microbiota se distribui entre as partes do corpo que se comunicam com o meio externo, como por exemplo, a pele e as mucosas, como ilustrado na figura 1. A sua colonização ocorre em diferentes fases da vida de forma heterogênea. O tipo de exposição e os primeiros contatos do bebê com o mundo nos primeiros anos de vida são cruciais para determinar quais microrganismos colonizarão seu corpo (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).

## HUMAN MICROBIOME



**Figura 1: Localização microbiota normal (Fonte: Verodika, 2022).**

### 3. DIVERSIDADE DE MICRORGANISMOS DE ACORDO COM SUA LOCALIZAÇÃO CORPÓREA

Há uma grande variedade de micróbios em cada segmento corporal e cada qual tem sua própria diversidade de espécies. Começando pela pele, ilustrada na figura 2, se tem uma microbiota residente bem estabelecida e mais concentrada na região das axilas e períneo. A colonização de cada sítio anatômico da pele é condicionada pelos fatores limitantes de temperatura, disponibilidade de nutrientes e umidade, que permitem e selecionam a sobrevivência bacteriana. Sua população inclui principalmente bactérias gram-positivas aeróbias obrigatórias como *Micrococcus*, aeróbias facultativas como *Staphylococcus* e anaeróbias restritas como *Propionibacterium*. Os *Staphylococcus aureus* estão presentes em altos níveis na região da vulva em mulheres férteis. A região do ouvido externo e médio tem uma colonização bem semelhante a microbiota da pele (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).

Já, as fossas nasais, são predominantemente colonizadas por *Staphylococcus* e *Corynebacterium*. Na faringe e tranqueia encontra-se *Streptococcus*, *Neisseria*, entre outros. Os bronquíolos são estéreis (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).



**Figura 2: Ilustração microbiota da pele (Fonte: Christoph Burgstedt, 2020)**

O trato genital feminino tem uma microbiota variável que se modifica conforme a idade, pH, secreção hormonal, ciclo menstrual, atividade sexual, uso de medicamentos e anticoncepcional. Após o nascimento da criança do sexo feminino, decorrente aos níveis aumentados de estrógeno, há proliferação e colonização de *Lactobacillus* em sua genital, que serão dominantes pelos próximos seis meses da recém-nascida. Esse gênero de bactérias é importante em mulheres saudáveis, pois fazem a manutenção do equilíbrio da microbiota dessa região através da fermentação do glicogênio presente na vagina, diminuindo o pH local e desfavorecendo a proliferação de bactérias que vivem com o pH neutro. Durante a premenarca e menopausa o pH vaginal aumenta e a população de *Lactobacillus* diminui, coexistindo com *Corynebacterium*, *Staphylococcus* e *Escherichia*. No trato genital masculino se encontram na uretra *Staphylococcus epidermidis*, *Corynebacterium*, *Streptococcus* e *E. coli* (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).

Já na cavidade bucal, por ser uma região em constante contato com várias populações do meio externo, a microbiota é muito diversificada. Estima-se encontrar mais de 700 espécies de bactérias nessa região, e seu tipo é de grande importância para a medicina e odontologia, já que algumas doenças como actinomicoses, periodontites e endocardites, são causadas por componentes da microbiota bucal (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).

No caso da microbiota gastrointestinal, dispõe o maior número de diversidade e coleções bacterianas de todo o corpo humano. As bactérias podem ser encontradas ao longo de todo o trato gastrointestinal (TGI), porém o local onde residem a maior concentração dessas bactérias é no colón e no ceco, regiões do intestino grosso. A composição da população desse sistema é amplamente variada sendo de ordem de 1 a 10 bilhões de UFC/ml no conteúdo intestinal, e estima-se ter por volta de mais de 700 espécies diferentes de microrganismos, sendo a grande maioria bactérias (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).

O estômago é uma região do TGI que apresenta pH baixo em adultos saudáveis, essa característica limita a proliferação bacteriana a mil UFC/ml de suco gástrico. Nesse local encontram-se *Streptococcus*, *Lactobacillus* e *Candida albicans*. Porém há também uma grande parcela de indivíduos que são colonizados pelo *Helicobacter pylori*, responsável por causar infecção bacteriana crônica no estômago e duodeno e aumentar o risco de úlceras e câncer, por esse motivo ainda é discutido se deve considerá-la como um membro da microbiota estomacal ou não (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).



**Figura 3: Representantes da microbiota normal em diferentes regiões do corpo, em (a) no epitélio nasal, em (b) no estômago e em (c) no intestino delgado (Fonte: TORTORA, 2017).**

Já o duodeno é composto por uma microbiota muito semelhante a que está presente no estômago e jejuno. Nessa região tem-se uma ordem de 100.000 a 10.000.000 UFC/ml, e seus principais membros são *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Haemophilus*, *Veillonella*, *Bacteroides*, *Corynebacterium* e *Actinomyces*. No caso do íleo, a população bacteriana é de 10.0000.000 UFC/ml e sua microbiota é composta por representantes anaeróbios facultativos, *Enterobacterias* anaeróbios obrigatórios (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).

Avançando para o colón se tem a maior concentração de colonização e variedade bacteriana no organismo humano, tendo uma ordem de 10 bilhões de UFC/ml, sendo encontrados principalmente gêneros como *Bacterioides*, *Bifidobacterium*, *Escherichia coli*, *Clostridium*, *Eubacterium*, *Bacillus*, *Peptostreptococcus*, *Fusobacterium* e *Ruminococcus*. A colonização desse local se inicia no recém-nascido por bactérias anaeróbias facultativas como *Escherichia coli*, *Esterococcus faecalis* e *Enterococcus faecium*, esse acontecimento se dá por conta do elevado teor de oxigênio presente na região inicialmente. Conforme esse oxigênio vai sendo consumido, bactérias anaeróbias estritas começam a colonizar a região também, sendo as principais representantes as *Bacterioides*, *Bifidobacterium* e *Clostridium* (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).

O pH do colón é por volta de 5,5, devido a presença de produtos ácidos que se originam da fermentação que ocorre nessa área. O fato do ambiente ser relativamente ácido permite a competição entre bactérias produtoras de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e bactérias que utilizam carboidratos, além de estimular também a produção de Butirato. O Butirato no colón intestinal é responsável pela modulação da microbiota nessa região, pois permite um equilíbrio entre a presença de *Eubacterium ssp* e *Bifidobacterium spp* que metabolizam lactato, e vale ressaltar que indivíduos adultos saudáveis têm baixas concentrações dessa substância (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).

### 3. FUNÇÕES DA MICROBIOTA

Assim que estabelecida, a microbiota pode trazer benefícios ao hospedeiro, como por exemplo o antagonismo microbiano ou também chamado de exclusão competitiva, que consiste na competição entre microrganismos. Nela a microbiota normal protege o hospedeiro contra a colonização de microrganismos potencialmente patogênicos. O antagonismo ocorre por meio da competição por nutrientes, da produção de substâncias prejudiciais aos micróbios invasores, da alteração do meio, como pH e disponibilidade de oxigênio e pela competição de sítios de adesão, processo que ocorre no TGI e faz um efeito barreira impedindo a instalação de bactérias patogênicas na superfície das células intestinais. (TORTORA, 2017).

Quando há um desequilíbrio entre a microbiota normal e os micróbios patogênicos pode haver o surgimento de doenças. Tal como, o desenvolvimento de candidíase nas mulheres, a microbiota bacteriana normal da vagina sustenta um pH que inibe o crescimento excessivo da levedura *Candida albicans*, e quando a população bacteriana é eliminada ou reduzida de alguma forma, seja por antibióticos ou pelo uso excessivo de ducha higiênica e desodorantes, o pH vaginal muda, se tornando neutro e favorecendo a predominância da *Candida albicans* no local (TORTORA, 2017).

Além disso, dentre outras funções benéficas da microbiota está a estimulação do sistema imune pela microbiota intestinal, sabe-se que a mucosa intestinal é a principal conexão do sistema imune com o ambiente externo, sendo assim o intestino é considerado o principal órgão imunológico do organismo humano, abrigando por volta de 80% das células imunológicas e é responsável pela produção de 1/3 dos anticorpos do sistema imune inato e adaptativo. Portanto, a microbiota é responsável por estimular o desenvolvimento do sistema imunológico, uma vez que os linfócitos B presentes no intestino produzem constantemente anticorpos contra diversos componentes da microbiota intestinal. Vale-se destacar também, que os linfócitos lá presentes são diferentes do sistema imunológico sistêmico, pois produzem principalmente IgA que tem várias funções importantes que garante a proteção da mucosa, como proteção a antígenos específicos de agentes nocivos (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).

O efeito estimulante do sistema imune pela microbiota intestinal também está relacionado com resistência a estágios iniciais das infecções por patógenos, pois no TGI tem-se uma modulação imunológica constante. Outro benefício observado em relação microbiota é a capacidade de modificar o pH e a motilidade intestinal, favorecendo a absorção de água e íons, e ela ainda é capaz produzir ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e algumas vitaminas, como a B12 (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).

Resumindo e delineado na figura 4, os benefícios trazidos de uma microbiota saudável, é um maior desenvolvimento do sistema imunológico, antagonismo microbiano que protege da instalação de bactérias patogênicas nocivas à saúde, alteração do pH e motilidade intestinal que favorecem a absorção de nutrientes e também a produção de certos compostos que podem ser absorvidos pelo hospedeiro (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).

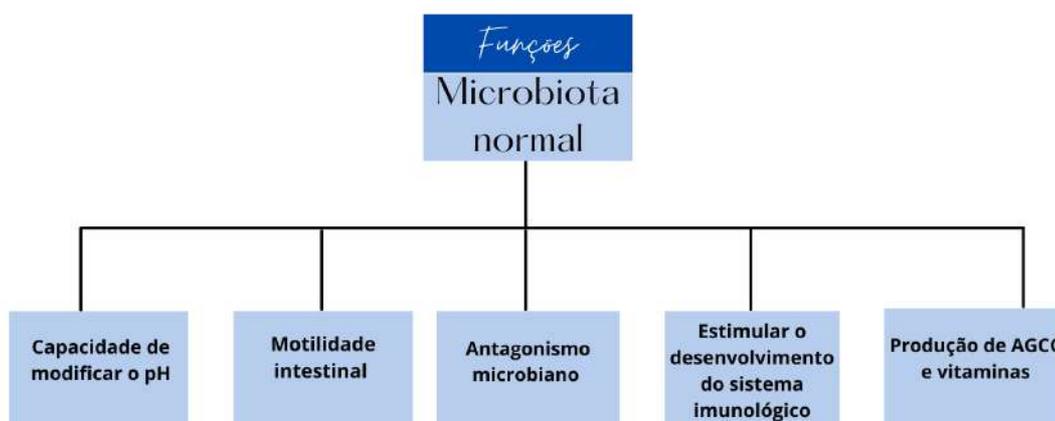


Figura 4: Mapa mental funções microbiota normal (Fonte: próprio autor).

## 5. FATORES QUE INFLUENCIAM A COMPOSIÇÃO DA MICROBIOTA

Além disso, podemos listar algumas características que fazem as bactérias serem consideradas benéficas ao homem, como por exemplo não apresentarem nenhum fator de patogenicidade e não serem envolvidas em nenhum tipo de infecção do TGI, porém vale-se destacar que fora de seu sítio anatômico específico ainda são capazes de causar infecções. Representantes de bactérias desse tipo são os gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterias*. O elemento que envolve a implantação destas bactérias é o “fator bífido”, um tipo de nutriente passado ao bebê através do leite materno durante a amamentação, ele favorece a instalação desses microrganismos no TGI humano (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).

## 6. PROBIÓTICOS E PRÉBIÓTICOS: DIFERENÇAS E FUNÇÕES

Há algum tempo, tem sido sugerido o uso de pré e probióticos durante o período de colonização intestinal, para uma melhor otimização dessa futura microbiota, porém como é algo recente, ainda se tem a necessidade de mais aprofundamento nestas pesquisas. Os prebióticos são carboidratos presentes nos alimentos que não são digeríveis pelo homem, mas servem como substratos para fermentação estimulando seletivamente o crescimento e atividade de certas bactérias. Já os probióticos são microrganismos vivos que promovem benefícios ao hospedeiro quando usados de maneira correta. Um adendo importante é que o benefício do uso de probióticos é transitório, pois quando utilizados, não colonizam de forma permanente, exercendo seus efeitos apenas quando estão sendo consumidos ao organismo humano (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).

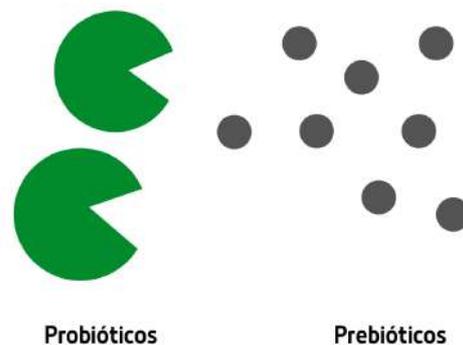
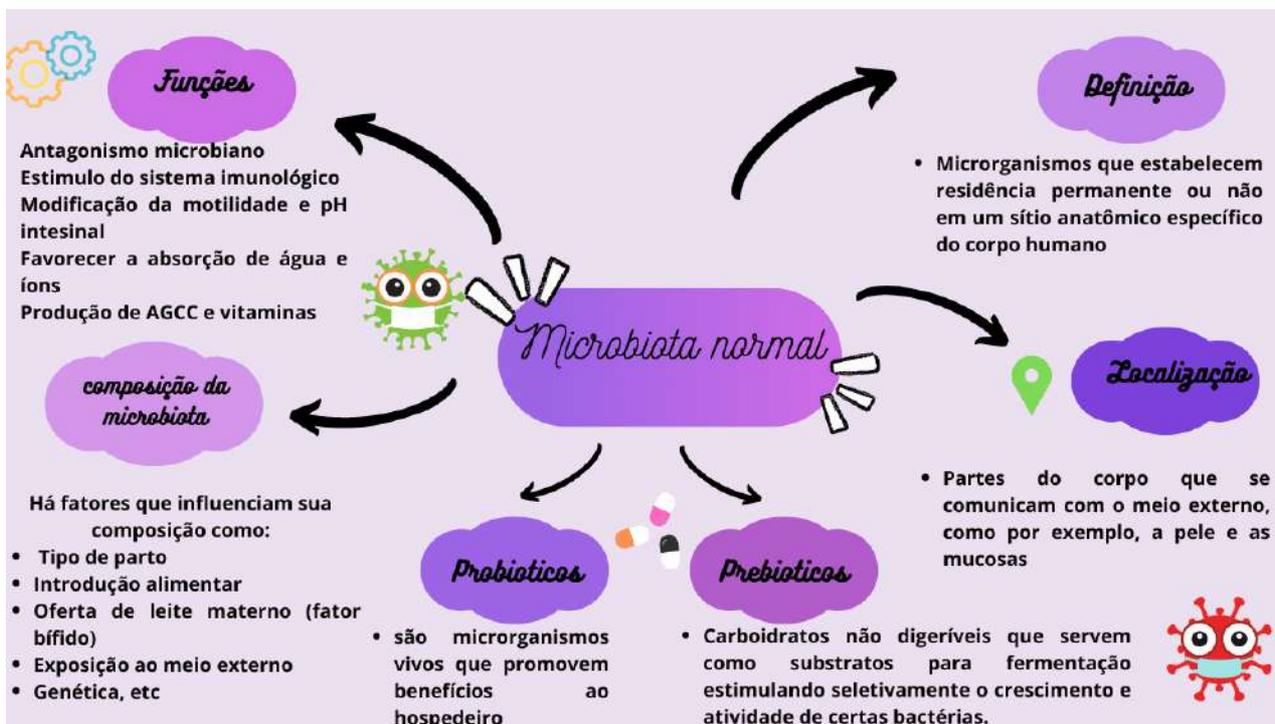


Figura 5: Esboço ilustrativo de probióticos e prebióticos. (Fonte: próprio autor)



# MAPA MENTAL

Capítulo 4: Organizando conceitos



## DICA DE LEITURA

Acesse o livro "**Microbiologia**" em "Minha Biblioteca" do Centro Universitário São Camilo e estude mais sobre o assunto!

Livro: TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed,2017. (Recurso Online – Biblioteca São Camilo)

Página: **390**

---



# DICAS DE AULAS

Em plataformas de universidades públicas



## CANAL JORNAL DA USP

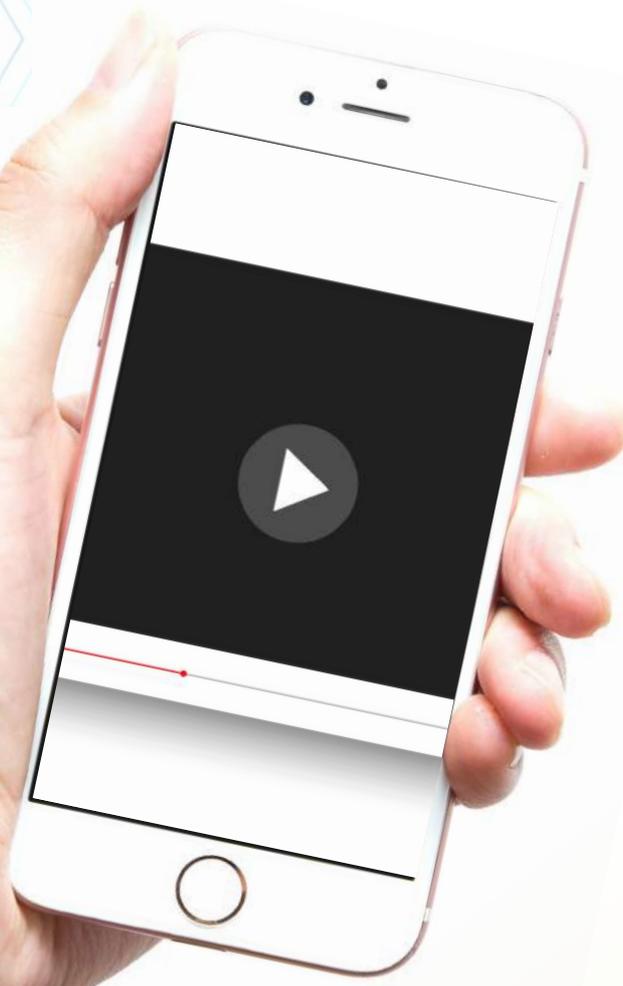
OQUE É MICROBIOTA?

 [https://www.youtube.com/watch?v=nXBNrD\\_epCU](https://www.youtube.com/watch?v=nXBNrD_epCU)

## CANAL MICROBIOLOGIA MÉDICA

MICROBIOTA NORMAL

 <https://youtu.be/zm3Jmlb1YLs>

A hand holding a white smartphone. The screen shows a black video player with a white play button in the center. Below the screen, a white bar is visible, likely representing a video player interface.

Copie e cole o link da aula  
no seu navegador!

# QUESTÕES



## Capítulo 4: Para treinar e fixar o conteúdo!

1. ITEP (2018) - Flora normal é um termo utilizado para descrever várias bactérias que residem permanentemente em certos locais do corpo. A respeito do assunto, é **correto** afirmar que:

- A) O estado do imunológico do portador não exerce influência nas taxas de reprodução desses organismos.
- B) A pele, o colón, a vagina e o fígado possuem bactérias associadas.
- C) A presença de bactérias da fauna normal facilita a colonização por microrganismos patogênicos.
- D) Bactérias do trato vaginal são importantes, pois produzem vitaminas B e K.
- E) É dito “colonizado” o indivíduo com intensa proliferação de bactérias do trato intestinal.

2. FAFIPA (2014) - A lavagem das mãos tem por objetivo a remoção de microbiota transitória e a diminuição de microbiota residente da pele. É **CORRETO** afirmar:

- A) Microbiota transitória – microrganismos que vivem e se multiplicam em camadas profundas da pele, glândulas sebáceas.
- B) Microbiota transitória – microrganismos adquiridos por meio de contato direto com o meio ambiente, contaminando temporariamente a pele.
- C) Microbiota residente – microrganismos adquiridos por meio de contato direto com o meio ambiente, contaminando temporariamente a pele.
- D) Microbiota residente – microrganismos que vivem em camadas superficiais da pele e folículos pilosos.

3. Sobre a microbiota intestinal é **correto** afirmar que:

- A) Apenas a alimentação influencia em sua colonização.
- B) O estômago é a região do TGI onde residem a maior concentração de microrganismos.
- C) O colón tem a maior concentração de colonização e variedade bacteriana no organismo humano e sua população é composta quase totalmente por bactérias anaeróbias estritas no recém-nascido.
- D) O pH do colón é relativamente ácido devido a fermentação que ocorre nesse local. Essa característica permite a competição entre bactérias produtoras de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e bactérias que utilizam carboidratos, além de estimular também a produção de Butirato.

# QUESTÕES



## Capítulo 4: Para treinar e fixar o conteúdo!

4. Em qual região anatômica abaixo se tem ausência de microrganismos, em outras palavras, se apresenta estéril?

- A) Traqueia.
- B) Ouvido médio.
- C) Bronquíolos.
- D) Olhos.
- E) Faringe.

5. Relacione os conceitos:

- ( ) Circunstância em que há um equilíbrio entre microrganismos comensais e patogênicos.
- ( ) São microrganismos vivos que promovem benefícios ao hospedeiro quando usados de maneira correta.
- ( ) Compreende um desequilíbrio na flora intestinal em que existe alteração na quantidade e na distribuição de bactérias no intestino, o que pode causar inflamação.
- ( ) São carboidratos presentes nos alimentos que não são digeríveis pelo homem, mas servem como substratos para fermentação de certas bactérias.
- ( ) Ocorre através da competição por nutrientes, da produção de substâncias prejudiciais aos micróbios invasores e da alteração do meio.

- 1- Disbiose
- 2- Simbiose
- 3- Probióticos
- 4- Prebióticos
- 5- Antagonismo microbiano

6. Assinale a alternativa correta acerca das funções da microbiota:

- A) O antagonismo microbiano torna o hospedeiro suscetível a colonização de microrganismos potencialmente patogênicos.
- B) As bactérias intestinais produzem substâncias que podem ser absorvidas pelo hospedeiro, como AGCC e glicose.
- C) A microbiota estimula o sistema imune através da modulação imunológica constante e da produção de anticorpos pelos linfócitos B intestinais.
- D) No intestino o microbioma lá presente é capaz de modificar o pH e a motilidade intestinal, desfavorecendo a absorção de água e íons.

# QUESTÕES



## Capítulo 4: Para treinar e fixar o conteúdo!

7. Julgue as afirmações abaixo como verdadeiras ou falsas:

- ( ) As bactérias dos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterias* são consideradas benéficas ao homem. O "fator bífido", um tipo de nutriente passado ao bebê através do leite materno durante a amamentação, favorece a instalação desses microrganismos no TGI humano.
- ( ) O corpo humano possui aproximadamente a mesma quantidade de células bacterianas e células humanas.
- ( ) A colonização de cada sítio anatômico da pele é condicionada pelos fatores limitantes de temperatura, disponibilidade de nutrientes e umidade, que permitem e selecionam a sobrevivência bacteriana.
- ( ) O pH do colón é considerado básico devido a presença de produtos ácidos que se originam da fermentação que ocorre nessa área.
- ( ) Quando há um desequilíbrio entre a microbiota normal e os micróbios patogênicos pode haver o surgimento de doenças.
- ( ) A flora do trato genital feminino é bem definida e homogênea durante toda a vida da mulher.

