

# Microbiologia Ambiental – Significado, importância e desafios

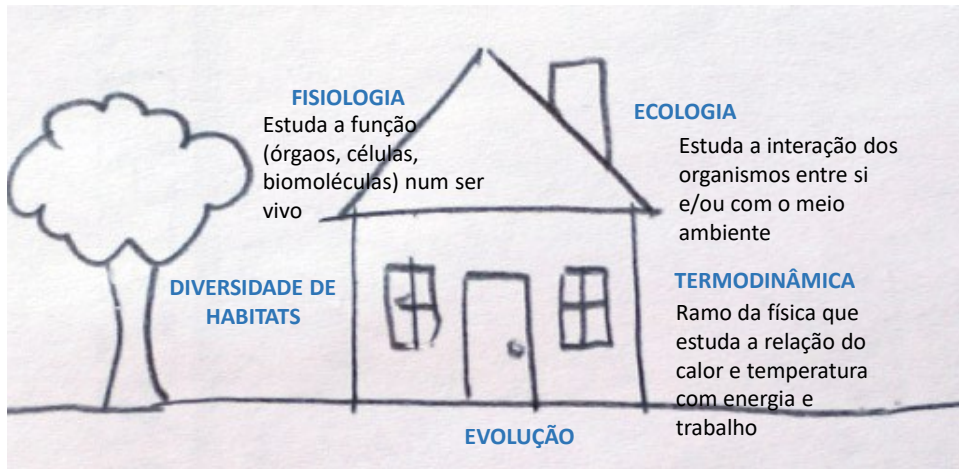
## Aula 1

Prof. Gustavo Couto

MICROBIOLOGIA AMBIENTAL		QB54E	4º	<b>Total</b> 76
<b>PRÉ-REQUISITO</b>	QB53F - MICROBIOLOGIA			
<b>EQUIVALÊNCIA</b>	-			
<b>OBJETIVOS</b>				
Apresentar e desenvolver os conteúdos de ecologia microbiana, microbiologia do solo, da água e do ar, e aplicação tecnológica de microrganismos na área ambiental, visando à capacitação do aluno na utilização de ferramentas microbiológicas para o monitoramento ambiental.				
<b>EMENTA</b>				
Microbiologia: água – solo - ar. Microbiologia do tratamento de resíduos sólidos e compostagem. Microbiologia do tratamento de águas residuárias.				
<b>CONTEÚDO PROGRAMÁTICO</b>				
<b>ITEM</b>	<b>EMENTA</b>	<b>CONTEÚDO</b>		
1	Microbiologia: água – solo - ar.	Microbiologia do solo: composição do solo e principais microrganismos (microflora normal e patógenos), análises microbiológicas (isolamento e caracterização de bactérias e fungos). A utilização de rizóbios na fertilização do solo. Ciclos biogeoquímicos. Microbiologia da água: diferentes ambientes aquáticos e microflora específica (autóctone), doenças transmitidas pela água, indicadores biológicos de contaminação fecal e outros indicadores de poluição, padrões microbiológicos de qualidade da água. Algas e protozoários nocivos ao homem e / ou indicadores de poluição da água. Indicadores biológicos de toxicidade aguda e crônica. Principais métodos de análise microbiológica de águas. Legislação. Microbiologia do ar: microrganismos encontrados no ar, doenças veiculadas pelo ar, técnicas de análise microbiológica e controle dos microrganismos do ar. Legislação. Métodos de análise microbiológica do ar.		
2	Microbiologia do tratamento de resíduos sólidos e compostagem	Microbiologia de resíduos sólidos; compostagem.		
3	Microbiologia do tratamento de águas residuárias	Microbiologia do tratamento de águas residuárias: lodos ativados e tratamento anaeróbio. Indicadores biológicos da qualidade sanitária de lodos		

## CONCEITOS FUNDAMENTAIS QUE UNIFICAM A MICROBIOLOGIA AMBIENTAL

**Conceito 1** – microbiologia ambiental é como uma casa, várias partes compõem um todo  
>>MULTIDISCIPLINAR!!



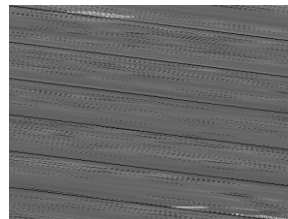
Mudança em uma característica herdável

Se você fosse um micróbio o que você faria?



**Conceito 2** – Existe um “instinto” diretivo para:

Sobrevivência, manutenção, geração de ATP, e crescimento esporádico – geração de novas células e multiplicação!!



**Conceito 3** – Relação entre a diversidade de habitats do planeta e o que está gravado nos genomas dos microrganismos



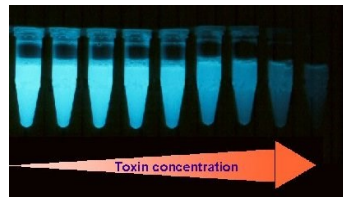
A diversidade nos habitats é sinônimo da diversidade de pressões seletivas e recursos.

Pressão seletiva > mudança > diversidade molecular > diversidade metabólica e fisiológica nos microrganismos > seleção > sobreviventes

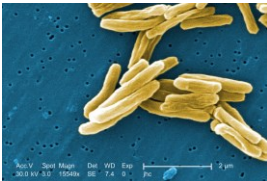
**Conceito 4** – Avanços na microbiologia ambiental dependem de linhas de evidências independentes usando várias metodologias de medida. Microscopia, biomarcadores, biologia molecular e outras tecnologias que podem ser aplicadas no laboratório ou em campo.



Placa de petri com *Vibrio fischeri*  
- bioluminescência



Utilização do *Vibrio fischeri* como indicador para compostos tóxicos: correlação intensidade da bioluminescência e a toxicidade de um composto.

