

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
Departamento de Medicina Veterinária
Disciplina de Microbiologia Fundamental

ANATOMIA FUNCIONAL E TAXONOMIA DE PROCARIOTOS

Prof. Dr. Ricardo Luiz Moro de Sousa

1

SUMÁRIO

1. Visão Geral
2. Tamanho e Forma
3. Estruturas externas à Parede Celular
4. Parede Celular
5. Estruturas internas à Parede Celular
6. Taxonomia



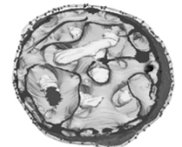
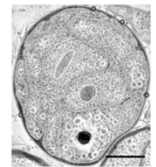
2

VISÃO GERAL

3

PROCARIOTOS

- DNA (circular) não envolvido por membrana
- DNA não está associado a histonas
- sem organelas revestidas por membrana
- parede celular apresenta peptidoglicano
- fissão binária



Gemmata obscuriglobus

Tortora et al., 2016

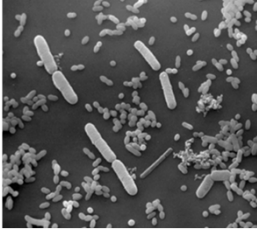
4

TAMANHO E FORMA

5

TAMANHO E FORMA

- diâmetro: 0,2 a 2µm
- comprimento: 2 a 8µm
- Formas básicas:
 - cocos (esféricos)
 - bacilo (bastão)
 - espiral

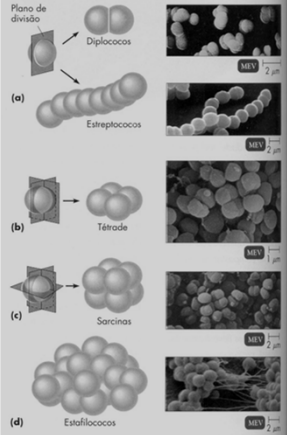


Tortora et al., 2016

6

TAMANHO E FORMA

- Formas básicas:
 - cocos (esféricos)

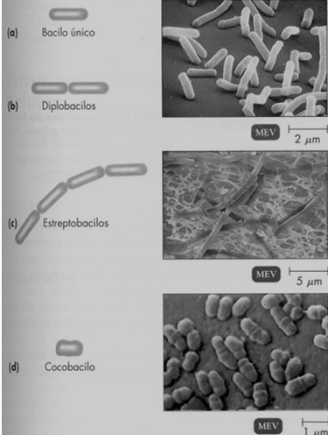


Tortora et al., 2016

7

TAMANHO E FORMA

- Formas básicas:
 - bacilos: divisão pelo eixo curto, maioria isolados



Tortora et al., 2016

8

TAMANHO E FORMA

- **Formas básicas:**
 - espirais: uma ou mais curvaturas (“vírgula”, helicoidal e rígido, helicoidal e flexível)

(a) Vibrião 4 μm
(b) Espirilo 2 μm
(c) Espiroqueta 1,5 μm

9 Tortora et al., 2016

9

TAMANHO E FORMA

- **Outras formas:**
 - estreladas (*Stella* sp)
 - quadradas (*Haloarcula* sp)
 - triangulares

(a) Bactérias em forma de estrela 0,5 μm
(b) Bactérias retangulares 2 μm

10 Tortora et al., 2016

10

TAMANHO E FORMA

- geneticamente, maioria é monomórfica (=única forma)
- pleomórficas (*Rhizobium* e *Corynebacterium*)