8. Em qual local do corpo se espera encontrar mais microrganismos aeróbios?

- A) Pele.
- B) Fossas nasais.
- C) Colón.
- D) Estômago.

9. Julgue como verdadeiro ou falso as afirmações abaixo:

A - A proliferação bacteriana se limita a 1 mil UF/ml no estômago

PORQUE

B - O estômago apresenta pH baixo em adultos saudáveis.

- A) As duas afirmações são falsas, e B não justifica a A
- B) As duas afirmações são falsas, e B justifica a A
- C) As duas afirmações são verdadeiras, mas a B não justifica a A
- D) As duas afirmações são verdadeiras e a B justifica a A





Curiosidades  
**SAIBA MAIS!**

## **7. Curiosidades sobre o papel dos microrganismos da microbiota normal e seu envolvimento com doenças**

Através de evidências sabe-se que a desregulação da microbiota, ou também chamada de **disbiose**, está envolvida com alguns estados patogênicos, como processos alérgicos, obesidade, doença inflamatória intestinal, câncer de colón, entre outros. Compreende-se também que as mudanças de hábitos de higiene que ocorreram na sociedade ao longo do tempo, propiciaram na mudança da composição da microbiota humana, favorecendo uma maior quantidade de indivíduos alérgicos, processo chamado de hipótese de higiene expandida, o uso de probióticos nesse caso ajudaria a atenuar os processos alérgicos. Dessa forma, a utilização de probióticos é indicada na terapêutica de algumas patologias, como por exemplo na diarreia aguda, em que o uso de probióticos ajuda a reduzir o número de evacuações, ou também na síndrome do intestino irritável (SII), em que a utilização dos probióticos durante o tratamento auxilia na diminuição da hipersensibilidade e permeabilidade intestinal, na regulação da motilidade e na melhor resposta do sistema imune, ademais podem ser usados até mesmo em recém-nascidos para prevenir enterocolite necrosante (TRABULSI e ALTERTHUM, 2017).



Curiosidades  
**SAIBA MAIS!**

### 7.1 Microbiota Intestinal X Depressão

A depressão compreende uma doença muito comum e recorrente na população, em escala mundial, e o seu desenvolvimento pode estar relacionado com a disbiose intestinal. O eixo intestino-cérebro é um sistema de comunicação do organismo que inclui vias neurais, imunológicas, endócrinas e metabólicas. As alterações na comunicação desse eixo, devido a disbiose, mostram-se importantes no desenvolvimento de doenças mentais como a depressão, a ansiedade, o Alzheimer, entre outras (RATTO *et al.* 2020).

Uma má alimentação e o uso indiscriminado de medicamentos e fármacos, como laxantes e antibióticos, pode causar um desequilíbrio da microbiota. O predomínio de microrganismos patogênicos, causado pela disbiose, aumenta a inflamação, a liberação de toxinas e a permeabilidade intestinal, ativando o sistema nervoso e regulando características epiteliais intestinais (RATTO *et al.* 2020).

As substâncias inflamatórias perturbam a neuroquímica cerebral e tornam os indivíduos mais suscetíveis à ansiedade e à depressão. Esse fato pode explicar o porquê geralmente pacientes com doença inflamatória intestinal também sofrem das mesmas patologias mentais. Além disso, citocinas pró-inflamatórias alteram a quantidade de neurotransmissores como a serotonina, dopamina e glutamato no cérebro e a diminuição delas já foi associada com sintomas específicos da depressão (RATTO *et al.* 2020).



Curiosidades  
**SAIBA MAIS!**

## 7.2 Microbiota intestinal X Alzheimer

A disbiose da flora intestinal também pode estar associada à doença de Alzheimer (DA) que é uma das formas mais comuns de demência e está associada a uma cognição comprometida e acúmulo de peptídeos  $\beta$ -amiloides ( $A\beta$ ) no cérebro (Jian *et al.* 2017).

O desequilíbrio do microbioma presente no intestino, favorece o aumento da permeabilidade intestinal e da barreira hematoencefálica podendo ser um mediador para a DA. E ainda, bactérias da microbiota podem secretar quantidades significativas de substâncias que participam na produção e modulação de vias de citocinas inflamatórias que estão associadas ao desenvolvimento da doença (Jian *et al.* 2017).

## REFERÊNCIAS

### do Capítulo

JIANG, C *et al.* The Gut Microbiota and Alzheimer's Disease. **Journal of Alzheimer's Disease**. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28372330/>. Acesso em: 20 out 2021.

RATTO, R.S *et al.* Relationship between intestinal microbiotes and depression. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, , 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/11158>. Acesso em 15 out 2021.

TRABULSI, L.R; ALTERTHUM, Flavio (Ed.) **Microbiologia**. 6. ed. São Paulo: Atheneu, 2017. 101 p.

TORTORA, Gerard J. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2017. 390p.

# Microbiologia

EM E-BOOK

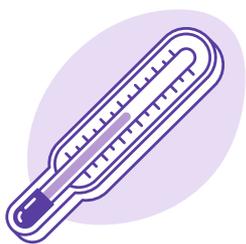


*Bactérias*

PATOGÊNICAS







# CAPÍTULO 5

## Bactérias patogênicas

### 1. BACTÉRIAS PATOGÊNICAS E PRINCIPAIS BACTERIOSES

Antes de descrevermos a respeito das bactérias patogênicas e das infecções causadas por elas, conhecidas genericamente como bacterioses, é importante definirmos os conceitos de patogenicidade e de virulência, que serão apresentados a seguir.

### 2. CONCEITOS DE PATOGENICIDADE E VIRULÊNCIA

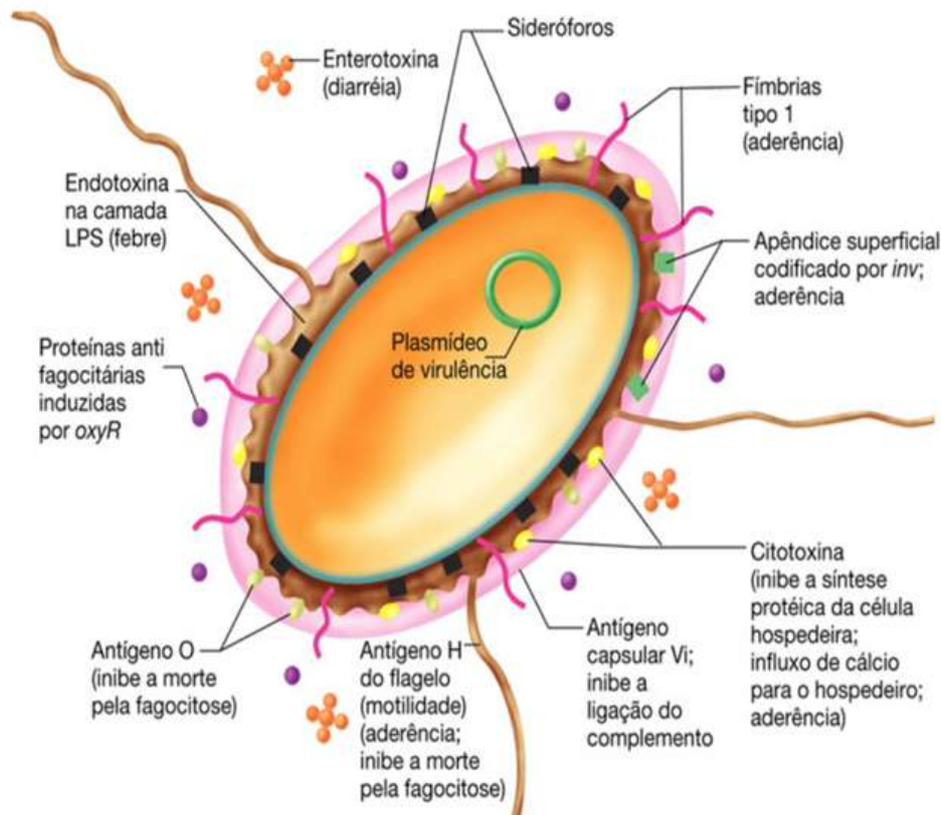
Patogenicidade é definida como a capacidade de um microrganismo causar doença no hospedeiro por vencer suas defesas imunológicas, já a virulência corresponde ao grau de patogenicidade. Como a intenção deste capítulo é de descrever as bactérias patogênicas e as bacterioses, esses termos serão direcionados, especialmente, a este grupo de microrganismos, mas são válidos para qualquer tipo de microrganismos.

Contextualizando esses conceitos, podemos fazer as seguintes associações: para causar uma doença, as bactérias patogênicas devem acessar o corpo do hospedeiro, através das portas de entrada, aderir e/ou invadir os tecidos, escapar das defesas corpóreas e danificar os nossos tecidos. Para tanto, utilizam de diversas estruturas e mecanismos que permitam o alcance de cada uma dessas etapas que correspondem aos seus fatores de virulência (TORTORA, 2017).

As portas de entrada para os patógenos acessarem o hospedeiro incluem: as membranas mucosas do trato respiratório, geniturinário, gastrointestinal e a conjuntiva ocular, a pele e a via parenteral de deposição direta de bactérias sob a pele ou suas membranas, como nas perfurações, injeções, mordidas, cortes, ferimentos, cirurgias e rompimento da pele ou das membranas mucosas por edemas ou ressecamentos (TORTORA, 2017).

### 3. COMO OS PATÓGENOS BACTERIANOS ULTRAPASSAM AS DEFESAS DO HOSPEDEIRO?

Embora alguns patógenos possam causar dano quando na superfície dos tecidos, a maioria deles precisa penetrar nos tecidos para causar doenças. Há diversos fatores de virulência, a título de exemplo, podemos observar na figura 1, alguns dele presentes na bactéria *Salmonella*, um bacilo gram-negativo. Essas estruturas bacterianas contribuem para a capacidade das bactérias de invadir o hospedeiro e/ou evadir do sistema imunológico, descreveremos a seguir alguns exemplos, como a cápsula, parede celular, enzimas, entre outros.



**Figura 1. Fatores de virulência em *Salmonella*. Estão representados os fatores importantes para a virulência e o desenvolvimento da patogênese desta bactéria gram-negativa (Fonte: Microbiologia de Brock, 2016).**

### 3.1 CÁPSULA

Essa estrutura bacteriana permite que resistam às defesas do hospedeiro por impedir o processo de fagocitose, realizado por fagócitos, para englobar e destruir microrganismos. Isso ocorre devido à natureza química da cápsula que parece impedir a ligação adequada do fagócito à bactéria. O *Streptococcus pneumoniae*, causador da pneumonia pneumocócica possui cápsula. Observa-se que as linhagens capsuladas são virulentas, já as linhagens não capsuladas não são virulentas, pois são suscetíveis à fagocitose e eliminadas por este processo. Outros exemplos de bactérias capsuladas são: *Klebsiella pneumoniae* (causador da pneumonia bacteriana); *Haemophilus influenzae* (causador de pneumonia e meningite em crianças); *Bacillus anthracis* (causador do antraz) e *Yersinia pestis* (causador da peste) (TORTORA, 2017).

### 3.2 PAREDE CELULAR

A parede celular de bactérias pode conter substâncias químicas que contribuem para a sua virulência. *Streptococcus pyogenes* possui a proteína M encontrada tanto na superfície celular quanto nas fímbrias, com isso participa da aderência da bactéria às células epiteliais, aumentando a virulência do microrganismo. A *Neisseria gonorrhoeae* cresce no interior das células epiteliais e dos leucócitos humanos, usam suas fímbrias e outras proteínas externas, denominadas Opa, para aderir às células do hospedeiro. Após a aderência através das proteínas Opa e pelas fímbrias, as células do hospedeiro captam as bactérias. Já na parede celular de *Mycobacterium tuberculosis* é o lipídeo ceroso (ácido micólico) que aumenta a virulência do organismo, conferindo resistência à digestão por fagócitos e permitindo até mesmo que a bactéria se multiplique no interior desses fagócitos (TORTORA, 2017).

### 3.3 ENZIMAS

Algumas bactérias produzem enzimas extracelulares que podem digerir o material entre as células e induzir a formação ou a degradação de coágulos sanguíneos (TORTORA, 2017).

As coagulases são enzimas bacterianas que coagulam o fibrinogênio no sangue que, é convertido em fibrina, gerando a malha que forma o coágulo sanguíneo que serve de proteção para elas. As coagulases são produzidas por alguns membros do gênero *Staphylococcus*, envolvidas na formação de abscessos.

As quinases bacterianas são enzimas que degradam a fibrina e, assim, digerem coágulos formados pelo organismo. Uma das quinases mais conhecidas é a fibrinolisinase (estreptoquinase), produzida por *Streptococcus pyogenes*. Já a estafiloquinase, é produzida por *Staphylococcus aureus*.

A hialuronidase é outra enzima secretada por estreptococos. Ela hidrolisa o ácido hialurônico dos tecidos conectivos e com isso auxilia na dispersão do microrganismo a partir de seu sítio inicial de infecção

A colagenase, produzida por diversas espécies de *Clostridium*, facilita a disseminação da gangrena gasosa, pois quebra o colágeno, presente nos tecidos conectivos de músculos e de outros órgãos e tecidos.

### 3.4 . VARIAÇÃO ANTIGÊNICA

A presença de antígenos, estimula o nosso organismo a produzir proteínas, denominadas anticorpos, que se ligam aos antígenos e os tornam inativos ou os destroem. No entanto, alguns patógenos podem alterar seus antígenos de superfície por meio de um processo denominado variação antigênica. Assim, quando o corpo elabora uma resposta imune contra o patógeno, ele já terá alterado os seus antígenos de forma a não ser mais reconhecido e afetado pelos anticorpos. Alguns micróbios podem ativar genes alternativos, o que resulta em mudanças antigênicas. A *N. gonorrhoeae*, por exemplo, tem em seu genoma diversas cópias do gene codificador da proteína Opa, resultando em células que apresentam diferentes antígenos que são expressos ao longo do tempo da infecção (TORTORA, 2017).

### 3.5. ADESINAS

Fímbrias e pili são estruturas proteicas da superfície da célula bacteriana que atuam no processo de adesão. Fímbrias tipo I estão distribuídas uniformemente sobre a superfície das células. Os pili são normalmente mais longos que as fímbrias, estão presentes em menor número na superfície celular. Tanto os pili quanto as fímbrias atuam na ligação às glicoproteínas da superfície da célula hospedeira, necessários no processo de aderência. Os flagelos também podem aumentar a adesão às células hospedeiras (Microbiologia de Brock, 2016).

### 3.6. INVASINAS

Linhagens de *Salmonella* e *E. coli* entram em contato com a membrana plasmática das células do hospedeiro e causam uma alteração drástica na membrana no ponto de contato. Os micróbios produzem proteínas de superfície, chamadas de invasinas, que causam o rearranjo dos filamentos de actina do citoesqueleto celular próximos ao ponto de contato bacteriano. Por exemplo, quando *S. typhimurium* entra em contato com a célula hospedeira, as invasinas do micróbio tornam a aparência da membrana plasmática semelhante a uma gota que se espalha ao atingir uma superfície sólida. Esse efeito, chamado de enrugamento da membrana, é o resultado da desorganização do citoesqueleto da célula hospedeira. O microrganismo mergulha em uma das dobras da membrana e é englobado pela célula hospedeira (TORTORA, 2017).

## 4. COMO OS PATÓGENOS BACTERIANOS DANIFICAM AS CÉLULAS DO HOSPEDEIRO?

### 4.1. TOXINAS

As toxinas são substâncias venenosas produzidas por alguns microrganismos, podem ser transportadas pelo sangue ou pela linfa ocasionando efeitos graves e, muitas vezes, fatais. Algumas toxinas geram febre, distúrbios cardiovasculares, diarreia e choque. As toxinas também podem inibir a síntese proteica, destruir células e vasos sanguíneos e danificar o sistema nervoso central, causando espasmos. Das mais de 220 toxinas bacterianas conhecidas, aproximadamente 40% causam doenças decorrentes dos danos às membranas das células eucarióticas. As toxinas podem ser classificadas em dois tipos principais: exotoxinas e endotoxinas, como ilustrado na figura 2 abaixo e comparadas na figura 3.



Figura 2. Exotoxinas e endotoxinas (Fonte: Tortora, 2017).

Propriedade	Exotoxinas	Endotoxinas
Fonte bacteriana	Principalmente bactérias gram-positivas	Bactérias gram-negativas
Relação com o micro-organismo	Produto metabólico de células em crescimento	Presentes em LPS da membrana externa da parede celular e liberadas com a destruição da célula ou durante a divisão celular
Propriedade química	Proteínas, normalmente compostas de duas partes (A-B)	Porção lipídica (lipídeo A) do LPS da membrana externa (lipopolissacarídeo)
Farmacologia (efeito no organismo)	Específica para uma estrutura ou função celular particular no hospedeiro (afeta principalmente funções celulares, neurônios e trato gastrointestinal)	Geral, causando febre, fraqueza, dores e choque; todas produzem os mesmos efeitos
Estabilidade ao calor	Instável; normalmente podem ser destruídas em 60 a 80°C (exceto a enterotoxina estafilocócica)	Estável; podem suportar autoclave (121°C por uma hora)
Toxicidade (habilidade de causar doença)	Alta	Baixa
Geração de febre	Não	Sim
Imunologia (em relação aos anticorpos)	Podem ser convertidas em toxóides para imunização contra a toxina; neutralizadas por antitoxinas	Não são facilmente neutralizadas por antitoxinas; toxóides não podem ser produzidos para imunizar contra as toxinas
Dose letal	Pequena	Consideravelmente maior
Doenças representativas	Gangrena gasosa, tétano, botulismo, difteria, febre escarlatina	Febre tifóide, infecções do trato urinário e meningite meningocócica

Figura 3. Comparação entre exotoxinas e endotoxinas. Fonte: Tortora, 2017.

### 4. 1. 1 EXOTOXINAS

Exo significa “fora”, refere-se ao fato de que as exotoxinas são secretadas para o exterior das células bacterianas. Sua produção ocorre durante o seu crescimento e metabolismo bacteriano, e são secretadas no meio circundante ou liberadas após a lise da célula (TORTORA, 2017).

- As exotoxinas são proteínas e muitas são enzimas que catalisam apenas certas reações bioquímicas, mesmo as pequenas quantidades são bastante perigosas, pois podem agir várias vezes seguidas.
- As bactérias que produzem exotoxinas podem ser gram-positivas ou gram-negativas. Os genes que codificam a maioria (e talvez todas) das exotoxinas são carregados em plasmídeos bacterianos ou fagos.
- As exotoxinas são solúveis em fluidos corporais, podem difundir-se facilmente no sangue, sendo rapidamente transportadas por todo o corpo.
- Agem destruindo determinadas partes das células do hospedeiro ou inibindo certas funções metabólicas. São altamente específicas em relação aos seus efeitos teciduais e estão entre as substâncias mais letais conhecidas.
- São as exotoxinas que produzem os sinais e os sintomas específicos da doença como no botulismo que normalmente é provocado pela ingestão da exotoxina, e não devido a uma infecção bacteriana.
- Com base em sua estrutura e função, são divididas em 3 categorias: (1) toxinas A-B, (2) toxinas danificadoras de membrana e (3) superantígenos.

### 4.1. 2 ENDOTOXINAS

Endo significa “dentro”, refere-se ao fato de que as endotoxinas estão localizadas no interior das células bacterianas. Elas são parte da porção externa da parede celular de bactérias gram-negativas. A porção lipídica do LPS, chamada de lipídeo A, é a endotoxina. Assim, as endotoxinas são lipopolissacarídeos, ao passo que as exotoxinas são proteínas (TORTORA, 2017).

- As endotoxinas são liberadas durante a multiplicação bacteriana e quando as bactérias gram-negativas morrem e suas paredes celulares sofrem lise.
- Os antibióticos utilizados para tratar doenças causadas por bactérias gram-negativas podem lisar essas bactérias; essa reação causa a liberação de endotoxinas, o que pode levar a uma piora imediata dos sintomas. Entretanto, a condição do paciente normalmente melhora à medida que a endotoxina vai sendo degradada.
- As endotoxinas exercem seu efeito pelo estímulo de macrófagos, os quais, por sua vez, liberam citocinas em concentrações bastante elevadas. Nessas concentrações, as citocinas são tóxicas.
- Todas as endotoxinas produzem os mesmos sinais e sintomas, independentemente da espécie de microrganismo, embora nem sempre na mesma intensidade.
- Esses sintomas incluem calafrios, febre, fraqueza, dores generalizadas e, em alguns casos, choque e até mesmo morte. As endotoxinas também podem induzir o aborto.
- Outra consequência da presença de endotoxinas é a ativação das proteínas envolvidas na coagulação sanguínea, causando a formação de pequenos coágulos. Esses coágulos obstruem os vasos capilares, e o decréscimo no suprimento de sangue resultante induz a morte tecidual. Essa condição é conhecida como coagulação intravascular disseminada (CID).

Acredita-se que a febre (resposta pirogênica) causada pelas endotoxinas ocorra conforme ilustrado na figura 4.

## ENDOTOXINAS E RESPOSTA PIROGÊNICA

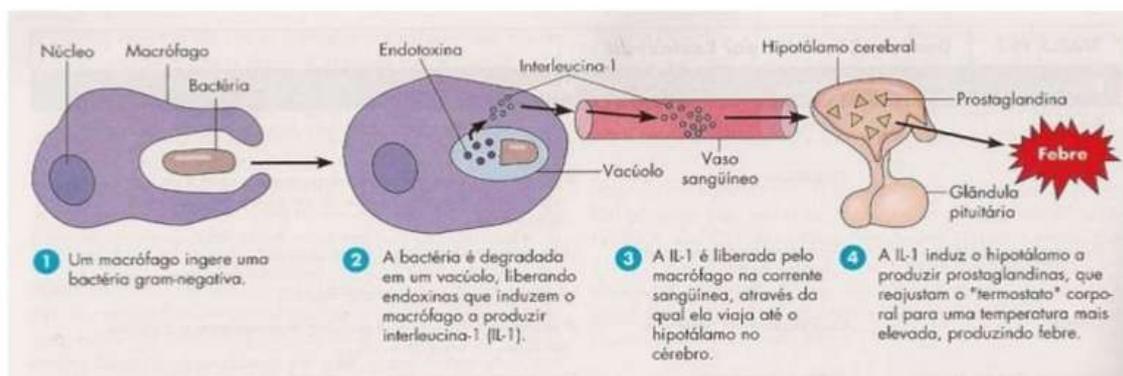


Figura 4. Endotoxina e resposta pirogênica (Fonte: Tortora, 2017).

## 5. BACTÉRIAS PATOGÊNICAS E PRINCIPAIS BACTERIOSES

As bactérias capazes de causar uma doença infecciosa no ser humano são dotadas de **fatores de virulência**, isto é, estruturas ou propriedades microbianas usadas como estratégias para colonizar o hospedeiro susceptível e/ou escapar do sistema de defesa, entre as quais poderíamos exemplificar a proteína A, a coagulase, cápsula ou ainda a endotoxina, é com o auxílio dessas estruturas, que as bactérias se instalam e multiplicam-se num determinado tecido do corpo. Nessa situação, as bactérias podem causar sinais e sintomas que são percebidos pelo indivíduo. No entanto, quando seu sistema imunológico conseguir combater esses microrganismos de maneira eficiente, não ocorrerão sinais e sintomas da doença. Assim, nem toda infecção, necessariamente, irá provocar uma doença (BROCK, 2016).