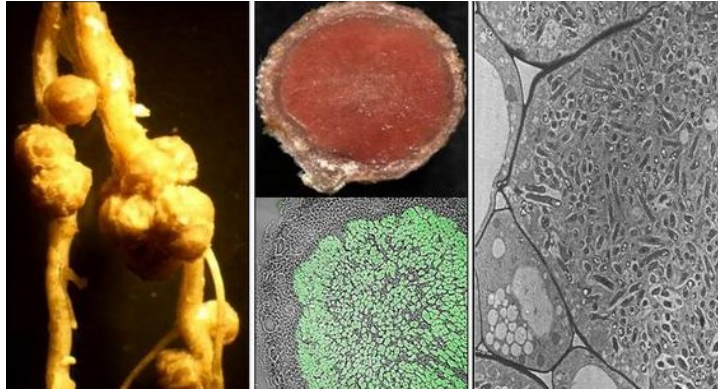


Microscopia eletrônica de varredura



Metodologias em laboratório e em campo

**Exemplo: Simbiose entre o *Bradyrhizobium japonicum* — planta de soja**

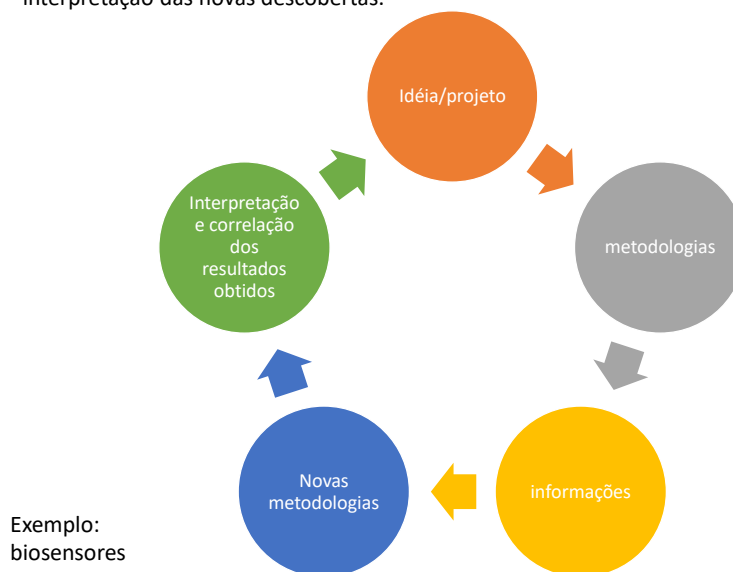


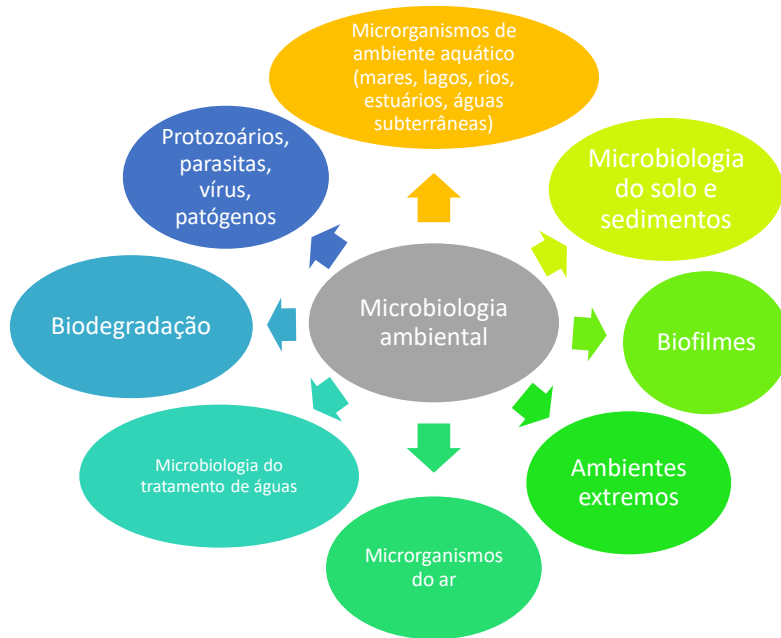
**Esquerda:** Nódulos na raiz da planta de soja resultante da interação simbiótica entre a bactéria *B. japonicum* e a planta hospedeira da soja

**Centro:** Secção de um nódulo da raiz da soja. A coloração vermelha vem da proteína leg-hemoglobina que se liga reversivelmente ao oxigênio (acima). Colonização das células da planta pelo *B. japonicum* expressando uma proteína recombinante verde fluorescente (abaixo).

**Direita:** Bactéria fixadora de Nitrogenio *B. japonicum* numa célula infectada da raiz em um nódulo da planta.

– A microbiologia ambiental é dinâmica e envolve várias metodologias. Cada metodologia tem suas vantagens, desvantagens. Novas metodologias surgem e são capazes de gerar novas informações, necessitando uma sólida formação para interpretação das novas descobertas.





## MICROBIOLOGIA AMBIENTAL

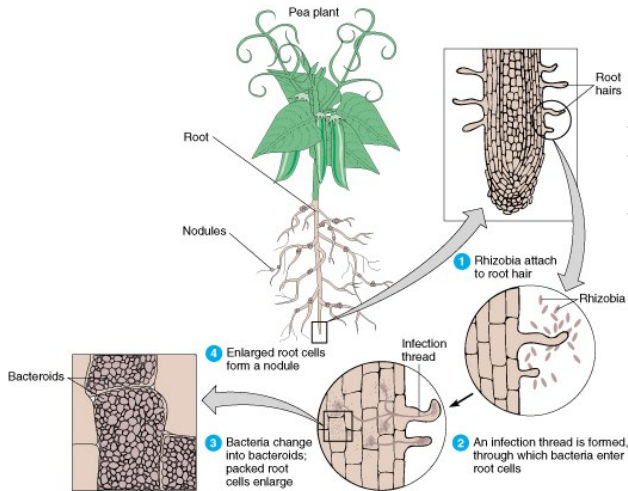
- Estudo da atividade/função dos microrganismos no ambiente que habitam e de sua interação com outros organismos



1- O QUE OS MICRORGANISMOS FAZEM?

2- COMO NOS PODEMOS USAR ISSO PARA NOSSO COTIDIANO?  
COMO PODEMOS APLICAR ISSO?

## 1- O QUE OS MICRORGANISMOS FAZEM?



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

- SIMBIOSE PLANTA/BACTÉRIA
- PLANTA FORNECE ALIMENTO E HABITAT PARA BACTÉRIA
- BACTÉRIA FORNECE NITROGÊNIO PARA O CRESCIMENTO DA PLANTA

## 2- COMO NOS PODEMOS USAR ISSO PARA NOSSO PROVEITO?



# Nodusoja

tecnologia gerando produtividade

Segunda-Feira, 14 de Abril de 2014

- ▶ Página Inicial
- ▶ Quem Somos
- ▶ Produtos
  - SOJA
  - FEIJÃO
    - NODUBEANS T - Inoculante turfoso
    - NODUBEANS L - Inoculante líquido**
    - FEIJÃO CAUPI
    - AMENDOIM
    - MILHO
- ▶ Micronutrientes - Em breve
- ▶ Avaliações em campo
- ▶ Informativos
- ▶ Links
- ▶ Últimas notícias
- ▶ Localização
- ▶ Contato

Produtos > FEIJÃO > NODUBEANS L - Inoculante líquido

### NODUBEANS L - Inoculante líquido

SOLICITAR + INFORMAÇÕES

**Descrição**



**NoduBeans**  
INOCULANTE LÍQUIDO PARA FEIJÃO

O NODUBEANS L é inoculante líquido indicado para cultura de Feijão, composto de uma cultura de bactérias selecionadas do gênero *Rhizobium tropici*, estirpe SEMIA 4077, que proporciona elevada fixação biológica de nitrogênio quando associada à planta hospedeira. Sua alta concentração de rizóbios melhora a fixação de nitrogênio, além de aumentar os níveis de matéria orgânica no solo e sua produtividade.