11 Tortora et al., 2016

11

ESTRUTURA

(a) (b) 0,5 μm

12 Tortora et al., 2016

12

ESTRUTURAS EXTERNAS À PAREDE CELULAR

13

ESTRUTURA

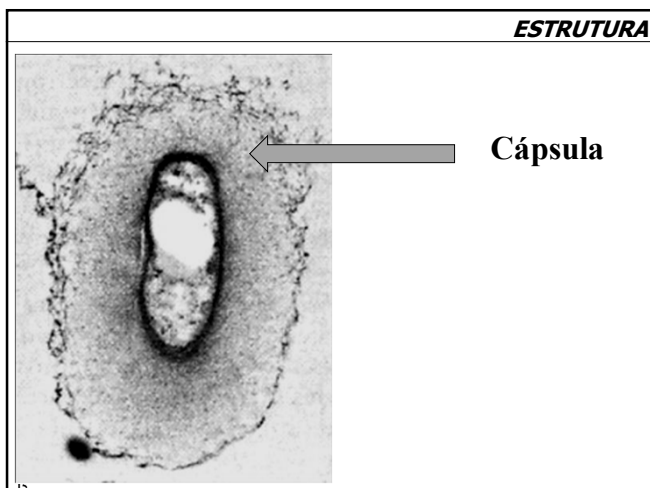
- Glicocálice

- polímero viscoso e gelatinoso secretado para a superfície
- polissacarídeo e/ou polipeptídeo
- organizado e aderido à parede celular ⇒ cápsula
- não-organizado e fracamente aderido ⇒ camada viscosa
- cápsula ⇒ proteção contra fagocitose, aderência, colonização (pedras, raízes de plantas, implantes médicos, canos de água), nutrição (açúcares - *S. mutans*)

14

Tortora et al., 2016

14

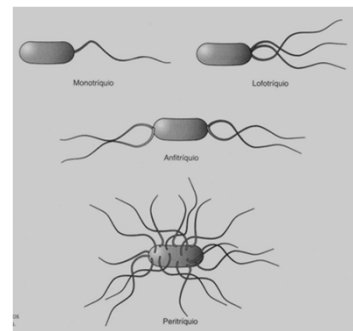


15

ESTRUTURA

- Flagelos

- 4 arranjos diferentes



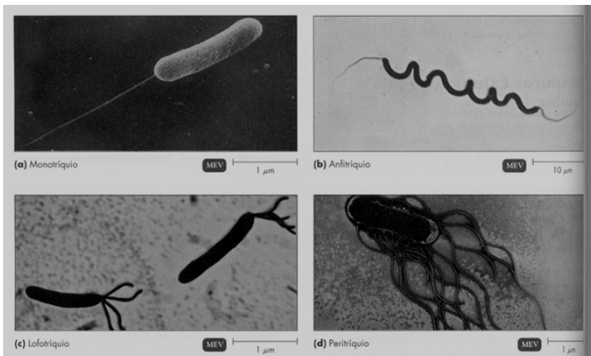
16

Tortora et al., 2016

16

ESTRUTURA

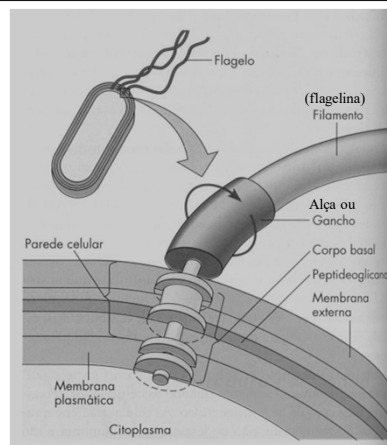
• **Flagelos**



Tortora et al., 2016

17

ESTRUTURA



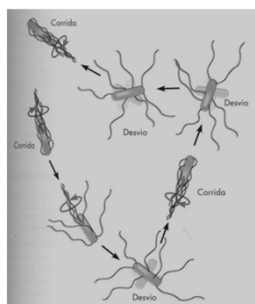
Tortora et al., 2016

18

ESTRUTURA

• **Flagelos**

- movimento a partir de estímulo ⇒ **taxia**
- **quimiotaxia**
- **fototaxia**
- **receptores na parede celular**
- **sinais atraentes e repelentes**



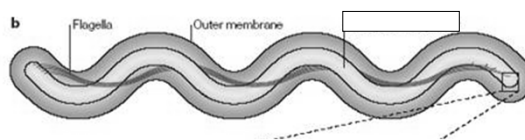
Tortora et al., 2016

19

ESTRUTURA

• **Filamentos axiais ou endoflagelos**

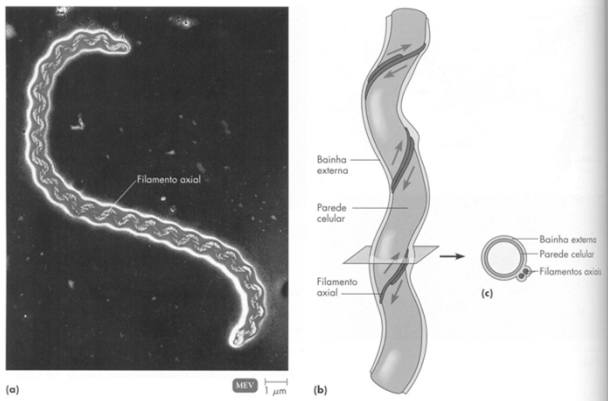
- **característico de espiroquetas**
- movimento “**saca-rolhas**”
- **feixe de fibrilas a partir da extremidade das células**