De acordo com Brock (2016), há diversas bacterioses causadas por esse processo de invasão dos microrganismos, seja através da pele, da mucosa, através da contaminação por secreções salivares, por alimentos ou relações sexuais sem proteção, como por exemplo, a tuberculose, tétano, coqueluche, pneumonia, cólera, meningite e a sífilis.

A título de exemplos, mencionaremos dois grandes gêneros de bactérias causadoras de infecções de pele muito comuns: *Staphylococcus* e *Streptococcus* (TORTORA, 2017).

## 5.1 EXEMPLO DE BACTERIOSES

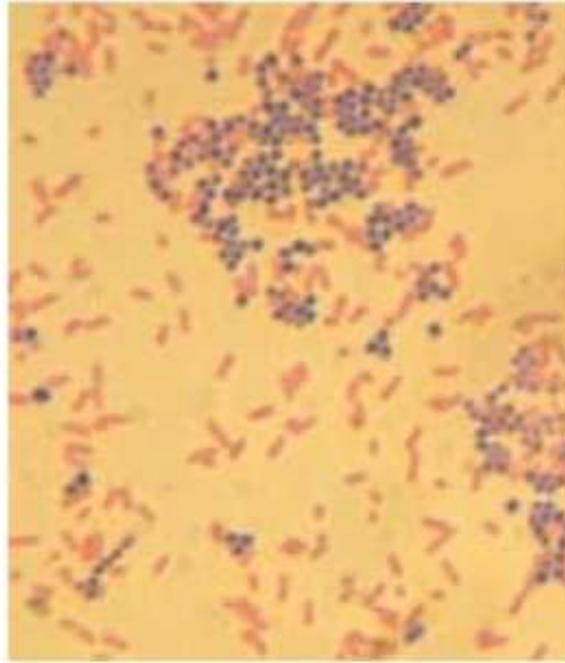
A infecção por *S. aureus* pode se apresentar como foliculite por invadir os folículos da pele, pequenas aberturas naturais, o folículo infectado de um cílio é conhecido como terçol, mas pode haver formas mais graves, como o folículo piloso, que gera abscessos com pus, onde o antibiótico não é capaz de penetrar de modo eficiente e, assim, dificulta o controle da infecção e o tratamento em si (TORTORA, 2017).

Os estafilococos são bactérias gram-positivas que formam agrupamentos densos, semelhantes a cachos de uvas e podem ser divididas em dois grupos de acordo com a produção de coagulase, uma enzima que coagula a fibrina, assim temos os estafilococos coagulase positivo e as que não produzem coagulase. Os estafilococos coagulase positivo utilizam a fibrina para recobrir-se, assim não são reconhecidos como estruturas estranhas à nossa composição e podem resistir por muito mais tempo no nosso corpo (TORTORA, 2017).

Quase todas as linhagens patogênicas do *S. aureus* são coagulase-positivas. Esse é um dado significativo, pois existe alta correlação entre a capacidade da bactéria de produzir coagulase e a produção de toxinas nocivas, muitas das quais danificam e facilitam a disseminação do organismo nos tecidos ou são letais para as defesas do hospedeiro. Além disso, algumas linhagens podem causar sepse, gerando risco à vida e outras produzem enterotoxinas que afetam o trato gastrintestinal (TORTORA, 2017).

As bactérias gram-positivas, apresentam parede celular espessa com diversas camadas de peptidoglicano, que contribuem para a proteção da célula, além de favorecer a dispersão de metabólitos até a membrana celular. Porém, o peptidoglicano pode ser degradado pela lisozima, uma enzima presente nas secreções como lágrima e saliva dos seres humanos e, sem esse fator protetor, as bactérias não resistem às mudanças de pressão osmótica e sofrem citólise. Notamos que as estratégias de defesa que possuímos podem impedir que ocorra uma doença ou não, a depender do tipo de bactéria e do local onde estiver presente (TORTORA, 2017).

Observamos na figura 5 abaixo, o *S. aureus* frequentemente associado às condições patológicas, tais como acne, furúnculos, e artrite, os *Streptococcus* que apresentam morfologia e parede celular semelhante são causadores de pneumonia e meningite, pois cada gênero bacteriano é dotado de alguns fatores de virulência específicos (BROCK, 2016).



**Figura 5: Morfologia de *S. aureus* visualizada na coloração de Gram. Na imagem, *S. aureus*, bactérias gram-positivas (roxas), e gram-negativas (rosa), *E. coli* (Fonte: BROCK, 2014).**

O *S. pyogenes* assim como a *S. aureus* causam o impetigo, uma infecção muito comum em crianças de 2 a 5 anos, transmitida por contato direto em que o patógeno adentra o organismo através de rupturas cutâneas e pequenos ferimentos e, como resultado da infecção, forma bolhas claras na pele, como ilustrado na figura 6. Há uma forma mais grave da doença: o impetigo bolhoso, que é causada pela toxina A, frequente em recém-nascidos e é conhecido como “impetigo do recém-nascido” (TORTORA, 2017).



**Figura 6: Impetigo, doença frequentemente observada em crianças, causada por *S. pyogenes* ou por *S. aureus* (Fonte: TORTORA, 2017).**

Há também as infecções por estreptococos, bactérias gram-positivas e esféricas, que crescem em cadeia e causam doenças bastante conhecidas, como a pneumonia, febre puerperal, otite, meningite e até as cáries dentárias (TORTORA, 2017).

Conforme as colônias de estreptococos vão crescendo, elas secretam fatores de virulência, como enzimas e toxinas, a depender de sua espécie, como a hemolisina, que é capaz de levar diversos tipos de células à citólise, especialmente as hemácias, e a estreptolisina, que é nociva aos neutrófilos (TORTORA, 2017).

Os estreptococos mais importantes são os da espécie *S. pyogenes*, causadores de várias doenças, como o impetigo, faringite, amigdalite que, quando não tratadas corretamente, podem favorecer a dispersão do patógeno em outras regiões do corpo e gerar danos mais graves, como a febre reumática. Eles possuem a proteína M com propriedades antigênicas que inibem a ativação do sistema complemento e, desta forma, penetra no hospedeiro com mais facilidade, assim como auxilia na colonização de mucosas (TORTORA, 2017).

Este grupo de bactérias também são capazes de produzir substâncias que atuam como fatores de virulência também, como a hialuronidase, que degrada o ácido hialurônico presente nos tecidos conectivos e mantém as células unidas e, portanto, com a sua degradação, fica mais fácil de ocorrer a invasão de tecidos (TORTORA, 2017). Quando ocorre uma infecção por *S. pyogenes* na pele, causa uma doença chamada erisipela que gera uma vermelhidão local e pode levar à sepse em casos mais graves (TORTORA, 2017).

Além dos microrganismos *Staphylococcus* e *Streptococcus*, podem ocorrer infecções por *Pseudomonas*, que são bactérias gram-negativas, isto é, bactérias que possuem após a membrana celular uma camada de fosfolípidos e peptidoglicanos e o lipídeo A, uma substância altamente tóxica que pode ser liberada quando a membrana externa é rompida. Quando liberado, o lipídeo A pode causar diversas reações deletérias ao organismo, como uma resposta inflamatória sistêmica e até o choque tóxico (TORTORA, 2017).

*Pseudomonas* são uma espécie bastante resistente à ação dos antibióticos e de desinfetantes, e são considerados patógenos oportunistas causando dermatites eruptivas transmitidas pela água, como ocorre em piscinas e banheiras, assim como acontece com otites, uma vez que o uso compartilhado possibilita a maior concentração de nutrientes nesse meio e, conseqüentemente, favorece o ambiente para a vida dessas bactérias. Ainda, são associadas a infecções hospitalares (TORTORA, 2017).



# MAPA MENTAL

Capítulo 5: *Organizando conceitos*



Acesse o link para visualizar o mapa mental!

# DICA DE LEITURA

Acesse esses livros em "Minha Biblioteca" do Centro Universitário São Camilo e estude mais sobre o assunto!

Livro: TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. (Recurso Online – Biblioteca São Camilo)

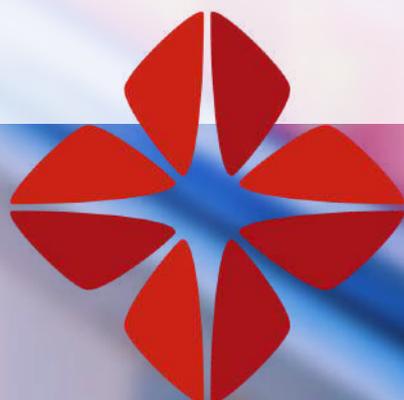
Página: **579**

Livro: MADIGAN, Michael T. et al. **Microbiologia de Brock**. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. (Recurso Online – Biblioteca São Camilo)

Páginas: **714 - 843**

Livro: BROOKS, Geo F. et al. **Microbiologia médica de Jawetz, Melnick e Adelberg**. 26. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014. (Recurso Online – Biblioteca São Camilo)

Página: **152**



# DICAS DE AULAS

Em plataformas de universidades públicas



VÍDEO SOBRE INFEÇÃO POR  
*PSEUDOMONAS*



<https://www.youtube.com/watch?v=mr79zkDWGfY>

O PROBLEMA SOBRE AS BACTÉRIAS  
RESISTENTES



<https://www.youtube.com/watch?v=t3jvppGKzdk>

Copie e cole o link da aula  
no seu navegador!

# QUESTÕES



## Capítulo 5: Para treinar e fixar o conteúdo!

1. ENADE (2013): Torcedores passam mal e Vigilância Sanitária apreende alimentos no Maracanã. Fim do jogo, Brasil campeão da Copa das Confederações, festa em grande parte do Maracanã. Em uma ambulância, um paramédico atende uma paciente. Ao informar que o caso não era grave, ele revelou a preocupação com a ingestão de alimentos de qualidade duvidosa no estádio. Vários torcedores procuraram o centro médico e as ambulâncias apresentando mal-estar, vômito e diarreia, ao mesmo tempo em que a Vigilância Sanitária realizava a apreensão de 59 quilos de alimentos. Entre os alimentos apreendidos, alguns apresentavam prazo de validade vencido, outros não apresentavam identificação e ainda havia alguns alimentos que não estavam armazenados em temperatura ideal.

A Vigilância notificou imediatamente as empresas responsáveis pelos produtos, que haviam recebido concessão da FIFA para a venda no estádio. De acordo com a Secretaria de Saúde do Rio de Janeiro, lanches prontos, tais como hambúrguer e cachorro-quente, estavam fora da validade; três quilos de salsicha estavam sem identificação; sanduíches com pasta de frango, que seriam distribuídos aos stewards (seguranças), estavam guardados fora da temperatura ideal; o queijo ralado também não tinha procedência, embora embalado. Os relatos dos pacientes apontavam para o cachorro-quente como causador da intoxicação.

Considerando a notícia acima, avalie as asserções a seguir.

- I. Vômito e diarreia são sintomas comuns de intoxicação ou toxinfecção alimentar causadas por bactérias como *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* e *Escherichia coli*, que podem se desenvolver e produzir toxinas em alimentos estocados por longos períodos de tempo ou em temperatura indevida.
- II. A rapidez do surgimento dos sintomas nos consumidores que estavam no estádio sugere a contaminação dos alimentos por *Staphylococcus aureus*, que pode ter ocorrido a partir do contato com as mãos dos manipuladores dos alimentos, provavelmente no momento do preparo.
- III. Medidas básicas de higiene, como, por exemplo, lavar as mãos antes do preparo de alimentos e após usar o banheiro, são suficientes para prevenir a contaminação dos alimentos por microrganismos como *Escherichia coli* e *Salmonella spp.* e, por isso, são medidas de prevenção aos surtos de intoxicação ou toxinfecção alimentar.
- IV. As análises microbiológicas e bromatológicas são ferramentas complementares das boas práticas de fabricação, contribuindo para a garantia da qualidade dos alimentos e para a prevenção de eventos adversos à saúde pública, bem como para a detecção do agente causal dos surtos de toxinfecção alimentar.

É correto apenas o que se afirma em:

- a) I e II.
- b) II e III.
- c) I, II e IV.
- d) I, III e IV.
- e) II, III e IV.

# QUESTÕES



Capítulo 5: Para treinar e fixar o conteúdo!

2. (ENADE 2016 adaptado) Apesar dos antimicrobianos existentes, da melhora das condições sanitárias e das medidas de controle de infecção hospitalar, os estafilococos continuam sendo um dos patógenos que mais afetam o homem. Indivíduos sadios são colonizados intermitentemente por *Staphylococcus aureus*, mas a partir de sítios específicos, podem contaminar a pele e membranas mucosas de pacientes em hospitais por contato direto ou ocasionar infecções letais dados os fatores de virulência ou de resistência aos antimicrobianos atualmente utilizados, como a vancomicina. Em contrapartida, os estreptococos foram os maiores causadores de infecção hospitalar na era pré-antibiótica, tendo causado surtos de infecção e morte de puérperas. Eles provocam, ainda hoje, doenças muito graves e muitas vezes letais, mesmo em pacientes imunocompetentes (BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Microbiologia Clínica para o Controle de Infecção Relacionada à Assistência à Saúde. Brasília, 2013 (adaptado)).

Com relação aos microrganismos mencionados no texto, avalie as afirmações a seguir.

- I. A identificação dos estreptococos, em forma de cocos aos pares, em cachos de uva ou agrupados, e dos estafilococos, em forma de cadeia longa, pode ser realizada por meio da microscopia.
- II. A prova da catalase em lâmina geralmente resulta em positiva para estafilococos e negativa para estreptococos, permitindo sua diferenciação.
- III. As colônias inoculadas em ágar sangue de carneiro, podem apresentar hemólise, total ou parcial (beta e alfa hemólise), ou nenhuma (gama hemólise).

É correto o que se afirma em:

- a) I, apenas.
- b) III, apenas.
- c) I e II, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

# QUESTÕES



## Capítulo 5: Para treinar e fixar o conteúdo!

3. (ENEM, 2021) Nas últimas décadas vários países, inclusive o Brasil, têm testemunhado uma grande proliferação de bactérias patogênicas, envolvidas em uma variedade de doenças e que apresentam resistência a múltiplos antibióticos. Atualmente têm se destacado as superbactérias que acumularam vários genes determinantes de resistência, a ponto de se tornarem resistentes a praticamente todos os antimicrobianos. FERREIRA, F. A.; CRUZ, R. S.; FIGUEIREDO, A. M. S. O problema da resistência a antibióticos. *Ciência Hoje*, v.48, n.287, 2011 (adaptado).

Essa resistência tem ocorrido porque os(as):

- a) Bactérias patogênicas se multiplicam de maneira acelerada.
- b) Antibióticos são utilizados pela população de maneira indiscriminada.
- c) Bactérias possuem plasmídeos que contêm genes relacionados à virulência.
- d) Bactérias podem ser transmitidas para um indivíduo utilizando várias estratégias.
- e) Serviços de saúde precários constituem importantes focos de bactérias patogênicas.

4. (ENEM, 2017) Os medicamentos são rotineiramente utilizados pelo ser humano com o intuito de diminuir ou, por muitas vezes, curar possíveis transtornos de saúde. Os antibióticos são grupos de fármacos inseridos no tratamento de doenças causadas por bactérias. Na terapêutica das doenças mencionadas, alguns desses fármacos atuam:

- a) Ativando o sistema imunológico do hospedeiro.
- b) Interferindo na cascata bioquímica da inflamação.
- c) Removendo as toxinas sintetizadas pelas bactérias.
- d) Combatendo as células hospedeiras das bactérias.
- e) Danificando estruturas específicas da célula bacteriana.

# QUESTÕES



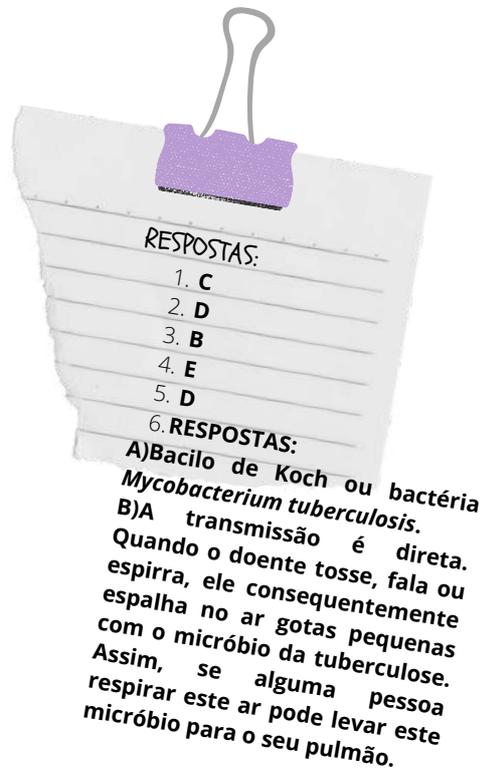
Capítulo 5: Para treinar e fixar o conteúdo!

5. A pneumonia é uma infecção pulmonar bastante comum que pode ser desencadeada por diversos fatores, tais como bactérias, vírus, fungos e algumas substâncias inorgânicas. A respeito das pneumonias bacterianas, marque a alternativa incorreta.

- a) Dentre os sintomas da pneumonia bacteriana, podemos citar febre e dificuldade respiratória.
- b) A transmissão da pneumonia ocorre pelo ar.
- c) Para tratar a pneumonia bacteriana, utilizam-se antibióticos.
- d) O principal agente causador da pneumonia é o *Staphylococcus pneumoniae*.

6. (Unicamp-SP) - Estima-se que um quarto da população europeia dos meados do século XIX tenha morrido de tuberculose. A progressiva melhoria da qualidade de vida, a descoberta de drogas eficazes contra a tuberculose e o desenvolvimento da vacina BCG fizeram com que a incidência da doença diminuísse na maioria dos países. Entretanto, estatísticas recentes têm mostrado o aumento assustador do número de casos de tuberculose no mundo, devido à diminuição da eficiência das drogas usadas e à piora das condições sanitárias em muitos países.

- A) Qual é o principal agente causador da tuberculose humana?
- B) Como essa doença é comumente transmitida?





Curiosidades  
**SAIBA MAIS!**

### **Você sabia que a nossa alimentação pode ser a porta de entrada para diversas bactérias?**

Muitos alimentos contaminados carregam microrganismos que podem vencer nosso sistema imune e causar doenças perigosas. Por isso, a higienização correta e a cocção sob tempo e temperatura adequados são fundamentais, já que os microrganismos vegetativos, como o *S. aureus*, são destruídos através de tratamento térmico.

Embora seja difícil de rastrear o alimento responsável pela toxinfecção pois, geralmente, o consumidor não se lembra de quais alimentos poderiam estar inadequados nas últimas refeições, existem alguns alimentos em que se é mais comum encontrar os microrganismos e, assim, podemos ficar mais atentos a eles.

Uma dessas bactérias é a *Salmonella spp.* que muito se acredita estar presente apenas nos ovos, mas é encontrada também no frango, nas carnes suínas e nos frutos do mar – itens frequentemente consumidos crus, além de vegetais como repolho e alcachofra.

Portanto, atente-se à procedência do alimento, às condições higiênico-sanitárias em que o alimento se encontra, à sua higienização e sua cocção.

## REFERÊNCIAS

### do Capítulo

FORSYTHE, Stephen J. **Microbiologia da segurança dos alimentos**. 2. Porto Alegre ArtMed 2013 1 recurso online ISBN 9788536327068

MICROBIOLOGIA de Brock. 14. Porto Alegre ArtMed 2016 1 recurso online ISBN 9788582712986. TORTORA, Gerard J. Microbiologia. 12. Porto Alegre ArtMed 2017 1 recurso online ISBN 9788582713549.

# Microbiologia

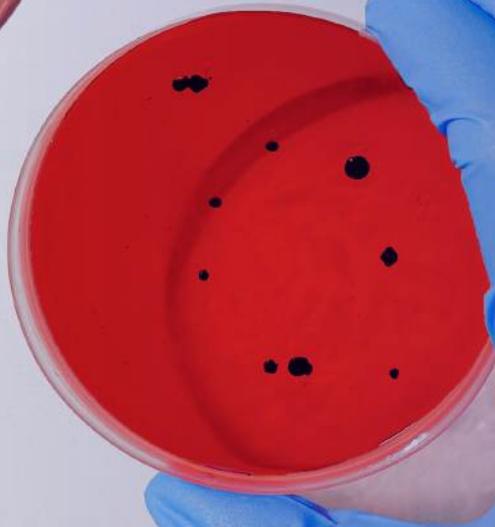
EM E-BOOK

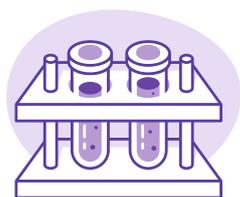


*Nutrição, metabolismo e crescimento*

BACTERIANO  
EM LABORATÓRIO







# CAPÍTULO 6

Nutrição, metabolismo e crescimento bacteriano em laboratório

## 1. NUTRIÇÃO

A nutrição das bactérias em laboratório se dá através da absorção, por difusão, de macro e micronutrientes, presentes em substratos nutritivos, denominados de meios de cultura. Os nutrientes são as substâncias encontradas no meio de cultura, que participam do metabolismo celular, podendo ser divididos em dois grandes grupos. Os macronutrientes representam os nutrientes que a bactéria necessita em maior quantidade, são eles: água, carbono, nitrogênio, enxofre, fósforo, componentes utilizados para síntese de compostos orgânicos essenciais para a sobrevivência desses microrganismos. Já, os micronutrientes, são nutrientes que o organismo da bactéria necessita em menor quantidade: potássio, magnésio, cálcio, ferro, cobre, molibdênio e zinco, essenciais para as reações enzimáticas que baseiam o metabolismo desses organismos.

### 1.1. MACRONUTRIENTES

#### ÁGUA

Uma das principais funções da água é agir como solvente, essa ação é essencial para que aconteçam as trocas metabólicas do organismo, além de compor um meio no qual há a digestão extracorpórea e a reconstrução de macromoléculas, permitindo a ocorrência dos processos enzimáticos e bioquímicos que são essenciais para a manutenção do metabolismo bacteriano.

#### CARBONO

O carbono é o esqueleto estrutural da matéria viva, é necessário para todos os compostos orgânicos que constituem uma célula viva, como carboidratos, aminoácidos, lipídeos e nucleotídeos. Metade do peso seco de uma típica célula bacteriana é composta de carbono.

Os quimioheterotróficos **obtem** a maior parte do seu carbono de sua fonte de energia de materiais orgânicos, como proteínas, carboidratos e lipídeos. Os quimioautotróficos e os fotoautotróficos derivam seu carbono do dióxido de carbono.

### **NITROGÊNIO**

Esse elemento é uma parte essencial dos aminoácidos que constituem as proteínas, presente também nas bases nitrogenadas compondo DNA e RNA. Ao contrário das células eucarióticas, algumas bactérias podem usar nitrogênio gasoso ou atmosférico para a síntese celular por um processo chamado fixação de nitrogênio.

Outros usam compostos nitrogenados inorgânicos, como nitratos, nitritos ou sais de amônio e ainda podem ser usados compostos de nitrogênio orgânico, como aminoácidos e peptídeos. Muitas bactérias obtêm esses compostos da decomposição de material contendo proteína e reincorporando os aminoácidos em novas proteínas sintetizadas e outros compostos nitrogenados.