**VANTAGENS E BENEFÍCIOS:**

- Elaborado com a estirpe recomendada: SEMIA 4077.
- Inoculante líquido de fácil aplicação, um dos mais concentrados no mercado.
- Eficiência comprovada em campo.
- Potencializa a fixação biológica de nitrogênio, aumentando o rendimento de grãos por planta.
- Rigoroso controle de qualidade em todo processo de produção, armazenamento e distribuição.
- Acondicionado em caixas de isopor para maior proteção das bactérias e maximizar a FBN.
- Sobrevivência da bactéria por muito mais tempo após a inoculação das sementes.
- Alta concentração e estabilidade de rizóbios (3 x 10<sup>9</sup> ou 3.000.000.000 de células/g em sua validade).
- Produto devidamente registrado no MAPA.

**EMBALAGEM:**

- Bolsa plástica de 3L, contendo 30 doses de 100mL, cada.
- Caixa de isopor com 04 bolsas de NODUBEANS L, totalizando 120 doses.
- Peso Líquido: 12kg.



## QUAIS OS 5 CONCEITOS FUNDAMENTAIS QUE UNIFICAM A MICROBIOLOGIA AMBIENTAL???

>>MULTIDISCIPLINAR!!

>> SERES VIVOS POSSUEM UM INSTINTO NATURAL DE SOBREVIVÊNCIA, MULTIPLICAÇÃO, REPRODUÇÃO

>> DIVERSIDADE DOS HABITATS (MEIO AMBIENTE) O QUE GERA? EXEMPLO EXTREMAMENTE QUENTE, TERÃO PINGUINS?

>O CALOR GERA UMA PRESSÃO DE SELEÇÃO

> DNA SOFRE MUDANÇAS CONSTANTEMENTE = MUTAÇÕES

> DENTRE 10.000 MUTAÇÕES UMA PODE TER FAVORECIDO O INDIVÍDUO (Ex. resistência ao calor: mutação DNA, pinguins pelados, seleção natural)



>> VÁRIAS TÉCNICAS OU METODOLOGIAS PODEM SER UTILIZADAS PARA UM DETERMINADO FIM

## Exemplos de ciclagem de nutrientes e processos fisiológicos catalisados por microrganismos

**Table 1.2**

Examples of nutrient cycling and physiological processes catalyzed by microorganisms in biosphere habitats (reproduced with permission from *Nature Reviews Microbiology* from Madsen, E.L. 2005. Identifying microorganisms responsible for ecologically significant biogeochemical processes. *Nature Rev. Microbiol.* 3:439–446. Macmillan Magazines, www.nature.com/reviews)

Nutrient cycle	Process	Nature of process	Typical habitat	References
<b>Carbon</b>	Photosynthesis	Light-driven CO <sub>2</sub> fixation into biomass	FwS, Os, Ow	Pichard et al., 1997; Partensky et al., 1999; Ting et al., 2002
	Carbon respiration	Oxidation of organic C to CO <sub>2</sub>	Sl	Heemsbergen, 2004
	Cellulose decomposition	Depolymerization, respiration	Sl	Jones et al., 1998
	Methanogenesis	Methane production	FwS, Os, Sw	Conrad, 1996; Schink, 1997
	Aerobic methane oxidation	Methane becomes CO <sub>2</sub>	Fw, Ow, Sl	Segers, 1998; Bull et al., 2000
	Anaerobic methane oxidation	Methane becomes CO <sub>2</sub>	Os	Boetius et al., 2000
<b>Biodegradation</b>	Synthetic organic compounds	Decomposition, CO <sub>2</sub> formation	All habitats	Alexander, 1999; Boxall et al., 2004
	Petroleum hydrocarbons	Decomposition, CO <sub>2</sub> formation	All habitats	Van Hamme et al., 2003
	Fuel additives (MTBE)	Decomposition, CO <sub>2</sub> formation	Gw, Sl, Sw	Deeb et al., 2003
	Nitroaromatics	Decomposition	Gw, Sl, Sw	Spain et al., 2000; Esteve-Núñez et al., 2001
	Pharmaceuticals, personal care products	Decomposition	Gw, Sl, Sw	Alexander, 1999; Ternes et al., 2004
Chlorinated solvents	Compounds are dechlorinated via respiration in anaerobic habitats	Gw, Sl, Sw	Maymo-Gatell et al., 1997; Adrian et al., 2000	

Fw, freshwater; FwS, freshwater sediment; Gw, groundwater; Os, ocean sediments; Ow, ocean waters; Sl, soil; Sw, sewage.

### Exemplos de ciclagem de nutrientes e processos fisiológicos catalisados por microrganismos

<b>Nitrogen</b>	Nitrogen fixation	N <sub>2</sub> gas becomes ammonia	Ow, Sl	Karl et al., 2002 Stark and Hart, 1997; Kowalchuk and Stephen, 2001 Dalsgaard et al., 2003; van Niftrik et al., 2004 Zumft, 1997; van Breemen et al., 2002
	Ammonium oxidation	Ammonia becomes nitrite and nitrate	Sl, Sw	
	Anaerobic ammonium oxidation	Nitrite and ammonia become N <sub>2</sub> gas	Os, Sw	
	Denitrification	Nitrate is used as an electron acceptor and converted to N <sub>2</sub> gas	Sl, Sw	
<b>Sulfur</b>	Sulfur oxidation	Sulfide and sulfur become sulfate	Os	Taylor and Wirsén, 1997
	Sulfate reduction	Sulfate is used as an electron acceptor and converted to sulfur and sulfide	Os	Habicht and Canfield, 1996
<b>Other elements</b>	Hydrogen oxidation	Hydrogen is oxidized to H <sup>+</sup> , electrons reduce other substances	Sl, Os, Sw	Schink, 1997
	Mercury methylation and reduction	Organic mercury is formed and mercury ion is converted to metallic mercury	FwS, Os	Morel et al., 1998; Sigel et al., 2005
	(Per)chlorate reduction	Oxidants in rocket fuel and other sources are converted to chloride	Gw	Coates and Achenbach, 2004
	Uranium reduction	Uranium oxyanion is used as an electron acceptor; hence immobilized	Gw	Lovley, 2003
	Arsenate reduction	Arsenic oxyanion is used as an electron acceptor; hence toxicity is diminished	FwS, Gw	Oremland and Stolz, 2003
	Iron oxidation, acid mine drainage	Iron sulfide ores are oxidized, strong acidity is generated	FwS, Gw	Edwards et al., 2000

Fw, freshwater; FwS, freshwater sediment; Gw, groundwater; Os, ocean sediments; Ow, ocean waters; Sl, soil; Sw, sewage.