Tortora et al., 2016

20

ESTRUTURA



21

Tortora et al., 2016

21

ESTRUTURA

• **Fímbrias e Pili**

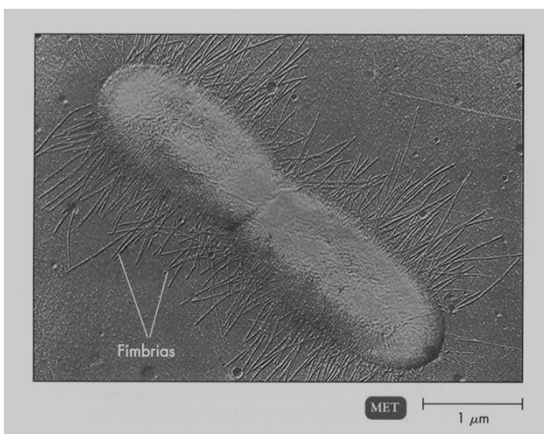
- fixação da bactéria, motilidade e transferência DNA
- proteína: pilina
- mais curtos, retos e finos do que flagelos
- **fímbrias**: número variável
- **pili**: 1 ou 2 por célula (transferência de DNA)

22

Tortora et al., 2016

22

ESTRUTURA

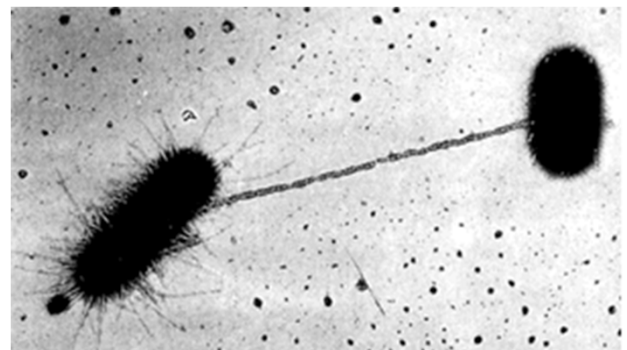


23

Tortora et al., 2016

23

ESTRUTURA



24

24

PAREDE CELULAR

25

PAREDE CELULAR

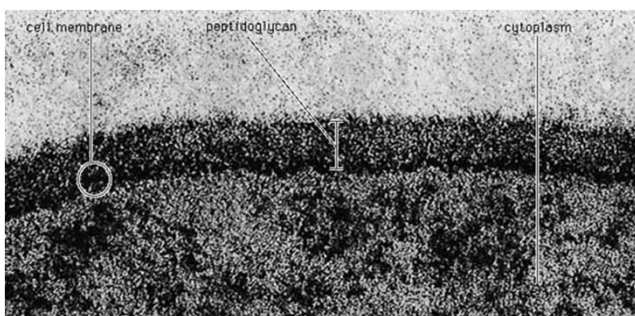
- responsável pela forma da célula
- impede a ruptura da célula quando a pressão da água é maior no meio interno
- ponto de ancoragem de flagelos
- contribui para a capacidade de provocar doenças
- local de ação de antibióticos
- diferenciação de tipos bacterianos (composição química)

26

Tortora et al., 2016

26

PAREDE CELULAR

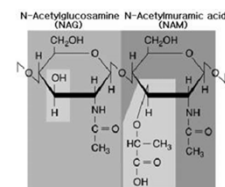


27

27

PAREDE CELULAR

- Composição
 - peptideoglicano (= mureína)
 - repetição de dissacarídeos unidos por polipéptidos (= rede)
 - N-acetilglicosamina (NAG) e ac. N-acetilmurâmico (NAM)