### **ENXOFRE**

Requerido para a biossíntese de aminoácidos como cisteína e metionina, estes aminoácidos formarão as proteínas, além de participar da formação de vitaminas, como a tiamina e a biotina, que contêm enxofre.

### **FÓSFOROS**

O fósforo é essencial para a síntese de ácidos nucleicos (DNA e RNA), formação de fosfolipídios presentes na membrana plasmática e ATP.

## **1.2. MICRONUTRIENTES**

### **• POTÁSSIO, MAGNÉSIO E CÁLCIO**

São minerais utilizados como cofatores para reações enzimáticas do metabolismo das bactérias.

### **• FERRO, COBRE, MOLIBDÊNIO E ZINCO**

São elementos traços utilizados como cofatores essenciais para ativação de enzimas bacterianas.

## 2. METABOLISMO

O metabolismo representa a forma de composição ou degradação de substratos em uma célula, com intuito de fornecer energia e gerar substâncias para sustentar o funcionamento do organismo. O metabolismo das bactérias se difere de acordo com a fonte de carbono e o tipo de energia utilizada.

### De acordo com a fonte de carbono:

- Autotróficos: utilizam carbono a partir do dióxido de carbono;
- Heterotróficos: utilizam carbono a partir de compostos orgânicos.

### De acordo com a fonte de energia:

- Fototróficos: usam a luz como fonte de energia.
- Quimiotróficos: oxidam compostos inorgânicos reduzidos, como amônia, nitritos, sulfeto de hidrogênio e íons de ferro para obter ATP.

### De acordo com a fonte de carbono e energia, teremos 4 grandes categorias bacterianas:

- Quimioautotróficos;
- Quimioheterotróficos;
- Fotoautotróficos;
- Fotoheterotróficos.

Dessas categorias, os quimioheterotróficos usam reações de redução de oxidação de compostos orgânicos como fonte de energia e normalmente usam as mesmas substâncias orgânicas como fonte de carbono. Essas fontes são altamente variáveis e incluem glicose, outros carboidratos, proteínas, lipídios e compostos orgânicos, como hidrocarbonetos. Os processos de respiração aeróbica de substratos orgânicos e fermentação são as vias metabólicas mais comuns neste grupo de organismos. A maioria dos procariontes pertencem a esta categoria, incluindo todas as bactérias patogênicas, todos os eucariontes não fototróficos, incluindo fungos e protozoários, também são quimioheterotróficos.

### 3. BACTÉRIAS QUIMIOHETEROTRÓFICOS E PATOGENICIDADE

As bactérias quimioheterotróficas estão presentes em nossa microbiota normal, se elas permanecerem neste local está tudo bem, afinal aquele é seu habitat, onde os nutrientes são absorvidos sem causar danos ao nosso corpo, mas se elas forem deslocadas para um outro sítio corpóreo estéril, podem nos causar doenças oportunistas pela capacidade de produzir enzimas com intuito de captar nutrientes deste local, através da produção de:

- ENZIMAS, como lipases, glicosidases, sulfatases, proteases e nucleases; que degradam compostos orgânicos em subunidades menores para absorção destes pelas bactérias, para que possam ter energia e produzir suas próprias proteínas, entre outras estruturas;
- TOXINAS, como hemolisinas, coagulases, leucocidinas, entre outros, conhecidos como fatores de virulência bacteriana, que promovem a entrada e permanência da bactéria em outro organismo, aumentando sua capacidade de causar uma infecção.

### 4. CRESCIMENTO BACTERIANO EM LABORATÓRIO

O crescimento bacteriano corresponde ao aumento no número de bactérias por reprodução bacteriana, processo assexuado, em que se multiplica o cromossomo e duplica-se a célula, e acontece em ritmo logarítmico. O tempo de geração, ou seja, o intervalo de tempo necessário para que cada micróbio se divida e duplique o número de populações de cultura, varia de espécie para espécie e é fortemente afetado pelo teor de nutrientes do meio em que os micróbios estão localizados.

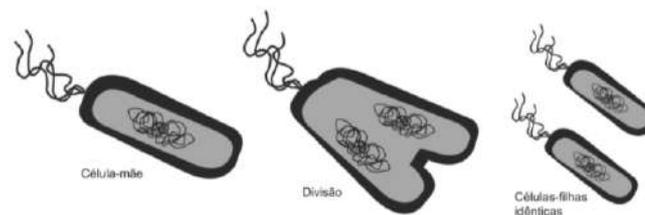
**O crescimento logarítmico pode ser definido pela fórmula**

$$X = 2^n$$

**em que n é o número de gerações.**

A reprodução acontece por divisão binária simples ou cissiparidade, um modo de reprodução assexuada.

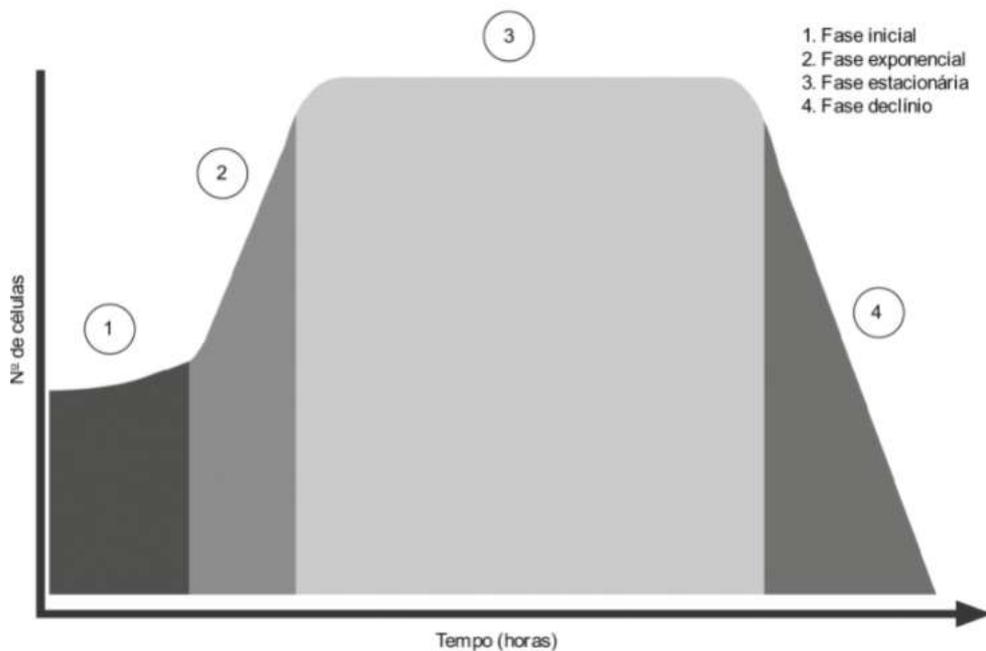
**Divisão celular bacteriana:**



**Figura 1 - Representação da divisão celular bacteriana (SALVATIERRA, 2019)**

## 5. CURVA DE CRESCIMENTO BACTERIANO EM SISTEMA FECHADO

A curva de crescimento bacteriano em sistema fechado representa o comportamento das bactérias num ambiente controlado. Basicamente a curva é avaliada através do cultivo de bactérias com os nutrientes necessários, de acordo com os caracteres da bactéria e, assim são observadas as fases de adaptação, do crescimento, a fase estacionária e a de declínio da população.



**Figura 2 - Fases de crescimento bacteriano (SALVATIERRA, 2019)**

Fases:

- 1 – Fase lag ou inicial = Ocorre a adaptação das bactérias às novas condições ambientais;
- 2 – Fase exponencial = Após a adaptação, ocorre a divisão das células, aumento da população em escala exponencial;
- 3 – Fase estacionária = Com o aumento da população os nutrientes passam a ser um fator limitante, então o crescimento se estabiliza;
- 4 – Fase de declínio = Sem comida e com o ambiente cheio de toxinas as bactérias começam a morrer, e por isso ocorre o declínio no número de células.

## 6. INFLUÊNCIA DO OXIGÊNIO NO CRESCIMENTO BACTERIANO

Há vários fatores ambientais que podem influenciar o crescimento bacteriano em laboratório, tais como pH, temperatura e atmosfera gasosa. Dado que os meios de cultura possuem sistema tampão para otimização do crescimento bacteriano e as culturas são acondicionadas em estufa bacteriológica, cuja temperatura é em torno de 37 graus Celsius, destacaremos aqui apenas a influência do oxigênio no crescimento bacteriano.

O oxigênio é um receptor final de hidrogênio no processo de respiração aeróbica da bactéria que são denominadas aeróbias. Não são todas as bactérias que utilizam ou toleram a presença de oxigênio, com isso, de acordo com a necessidade de oxigênio, para produção de energia, as bactérias são classificadas em aeróbias e anaeróbias. As bactérias aeróbias se desenvolvem em ambientes onde há uma disponibilidade de oxigênio. Ao contrário, as bactérias anaeróbias se desenvolvem na ausência de oxigênio. E podem ser divididas em anaeróbias facultativas e anaeróbias estritas. As bactérias anaeróbias estritas necessitam obrigatoriamente de uma atmosfera pobre em oxigênio pela toxicidade ao oxigênio que essa bactéria apresenta; já as bactérias anaeróbias facultativas são as que se desenvolvem na presença ou ausência de oxigênio. Observe na tabela a seguir o comportamento do crescimento bacteriano das diferentes bactérias frente ao oxigênio.

**Tabela 1 - O efeito do oxigênio sob o crescimento bacteriano (TORTORA, 2107)**

<b>Efeito do oxigênio no crescimento</b>	Somente crescimento aeróbio; o oxigênio é requerido.	Crescimento aeróbio e anaeróbio; crescimento maior na presença de oxigênio.	Apenas crescimento anaeróbio; o crescimento cessa na presença de oxigênio.	Apenas crescimento anaeróbio; o crescimento continua na presença de oxigênio.	Crescimento somente aeróbio; oxigênio requerido em baixa concentração.
<b>Crescimento bacteriano em tubo com meio de cultura sólido</b>					
<b>Explicações para os padrões de crescimento</b>	Crescimento somente onde altas concentrações de oxigênio estão difundidas no meio.	Crescimento ocorre preferencialmente onde mais oxigênio está presente, embora possa ocorrer em toda extensão do tubo.	Crescimento somente onde não há oxigênio.	Crescimento homogêneo ao longo da extensão do tubo; o oxigênio não tem efeito.	Crescimento onde há uma baixa concentração de oxigênio difundido no meio.
<b>Explicações para os efeitos do oxigênio</b>	A presença das enzimas catalase e superóxido dismutase (SOD) permite que as formas tóxicas do oxigênio sejam neutralizadas; pode utilizar oxigênio.	A presença das enzimas catalase e SOD permite que as formas tóxicas do oxigênio sejam neutralizadas; pode utilizar oxigênio.	Ausência das enzimas que neutralizam as formas tóxicas do oxigênio; não tolera oxigênio.	A presença de uma enzima, SOD, permite que as formas tóxicas do oxigênio sejam parcialmente neutralizadas; tolera oxigênio.	Produção de quantidades letais de formas tóxicas do oxigênio se expostos ao oxigênio atmosférico normal.



# MAPA MENTAL

Capítulo 6: *Organizando conceitos*



Mapa Mental 1 e 2 - Nutrientes importantes para manutenção e crescimento bacteriano.

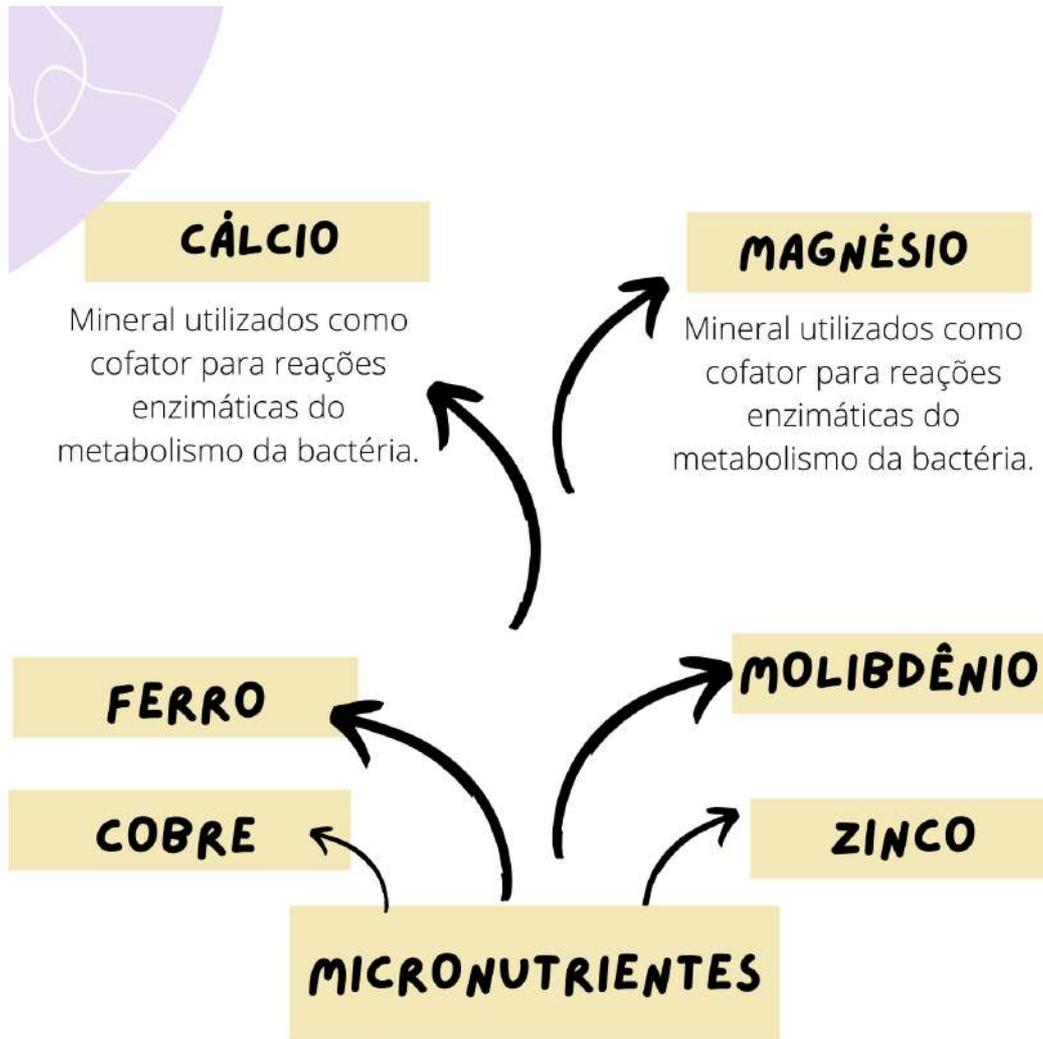
Mapa Mental 3 - Metabolismo bacteriano.

Mapa Mental 4 - Meios de Cultura.

# MAPA MENTAL - Macronutrientes



# MAPA MENTAL - Micronutrientes



Todos elementos traços utilizados como cofatores essenciais para ativação de enzimas bacterianas.

# MAPA MENTAL - Metabolismo Bacteriano

## → FOTOAUTRÓFICOS

Organismo que utilizam a luz como fonte de energia e CO<sub>2</sub> como única fonte de carbono;



## ↪ FOTOHETERÓTROFICOS

Organismo que utilizam a luz como fonte de energia e compostos orgânicos externos para obter ATP

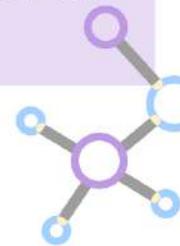
## USAM A LUZ COMO FONTE DE ENERGIA

## METABOLISMO

## USAM COMPOSTOS ORGÂNICOS PARA OBTER ATP

## ↪ QUIMIOAUTRÓFICOS

Organismo que utilizam compostos orgânicos como fonte de energia, e usam CO<sub>2</sub> como fonte de carbono.



## ↪ QUIMIOHETEROTRÓFICOS

Organismo que utilizam reações de redução e oxidação de compostos orgânicos como fonte de energia e carbono.

# MAPA MENTAL - Meios de Cultura



# DICA DE LEITURA

Acesse esses livros em "Minha Biblioteca" do Centro Universitário São Camilo e estude mais sobre o assunto!

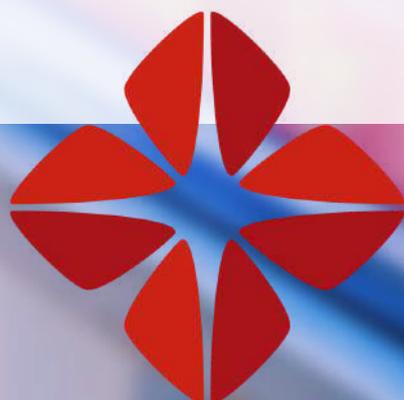
Livro: TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. (Recurso Online – Biblioteca São Camilo)

Capítulo: **4**

Livro: **Microbiologia Básica:**  
<https://unipacto.com.br/storage/gallery/files/nice/livros/MICROBIOLOGIA%20B%C3%A9SICA%20-%20EBOOK%20-%20ISBN%20978-65-992205-0-0.pdf>

Capítulos: **3, 4 e 5**

Livro: **Microbiologia Geral:**  
[http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifgo/tecnico\\_acucar\\_alcool/microbiologia\\_geral.pdf](http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifgo/tecnico_acucar_alcool/microbiologia_geral.pdf)



# DICAS DE AULAS

Em plataformas digitais



## NUTRIÇÃO DAS BACTÉRIAS – PROFESSOR GUI CASALI



<https://www.youtube.com/watch?v=M23wYJKfBr4>

## A NUTRIÇÃO DAS BACTÉRIAS



<https://www.youtube.com/watch?v=SwlwvpD-UMA>

## REPRODUÇÃO DAS BACTÉRIAS – ANIMAÇÃO



<https://www.youtube.com/watch?v=7qRsOme2Brs>

## BACTÉRIAS: REPRODUÇÃO, METABOLISMO E ARCHEAS;



<https://www.youtube.com/watch?v=usclpAEBI64>

Copie e cole o link da aula  
no seu navegador!



# QUESTÕES



Capítulo 6: Para treinar e fixar o conteúdo!

1.(FUVEST) Qual das alternativas distingue organismos heterotróficos de organismos autotróficos?

- a) Somente organismos heterotróficos necessitam de substâncias químicas do ambiente.
- b) Somente organismos heterotróficos fazem respiração celular.
- c) Somente organismos heterotróficos possuem mitocôndrias.
- d) Somente organismos autotróficos podem viver com nutrientes inteiramente inorgânicos.
- e) Somente organismos autotróficos não requerem gás oxigênio.

2. De acordo com o tipo de alimentação, os seres vivos podem ser classificados em autotróficos e heterotróficos. Analise as alternativas seguintes e marque aquela que melhor define um ser autotrófico:

- a) Seres autotróficos são organismos capazes de produzir seu próprio alimento utilizando matéria orgânica proveniente de outro ser vivo.
- b) Seres autotróficos são aqueles organismos que se alimentam tanto de vegetais quanto de animais.
- c) Seres autotróficos são aqueles que retiram seu alimento de outros seres vivos.
- d) Seres autotróficos são organismos capazes de sintetizar seu próprio alimento, não necessitando da matéria orgânica já produzida.
- e) Seres autotróficos são organismos incapazes de produzir seu próprio alimento, sendo a base da cadeia alimentar.

3. A nutrição de bactérias se dá através de macro e micronutrientes. Assinale a alternativa que corresponde a todos os macronutrientes necessários para as bactérias:

- a) água, amido, proteína, gordura, enxofre e cálcio;
- b) água, nitrogênio, potássio, amido e magnésio;
- c) proteínas, gorduras, ferro e água;
- d) nitrogênio, proteínas, ferro e zinco;
- e) água, carbono, nitrogênio, enxofre, fósforo, potássio, magnésio e cálcio.

# QUESTÕES



Capítulo 6: Para treinar e fixar o conteúdo!

4. Sobre a curva de crescimento bacteriano em sistema fechado, assinale a alternativa correta:

- a) a fase lag corresponde ao momento em que a curva fica estagnada;
- b) a fase exponencial corresponde ao momento de queda da curva;
- c) a fase lag corresponde ao momento em que a curva cresce;
- d) a fase estacionária corresponde ao momento em que a curva fica estagnada.
- e) a fase exponencial corresponde ao momento de adaptação das bactérias ao meio de cultura.

5. Sobre o crescimento bacteriano, assinale V para afirmações VERDADEIRAS e F para afirmações FALSAS:

- ( ) A reprodução bacteriana ocorre por divisão binária simples ou cissiparidade;
- ( ) Uma bactéria pode mudar seu material genético durante sua reprodução;
- ( ) O crescimento bacteriano se refere ao aumento do volume de uma única bactéria;
- ( ) O crescimento bacteriano ocorre em ritmo logarítmico;
- ( ) Uma bactéria gera uma bactéria filha igual a ela, ou seja não muda seu material genético.



# Curiosidades SAIBA MAIS!



Figura 3 e 4 – Estruturas de endósporos bacterianos (TORTORA, 2017)

## Endósporos

Algumas bactérias gram-positivas, como *Clostridium* e *Bacillus*, podem elaborar estruturas de resistência, quando houver falta de água e nutrientes, anulando seu metabolismo, podendo germinar a qualquer momento com a presença de água e nutrientes. A estrutura em questão é denominada de ENDOSPÓRO.

Um endósporo é uma estrutura dormente, rígida, formada dentro de uma célula que protege as bactérias de condições ambientais adversas. Embora os endósporos sejam relativamente raros em células bacterianas, eles podem ser produzidos por alguns tipos de bactéria, e ocorre através do processo de esporulação ou esporogênese. Os endósporos podem permanecer adormecidos por milhares de anos. Os esporos voltam ao estado vegetativo por meio de um processo denominado germinação. A germinação pode ser desencadeada pelo calor ou por agentes químicos. Para voltar a atividade, as enzimas no endósporo quebram as camadas extras que a cercam, a água entra e o metabolismo recomeça novamente.

Uma vez que a célula vegetativa forma um único endósporo que permanece após a germinação, a esporulação bacteriana não é um meio de reprodução. Esse processo não aumenta o número de células. Os endósporos são importantes clinicamente e na indústria de alimentos porque são resistentes aos processos que normalmente destroem as células vegetativas. Esses processos incluem aquecimento, secagem, uso de produtos químicos e radiação. Enquanto a maioria das células vegetativas são destruídas por temperaturas acima de 70° C, os endósporos podem sobreviver em água fervente por várias horas ou mais.