# MICROBIOLOGIA AMBIENTAL

Diversidade microbiana

PROF. GUSTAVO H. COUTO



## O que é diversidade?

**Variabilidade** entre microrganismos em nível de espécie, entre espécies e nos ecossistemas. (Convenção biológica da Biodiversidade, 1992 – Rio-92).

Pode ser entendida como uma associação de vários componentes hierárquicos:

**Ecológico**  
**Organismo**  
**Genético**

## Elementos da diversidade

Heywood & Baste, 1995

### Diversidade Ecológica

Biomias  
 Bio-regiões  
 Paisagem  
 Ecossistema  
 Habitat  
 Nichos  
 Populações

### Diversidade Organismos

Reino  
 Filo  
 Família  
 Gênero  
 Espécie  
 População  
 Indivíduo

### Diversidade Genética

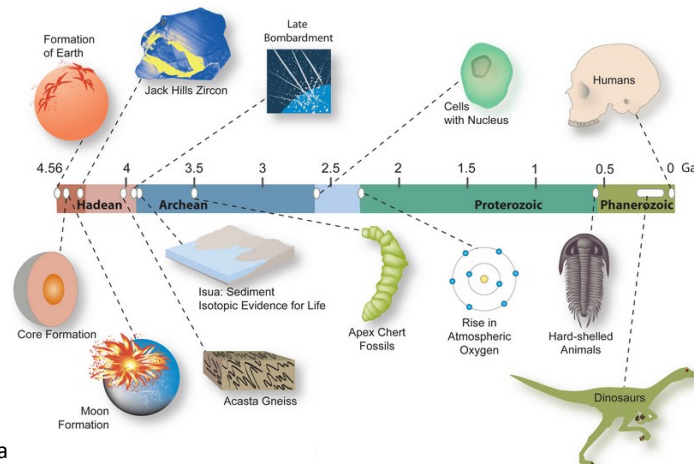
Populações  
 Indivíduos  
 Cromossomos  
 Genes  
 Nucleotídeos

Os microrganismos estão presentes em praticamente todos os ambientes da terra

A grande diversidade dos microrganismos se reflete em todos os aspectos da vida



- Com a formação da terra, a  $4,6 \times 10^9$  de anos atrás uma série inexplorada eventos físicos, químicos, bioquímicos e posteriormente biológicos começaram a se revelar.
- Acredita-se que os procariotos (arqueias e bactérias) foram a única ou a forma dominante de vida em 70% da história da terra. (70% de 4,6 milhões de anos)
- Anfitriões do planeta
- Procariotos compreendem ~60% da biomassa total, estando presente em uma variedade de habitats incluindo ambientes extremos (altura, profundidade, pressão, salinidade, pH, calor ou luz)



Vídeo arqueia

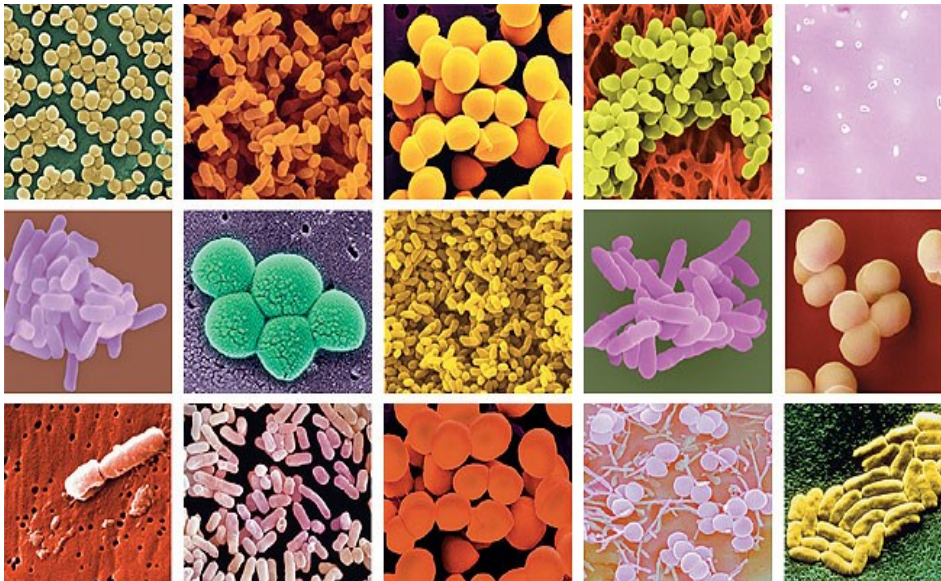
### Por que essa capacidade dos procaríotos de habitar em qualquer tipo de ambiente?

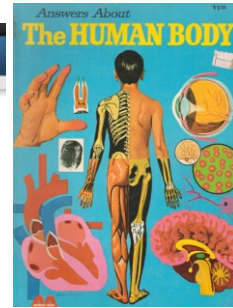
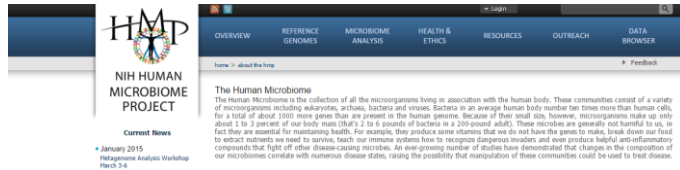
Combinação única de características para uma ampla distribuição na biosfera

CARACTERÍSTICA	CONSEQUÊNCIAS DAS CARACTERÍSTICAS
Tamanho pequeno	
Distribuição universal em todos habitats da terra	Ciclagem geoquímica dos elementos, compostos orgânicos e inorgânicos
Elevada superfície específica	Detoxificação de poluentes orgânicos
Potencial de alta taxa metabólica	Detoxificação de poluentes inorgânicos
Capacidade de resposta fisiológica	Liberação de nutrientes limitantes essenciais da biomassa de uma geração para outra
Maleabilidade genética	Manutenção da composição química do solo, sedimento, água e atmosfera requeridos por outras formas de vida
Potencial de rápida taxa de crescimento	
Incomparável diversidade nutricional	
Incomparável diversidade genética	

A interação governada termodinamicamente entre os recursos (compostos orgânicos, inorgânicos e elementos), os microrganismos e 3,6 bilhões anos de evolução, provavelmente são a fonte de diversidade metabólica do mundo microbiano.

