



ESALQ

LFT 5770 - Patologia de Sementes e Mudas

Microbiologia do Solo

Felipe Martins do Rêgo Barros

Dr. em Solos e Nutrição de Plantas - USP/ESALQ

MSc. Ciência do Solo – UFRPE

Engenheiro Agrônomo – UFRPE

Piracicaba, 2023

SUMÁRIO

Parte 1

1. Introdução à Biologia do Solo

2. Introdução à Ecologia Microbiana

Parte 2

3. Funções do microbioma do solo

Dúvidas e questionamentos

Avaliação: Mini quiz

Literatura recomendada

LFT 5770 - Patologia de Sementes e Mudanças

Microbiologia do Solo

[Acesse o plano de aula](#)



Piracicaba, 2023

SUMÁRIO

Parte 1

1. Introdução à Biologia do Solo

2. Introdução à Ecologia Microbiana

Parte 2

3. Funções do microbioma do solo

Dúvidas e questionamentos

Avaliação: Mini quiz

Literatura recomendada

LFT 5770 - Patologia de Sementes e Mudanças

Microbiologia do Solo

Dr. Felipe Martins do Rêgo Barros

Piracicaba, 2023

Classificar para melhor entender

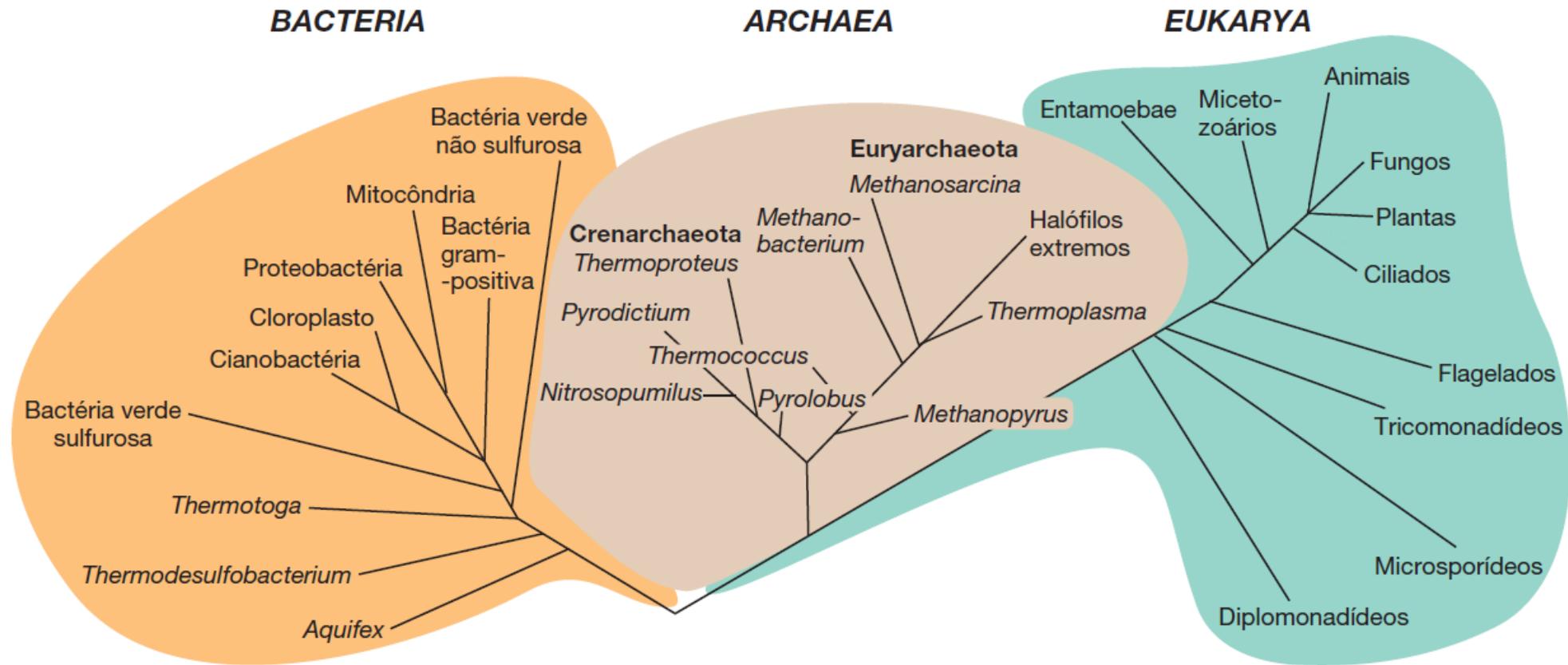


Figura 1.6 Relações evolutivas e a árvore da vida filogenética.