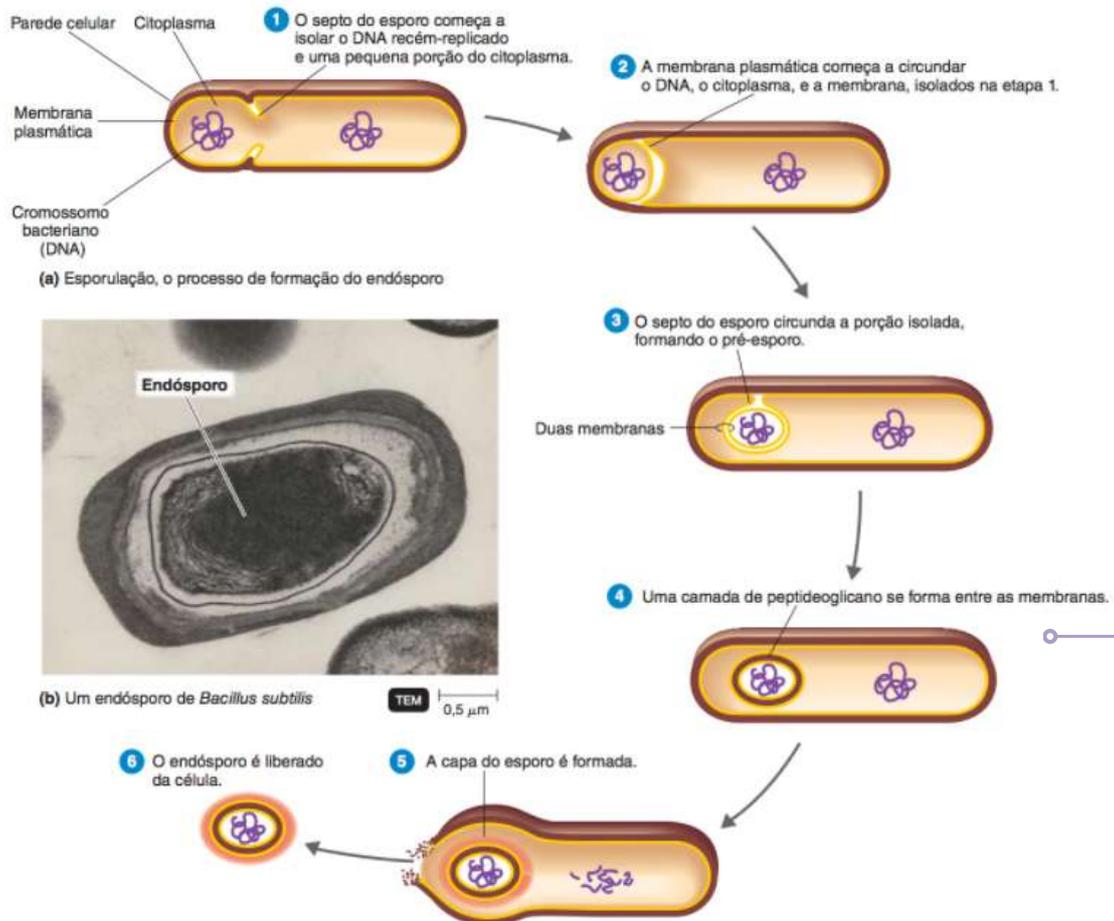


Figura 5 - Formação de endósporo bacteriano (TORTORA, 2017)

## Curiosidades

SAIBA MAIS NO  
CAPÍTULO 3!

9B 8<sup>-</sup> GC DFC G

Uma bactéria pode se modificar ao longo da reprodução, mesmo que assexuada, por mutações espontâneas, que são fenômenos mais raros de ocorrer em relação aos processos de recombinação bacteriana, que trazem genes de outros microrganismos para as bactérias, confira mais sobre eleg no capítulo 3.

## REFERÊNCIAS

### do Capítulo

SALVATIERRA, Clabijo Mérida. **Microbiologia aspectos morfológicos, bioquímicos e metodológicos**. São Paulo Erica 2018 1 recurso online ISBN 9788536521114.

SALVATIERRA, Clabijo Mérida. Microbiologia aspectos morfológicos, bioquímicos e metodológicos. 1. São Paulo Erica 2019 1 recurso online (Eixos). ISBN 9788536530550.

TORTORA, Gerard J. **Microbiologia**. 12. Porto Alegre ArtMed 2017 1 recurso online ISBN 9788582713549.



CAPÍTULO



Microbiologia

EM E-BOOK

Controle

DO CRESCIMENTO BACTERIANO





# CAPÍTULO 7

## Controle do crescimento bacteriano

### 1. CONCEITOS INTRODUTÓRIOS

Para o estudo de microrganismos em condições laboratoriais, os pesquisadores utilizam diversas técnicas além de meios de cultura a fim de possibilitar e acompanhar o crescimento microbiano. Porém, nem sempre desejamos que um microrganismo cresça em um determinado material, local ou alimento. Por isso, foram desenvolvidas diversas maneiras de conter a proliferação dos microrganismos e até mesmo de eliminá-los de um material, deixando-o estéril, livre de todo e qualquer tipo de micróbio, seja patogênico ou não, e seguro no ponto de vista microbiológico.

Observe no mapa mental no final deste capítulo alguns conceitos básicos referentes à desinfecção, esterilização, antissepsia, degermação e sanitização para melhor aproveitar o conteúdo desenvolvido neste capítulo.

Os métodos de controle microbiológico podem ocorrer tanto por meio do emprego de métodos físicos como por métodos químicos, tendo cada um desses, diversas variações, diferentes aplicações e apresentarem inúmeras particularidades, podendo ser empregados em materiais dos mais diversos tipos de composição.

### 2. MÉTODOS FÍSICOS DE CONTROLE MICROBIANO

Segundo Tortora (2017), desde os tempos mais remotos, os métodos físicos de controle do crescimento microbiano já eram empregados para a preservação do alimento. Nesta época, eram utilizados métodos de dessecação com a adição de sal, que por meio da pressão osmótica, sequestra água do alimento, evitando a sua contaminação. Essas eram as técnicas iniciais de controle microbiológico.

Atualmente, existem inúmeras técnicas de controle microbiano e a escolha do melhor método a ser empregado é muito importante, tendo em vista que, em muitos dos processos poderá ocorrer além da eliminação dos microrganismos, de compostos e componentes importantes do material subordinado ao processo.

A seguir apresentaremos alguns procedimentos de controle microbiológico onde a temperatura é empregada para esta finalidade. Vale lembrar que: microrganismos patogênicos para o homem, crescem em temperaturas próximas às nossas. Por isso, o emprego de baixas ou altas temperaturas, tende a danificar estruturas biológicas de grande importância para a manutenção e sobrevivência dos microrganismos.

## 2.1 TEMPERATURA

O calor acima de 45°C é capaz de desnaturar algumas enzimas microbianas, mudando sua forma e conseqüentemente promovendo sua inativação. As baixas temperaturas também podem impedir o funcionamento correto de enzimas promovendo efeito bacteriostático. (TORTORA, 2017).

Apresentaremos a seguir, como as altas e as baixas temperaturas são empregadas no controle microbiano, descrevendo sucintamente o mecanismo pelo qual isto acontece.

### 2.1.1 CALOR ÚMIDO

O calor úmido é o processo no qual ocorre a geração de calor por meio do aquecimento da água até seu ponto de ebulição gerando vapor, onde ocorre a coagulação da proteína microbiana presente no material tratado. Este é o princípio de ação desse método, em que a desnaturação, é capaz de alterar a estrutura das proteínas por meio da quebra das ligações de hidrogênio.

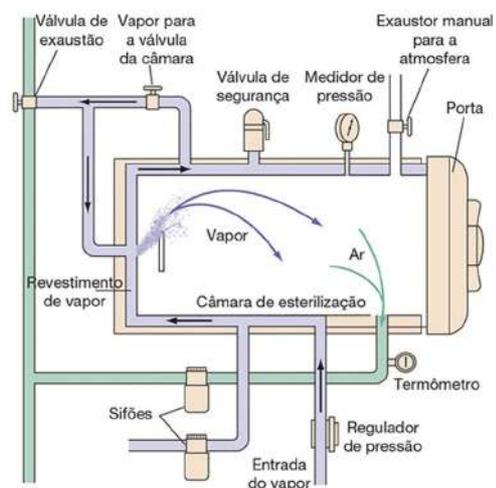
- **Fervura ou passagem de vapor fluente**

Neste processo é possível destruir as formas vegetativas dos patógenos bacterianos, muitos vírus, fungos e seus esporos, com o emprego de 10 minutos de contato do material a ser tratado com o vapor fluente.

- **Autoclavação**

É um processo de esterilização que consiste na passagem de vapor pressurizado em um ambiente fechado, em que a temperatura é mais elevada que na fervura, podendo chegar até a 135°C.

Este método é um dos preferenciais para a esterilização de materiais que estejam relacionados aos cuidados de saúde, sendo excluído apenas em casos de possível danos ao material a ser autoclavado. Pode ser usado para esterilização de meios de cultura, instrumentos, vestimentas, equipamentos intravenosos entre outros. Normalmente o processo acontece em 15 minutos em temperatura de 121°C. É necessário sempre um tempo maior de exposição em caso de materiais sólidos, que não estejam em meio aquoso a fim do calor penetrar completamente neste material.



**Figura 1 - Esquema de esterilização por autoclavação, onde o vapor aquecido penetra na câmara de esterilização e passa pelos materiais (Fonte: BLACK, 2021).**

- **Pasteurização**

O processo de pasteurização consiste no aquecimento do material para a destruição de microrganismos patogênicos, pode ser utilizado no leite, suco e cervejas. Há diversas variações no processo de pasteurização clássica (desenvolvido por Louis Pasteur), que estão resumidos na tabela 1.

A pasteurização em que o aquecimento ocorre a 72°C, por meio de uma serpentina, em um período de 15 segundos, recebe o nome de pasteurização de alta temperatura em curto tempo, ou HTST, do inglês high-temperature short-time pasteurization. Além de destruir os patógenos que poderiam causar doenças ao consumidor como tuberculose, brucelose e infecções por meio da bactéria *Escherichia coli*, este processo diminui a contagem de bactérias totais permitindo a conservação do leite por um tempo maior em geladeira (TORTORA, 2017).

- **Esterilização por UHT**

Neste processo, a temperatura em que o material é exposto, é maior do que no processo de pasteurização, comercialmente é conhecido como UHT, Ultra High Temperature, ou tratamento de temperatura ultraelevada.

O material líquido neste processo é borrifado em pequenas quantidades dentro de uma câmara que contém vapor sob pressão, atingindo a temperatura de 140°C por 4 segundos, é então rapidamente resfriado em uma câmara de vácuo para então ser envasado em um recipiente previamente esterilizado.

Em produtos como o leite ou o suco possibilitamos um maior tempo de prateleira, mesmo que fora da refrigeração, com suas características organolépticas praticamente conservadas como a do produto *in natura*, porém sem a presença de patógenos e deteriorantes (TORTORA, 2017).

**Tabela 1 -Siglas e temperaturas dos diferentes tipos de Pasteurização (Fonte:Tortora, 2017).**

SIGLA	SIGNIFICADO	TRADUÇÃO	POPULARMENTE CONHECIDA	BINÔMIO TEMPO X TEMPERATURA
LTLT	Low Temperature Long Time	Baixa temperatura e longo tempo	Pasteurização Lenta	63°C por até 30 minutos
HTST	High Temperature Short Time	Alta temperatura e pouco tempo	Pasteurização Rápida	72°C por até 15 segundos
UHT	Ultra High Temperature	Temperatura muito alta	Pasteurização Muito Rápida	140°C por até 8 segundos

### 2.1.2 CALOR SECO

O calor seco provoca a destruição dos microrganismos por meio da oxidação dos seus constituintes celulares orgânicos. Ocorre de uma forma mais lenta quando comparado ao calor úmido, este meio de controle de crescimento microbiano é indicado quando o contato do material a ser tratado com o vapor seja inadequado.

- **Chama direta**

Este método consiste em levar o material, por exemplo a alça metálica de inoculação, muito usada em laboratórios de microbiologia, em contato direto com a chama acesa do bico de Bunsen para eliminação de contaminantes existentes nela (TORTORA, 2017).

- **Incineração**

Oxida o material contaminado através da incineração deste em fornos ou usinas próprias, promovendo a formação de cinzas e a redução do volume final deste material (TORTORA, 2017).

- **Esterilização em ar quente**

Consiste na esterilização do material pelo contato do calor conduzido pelo ar quente dentro de um forno, necessitando de um maior tempo de exposição e de uma temperatura mais elevada do que nos meios de calor úmido. Normalmente utiliza-se a exposição por duas horas a 170°C, pois o calor responsável pela oxidação dos componentes celulares microbianos é conduzido pelo ar (TORTORA, 2017).



Figura 2 - Estufa de ar quente elétrica

### 2.1.3 BAIXAS TEMPERATURAS

A exposição de microrganismos à temperaturas muito baixas provoca redução do seu crescimento, diminui também a síntese de toxinas, por ter um efeito bacteriostático (TORTORA, 2017).

No entanto, microrganismos psicotróficos conseguem se multiplicar lentamente mesmo em refrigeração. Podem alterar as características organolépticas dos alimentos após algum tempo, principalmente em produtos lácteos, em que o micróbio produz lipases ou proteases que acabam promovendo essas alterações.

Um dos grandes problemas em relação ao controle por meio do emprego de baixas temperaturas é quando se realiza o descongelamento, que por muitas vezes, é lento, possibilitando os microrganismos que ainda restam no material congelado de se multiplicarem (TORTORA, 2017).

## • Refrigeração

Este método de controle é comumente utilizado em alimentos, fármacos ou meios de culturas onde os materiais são mantidos a uma temperatura em torno de 5°C para um efeito bacteriostático, por diminuir as reações químicas e desencadear uma possível alteração na estrutura proteica do microrganismo, porém algumas bactérias e bolores continuam a crescer mesmo quando expostos a temperaturas mais baixas que a ambiente (TORTORA, 2017; BLACK, 2021).

## 2.2 FILTRAÇÃO

Quando temos uma solução sensível ao calor, o método de filtração pode ser empregado para sua esterilização.

O processo consiste na passagem do líquido por meio de um filtro com trama variada, podendo chegar até a 0,01  $\mu\text{m}$ , para dentro de um frasco estéril, com o auxílio de uma bomba de vácuo gerado para esta finalidade (TORTORA, 2017).

Dependendo do tamanho dos poros da membrana filtrante que se utiliza nesse processo pode-se reter vírus e até mesmo algumas moléculas grandes de proteína.

Podemos empregar a mesma estratégia de filtração, para retirada de microrganismos do ar, que será lançado em salas cirúrgicas ou para locais onde haverá a acomodação de pacientes queimados. Neste caso usa-se filtros HEPA (*High Efficiency Particulate Arrestance*).



**Figura 3 - Esquema de filtração de amostra. (Fonte: TORTORA, 2017).**

## 2.3 DESSECAÇÃO

Este método de controle é utilizado em alimentos e consiste na remoção de água fazendo com que as reações químicas pela perda da atividade enzimática seja inibida. Tem efeito bacteriostático e pode ser empregado em alimentos, podendo-se destacar o uso para leguminosas e frutas (TORTORA, 2017; BLACK, 2021).

## 2.4 PRESSÃO OSMÓTICA

Neste processo, a adição de altas quantidades de sal ou de açúcar nos materiais, cria um meio hipertônico que promove a saída de água das células microbianas presentes neles (TORTORA, 2017).

Este método tem um princípio muito parecido com o de dessecação no sentido de remoção de água do material, sendo comumente empregado para a conservação de alimentos, seja na adição de sal em carnes ou então o uso de açúcar ou soluções açucaradas para a preservação de frutas ou fabricação de geleias (TORTORA, 2017).

## 2.5 RADIAÇÃO

Dependendo do comprimento, intensidade e duração da onda radioativa, ilustrados na figura 4, podemos observar diversos efeitos sobre os microrganismos presentes em um material. Este efeito, promove a destruição dos microrganismos.

Existem dois tipos diferentes de radiações empregadas no controle microbiológico que serão apresentadas a seguir.

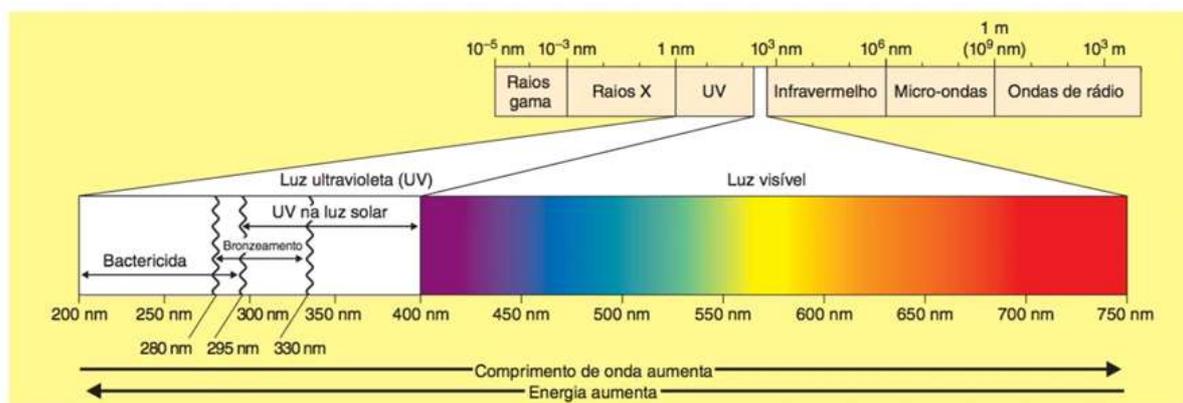


Figura 4 - Diferença no comprimento de onda e os tipos de emissão energética dos diferentes tipos de radiações (Fonte: TORTORA, 2017).

### 2.5.1 Radiação Ionizante

Este tipo de radiação é utilizado para esterilizar produtos farmacêuticos, suprimentos médicos e de uso odontológico, além de serem utilizados em alguns países para a esterilização de alimentos. Funciona por meio da irradiação de raios X, com ondas que possuem menos de 1 nm ou, por meio dos raios gama, que possuem um comprimento de onda menor e atuam deslocando elétrons dos átomos, gerando íons, e têm como mecanismo de ação a destruição do DNA, proteínas e outros componentes celulares (TORTORA, 2017; BLACK, 2021).

### 2.5.2 Radiação não ionizante

A radiação não ionizante possui baixo poder de penetração quando comparada com a radiação ionizante, gera danos ao DNA e por isso é utilizada apenas na descontaminação de superfícies por meio de radiação UV emitidos por lâmpadas. Seu uso comum é em salas de cirurgia para descontaminação do ar na ausência de pessoas e em laboratórios para descontaminar materiais (TORTORA,2017; BLACK, 2021).



**Figura 5 - Cabine de segurança biológica onde a emissão de luz UV para evitar a contaminação quando não está sendo utilizada e quando em uso ocorre a filtração do ar por meio de filtro HEPA proporcionando a área um ambiente livre de contaminantes.**

Fonte: General Med.,

## 3. MÉTODOS QUÍMICOS DE CONTROLE MICROBIOLÓGICO

Nos métodos químicos de controle do crescimento microbiano podemos utilizar inúmeros agentes químicos, tanto naturais quanto sintéticos. Podem ser desinfetantes ou esterilizantes. Segundo Levinson (2016), os agentes químicos podem atuar no controle do crescimento microbiano por três mecanismos distintos: a ruptura de membrana contendo lipídeos, modificação de proteínas ou modificação do DNA.

### 3.1 O FENOL E OS COMPOSTOS FENÓLICOS

O fenol foi o primeiro agente a ser utilizado como desinfetante em salas de cirurgia, em 1860 por Lister, um médico e pesquisador britânico. Derivados de fenol em especial o que é derivado do alcatrão, denominado de cresol, estão presente na maioria dos desinfetantes comerciais como o Lysol, por ser um excelente desinfetante de superfícies (TORTORA, 2017).

- **Fenol**

O mecanismo de ação do fenol é a ruptura de membranas celulares e a desnaturação de proteínas, não é um dos produtos mais utilizados, devido a irritabilidade que causa na pele, além de seu odor desagradável. Mas, pode ser usado na confecção de pastilhas e sprays para a garganta, pois tem efeito anestésico local, tendo significativa ação antibacteriana apenas em alguns sprays, em concentrações acima de 1% (TORTORA, 2017; LEVINSON, 2016).

- **Compostos fenólicos**

Os compostos fenólicos são derivados do fenol, que possuem uma molécula quimicamente alterada a fim de reduzir a irritabilidade proporcionada na pele ou, então, aumentar seu poder bacteriostático, quando junto de algum detergente.

Estes agentes atuam por lesão à membrana plasmática dos micróbios e enquanto desinfetantes conseguem permanecer ativos na presença de compostos orgânicos, mantendo estabilidade e persistindo por longos períodos, sendo agentes apropriados para desinfecção de materiais biológicos como pus, saliva e fezes (TORTORA, 2017).

- **Bisfenóis**

Segundo Tortora (2017), são derivados do fenol, contendo em sua composição dois grupos fenólicos conectados, podem ser encontrados na composição de loções, para o controle de crescimento microbiano, em cirurgias e hospitais com o nome de hexaclorofeno, sendo bastante eficaz contra estafilococos e estreptococos gram-positivos.

Outro bisfenol é o triclosano presente na formulação de sabonetes devido a sua ação antibacteriana, assim como em produtos cosméticos para melhor conservação. Porém o relato de existirem bactérias resistentes à sua ação, além de possíveis casos de câncer, tem restringido o seu uso.

### 3.2 BIGUANIDAS

Estes agentes apresentam amplo espectro de atividade tendo seu mecanismo de ação principalmente na lesão da membrana celular, sendo muito efetivo contra bactérias gram-positivas e gram-negativas, exceto *Pseudomonas* (TORTORA, 2017).

A biguanida mais conhecida é a clorexidina, utilizada como componente da formulação de produtos que controlam o crescimento microbiana da pele e das mucosas como mertiolate e alguns enxaguantes bucais.

### 3.3 HALOGÊNIOS

Este grupo é composto pelo cloro e pelo iodo e seu nome deriva de sua localização na tabela periódica na família VII A, do grupo dos ametais.

- **Iodo**

O iodo se faz muito presente na prática da medicina durante a desinfecção da pele, no tratamento de feridas, desinfecção da área de coleta de hemoculturas e na colocação de cateteres a fim de evitar contaminação proveniente da microbiana da pele e de *Staphylococcus epidermidis* (LEVINSON, 2016).

Normalmente está disponível na forma de tintura, na proporção de 2% de iodo e iodeto de potássio. Como esta solução pode trazer irritabilidade à pele, necessita ser removida após a aplicação com álcool. Outra forma que se faz presente é a de iodóforos, onde temos complexos de iodo juntamente com detergentes, onde o iodo é liberado lentamente, sendo menos irritante à pele além de não manchar (LEVINSON, 2016; TORTORA, 2017).

- **Cloro**

O cloro é um germicida muito utilizado em nosso cotidiano, seja na desinfecção de frutas, legumes e verduras, ou até mesmo no tratamento da água, além de ser muito utilizado na finalização da limpeza doméstica e em diversos hospitais, sendo a forma mais comum a de hipoclorito de sódio.

Este é um agente oxidante, capaz de provocar a morte microbiana, por impedir o funcionamento de boa parte do sistema enzimático celular (LEVINSON, 2016).

Pode ser encontrado em diversas apresentações: na forma líquida, de gás ou cloro comprimido (sólido) para a desinfecção de água, seja a água de distribuição municipal, a utilizada em piscinas ou até mesmo para tratamento do esgoto. Outra forma na qual pode ser encontrada é a de dióxido de cloro, utilizado na desinfecção de superfícies, tendo em vista que nesta forma não deixa gosto ou cheiro residual, sendo excelente para uso na indústria, por seu amplo espectro de atividade e capacidade de eliminar (dependendo da concentração empregada) cistos e endósporos (TORTORA, 2017).

#### **4. ÁLCOOIS**

A utilização de álcool para desinfecção de superfícies ou para a antissepsia da pele, previamente a um procedimento de imunização ou coleta de sangue, é muito comum a todos e isso ocorre pela eficácia que tem na eliminação das bactérias e fungos e até mesmo vírus que possuam envelope (devido ao rompimento que causa em sua camada lipídica) além de, após agirem, evaporar rapidamente e não deixar resíduos.