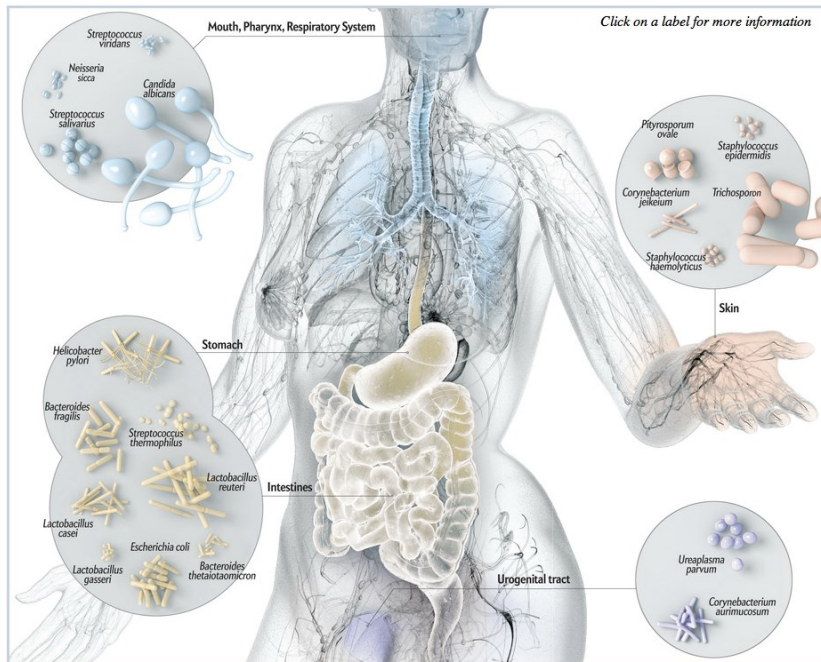
### DIVERSIDADE DE FORMAS E TAMANHOS

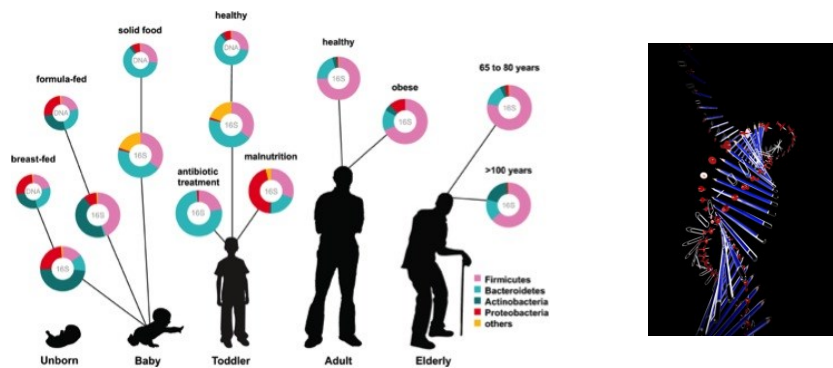




## Projeto Microbioma Humano

- Projeto com início em 2008
- Coleção de todos os microrganismos que vivem em associação com o corpo humano.
- Comunidade variada que inclui eucariotos, arqueias, bactérias e vírus.
- Existem mais bactérias no nosso corpo (10X mais!) que células humanas.
- Em peso eles representam 1% da massa corporal (peso seco).
- Maior parte é benéfica, essencial para a saúde (produção de vitaminas, quebra de alimentos, ensina o sistema imune como reconhecer invasores, produz compostos anti-inflamatórios)
- Estudos mostram que a mudança na composição do nosso microbioma reflete o estado de uma determinada doença.





- Nosso corpo e o corpo de outras espécies animais está literalmente colonizado por uma rica e complexa diversidade de microrganismos > Microbioma humano
- No corpo humano existem ~ 100 trilhões de microrganismos habitando a superfície interna e externa.
- O microbioma humano varia muito nas mais diversas regiões do nosso corpo, dependendo de condições como umidade, pH, temperatura e nutrientes disponíveis.

## Métodos utilizados para se estudar a diversidade microbiana

### Análises dependentes de cultivo:

- 1- Enriquecimento e isolamento em cultura pura
- 2- Análise de características fenotípicas (identificações dos microrganismos realizado principalmente por análises morfológicas e fisiológicas comparada a padrões de espécies conhecidas)

### Análises independentes de cultivo (molecular)

- 1- Viabilidade e quantificação - técnicas de coloração
- 2- Corantes genéticos
- 3- PCR – correlação de sequências de DNA específicas a microrganismos específicos

### Medida das atividades microbianas

Respiração, ATP, produção de calor, atividade enzimática e outros.