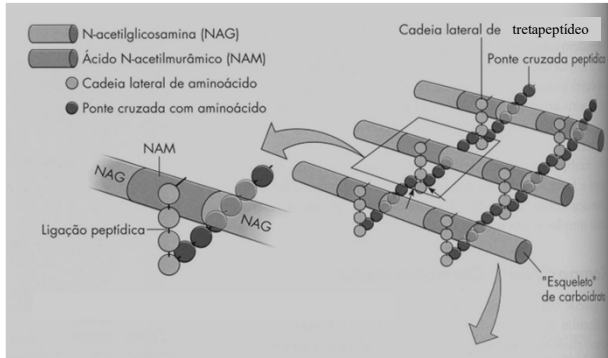


28

Tortora et al., 2016

28

PAREDE CELULAR



29

Tortora et al., 2016

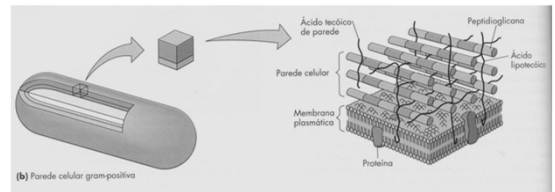
29

PAREDE CELULAR

• Bactérias Gram-Positivas

→ várias camadas de peptidoglicano (espessa e rígida)

→ ácidos teicóicos (glicerol + fosfato) ⇒ identificação laboratorial



(b) Parede celular gram-positiva

30

Tortora et al., 2016

30

PAREDE CELULAR

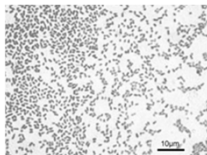
• Bactérias Gram-Negativas

→ uma ou poucas camadas de peptidoglicano (menos rígida)

→ apresentam membrana externa

→ peptidoglicano no periplasma (espaço entre as membranas externa e plasmática)

→ sem ácidos teicóicos



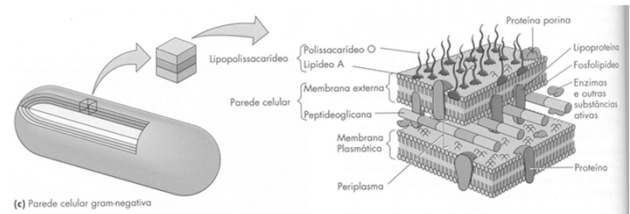
31

Tortora et al., 2016

31

PAREDE CELULAR

• Bactérias Gram-Negativas



(c) Parede celular gram-negativa

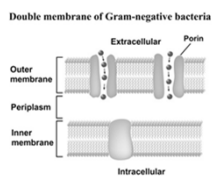
32

Tortora et al., 2016

32

PAREDE CELULAR

- Bactérias Gram-Negativas ⇒ membrana externa
 - lipopolissacarídeos (LPS), lipoproteínas e fosfolipídeos
 - barreira contra antibióticos (penicilina), enzimas digestivas (lisozima), detergentes, sais biliares, fagocitose
 - porinas: canais para a passagem de moléculas (aminoácidos, dissacarídeos, peptídeos)



Tortora et al., 2016

33

PAREDE CELULAR

- Bactérias Gram- ⇒ membrana externa ⇒ LPS
 - porção polissacarídica: polissacarídeos O (diferenciação de espécies bacterianas)
 - porção lipídica: lipídeo A ⇒ endotoxina (febre)

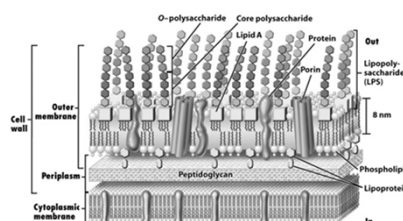
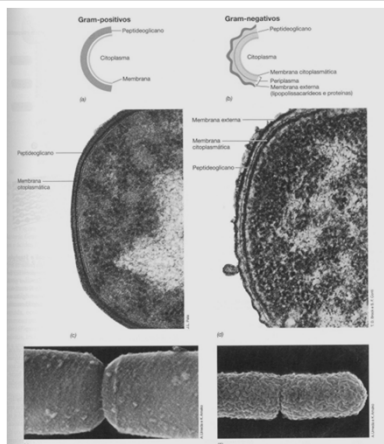


Figure 4.15a Brock Biology of Microorganisms 11e
© 2008 Pearson Prentice Hall, Inc.