Comumente usamos na prática o etanol, com sua concentração ótima de 70%, por ter menor efetividade quando puro, pela volatilidade e, a presença de água na solução, é necessária para a desnaturação dos microrganismos. Além dele, o isopropanol é frequentemente comercializado como álcool de fricção sendo relativamente superior ao etanol nos processos de desinfecção e antissepsia, sendo mais barato, menos volátil e de mais fácil obtenção quando comparado ao etanol (TORTORA, 2017).

## 5. Metais Pesados e seus compostos

Diversos metais pesados são utilizados como biocidas ou antissépticos, mesmo que em quantidades muito baixas, destacam-se a prata, o cobre, o zinco, o selênio e o mercúrio, sendo chamada de ação oligodinâmica (oligo tem o significado de pouco), quando a prata e o cobre exercem a ação antimicrobiana mesmo presente em pequenas quantidades (TORTORA, 2017; BLACK, 2021).

Tabela 2 - Ação e principais formas de uso dos metais pesados.

Metal Pesado	Ação exercida	Utilização
Prata	Apresenta efeito bacteriostático.	Composto da sulfadiazina de prata, medicamento utilizado para prevenir infecções em queimaduras.
Cobre	Excelentes Algicidas	Utilizado locais que necessitem do controle de algas verdes.
Zinco	Controle do crescimento biológico, principalmente algas.	Utilizado no revestimento de telhas galvanizadas, shampoos para tratamento de caspa e enxaguantes bucais
Selênio	Apresentam ação contra fungos e seus esporos.	Presente na formulação de shampoos para tratamento de caspa
Mercúrio	Efeito bacteriostático de amplo espectro	Controle fúngico de tintas

Atualmente o uso da prata é difundido em vários meios, com o emprego de tecnologia pode ser utilizada, por exemplo em vestimentas, onde está impregnada em peças como camisetas e meias com a finalidade de reduzir os odores causados por bactérias, além de estar inoculada como nanopartículas em embalagens plásticas de alimentos com a pretensão de manter os alimentos ali acondicionados mais frescos (TORTORA, 2017).



**Figura 6 - Efeito oligodinâmico da prata.**  
(Fonte: BLACK, 2021).

## 5.1 AGENTES DE SUPERFÍCIE

Os agentes de superfície, também são conhecidos como surfactantes, atuam “envolvendo” a sujeira e retirando-a com a água através da emulsificação, são utilizados na limpeza em geral, destacando-se neste grupo os sabões e detergentes.

- **Sabões e detergentes**

Temos na composição dos sabões, álcalis e sódio, que possuem pouco valor antisséptico, mas são capazes de exercer uma excelente função na remoção mecânica dos microrganismos por meio da esfregação, em que o sabão atua rompendo o filme oleoso da pele (formado pelas células mortas, pó, suor seco, microrganismos e secreções oleosas das glândulas sebáceas) em pequenas gotículas, realiza a emulsificação desses componentes e os remove da superfície tratada, isso faz dos sabões bons agentes degermantes (BLACK, 2021; TORTORA, 2017).

Os detergentes atuam na eliminação de microrganismos e na retirada da sujeira quando são dispostos na água, fazendo com que esta mistura penetre nas cavidades a serem limpas. Denomina-se como catiônicos os detergentes que possuem cargas positivas, sendo utilizados no processo de limpeza de utensílios de cozinha (podendo inativar alguns vírus), e aniônicos os que possuem cargas negativas, onde são utilizados para a lavagem de roupa e para a limpeza domiciliar (BLACK, 2017).

- **Sanitizantes ácido-aniônicos**

Sanitizantes são muito utilizados na limpeza de instalações que processam alimentos, principalmente em fábricas de laticínios, na higienização de utensílios e equipamentos. Normalmente ocorre a combinação de ácido fosfórico com um agente de superfície e sua capacidade de limpeza está associada à porção carregada negativamente da molécula, que reage com a membrana plasmática. Não possuem odor, tem um amplo espectro de ação, não apresentam toxicidade, não são corrosivos e possuem uma ação rápida (TORTORA, 2017).

- **Compostos quaternários de amônio (detergentes catiônicos)**

Estes detergentes possuem capacidade de limpeza relacionada a parte carregada positivamente da molécula, os compostos quaternários de amônio, também chamados de quats, recebem este nome devido a estes terem modificações em seu ion amônio de valência quatro (TORTORA, 2017).

São amplamente usados na indústria, principalmente a de alimentos e a farmacêutica, podendo destacar sua versatilidade por serem incolores, inodoros, insípidos, estáveis e de fácil diluição, além de ser um excelente surfactante e possuírem uma baixa toxicidade, podendo causar irritações e sensibilidades à pele quando não administrados de maneira correta, seguindo as instruções do fabricante.

Os quats são agentes bactericidas fortes contra as bactérias gram-positivas e um pouco menos efetivos contra as gram-negativas, sendo considerados também, agentes fungicidas, agentes amebicidas e agentes virucidas contra vírus que possuam envelope em sua estrutura, porém não são capazes de destruir endósporos ou micobactérias (TORTORA, 2017).

## 5.2 CONSERVANTES QUÍMICOS DE ALIMENTOS

A adição de conservantes químicos nos alimentos tem como principal função evitar o crescimento de microrganismos que possam deteriorá-los ou, então, que retardem essa deterioração prologando assim o *shelf life* dos produtos.

- **Ácidos orgânicos**

Temos como principais ácidos orgânicos utilizados para a conservação dos alimentos, o ácido sórbico, o sorbato de potássio e o benzoato de sódio que atuam impedindo o crescimento de bolores, principalmente em alimentos com pH mais ácido, em torno de 5,5 ou menor, como os queijos e os refrigerantes. Já o propionato de cálcio utilizado em produtos de panificação controla o crescimento de bolores interferindo em seu metabolismo e no controle de bactérias do gênero *Bacillus* pela ação na integridade de sua membrana plasmática, evitando a formação de secreções semelhantes a muco que alteram as características físicas do pão, deixando-o viscoso (TORTORA, 2017).

- **Nitratos e Nitritos**

Os nitratos e nitritos possuem um uso amplo na indústria, podendo destacar o uso de nitrito de sódio como: conservante de embutidos, corante na indústria têxtil e na fabricação de papéis, assim como na composição de chapas de aço (QUIMESP).

O nitrito é o principal ativo e tem como principal função a manutenção da cor vermelha presente em carnes, pois reage com o sangue ali contido, além da prevenção da germinação do cresde endósporos botulínicos, além de poder ser obtido através do resultado da utilização como substituto do oxigênio por bactérias em condições anaeróbias (TORTORA, 2017).

## 5.3 ALDEÍDOS

Os aldeídos estão entre um dos agentes químicos mais efetivos no controle do crescimento microbiano, sendo normalmente apresentados na forma de formaldeído e glutaraldeído, que atuam inativando as proteínas.

O gás de formaldeído serve como um excelente desinfetante, sua forma comumente disponível de formalina era amplamente utilizada para a conservação de amostras biológicas. Em relação ao glutaraldeído, este é mais eficaz que o formaldeído e acaba sendo menos tóxico, sendo utilizado em hospitais para a esterilização de equipamentos de terapia respiratória que passaram por uma limpeza cuidadosa anteriormente (TORTORA, 2017; LEVINSON, 2016).

## 5.4 ESTERILIZANTES QUÍMICOS

- **Óxidos de etileno e outros esterilizantes gasosos**

O óxido de etileno é capaz de eliminar todos os microrganismos e endósporos de um material após exposição por várias horas. Pode ser utilizado em ambientes hospitalares, para esterilização de materiais sensíveis ao calor, pois o processo de esterilização, é realizado em temperatura ambiente com uma excelente penetrabilidade (TORTORA, 2017; LEVINSON, 2016).

Outro gás que pode ser utilizado na esterilização é o dióxido de cloro que normalmente é preparado no local a ser utilizado por ter um período curto de duração (TORTORA, 2017).

- **Esterilização por plasma**

Entende-se como plasma o quarto estado da matéria em que ocorre a excitação de um gás por meio de um campo eletromagnético a fim de formar núcleos misturados com cargas elétricas variáveis e elétrons livres. Este meio de esterilização é utilizado em materiais termosensíveis e alterados pela umidade (TORTORA, 2017).

Neste processo de esterilização, os materiais são colocados em um recipiente onde há a combinação de vácuo, campo eletromagnético e substâncias químicas. O peróxido de hidrogênio, muitas vezes, é acompanhado de ácido peracético que forma o plasma que será utilizado para a eliminação de todos os microrganismos, inclusive os formadores de endósporos, tem como ponto negativo o alto custo (TORTORA, 2017).

- **Peróxido de hidrogênio e outros agentes oxidantes**

Apesar do peróxido de hidrogênio não ser muito eficaz como antisséptico em feridas abertas devido à sua rápida degradação pela enzima catalase, presente em células humanas, é muito eficaz na desinfecção de objetos inanimados.

O ácido paracético é eficiente contra endósporos e vírus, atua em 30 minutos, e é usado em equipamentos médicos, maquinário de processamento de alimentos e principalmente em endoscópios, por não deixar resíduos tóxicos (TORTORA, 2017; LEVISON, 2016).

## 6. ANTIMICROBIANOS

São um grupo de compostos sintéticos ou naturais que vão ser capazes de inibir o crescimento ou matar/destruir os agentes infecciosos. Entre eles: antibacterianos, antifúngicos, antiprotozoários, anti-helmínticos e antivirais. Ao utilizar os antimicrobianos é importante a ciência de dois termos: espectro de ação e potência inibitória mínima. O espectro de ação é o percentual de espécies sensíveis, ou seja, é o grupo que o medicamento vai agir e ser funcional. E a potência inibitória mínima é a concentração do medicamento que será necessária para cessar o crescimento bacteriano.

Existem antibióticos de pequeno espectro de ação, que atuam em um pequeno grupo e limitado de microrganismos. Já as de amplo espectro de ação afetam tanto gram-positivas quanto gram-negativas. Atingem uma grande variedade de organismos. Quando utilizamos uma droga de amplo espectro de ação, pode causar dano não só ao patógeno, como também à microbiota normal do hospedeiro, por isso em muitas vezes as drogas de pequeno espectro, são mais utilizadas.

Devido à grande variedade de antimicrobianos, existem 5 mecanismos básicos de ação para os antibacterianos:

- Inibição da síntese de parede celular: a parede celular é formada de peptidoglicano, que é um composto exclusivo de células procarióticas, então esses antimicrobianos vão agir impedindo a síntese do peptidoglicano, sendo assim não há produção da parede celular, causando a lise da célula bacteriana.
- Inibição da síntese de proteína: o ribossomo bacteriano é diferente do nosso, o alvo é específico. O medicamento vai inibir a síntese de proteínas, se ligar no ribossomo da bactéria e impedir a tradução do RNA mensageiro em proteína. Fazendo assim com que a bactéria esteja inapta à multiplicação.
- Dano à membrana plasmática: as drogas vão interferir na membrana plasmática e alterar a permeabilidade dessa membrana, causando a morte celular.
- Inibição da replicação do DNA: causa inibição de enzimas responsáveis pela replicação de ácidos nucleicos.
- Inibição da síntese de metabolitos essenciais: inibição da síntese de ácido fólico, que tem importante papel na multiplicação celular.

No caso das bactérias, existem duas principais formas de ação:

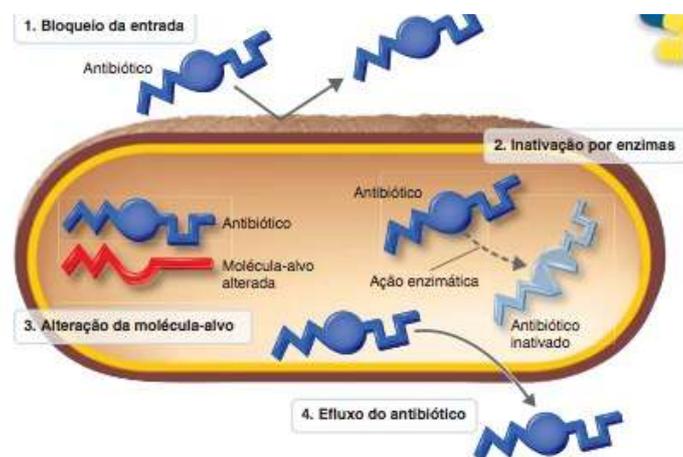
- Bactericidas: vão causar a morte do micróbio.
- Bacteriostáticos: impedem a multiplicação do microrganismo. Não causa a morte imediata, apenas causa inibição da multiplicação.

As bactérias são altamente capazes de se adaptar e passar a resistir aos antibióticos (ocorrendo de 2 principais formas: mutações genéticas aleatórias e aquisição de material genético de outro organismo). Os antibióticos não são mutagênicos, não causam a mutação da bactéria, eles causam uma pressão seletiva. As cepas mais sensíveis vão morrer e as mais resistentes vão sobreviver. Ou seja, o uso frequente seleciona cepas mais resistentes. A resistência aos antibióticos é, basicamente, a adaptação natural das bactérias, tornando-as capazes de crescer e se multiplicar mesmo em doses altas de medicamento.

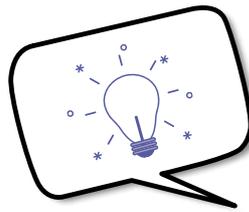
Existem dois tipos de resistência: natural/intrínseco, em que todos daquela mesma espécie vão ser resistentes (por exemplo: micobactérias – a sua parede celular tem capacidade de permear diferentes compostos e produzir inúmeras enzimas que modificam ou degradam os fármacos). E a adquirida, que são espécies com linhagens resistentes ou sensíveis.

Existem diversos mecanismos de resistência aos antimicrobianos, tais como:

1. Bloqueio da entrada: a entrada dos antibióticos não vai acontecer, seja por alterações no sítio de entrada ou por mudanças da sua conformação.
2. Inativação por enzimas: existem enzimas que quebram o antibiótico e deixam-o inativo.
3. Alteração a molécula-alvo: pequenas modificações no sítio podem neutralizar os efeitos dos antibióticos sem que ocorram alterações significativas nas funções celulares.
4. Bomba de efluxo: a bactéria tem uma bomba na parede celular e após o antibiótico entrar na bactéria, ele é bombeado para fora.



**Figura 7. Mecanismos de resistência à ação de antibióticos. Fonte: TORTORA, 2017.**

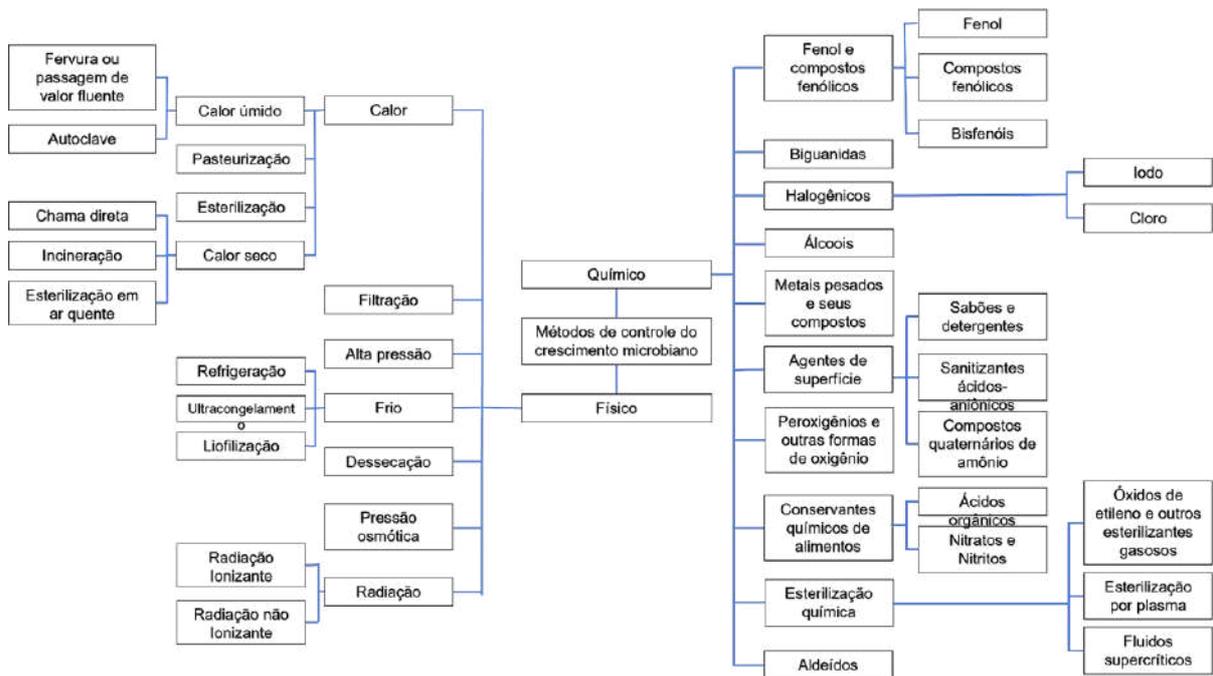


# MAPA MENTAL

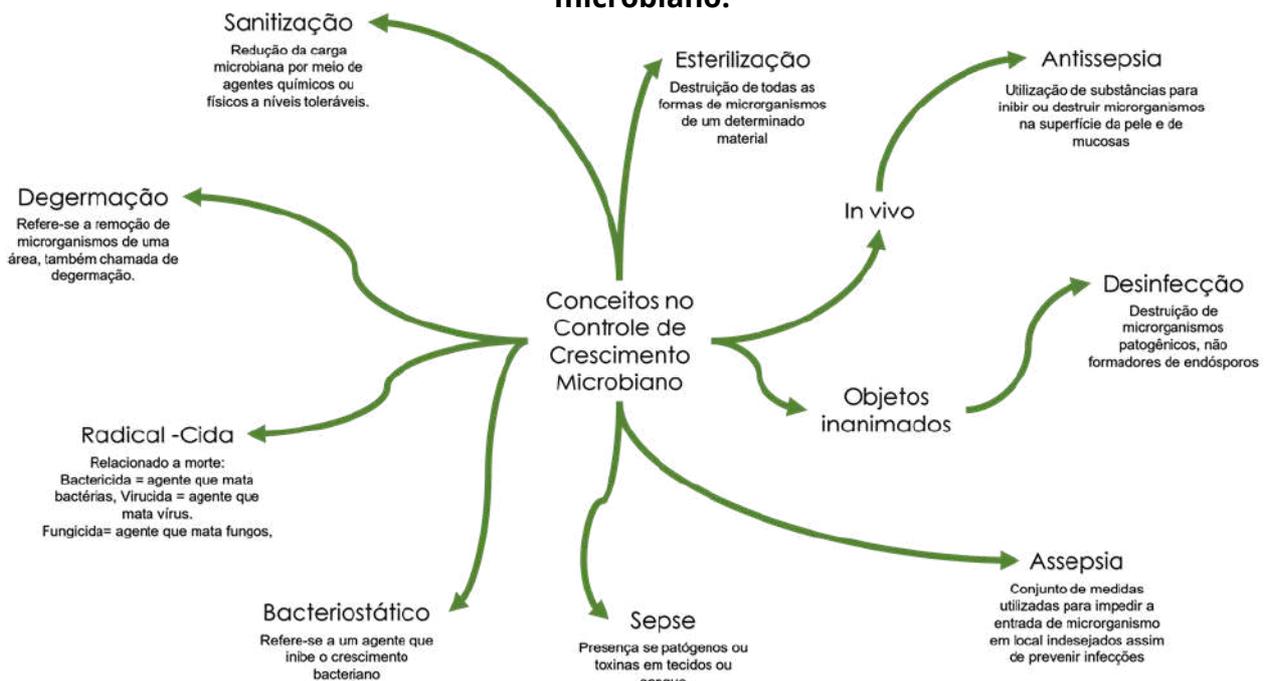
## Capítulo 7: Organizando conceitos



### Mapa mental dos métodos químico e físicos de controle do crescimento microbiano.



### Mapa conceitual sobre os principais conceitos referentes ao controle de crescimento microbiano.



# DICAS DE LEITURA

Acesse esses livros em "Minha Biblioteca" do Centro Universitário São Camilo e estude mais sobre o assunto!

Livro: TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. (Recurso Online – Biblioteca São Camilo)

Capítulo: **7**

Páginas: **176 - 200**

Livro: MADIGAN, Michael T. et al. **Microbiologia de Brock**. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. (Recurso Online – Biblioteca São Camilo)

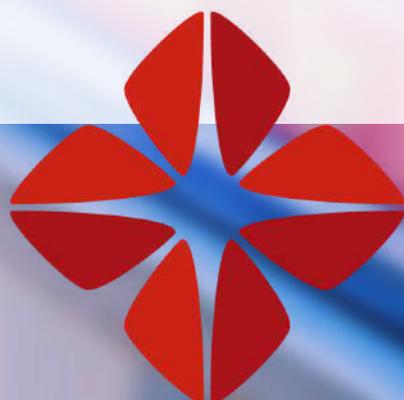
Capítulo: **5**

Páginas: **171 - 182**

Livro: BROOKS, Geo F. et al. **Microbiologia médica de Jawetz, Melnick e Adelberg**. 26. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014. (Recurso Online – Biblioteca São Camilo)

Capítulo: **4**

Páginas: **59 - 65**



# DICA DE LEITURA

Acesse esses livros em "Minha Biblioteca" da São Camilo e estude mais sobre o assunto!

Livro: LEVINSON, Warren. **Microbiologia médica e imunologia**. 13. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. (Recurso Online – Biblioteca São Camilo)

Capítulo: **13**

Páginas: **99 - 103**

Livro: Microbiologia - Fundamentos e Perspectivas por Black e Black

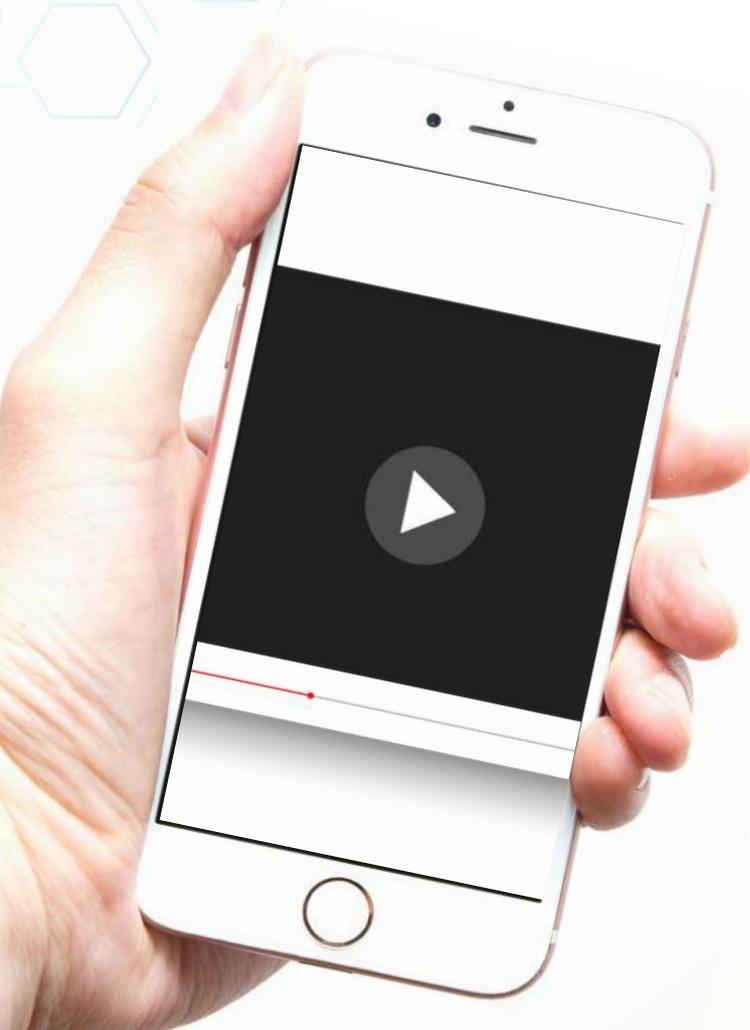
Capítulo: **13**

Páginas: **326 - 350**



# DICAS DE AULAS

Em plataformas de universidades públicas



## UNIVESP

CRESCIMENTO MICROBIANO E CONTROLE

 <https://www.youtube.com/watch?v=VZr3iKAIsIw&t=529s>

Copie e cole o link da aula  
no seu navegador!