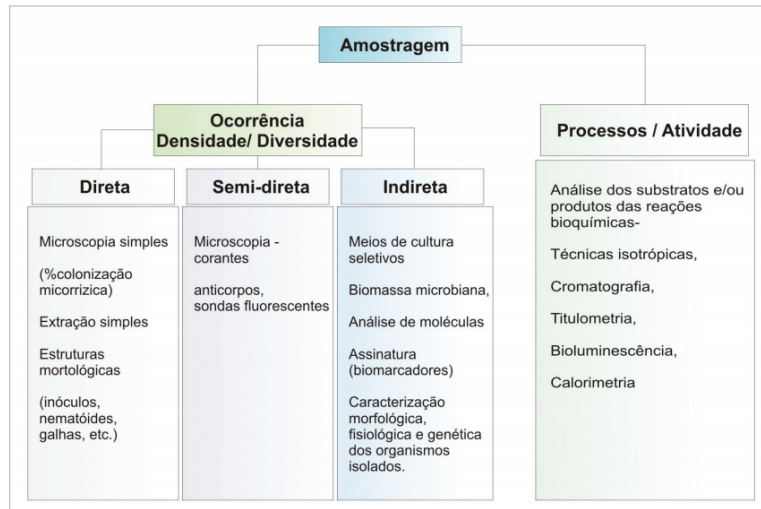
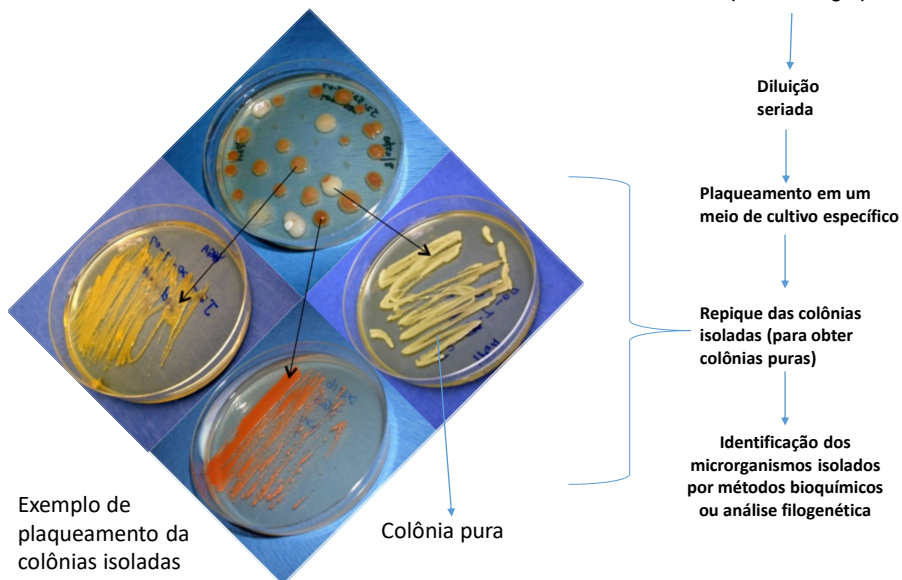
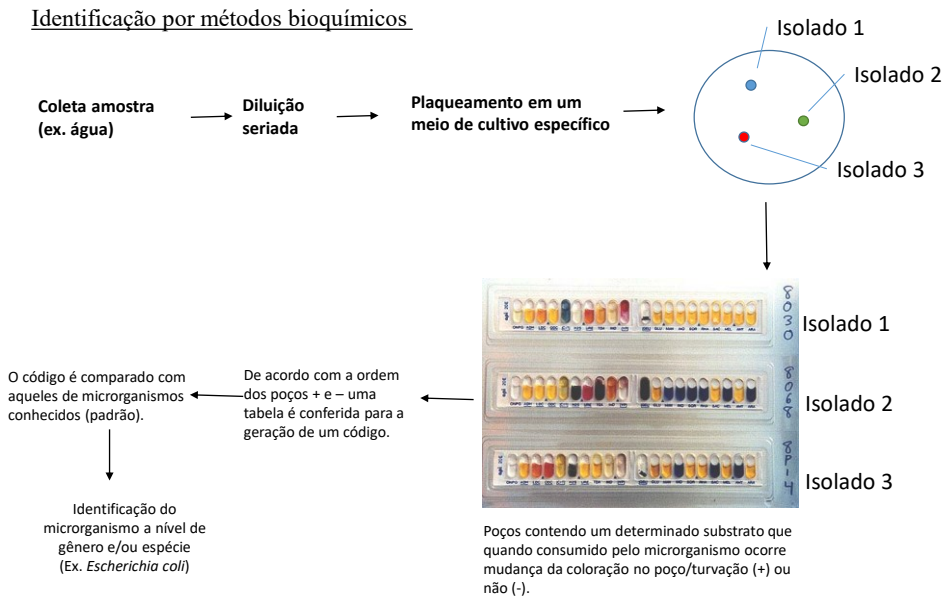


Figura 1. O esquema evidencia os métodos utilizados no estudo da diversidade microbiana de um habitat.

## Análises dependentes de cultivo (metodologia clássica)

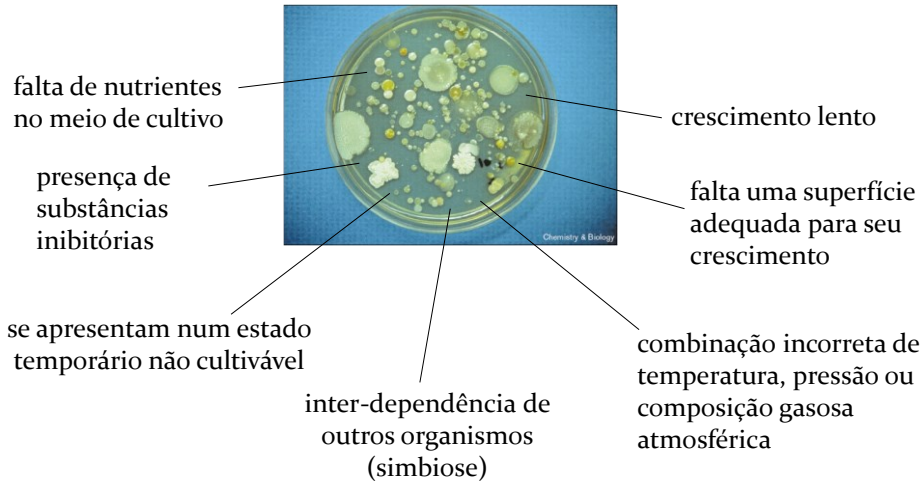


- Identificação por métodos bioquímicos (exemplo: uso do carbono)
  - **Como funciona?**
    - Placas com diferentes poços, cada um com uma fonte diferente de carbono
    - Se o microorganismo começa a utilizar a fonte de carbono, a corante é reduzido e aparece uma cor determinada no espaço.
    - A análise geralmente é feita durante 2 a 5 dias.
  - **Para que é usado?**
    - Avaliar o potencial metabólico de comunidades de microrganismos em locais contaminados.
    - Estimar diversidade de microrganismos. (riqueza nas respostas)
    - Estimar similaridade entre comunidades. (padrão de desenvolvimento)
    - Determinar facilidade/dificuldade no uso do carbono. (taxa de mudança da cor em cada espaço)



## Limitações da Metodologia Clássica (Cultivo)

- a maioria das bactérias (95%) por exemplo não são cultiváveis nos meios de cultivo atualmente descritos. Por que?



- Em 1985, PACE utilizou iniciadores específicos para amplificar o gene 16S rRNA para caracterizar a biodiversidade de amostras de solo se necessidade de cultivo.
- A descoberta dessa diversidade teve grande impacto também no sistema de classificação filogenética de bactérias



*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*  
Vol. 82, pp. 6955-6959, October 1985  
Evolution

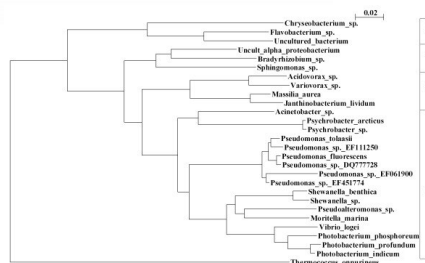
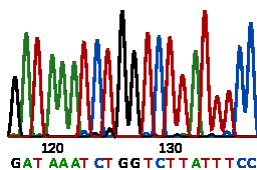
### Rapid determination of 16S ribosomal RNA sequences for phylogenetic analyses

(reverse transcriptase/dideoxynucleotide)