Tortora et al., 2016

34

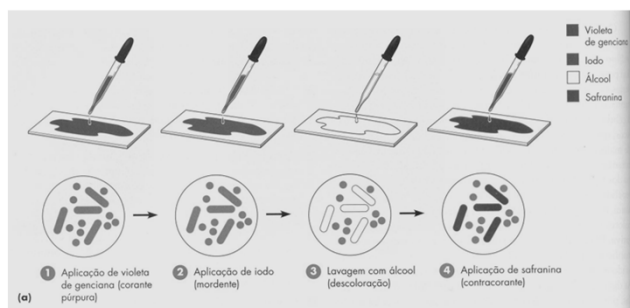
PAREDE CELULAR



Tortora et al., 2016

35

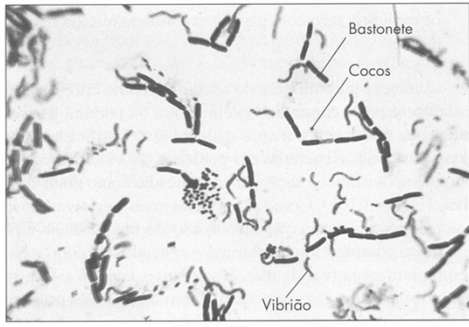
COLORAÇÃO DE GRAM



Tortora et al., 2016

36

COLORAÇÃO DE GRAM



(b)

MO 5 μm

Tortora et al., 2016

37

PAREDES CELULARES ATÍPICAS

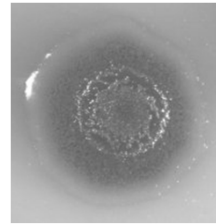
• **Micoplasmas**

→ sem parede celular

→ membranas plasmáticas com esteróis (lipídeos)

• **Arquibactérias**

→ sem parede celular ou com parede (sem peptidoglicano e com pseudomureína)



38

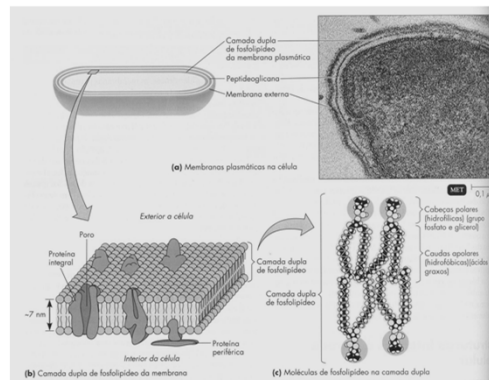
Tortora et al., 2016

38

ESTRUTURAS INTERNAS À PAREDE CELULAR

MEMBRANA PLASMÁTICA

• **Composição: fosfolipídeos + proteínas**



40

Tortora et al., 2016

40

39

MEMBRANA PLASMÁTICA

- funções

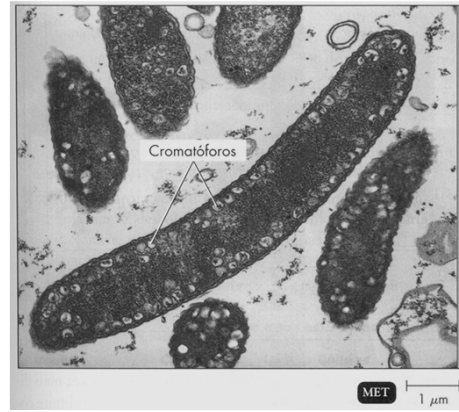
- permeabilidade seletiva
- digestão de nutrientes
- produção de energia
- presença de enzimas que degradam nutrientes e produzem ATP (pigmentos e enzimas da fotossíntese encontrados em dobras → cromatóforos ou tilacóides)