# QUESTÕES



## Capítulo 7: Para treinar e fixar o conteúdo!

1. Qual das substâncias químicas abaixo é utilizada para esterilizar instrumentos hospitalares que são sensíveis à temperatura?
  - A – Cloreto de Benzalcônio
  - B – Cresol
  - C – Óxido de Etileno
  - D – Timerosal
  - E – Tintura de Iodo
2. Quais das alternativas a seguir é utilizada para controle do crescimento microbiano em alimentos?
  - A - Ácidos orgânicos
  - B - Álcoois
  - C - Aldeídos
  - D - Metais Pesados
  - E - Todas as Alternativas
3. Refere-se à eliminação total de microrganismos no laboratório, utilizando processos químicos de controle:
  - A – Desinfecção
  - B – Pasteurização
  - C – Esterilização
  - D – Limpeza e assepsia
  - E – Radiação não ionizante

# QUESTÕES



Capítulo 7: Para treinar e fixar o conteúdo!

4. Complete as lacunas a seguir selecionando a alternativa correta:

A \_\_\_\_\_ refere-se à utilização de substâncias para inibir ou destruir micróbios na superfície da pele e das mucosas de seres vivos, diferente da \_\_\_\_\_ que se refere à destruição de microrganismos patogênicos em objetos inanimados. O conceito de \_\_\_\_\_ é o de destruição de toda e qualquer forma de microrganismos em um material.

- a) antissepsia; desinfecção; esterilização.
- b) desinfecção; antissepsia; degermção.
- c) esterilização; antissepsia; pasteurização.
- d) antissepsia; esterilização; degermação.

5. Sobre o antimicrobiano, é correto afirmar:

"Agente microbiano é tudo aquilo que é utilizado para matar ou diminuir a população de microrganismos."

- ( ) Verdadeiro
- ( ) Falso





Curiosidades  
SAIBA MAIS!

of  
GERMS

Em algumas salas de cirurgia ou quarto de pacientes com queimaduras existe um processo de filtragem do ar que estes locais recebem a fim de diminuir a carga microbiana que está presente no ar através de um filtro HEPA, que é uma categoria de filtro que possui uma alta capacidade de reter microrganismos, seu nome vem do inglês *High Efficiency Particulate Arrestance* podendo ser traduzido como Alta eficiência na Retenção de Partículas, em que consegue reter partículas com diâmetro médio de  $0,3 \mu\text{m}$ , que serviam de “veículos” para vírus, bactérias ou ácaros. A instalação de pré-filtros e filtros intermediários fazem com que o filtro HEPA tenha um melhor desempenho, acompanhado de manutenções preventivas.

A afirmação de que um produto sanitizante de mãos à base de álcool matará 99,9% dos germes deve ser analisada com cautela, sendo esta afirmação rara de ser atingida em condições típicas de uso, tendo em vista patógenos como *Clostridium difficile* que é formador de esporos e vírus que não possuem envelope lipídico, são comparativamente resistentes a este tipo de produto. A ação dos nitritos com os aminoácidos gera nitrosaminas, que são compostos cancerígenos, este fator trouxe a redução da quantidade utilizada na indústria, porém não sua isenção, tendo em vista principalmente o seu controle na prevenção do botulismo, **contudo** a ANVISA alertou do controle sobre a formação dessa substância principalmente pela indústria farmacêutica.

## REFERÊNCIAS

### do Capítulo

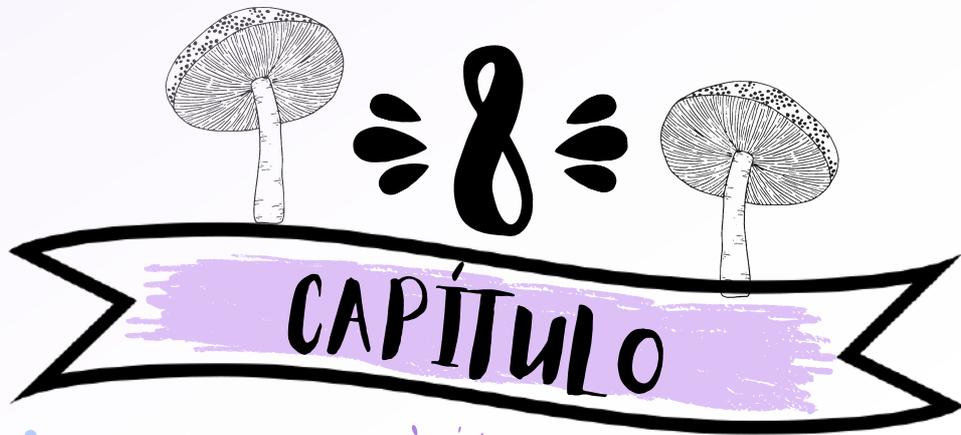
BLACK, Jacquelyn; BLACK, Laura. Esterilização e Desinfecção. In: **Microbiologia: Fundamentos e Perspectivas**. 10º ed. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 2021. p 326-349.

BROOKS, Geo et al. Crescimento, sobrevivência e morte dos microrganismos. In: **Microbiologia Médica de Jawetz Melnick e Adelberg**. 26º ed. Porto Alegre: AMGH, 2014. p 55-66.

LEVINSON, Warren. Esterilização e Desinfecção. In: LEVINSON, Warren. **Microbiologia Médica e Imunologia**. 13º ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. p 99-104.

MADIGAN, Michael et al. Crescimento e controle microbiano. In: MADIGAN, Michael et al. **Microbiologia de Brock**. 14º ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. p 143-182.

TORTORA, Gerard; FUNKE, Berdell; CASE, Christine. Controle do crescimento microbiano. In: TORTORA, Gerard; FUNKE, Berdell; CASE, Christine, **Microbiologia**. 12º ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 176-200.

A central decorative area with a light purple background. It features a central illustration of a slice of Swiss cheese with holes, surrounded by various geometric shapes like triangles and circles in shades of blue and purple. The text 'Microbiologia' is written in a large, white, cursive font with a soft glow. Below it, 'EM E-BOOK' is written in a smaller, blue, sans-serif font. At the bottom of this section, 'Micológia' is written in a white, cursive font with a purple glow.

Microbiologia

EM E-BOOK

Micológia







# CAPÍTULO 8

## Micologia

### 1. INTRODUÇÃO À MICOLOGIA

A micologia compreende um vasto campo de estudo, envolvendo microrganismos conhecidos por fungos. O estudo interessa a vários setores científicos e industriais e, desde o século XIX, estudiosos como Agostinho Bassi (1773-1856) e Raymond Jacques Adrien Saubouraud (1864-1938), dedicaram-se ao estudo dos fungos.

Os fungos desempenham um importante papel no ecossistema, pois habitam praticamente todos os ambientes da terra e são um dos principais decompositores das cadeias tróficas.

### 2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO REINO FUNGI

O reino Fungi contempla seres popularmente conhecidos como fungos, que podem ser tanto macroscópicos como microscópicos: bolores e leveduras serão abordados com maiores detalhes neste capítulo e apresentam variedade morfológica e muitas peculiaridades, como:

- São organismos eucariontes (apresentam núcleo definido, delimitado por carioteca, além de outras organelas membranosas);
- Podem ser uni ou pluricelulares, apresentando morfologia (formato e estrutura) bem característica;
- São heterotróficos (não sintetizam o próprio alimento) dependendo da absorção de matéria orgânica proveniente de outros organismos;
- São encontrados em uma variedade de lugares, mas possuem preferência por ambientes úmidos, por vezes escuros, por vezes claros (na presença de luz para formação de pigmentos);
- Na grande maioria dos fungos a parede celular é composta por quitina, um exoesqueleto encontrado também na carapaça de artrópodes. Além disso possuem o glicogênio como carboidrato de reserva energética, assim como os animais.

### 3. MORFOLOGIA (FORMATO E ESTRUTURA) DOS FUNGOS

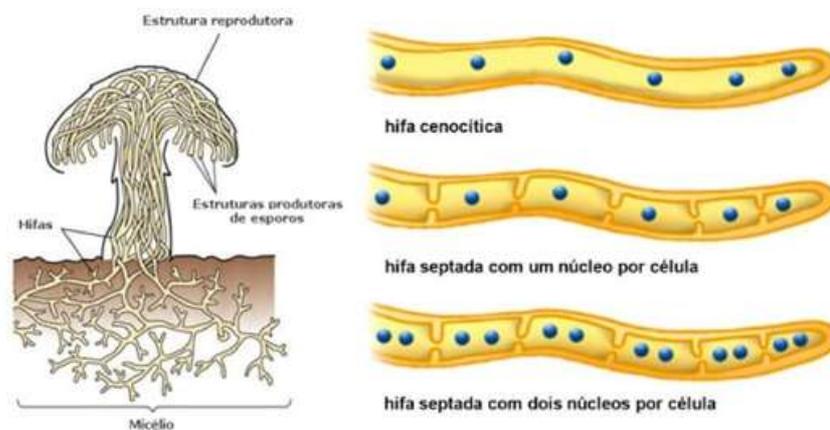
Em geral a identificação dos fungos se dá quase que exclusivamente através da observação de sua morfologia, tanto macroscópica quanto microscópica. Como estes seres vivos habitam os mais variados substratos, apresentam uma variada gama de tipos morfológicos, desde os mais simples até os mais complexos.

#### 3.1. MORFOLOGIA MICROSCÓPICA

A unidade estrutural dos fungos multicelulares são as hifas, que são filamentos em que está contido o material genético dos fungos, podem ser de dois tipos, conforme descrito abaixo e ilustrados na figura 1.

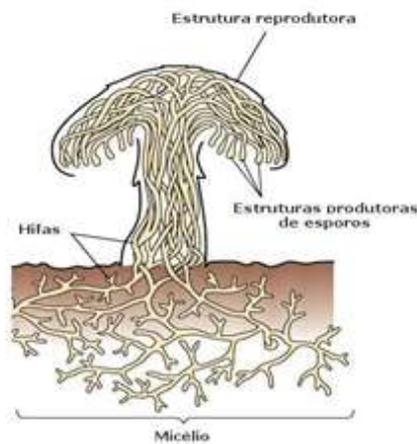
I. **Hifas cenocíticas:** São encontradas em fungos simples, contendo filamentos contínuos com diversos núcleos.

II. **Hifas septadas:** São encontradas em fungos complexos, constituídas por filamentos contendo paredes divisórias (septos), que separam a parte interior das hifas que podem ter um núcleo ou mais núcleos.



A figura 1 representa um esquema de Hifas Cenocíticas (acima) e de Hifas Septadas (abaixo), com um ou mais núcleos. Disponível em: [https://www.cientic.com/tema\\_fungo\\_img2.html](https://www.cientic.com/tema_fungo_img2.html)

Um conjunto de hifas forma o micélio, que possui a função de fixação e crescimento de fungos (micélio vegetativo) e ainda pode se diferenciar em micélio de frutificação (ou aéreo), que será responsável pela reprodução da espécie, note-os representados na figura 2.



### Estrutura dos fungos pluricelulares

São formados por hifas (longos filamentos formados por células). O conjunto de hifas, é denominado **micélio**.

**Micélio vegetativo** – desenvolve-se no interior do substrato e é responsável pela sustentação do fungo e pela absorção de nutrientes.

**Micélio aéreo** – projeta-se na superfície e cresce acima do meio de cultivo. Ao se diferenciar para sustentar o corpo de frutificação (estrutura reprodutora), o micélio aéreo passa a constituir o **micélio reprodutivo**.

Figura 2. Esquema da estrutura observada nos fungos pluricelulares, em que temos os micélios vegetativo e reprodutivo. Disponível em: [https://www.cientific.com/tema\\_fungo\\_img2.html](https://www.cientific.com/tema_fungo_img2.html)

### 3.2. MORFOLOGIA MACROSCÓPICA

Os fungos filamentosos e as leveduras podem formar diferentes tipos de colônias, os bolores apresentam colônias filamentosas, pulverulentas ou algodonosas, já as leveduras apresentam colônias cremosas ou pastosas, como podemos observar na figura 3.



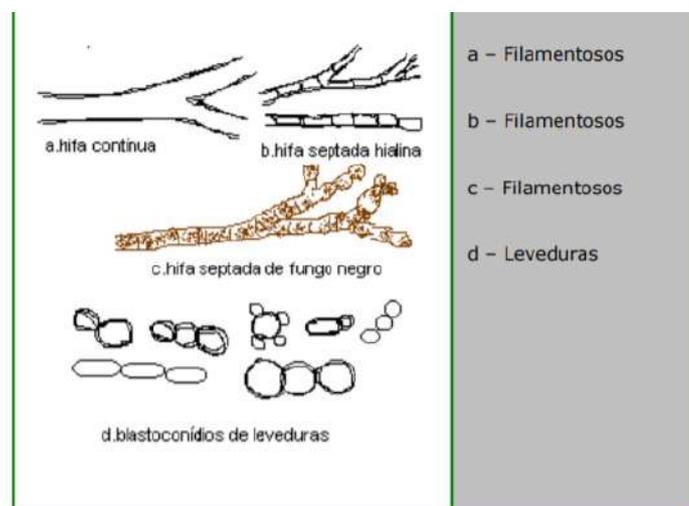
Figura 3. Colônias de bolores e leveduras provenientes da coleta de esporos contaminantes existentes e distribuídos pelo ar, cultivadas em meio nutritivo específico para o crescimento de fungos. Fonte: NASCIMENTO, J.S. Biologia de microrganismos. Disponível em: <http://media-2.web.britannica.com/eb-media/11/123611-004-4B9499BB.jpg>

I. Bolores: Os bolores são fungos pluricelulares, formados por filamentos denominados de hifas, que em conjunto formam os micélios. Quando o substrato de um ambiente proporciona umidade e nutrientes suficientes; os esporos germinam e possibilitam a sua proliferação. Os bolores possuem uma ampla capacidade de adaptação e crescimento, sob condições extremamente variáveis como umidade e temperatura, sendo pouco exigentes quanto aos nutrientes para seu desenvolvimento, razão pela qual permite seu crescimento praticamente em qualquer tipo de substrato.

II. Leveduras: As leveduras são fungos unicelulares, de tamanho e formas variadas, com reprodução por desenvolvimento sexuado ou assexuado. A maioria pertence à ordem *Sacharomycetales*, da classe dos Ascomycetos. Entre as 350 espécies conhecidas de leveduras, a mais comum, *Saccharomyces cerevisiae*, é usada no processo de fermentação para produzir, por exemplo, o álcool presente no vinho e o gás carbônico que causa o crescimento de pães. As leveduras são ricas em proteínas, sais minerais, carboidratos, e vitamina B por isto também são usadas para enriquecer as dietas humana e animal. Algumas leveduras são cultivadas especificamente para uso no processo de fermentação ou para uso por cientistas em suas pesquisas. “A maioria das leveduras, porém, existe como uma parte selvagem do ambiente natural e cresce em plantas e animais ou dispersas pelo ar ou água” (ICTA, UFRGS; 2010).

Atenção!

Alguns fungos patogênicos possuem a capacidade de desenvolver duas formas distintas, dependendo das condições ambientais em que estiverem inseridos, sendo esta capacidade conhecida como dimorfismo fúngico. Essa capacidade é comum em espécies patogênicas, em que podem crescer tanto na forma de fungos filamentosos quanto na forma de levedura. O fungo filamentoso pode produzir hifas aéreas e liberar esporos no ambiente, sendo a inalação desses esporos, a principal via de infecção para as pessoas. O dimorfismo em fungos patogênicos depende da temperatura. Observe na figura 4, estrutura de fungos filamentosos e leveduras.



**Figura 4. Estrutura de fungos filamentosos e leveduras. Fonte: ANVISA. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Detecção e Identificação dos Fungos de Importância Médica. Brasília, 2004. Disponível em: [https://www.anvisa.gov.br/servicosade/microbiologia/mod\\_7\\_2004.pdf](https://www.anvisa.gov.br/servicosade/microbiologia/mod_7_2004.pdf)**

## 4. CLASSIFICAÇÃO DOS FUNGOS

De acordo com a classificação taxonômica, os seres vivos são agrupados devido ao seu grau de semelhança. No reino fungi há cinco subdivisões, são elas:

### 4.1. QUITRIDIOMICETOS

São um dos mais primitivos e vivem em meio aquático ou em solos úmidos. Alimentam-se por absorção da matéria orgânica que se decompõe e podem parasitar algas, protozoários, fungos, plantas e animais. Algumas espécies podem ser pragas para o cultivo de milho.

### 4.2. ASCOMICETOS

Constituem a classe mais numerosa dos fungos, sendo representados por cerca de 30 mil espécies. Nessa classe se encontram fungos muito importantes, como os *Saccharomyces cerevisiae*, responsáveis pela fermentação alcoólica etílica e muito utilizados na fabricação de pães, bolos e bebidas.

### 4.3. BASIDIOMICETOS

Também possuem estruturas reprodutoras sexuadas, denominadas de basídios, produtores de esporos. Contudo, os representantes do grupo incluem cogumelos, entre outros e alguns são causadores de doenças em plantas, conhecidos como “ferrugem e carvão”.

Incluem os fungos conhecidos por cogumelos-de-chapéu e orelhas-de-pau. São pluricelulares e os seus micélios formados por hifas dicarióticas (apresentam dois núcleos por célula). Algumas espécies são comestíveis, como os champignons, outras são tóxicas e ainda há espécies alucinógenas.

### 4.4. ZIGOMICETOS

São tipos de fungos profusamente distribuídos pelo ambiente, podendo atuar como decompositores ou como parasitas de animais. O bolor que cresce em frutas é um exemplo e seu corpo de frutificação é uma penugem branca que lembra filamentos de algodão.

### 4.5. DEUTEROMICETOS

São conhecidos por fungos imperfeitos e não têm reprodução sexuada conhecida. Nessa classe se encontram fungos que causam no homem as infecções chamadas micoses, entre elas podemos citar: a candidíase, a frieira ou pé de atleta, entre outras.

Alguns deuteromicetos têm grande importância econômica, pois são utilizados na fabricação de queijos, como os dos tipos camembert e roquefort, e de antibióticos, como a penicilina.

*DICAS E SUGESTÕES: Para mais informações sobre a classificação taxonômica dos fungos, acesse o site da Internacional Commission on the Taxonomy of Fungi. Acesso em: <https://www.fungaltaxonomy.org/>*

## 5. FISILOGIA DO REINO FUNGI

Embora o reino contemple seres vivos com características e estruturas simples, estes possuem mecanismos fisiológicos interessantes de serem estudados.

### 5.1. DIGESTÃO

Como citado em características gerais, os fungos são organismos heterotróficos e adquirem sua fonte alimentar de diferentes formas, como: decomposição de matéria orgânica e através de relações ecológicas (parasitismo e mutualismo).

O processo digestivo dos fungos é conhecido como extracorpóreo, por ocorrerem fora dos organismos, pois possuem capacidade de liberar enzimas digestivas (exoenzimas) através de sua estrutura corporal, que degradarão as substâncias absorvidas.

O estado em que o composto orgânico é encontrado e utilizado pelo organismo nos permite caracterizar a sua forma de nutrição, sendo:

- SAPROFAGIA: Quando o fungo se alimenta de organismos mortos e/ou em decomposição.
- PARASITISMO: Quando o fungo se alimenta de substâncias e/ou organismos vivos.
- PREDACÃO: Quando o fungo se alimenta de pequenos animais, como insetos.

### 5.2. RESPIRAÇÃO

A respiração dos fungos ocorre através de trocas gasosas, podendo ocorrer tanto de forma aeróbica (necessitando da presença de oxigênio) quanto de forma anaeróbica (não necessitando da presença de oxigênio). Os fungos podem realizar ambas as respirações, dependendo da espécie.

Além disso, podemos classificá-los como obrigatórios ou facultativos, por exemplo, quando se diz que um fungo é anaeróbio obrigatório, significa que este realiza somente aquele tipo de processo metabólico, já em caso de um fungo facultativo, pode ser realizado ambos os tipos de respiração, de acordo com as condições ambientais em que os microrganismos estiverem inseridos.

### 5.3. REPRODUÇÃO

Como vimos os fungos possuem uma diversidade de características, e com a reprodução não é diferente. Eles podem realizar dois tipos de reprodução: assexuada e sexuada.

#### REPRODUÇÃO ASSEXUADA

Cada espécie de fungo pode realizar um tipo de reprodução assexuada, a saber:

- **FRAGMENTAÇÃO:** É uma das maneiras mais simples de um fungo filamentosos se reproduzir: um micélio se fragmenta, e é disperso no substrato e originando novos micélios.
- **BROTAMENTO** ou **GEMULAÇÃO:** Os brotos normalmente se separam do genitor, mas eventualmente, podem permanecer grudados, formando cadeias de células e novos indivíduos.
- **ESPORULAÇÃO:** Nos fungos terrestres, os corpos de frutificação produzem muitos esporos por mitose, que são leves e espalhados pelo vento ao redor. Cada esporo, quando cai em um substrato apropriado, é capaz de gerar sozinho um novo ser. Em certos fungos aquáticos, os esporos são dotados de flagelos, uma adaptação a dispersão em meio aquático. Por serem móveis e nadarem ativamente, esses esporos são chamados de zoósporos.

## REPRODUÇÃO SEXUADA

O ciclo reprodutivo sexuado pode ocorrer de diferentes formas para fungos terrestres e fungos aquáticos.

No ciclo reprodutivo de fungos aquáticos haverá a reprodução de gametas flagelados, que se fundem e geram zigotos que se desenvolverão em um novo indivíduo.

Nos fungos terrestres, existe um ciclo de reprodução no qual haverá produção de esporos por meiose. Desenvolvendo-se, esses esporos geram hifas haploides que posteriormente se fundem e geram novas hifas diploides, dentro os quais ocorrerão novas meioses para produção de novos esporos meióticos.

A reprodução sexuada nos fungos, ocorre em três etapas:

- **PLASMOGAMIA:** Nessa etapa, as hifas monocarióticas (que possuem somente um núcleo) haploides dos fungos se unem formando hifas dicarióticas, com os núcleos organizados em pares (fusão de protoplasma).
- **CARIOGAMIA:** Os pares de núcleos se fundem e dão origem a núcleos diploides (com dois conjuntos de cromossomos).
- **MEIOSE:** Os núcleos diploides se dividem por meiose e dão origem a esporos, que germinam formando novos fungos.