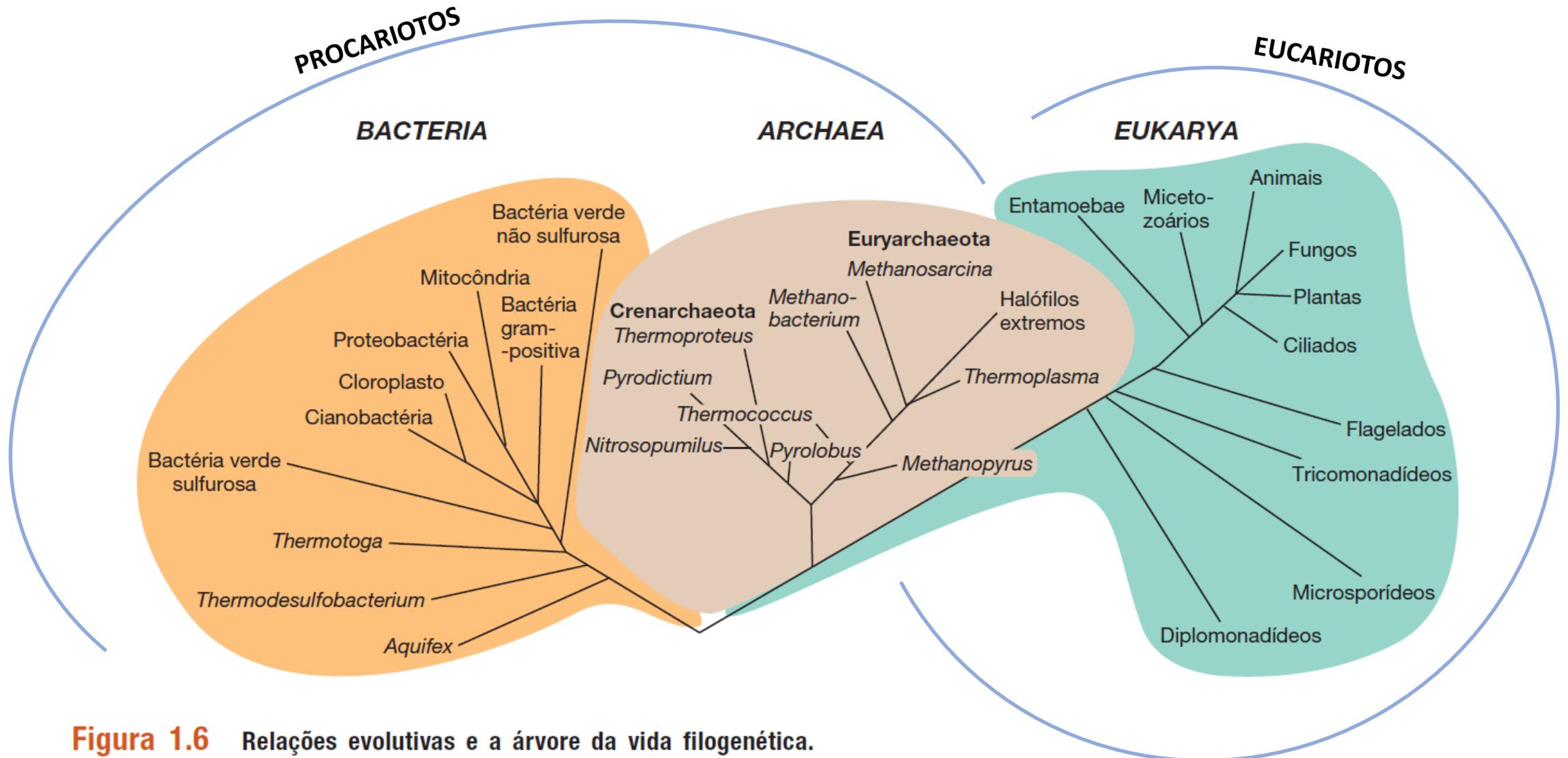


Figura 1.6 Relações evolutivas e a árvore da vida filogenética.

- Organismos com aplicações na