41

Tortora et al., 2016

41

MEMBRANA PLASMÁTICA

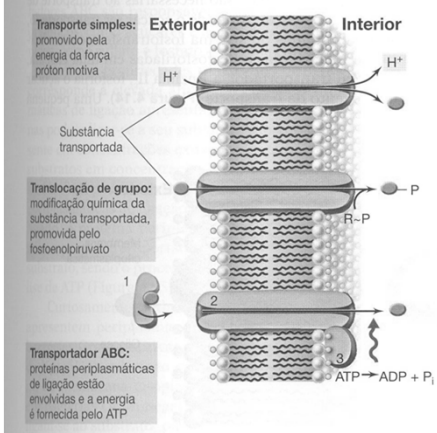


42

Tortora et al., 2016

42

MEMBRANA PLASMÁTICA



43

43

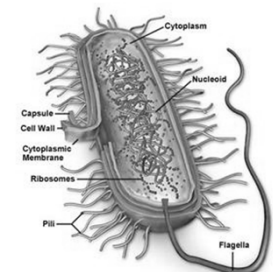
CITOPLASMA

- água + enzimas + carboidratos + lipídeos + íons inorgânicos

- área nuclear

- ribossomos

- inclusões



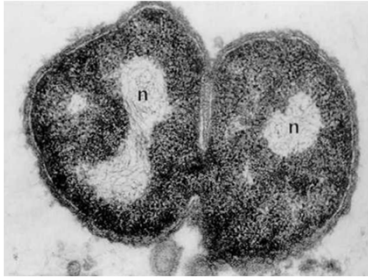
44

Tortora et al., 2016

44

ÁREA NUCLEAR

- Nucleóide, não há membrana
- 1 molécula de DNA, dupla fita, circular → cromossomo



45

Tortora et al., 2016

45

ÁREA NUCLEAR

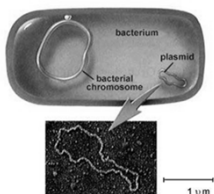


46

46

PLASMÍDEOS

- **plasmídeo**
 - DNA extracromossômico, circular, dupla fita
 - 5 a 100 genes: resistência a antibióticos, produção de toxinas
 - podem ser transferidos de uma célula para outra

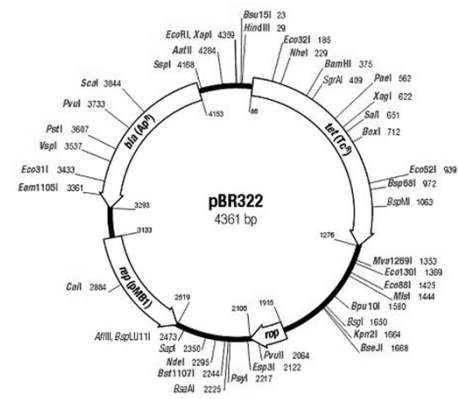


47

Tortora et al., 2016

47

PLASMÍDEOS



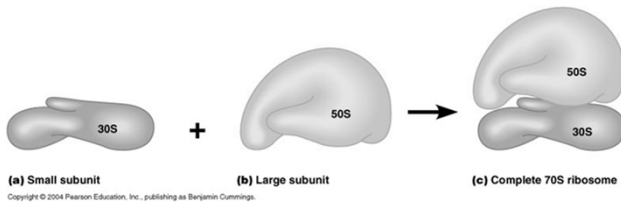
48

Tortora et al., 2016

48

RIBOSSOMOS

- menores e menos densos em relação aos eucariotos
- alvo de antibióticos



49

Tortora et al., 2016

INCLUSÕES

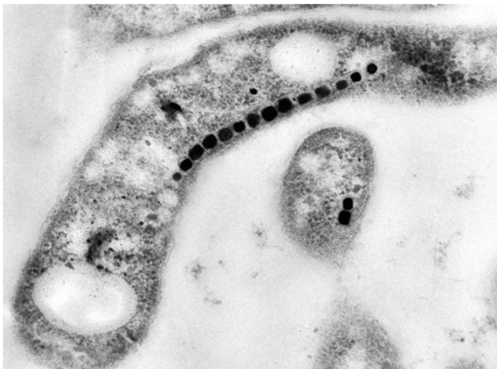
- depósitos de reserva de nutrientes
- grânulos metacromáticos (fosfato inorgânico)
- grânulos polissacarídicos (glicogênio e amido)
- inclusões lipídicas
- grânulos de enxofre
- carboxissomos (enzima carboxilase → fixação de CO_2)
- magnetossomos (óxido de ferro, decomposição de H_2O_2)
- vacúolos de gás (manutenção da flutuação na água)

50

Tortora et al., 2016

INCLUSÕES

- Magnetossomos = imãs (“bússola”)



51

Tortora et al., 2016

ENDOSPOROS

- células especializadas de “repouso” (dormentes)
- desidratadas, grande resistência (endosporos de 7500 anos germinam em meio nutritivo!), sem metabolismo
- bactérias gram-positivas (*Clostridium* e *Bacillus*). Exceção: *Coxiella burnetii*
- Esporulação ou esporogênese → várias horas
 - início: ausência de nutriente-chave (fonte de carbono ou nitrogênio)

52

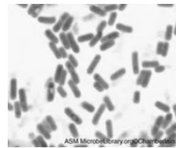
Tortora et al., 2016

51

52

ENDOSPOROS

- germinação (volta ao estado vegetativo), ativada pelo calor alto ou por pequenas moléculas (germinantes: alanina e inosina) → enzimas rompem as camadas circundantes e há entrada de água → metabolismo recomeça
- importância médica e na indústria de alimentos → resistência ao aquecimento, congelamento, dessecação, radiação, substâncias químicas
- resistem à água fervente por até 19 horas!