### **FIQUE ATENTO!**

A forma de reprodução e o tipo de esporos formados são ferramentas importantes na diferenciação dos fungos dentre os filos. A observação das estruturas reprodutivas é realizada em microscópio, sendo apenas os esporos assexuados identificados dessa forma. A microscopia eletrônica e por varredura são recursos importantes para identificação das espécies fúngicas em caráter de pesquisa.

## 6. RELAÇÕES ECOLÓGICAS DOS FUNGOS

Os fungos podem realizar diferentes relações ecológicas, como predação, parasitismo e mutualismo. Dentro da relação de mutualismo o fungo pode assumir diferentes associações, como as descritas a seguir:

**6.1. MICORRIZAS:** Ocorre pela associação de fungos com raízes de plantas, tendo a formação de uma estrutura conhecida como micorriza. Nesse caso haverá o desenvolvimento de uma relação mutualística de associação, em que os fungos irão degradar os materiais do solo, absorver os minerais ali presentes e transferir para as plantas, propiciando-lhe um crescimento sadio. E as plantas, por sua vez, irão ceder certos açúcares e aminoácidos aos fungos, necessários para o seu crescimento e desenvolvimento.

Esse tipo de relação se desenvolve em algumas plantações características, como tomateiros e morangueiros, além de biomas pobre em nutrientes, como o cerrado.

**6.2. LÍQUENS:** Assim como nas micorrizas, os líquens são formados através de uma relação mutualística de associação, mas entre algas clorofiladas e fungos. As algas fazem fotossíntese produzindo a matéria orgânica, que servirá como substrato para o fungo. Já o fungo criará um ambiente que retém umidade e nutrientes inorgânicos, que por sua vez, irá proteger as algas e permitirá a realização do processo de fotossíntese.

## 7. IMPORTÂNCIA DOS FUNGOS

Os fungos estão amplamente disseminados na natureza e por essa razão suscitam de visibilidade e estudos em variados setores das atividades humanas, por isso a Micologia desdobrou-se em múltiplas especialidades com reflexos em vários ramos da indústria química, farmacêutica e alimentícia, além da ecologia.

### 7.1. IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA

Há espécies de fungos responsáveis pela degradação de grande parte da matéria orgânica, o que propicia a reciclagem de nutrientes e a manutenção das cadeias alimentares.

No processo de decomposição, a matéria orgânica contida em organismos mortos é devolvida ao ambiente, podendo ser novamente utilizada por outros organismos.

Além disso, por meio das relações mutualísticas citadas anteriormente, os fungos podem contribuir para melhoria das condições do solo para reflorestamento de áreas devastadas por meio da atuação das micorrizas e líquens.

## 7.2. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

Os fungos possuem importância econômica por sua ampla disseminação na indústria alimentícia, envolvidos no processo de fabricação de bebidas alcoólicas, como cervejas e vinhos, onde o fungo pertencente a espécie *Saccharomyces cerevisiae* é capaz de transformar o açúcar em álcool etílico e CO<sup>2</sup>. Além disso, são utilizados na fabricação de pães, bolos e queijos, também são consumidos diretamente como alimento, pelo homem, que é o caso do cogumelo champignon.

## 7.3. IMPORTÂNCIA NA SAÚDE

Por ser um reino que apresenta uma ampla diversidade, além das aplicações nas áreas anteriores, os fungos também são utilizados pela Indústria Farmacêutica e Química na fabricação de certos medicamentos, pois podem produzir compostos que são danosos para algumas espécies de bactérias. Podemos citar a aplicação do gênero fúngico *Penicillium*, amplamente utilizado para produção do antibiótico penicilina, que combate doenças infecciosas causadas por bactérias. Além disso, temos outro exemplo de fármaco que é a ciclosporina, isolada do fungo *Tolypocladium inflatum*, que é uma droga imunossupressora, utilizada para reduzir a probabilidade de rejeição de um órgão transplantado.

## 8. DOENÇAS CAUSADAS POR FUNGOS

Apesar dos fungos assumirem papéis de extrema importância alguns são capazes de provocar doenças em plantas e animais, inclusive no homem.

As doenças causadas por fungos, denominadas de micoses, atingem a boca, pele, unhas e cabelos.

De acordo com as características das micoses, haverá diferentes nomenclaturas, que indicarão a localização e o tipo de fungo envolvido. Podem ser adquiridas de várias maneiras, tanto pelo contato direto com áreas e indivíduos infectados, por inalação, por lesões na pele e tecido, como também pela condição patogênica da microbiota endógena (NASCIMENTO, J.S, 2010).

Como vimos anteriormente as micoses podem ser classificadas de acordo com o tecido infectado ou conforme o grupo de fungos que estão localizados na região, para esta identificação e posterior classificação é necessário coletar amostras e analisar rigorosamente em laboratório.

A seguir, apresentaremos nos mapas mentais, os principais tipos de micoses que atingem os humanos com as suas principais características.



# MAPA MENTAL

Capítulo 8: *Organizando conceitos*



## PRINCIPAIS TIPOS DE MICOSE

**MICOSES CUTÂNEAS:** Se caracterizam por serem causadas por fungos que invadem a espessura da pele ou anexos, em geral restritas às camadas queratinizadas dos pelos ou à lâmina ungueal. Na pele, as lesões se manifestam como mancha inflamatória, nos pelos como lesão de tonsura e na unha por destruição da lâmina ungueal. O contágio dos fungos ocorre por meio de animais, homens ou do solo infectado.



### Micoses Cutâneas.

Fonte: NASCIMENTO, J.S. Biologia de microrganismos. In. GUERRA, R.A.T. (Org.). Cadernos CB Virtual 4. João Pessoa: UFPB, 2010, v.6, p.324-340.

Disponível em (1):

<http://www.aafp.org/afp/2003/0101/p101.html>

Disponível em (2):

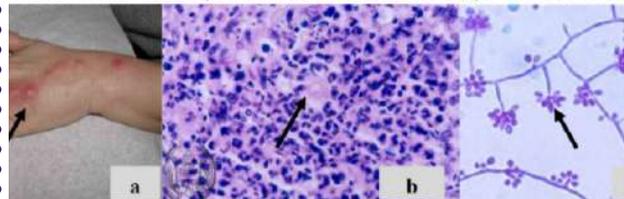
<https://www.healthhype.com/tinea-capitis-scalp-ringworm-hair-fungal-infection-pictures.html>

Disponível em (3):

<https://www.portalsaofrancisco.com.br/saude/oncomicoses>

**MICOSES SUBCUTÂNEAS:** Se caracterizam pelo aparecimento de lesões que afetam as camadas mais profundas da derme, tecido subcutâneo, podendo chegar até a estrutura óssea. É muito comum acometer trabalhadores rurais, que possuem contato direto com a terra, como agricultores e jardineiros.

Micose subcutânea: a. Esporotricose; b. Direto; c. Cultura (*Sporothrix schenckii*)



### Micoses Subcutâneas.

Fonte: NASCIMENTO, J.S. Biologia de microrganismos. In. GUERRA, R.A.T. (Org.). Cadernos CB Virtual 4. João Pessoa: UFPB, 2010, v.6, p.324-340.

Disponível em (a):

<https://diggingri.com/2010/02/08/weird-garden-diseases-part-i/>

Disponível em (b e c):

<http://www.saber.ula.ve/tropical/contenido/capitulo6/capitulo42/figuras/42-0002-es.html>



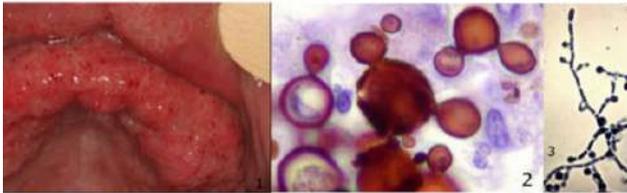
# MAPA MENTAL

Capítulo 8: *Organizando conceitos*



**MICOSES SISTÊMICAS:** São infecções causadas por fungos dimórficos, têm como principal porta de entrada o trato respiratório por meio da inalação de esporos presentes no solo, podem disseminar para todo o organismo.

Paracoccidioidomicose na cavidade oral (1); Direto: levedura (2); Cultura *P. br* (3).



## Micoses Sistêmicas

Fonte: NASCIMENTO, J.S. Biologia de microrganismos. In. GUERRA, R.A.T. (Org.). Cadernos CB Virtual 4. João Pessoa: UFPB, 2010, v.6, p.324-340.

Disponível em (1):

<http://www.ricardosgomez.com/paracoccidioidomycose>

Disponível em (2):

<http://anatpat.unicamp.br/biinflparacoco1.html>

Disponível em (3):

[http://www.dac.uem.br/micologia/micoses\\_sistemicas.php](http://www.dac.uem.br/micologia/micoses_sistemicas.php)

**MICOSES SUPERFICIAIS:** São infecções causadas por fungos que invadem as camadas mais superficiais da pele. As lesões se manifestam como mancha pigmentar na pele, nódulo ou pelo. A forma invasiva do fungo é uma hifa, característica de cada micose.

Pitíriase versicolor (pelo branco), em humanos, causada pela *Malass*



## Micoses Superficiais

Fonte: NASCIMENTO, J.S. Biologia de microrganismos. In. GUERRA, R.A.T. (Org.). Cadernos CB Virtual 4. João Pessoa: UFPB, 2010, v.6, p.324-340.

Disponível em (1):

<https://www.globale-dermatologie.com/as-infecoes-de-pele-por-fungos-e-leveduras-micoseportugues.html#.YfNoGOrMK3A>

Disponível em (2):

<https://www.telmeds.org/micologia/levaduras/malassezia-furfur/>

# DICAS DE LEITURAS



Agora que estudamos e conhecemos algumas particularidades dos fungos, vale algumas leituras sobre curiosidades e informações gerais sobre esse reino diversificado. Vamos lá?

**1)** Guia do estudante: 12 fatos sobre fungos, vírus e bactérias. Acesso em: <https://guiadoestudante.abril.com.br/estudo/12-fatos-sobre-fungos-virus-e-bacterias/>

**2)** Guia do estudante: Superfungo de alta resistência chega no Brasil e gera alerta. Acesso em: <https://guiadoestudante.abril.com.br/atualidades/superfungo-de-alta-resistencia-chega-ao-brasil-e-gera-alerta/>

**3)** MOORE D. Kingdom Fungi. 2016. Disponível em: [http://www.davidmoore.org.uk/Assets/Mostly\\_Mycology/Jon\\_Dixon/kingdom\\_fungi.htm](http://www.davidmoore.org.uk/Assets/Mostly_Mycology/Jon_Dixon/kingdom_fungi.htm)

**4)** SOCIEDADE BRASILEIRA DE MICROBIOLOGIA. Novas tecnologias aceleram o diagnóstico de infecções fúngicas. 2015. Disponível em: <https://sbmicrobiologia.org.br/novas--tecnologias-aceleram-o-diagnostico-de-infeccoes-fungicas/>

**5)** SECRETOMAS DE FUNGOS PATOGÊNICOS HUMANOS: UMA INTERAÇÃO PATÓGENO-HOSPEDEIRO. Disponível: [https://oswaldocruz.br/revista\\_academica/content/pdf/Edicao\\_15\\_OLIVEIRA\\_Amanda\\_Rodrigues\\_de\\_-\\_ROCHA\\_Marcia\\_Santos.pdf](https://oswaldocruz.br/revista_academica/content/pdf/Edicao_15_OLIVEIRA_Amanda_Rodrigues_de_-_ROCHA_Marcia_Santos.pdf)



# DICAS DE VÍDEOS

Em plataformas digitais



Além das leituras indicadas, temos outras indicações muito interessantes que agregarão ainda mais conhecimento sobre esses seres vivos fantásticos.



- Fantástico: Reino dos fungos tem maior ser vivo e alimento mais caro do mundo. Acesso em: <https://globoplay.globo.com/v/4847286/>
- Vida secreta: A vida secreta dos fungos – vilões ou mocinhos? Acesso em: [https://www.youtube.com/watch?v=Wk1YwjoR\\_2w](https://www.youtube.com/watch?v=Wk1YwjoR_2w)
- Smile and Learn: O que são os fungos? Acesso em: <https://www.youtube.com/watch?v=WDdpPw2hHXU>

Copie e cole o link da aula  
no seu navegador!

# QUESTÕES



Capítulo 8: Para treinar e fixar o conteúdo!

- Questões dissertativas

- 1.** Por que nenhum organismo que pertence ao Reino Fungi é capaz de realizar fotossíntese?
- 2.** Cite duas características importantes para identificar os seres vivos incluídos no Reino dos Fungos.
- 3.** Cite as aplicações práticas dos fungos na área da saúde, ecologia e economia.
- 4.** Qual é a diferença entre bolores e leveduras?
- 5.** Quais são os principais tipos de micoses provocadas por fungos patogênicos?
- 6.** Mencione dois fatores de virulência presente nos fungos.

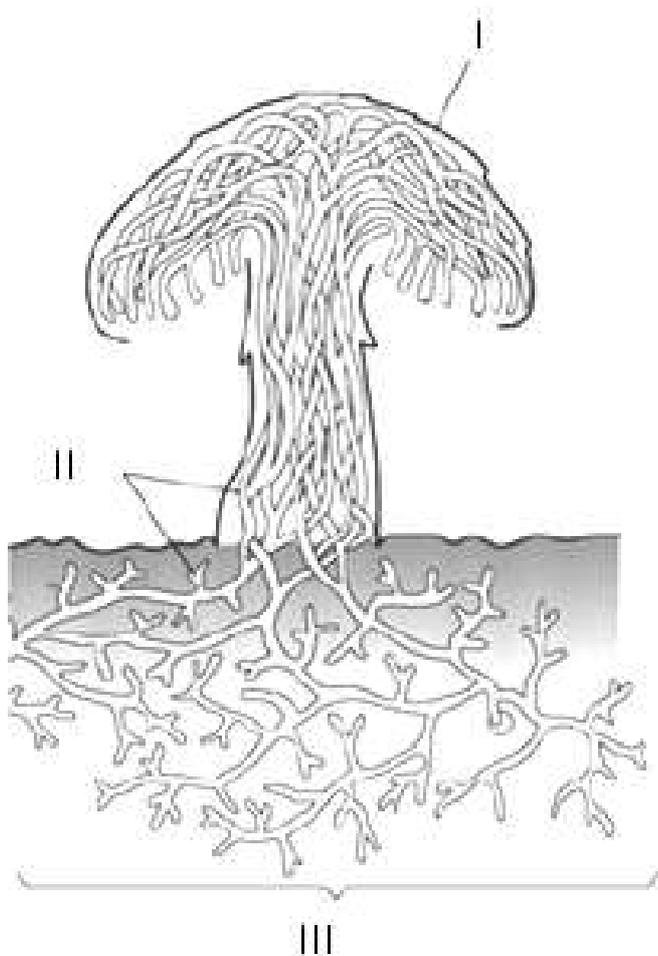
# QUESTÕES



Capítulo 8: Para treinar e fixar o conteúdo!

- Questões objetivas:

1. (UFV): Observe a figura seguinte que representa a estrutura de um fungo:



Em relação a essa estrutura, assinale a afirmativa incorreta:

A) Durante o processo de reprodução sexuada de muitas espécies de fungos, formam-se hifas especiais que crescem em agrupamentos compactos formando a estrutura III.

B) Os fungos multicelulares são constituídos por filamentos microscópicos ramificados denominados de hifas que são as estruturas indicadas em II.

C) As hifas podem ser de dois tipos: hifas cenocíticas que são filamentos contínuos sem divisões transversais e hifas septadas que apresentam paredes transversais.

D) O conjunto de hifas forma o micélio, representado pela estrutura III, que irá constituir o corpo do fungo multicelular.

2. (PUC): O fermento biológico usado na fabricação de pães provoca o aumento do volume da massa como consequência da produção de:

A)  $\text{CO}_2$ , a partir da água acrescentada à massa do pão.

B)  $\text{CO}_2$ , a partir da fermentação do açúcar acrescentado à massa do pão.

C)  $\text{O}_2$ , a partir da fermentação do amido existente na farinha do pão.

D)  $\text{N}_2$ , a partir da fermentação do açúcar acrescentado à massa do pão.

E)  $\text{O}_2$ , a partir da respiração do açúcar acrescentado à massa do pão.

# QUESTÕES



Capítulo 8: Para treinar e fixar o conteúdo!

- 3.** (FUVEST): A cana-de-açúcar é importante matéria-prima para a produção de etanol. A energia contida na molécula de etanol e liberada na sua combustão foi:
- A) captada da luz solar pela cana-de-açúcar, armazenada na molécula de glicose produzida por fungos no processo de fermentação e, posteriormente, transferida para a molécula de etanol.
- B) obtida por meio do processo de fermentação realizado pela cana-de-açúcar e, posteriormente, incorporada à molécula de etanol na cadeia respiratória de fungos.
- C) captada da luz solar pela cana-de-açúcar, por meio do processo de fotossíntese, e armazenada na molécula de clorofila, que foi fermentada por fungos.
- D) obtida na forma de ATP no processo de respiração celular da cana-de-açúcar e armazenada na molécula de glicose, que foi, posteriormente, fermentada por fungos.
- E) captada da luz solar por meio do processo de fotossíntese realizado pela cana-de-açúcar e armazenada na molécula de glicose, que foi, posteriormente, fermentada por fungos.
- 4.** (UFRN): Assinale a opção em que há correspondência entre o ser e aquilo que se afirma sobre ele.
- A) O protozoário é unicelular, pode ser parasito ou de vida livre e causar dengue.
- B) O vírus é parasito intracelular e causa, em animais e vegetais, doenças invariavelmente prevenidas por meio de vacinas.
- C) O fungo é uni ou pluricelular, pode causar candidíase e ser usado nas indústrias alimentícia e farmacêutica.
- D) A bactéria é unicelular, pode causar poliomielite e ser usada na indústria alimentícia.

# QUESTÕES



Capítulo 8: Para treinar e fixar o conteúdo!

5. (UECE): Em 1929 o pesquisador Alexander Flemming descobriu acidentalmente que fungos formadores de mofo verde encontrados em alimentos podres eram capazes de produzir uma substância que inibia o desenvolvimento de certas bactérias. Estes fungos, pertencentes ao gênero *Penicillium* estão classificados atualmente dentro de um grupo denominado Ascomycetos. Marque a alternativa que indica uma característica deste grupo:
- A) São considerados os fungos mais primitivos.
  - B) Suas hifas possuem forma arredondada.
  - C) Possuem um corpo de frutificação em formato de guarda-chuva.
  - D) Possuem hifas cenocíticas.
6. (VUNESP): No sistema de classificação de Lineu, os fungos eram considerados vegetais inferiores e compunham o mesmo grupo do qual faziam parte os musgos e as samambaias. Contudo, sistemas de classificação modernos colocam os fungos em um reino à parte, reino Fungi, que difere dos vegetais não apenas por não realizarem fotossíntese, mas também porque os fungos:
- A) são procariontes, uni ou pluricelulares, enquanto os vegetais são eucariontes pluricelulares.
  - B) são exclusivamente heterótrofos, enquanto os vegetais são autótrofos ou heterótrofos.
  - C) não apresentam parede celular, enquanto todos os vegetais apresentam parede celular formada por celulose.
  - D) têm o glicogênio como substância de reserva energética, enquanto nos vegetais a reserva energética é o amido.
  - E) reproduzem-se apenas assexuadamente, enquanto nos vegetais ocorre reprodução sexuada ou assexuada.

# RESPOSTAS DAS QUESTÕES



## - Questões dissertativas

- 1.** Porque as células dos organismos que pertencem a este reino não possuem cloroplastos.
- 2.** Todos os fungos são heterotróficos, ou seja, diferentemente das plantas, não são capazes de produzir seu próprio alimento, nutrindo-se por absorção. Além de heterotróficos, os fungos são seres eucarióticos e podem ser unicelulares, como no caso das leveduras, ou multicelulares, como os cogumelos.
- 3.** Aplicações descritas minuciosamente no resumo citado acima.
- 4.** A diferença entre bolores e leveduras é a estrutura celular e o formato, enquanto os bolores são fungos filamentosos multicelulares, as leveduras são fungos unicelulares arredondados e/ou ovais.
- 5.** Os principais tipos de micoses provocadas por fungos patogênicos são as micoses cutâneas, subcutâneas, sistêmicas e superficiais. Além disso, temos as doenças causadas por fungos oportunistas em condições especiais.
- 6.** Os fatores de virulência permitem o crescimento dos fungos em condições adversas oferecidas pelo hospedeiro, propiciando o estabelecimento da relação parasitária e contribuindo no processo de doença, auxiliando no desenvolvimento da infecção e interferindo com a patogênese das micoses. Podemos citar como fatores de virulência da *C. albicans* para ocorrência da patogênese da candidíase: germinação das células da levedura, a penetração na mucosa e a fagocitose induzida de uma levedura por uma célula da mucosa. Estes eventos são promovidos por adesinas [Als1p, Als5p (Ala1p), Hwp1p e Int1p] e enzimas secretadas (Sap e Plb1p) (CALDERONE; FONZI, 2001).

## - Questões alternativas

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| <b>1.</b> Alternativa A. | <b>4.</b> Alternativa C. |
| <b>2.</b> Alternativa B. | <b>5.</b> Alternativa B. |
| <b>3.</b> Alternativa E. | <b>6.</b> Alternativa E. |



Curiosidades  
**SAIBA MAIS!**

---

Entre 1845-1849, na Irlanda, houve um grande período de fome, que causou a morte de um milhão de pessoas devido à contaminação fúngica nas culturas de batatas, principal fonte de alimento da região. Graças ao avanço científico e à biologia molecular, pesquisadores conseguiram identificar a espécie à qual a contaminação foi associada. O mesmo reino que nos fornece vinho, trufas e queijos especiais manifesta-se na natureza de forma destrutiva. Atualmente, há fungicidas disponíveis no mercado para o controle das contaminações; no entanto, para o seu uso, é necessário reconhecer a qual grupo o fungo pertence, o que reforça a importância de reconhecer as principais características que agrupam os fungos, desde filós até gênero, na organização taxionômica.

Os fungos diferenciam-se das bactérias quanto à estrutura da parede celular. Nas bactérias, a constituição é majoritariamente por camadas de peptidoglicanos; nos fungos, é de quitina. Uma vez que os principais antibióticos têm ação nos peptidoglicanos e ribossomos 70S, esses fármacos não conseguem atuar nas doenças fúngicas. Para isso, um dos antifúngicos mais utilizados é a anfotericina B, capaz de romper a membrana celular.

## REFERÊNCIAS

### do Capítulo

FRANÇA, Fernanda Stapenhorst. Micologia e virologia. Porto Alegre SER - SAGAH 2019. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595026827>>

MADIGAN, Michael T.; MARTINKO, John M.; PARKER, Jack. Microbiologia de Brock. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2010. 608 pág. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582712986/pageid/22>>

MORAES, Aurea M., PAES, Rodrigo A., HOLAND, Veronica L. Micologia. 5. ed. São Paulo: Âmbito Cultural Edições Ltda, 1995. 98 pág.

VALLE, A. C. F. et al. Micoses superficiais e cutâneas. In: COURA, J. R. Dinâmica das doenças infecciosas e parasitárias. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

NASCIMENTO, J.S. Biologia de microrganismos. In: GUERRA, R.A.T. (Org.). Cadernos CB Virtual 4. João Pessoa: UFPB, 2010, v.6, p.324-340.