agricultura – Insumos biológicos

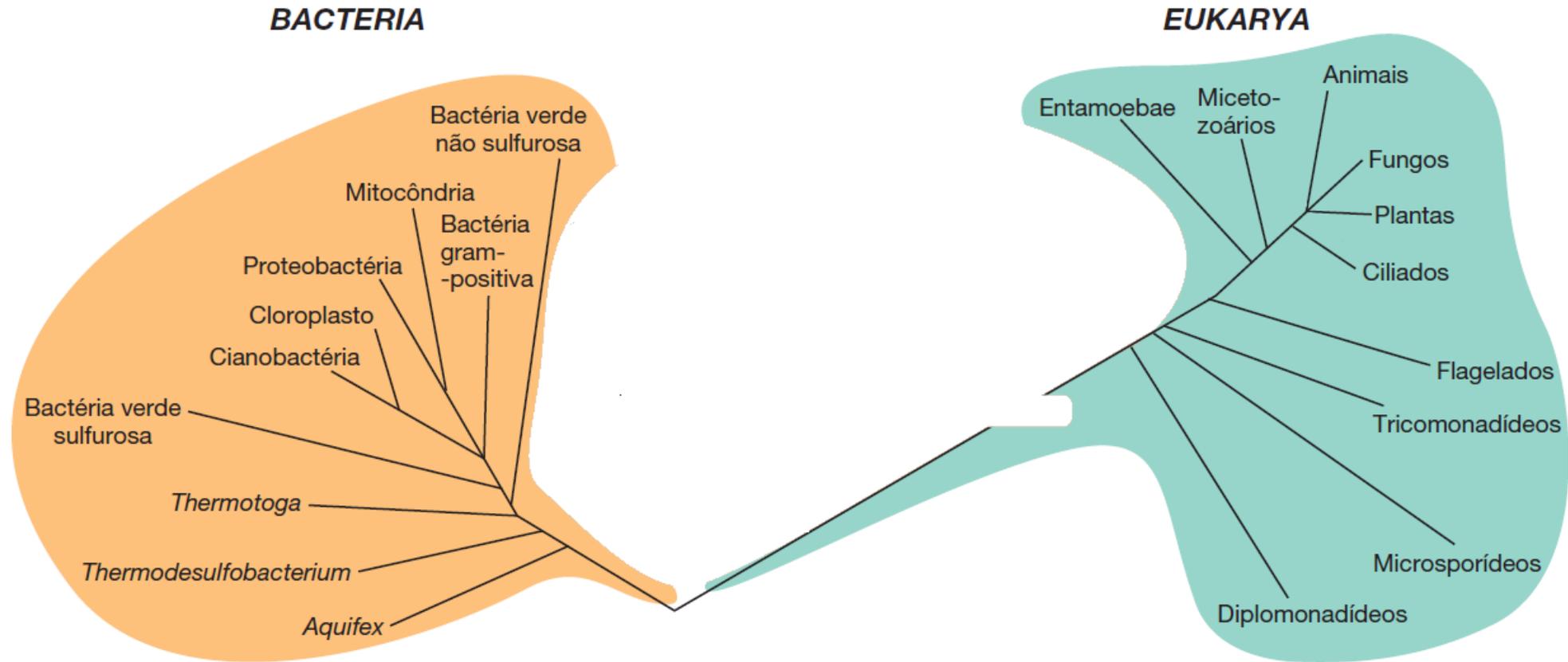


Figura 1.6 Relações evolutivas e a árvore da vida filogenética.