Tortora et al., 2016

53

53

ENDOSPOROS

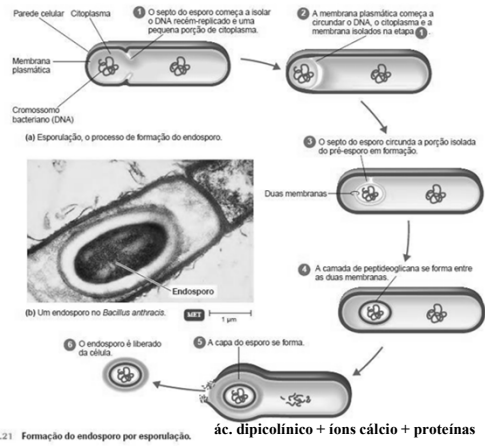
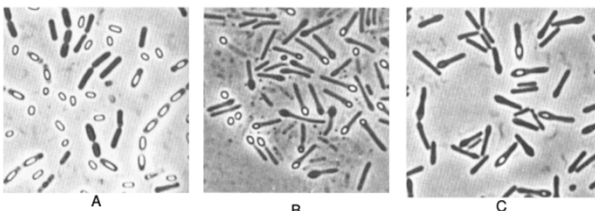


figura 4.21 Formação do endosporo por esporulação.

Tortora et al., 2016

54

54



Madigan & Martinko, 2016

55

55

TABELA 4.1 Algumas Características Comparativas das Bactérias Gram-Positivas e Gram-Negativas		
Característica	Gram-Positiva	Gram-Negativa
Reação de Gram	Batêm o corante violeta de genciana e cor-se de violeta escuro ou púrpura	Pode ser descorado para acinar contra-corante (safranina) e cor-se de vermelho
Camada de peptidoglicano	Espessa [múltiplas camadas]	Fina [camada única]
Ácidos teiônicos	Presentes em muitas	Ausentes
Espaço periplásmico	Ausente	Presente
Membrana externa	Ausente	Presente
Conteúdo de lipopolissacarídeo (LPS)	Nenhum	Alto
Conteúdo de lipídios e lipoproteínas	Baixo (as bactérias difteroides raramente possuem lipídios unidos à peptidoglicano)	Alto [devido à presença da membrana externa]
Estrutura flagelar	2 anéis no corpo basal	4 anéis no corpo basal
Toxinas produzidas	Principalmente exotoxinas	Principalmente endotoxinas
Resistência à ruptura física	Alto	Baixo
Ruptura da parede celular por lisozimas	Alto	Baixo [requer pré-tratamento para desestabilizar a membrana externa]
Sensibilidade à penicilina e às sulfonamidas	Alto	Baixo
Sensibilidade à streptomomicina, ou cloranfenicol e à tetraciclina	Baixo	Alto
Inibição por corantes básicos	Alto	Baixo
Sensibilidade a detergentes anfílicos	Alto	Baixo
Resistência à azida sódica	Alto	Baixo
Resistência ao ressecamento	Alto	Baixo

Tortora et al., 2016

56

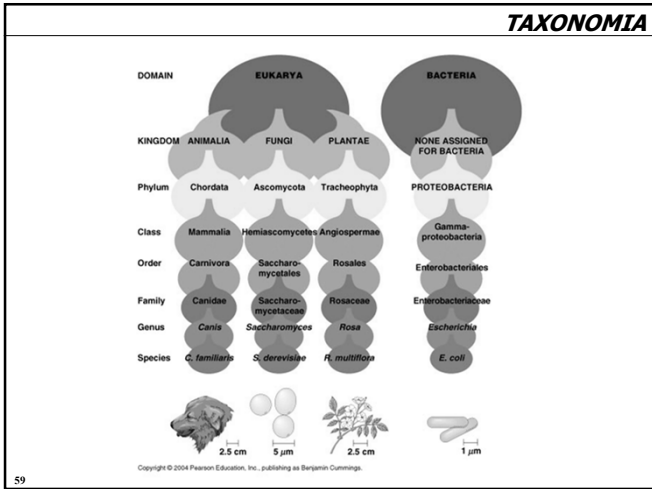
56

TAXONOMIA

TAXONOMIA

- Domínios *Bacteria* e *Archaea* divididos em Filos, Classes, Ordens, Famílias, Gêneros e Espécies
- nomenclatura binomial
- critérios: composição da parede celular, coloração diferencial, testes bioquímicos, seqüência de bases do DNA, seqüência de bases do rRNA
- Comissão Internacional de Bacteriologia Sistemática → Bergey's Manual of Systematic Bacteriology