DAVID J. LANE\*, BERNADETTE PACE\*, GARY J. OLSEN\*, DAVID A. STAHL†‡, MITCHELL L. SOGIN†, AND NORMAN R. PACE\*§

\*Department of Biology and Institute for Molecular and Cellular Biology, Indiana University, Bloomington, IN 47405; and †Department of Molecular and Cellular Biology, National Jewish Hospital and Research Center, Denver, CO 80206

Communicated by Ralph S. Wolfe, June 26, 1985

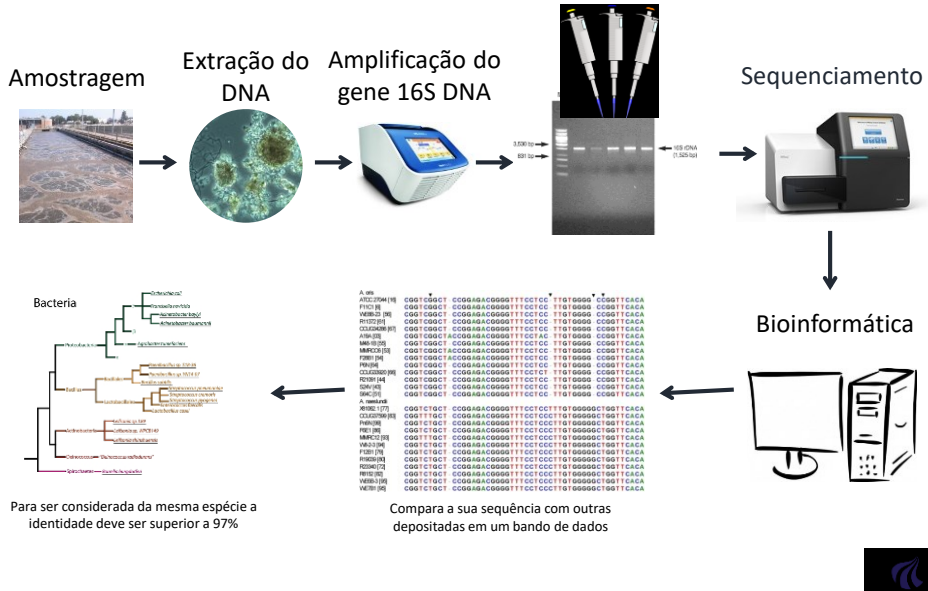


Dendograma filogenético espécies bacterianas



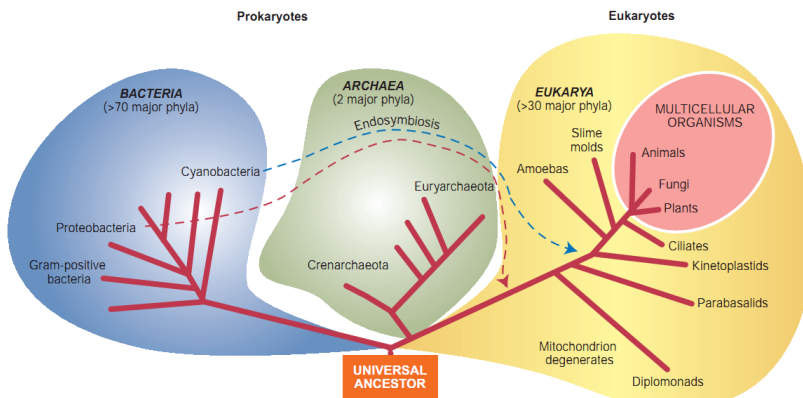


## Típicas etapas para identificação microrganismos



## Classificação dos microrganismos

- O americano Carl Woese e colaboradores propuseram uma classificação baseada na sequência do DNA.
- Sistema de 3 domínios: Archaea, Bacteria e Eukarya



**FIGURE 3.7** The Three-Domain System Forms the "Tree of Life". Fundamental differences in genetic endowments are the basis for the three domains of all organisms on Earth. Some 3.5 billion years ago, a universal ancestor arose from which all modern day organisms descended. »» What cellular characteristic was the major factor stimulating the development of the three-domain system?

# Domínio Archaea

Perspectiva filogenética: 3 grandes filios

## *Crenarchaeota*

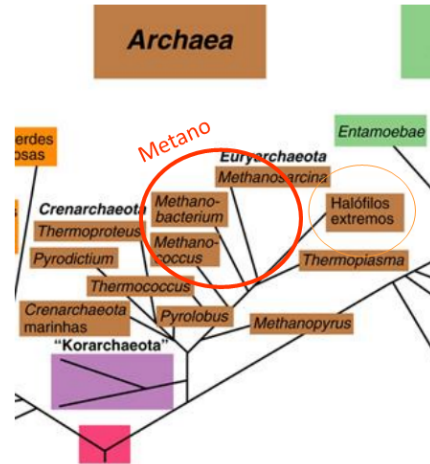
Alguns definidos pela sequência de genes ribossomais de amostras de ambiente, principalmente de oceanos com temperaturas baixas.

## *Euryarchaeota*

Produtores de metano e halófilos extremos

## "Korarchaeota"

Identificado a partir de análises de comunidades microbianas, de fonte quente específica no Parque Nacional de Yellowstone (hipertermofílicos).



## ARQUÉIAS

- Algumas espécies são extremófilas (extremos de temperatura, pH, salinidade, etc)
- Não são bactérias, possuem características próprias.
- metanogênicas (produzem metano)



(A)



(B)

**FIGURE 4.1** Life at the Edge. Bacterial and archaeal extremophiles have been isolated from the edges of natural cauldrons, including (A) the Grand Prismatic Spring in Yellowstone National Park, Wyoming, where the water of the hot spring is over 70°C, or (B) the mud pools surrounding sulfurous steam vents of the Solfatara Crater in Pozzuoli, Italy, where the mud has a very low pH and a temperature above 90°. »» How do extremophiles survive under these extreme conditions?