58 *Tortora et al., 20016*



TAXONOMIA

TABELA 10.3 Tornando os Epítetos Científicos Familiares

A seguir são apresentados alguns exemplos de nomes microbianos que você pode encontrar na imprensa popular assim como no laboratório.

	Origem do Nome do Gênero	Origem do Epíteto Específico
<i>Klebsiela pneumoniae</i> (bactéria)	Homenagem ao bacteriologista Edwin Klebs	A doença que causa
<i>Pfiesteria piscicida</i> (alga)	Homenagem ao biólogo de dinoflagelados Lois Pfiester	Causa doença em peixes (piscis)
<i>Salmonella typhimurium</i> (bactéria)	Homenagem ao microbiologista sanitário Daniel Salmon	Causa estupor (typh) em camundongos (muri)
<i>Streptococcus pyogenes</i> (bactéria)	Surgimento das células em cadeias (strepto)	Forma pus (pyo)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (levedura)	Fungo (myces) que utiliza açúcar (saccharo)	Faz a cerveja (cerevisia)
<i>Penicillium notatum</i> (fungo)	Aparência microscópica semelhante a um tufo ou pincel (penicilif)	Esporos facilmente espalhados no ar (notus, vento)
<i>Trypanosoma cruzi</i> (protozoário)	Socorro (trypano, broca; soma, corpo)	Homenagem ao epidemiologista Oswaldo Cruz

60 *Tortora et al., 2016*

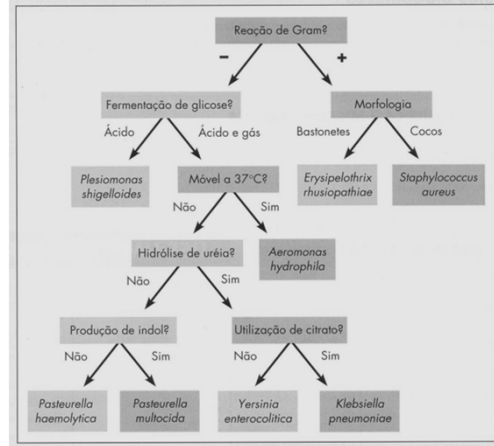
TABELA 10.5 Critérios Taxonômicos e Métodos para Classificação e Identificação de Bactérias

Critério ou Método	Utilizado para	
	Classificação	Identificação
Características morfológicas	Não (sim para cianobactérias)	Sim
Coloração diferencial	Sim (para tipo de parede celular)	Sim
Testes bioquímicos	Não	Sim
Sorologia	Não	Sim
Fagotipagem	Não	Sim
Perfil de ácidos graxos	Não	Sim
Citometria de fluxo	Não	Sim
Composição de bases do DNA	Sim	Não
Fingerprinting de DNA	Sim	Sim
Sequenciamento do rRNA	Sim	Não
PCR	Sim	Sim
Hibridização de ácidos nucleicos	Sim	Sim (sondas de DNA, chips de DNA)

61

Tortora et al., 2016

61



62

Tortora et al., 2016

62

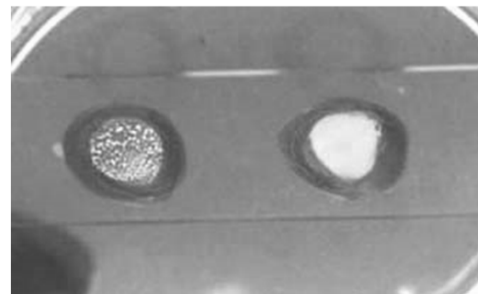
• Testes bioquímicos



63

63

• Testes sorológicos: aglutinação



64

64

REFERÊNCIAS

- **MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M., et al. Microbiologia de Brock. 14.ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 1032p.**
- **TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016, 964p.**