## Domínio *Bacteria*

-Pelo menos 40 divisões (filos);

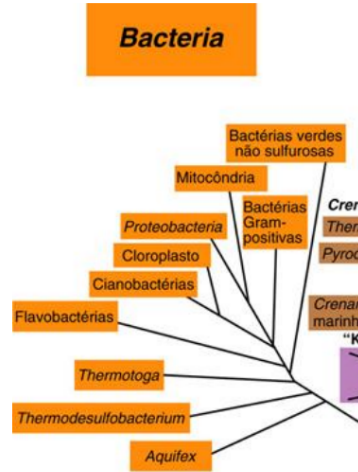
-Muitos filos foram diferenciados por propriedades fenotípicas (espiroquetas e cianobactérias);

-A maioria dos filos consiste em espécies que, embora especificamente relacionadas do ponto de vista filogenético, são desprovidas de forte semelhança fenotípica (filo: Proteobacteria);

-Organelas eucarióticas foram claramente originadas do domínio *Bacteria*;

Mitocôndria do filo *Proteobacteria*, especificamente de organismos relacionados, como *Agrobacterium*, *Rhizobium* e riquétsias (também intracelulares);

Cloroplasto do filo das cianobactérias (realizam fotossíntese)



## BACTÉRIAS

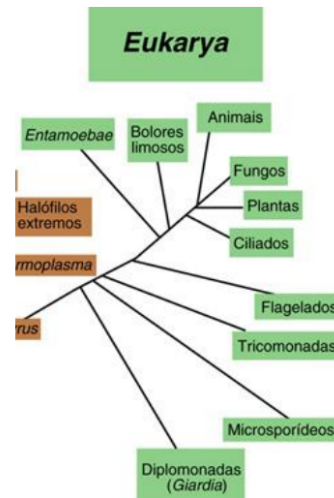
- DIVISÃO BINÁRIA
- CAPAZ DE FORMAR ESPOROS
- PODEM POSSUIR FLAGELO
- POSSUI PAREDE CELULAR FORMADA POR PEPTIDEOGLUCANA
- DIVISÃO BINÁRIA
- CAPAZ DE FORMAR ESPOROS
- PODEM POSSUIR FLAGELO
- POSSUI PAREDE CELULAR FORMADA POR PEPTIDEOGLUCANA



## Domínio *Eukarya*

Observe: Microrganismos eucarióticos situam-se em *ramos mais profundos* da árvore, enquanto que os metazoários (organismos multicelulares) correspondem a *organismos altamente derivados*. Considerados mais evoluídos;

Observação sustentada pelo aparecimento tardio de metazoários em registros fósseis.



## Domínio *Eukarya*

### Protozoários

Do latim, *protozoa*, singular: *protozoan*

*Protozoa* → primeiro animal, está relacionado com a forma de alimentação

Microrganismos unicelulares eucariotos que pertencem ao Reino dos Protistas;

Não apresentam parede celular;

Habitam água e solo;

*Amoeba sp.* - Pseudópodes

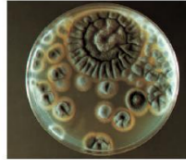


<http://www.helpfulhealthtips.com/Images/A/Amoeba.jpg>

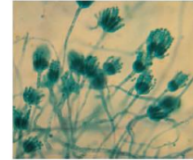
## Domínio *Eukarya*

### Fungos

- do Latim *fungi*, singular: *fungus*.
- Eucariotos, com núcleo definido onde o DNA é envolto por membrana;
- Os organismos do reino dos Fungos podem ser unicelulares ou multicelulares;  
→ Cogumelos: multicelulares parecidos com plantas, mas não fazem fotossíntese!
- Fungos verdadeiros **possuem parede celular composta de quitina**;
- Os mais típicos são os bolores ou filamentosos (hifas) que formam massa visível chamada de micélio;
- Leveduras, fungos unicelulares, são ovais e maiores que as bactérias



Prescott-Harley-Klein:  
Microbiology, 6th Edition



## Domínio *Eukarya*

### Algas

- Eucarióticos que contêm clorofila e realizam fotossíntese oxigênica;
  - Unicelulares, filamentosas ou multicelulares (talos);
  - Maioria vive em ambiente aquático;
  - Reprodução assexuada por divisão celular e fragmentação, mas muitas também se reproduzem sexualmente;
- São classificadas de acordo com suas estruturas e pigmentos.



*Euglena*

[http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/Galleries/USA1999/Species/Euglena\\_2.jpg](http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/Galleries/USA1999/Species/Euglena_2.jpg)

**Tabela 11.3** Resumo das principais características distintivas de *Bacteria*, *Archaea* e *Eukarya*<sup>a</sup>

Característica	Bacteria	Archaea	Eukarya
<b>Morfológica e genética</b>			
Estrutura celular procarionótica	Sim	Sim	Não
Presença de DNA na forma circular e covalentemente fechada	Sim	Sim	Não
Presença de proteínas histonas	Não	Sim	Sim
Núcleo envolto por membrana	Ausente	Ausente	Presente
Parede celular	Presença de ácido murâmico	Ausência de ácido murâmico	Ausência de ácido murâmico
Lípidos de membrana	Ligação éster	Ligação éter	Ligação éster
Ribossomos (massa)	70S	70S	80S
tRNA iniciador	Formilmetionina	Metionina	Metionina
Introns na maioria dos genes	Não	Não	Sim
Operons	Sim	Sim	Não
Adição de "cap" e cauda poli-A no mRNA	Não	Não	Sim
Plasmídeos	Sim	Sim	Raros
Sensibilidade do ribossomo à toxina diftérica	Não	Sim	Sim
RNA polimerases (ver Figura 11.16)	Uma (4 subunidades cada)	Várias (8-12 subunidades cada)	Três (12-14 subunidades cada)
Necessidade de fatores de transcrição (= Seção 7.10)	Não	Sim	Sim
Estrutura do promotor (= Seção 7.9)	Sequências -10 e -35 (Pribnow box)	TATA box	TATA box
Sensibilidade a cloranfenicol, estreptomicina e kanamicina	Sim	Não	Não
<b>Fisiológica</b>			
Metanogênese	Não	Sim	Não
Redução dissimilativa de S <sup>0</sup> ou SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> a H <sub>2</sub> S, ou Fe <sup>3+</sup> a Fe <sup>2+</sup>	Sim	Sim	Não
Nitrificação	Sim	Não	Não
Denitrificação	Sim	Sim	Não
Fixação de nitrogênio	Sim	Sim	Não
Fotossíntese baseada em clorofila	Sim	Não	Sim (em cloroplastos)
Metabolismo energético baseado em rodopsina	Sim	Sim	Não
Quimiototrofia (Fe, S, H <sub>2</sub> )	Sim	Sim	Não
Vesículas de gás	Sim	Sim	Não
Síntese de grânulos de armazenamento de carbono, compostos por poli-β-hidroxicarboxilatos	Sim	Sim	Não
Crescimento acima de 80°C	Sim	Sim	Não

<sup>a</sup> Observe que algumas propriedades são apresentadas apenas por determinados representantes do domínio.

## Vírus

*Depende do ponto de vista → agregações extremamente complexas de substâncias químicas ou microrganismos extremamente simples.*

-Possuem um único tipo de ácido nucléico (DNA e RNA) e uma cobertura protéica envolvida por um envelope composto de lipídeos, proteínas e carboidratos;

-São parasitas intracelulares obrigatórios;