- Organismos com aplicações na agricultura – Insumos biológicos

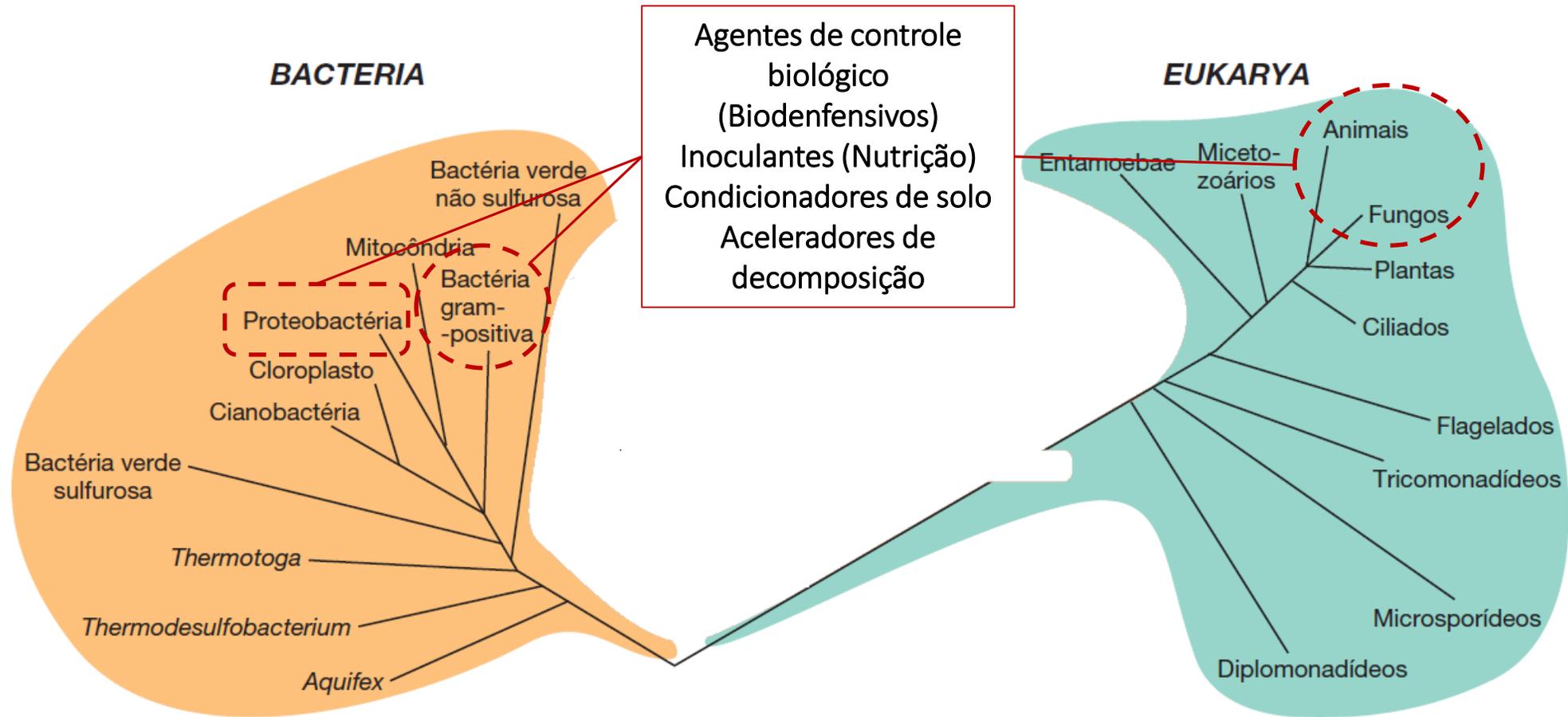
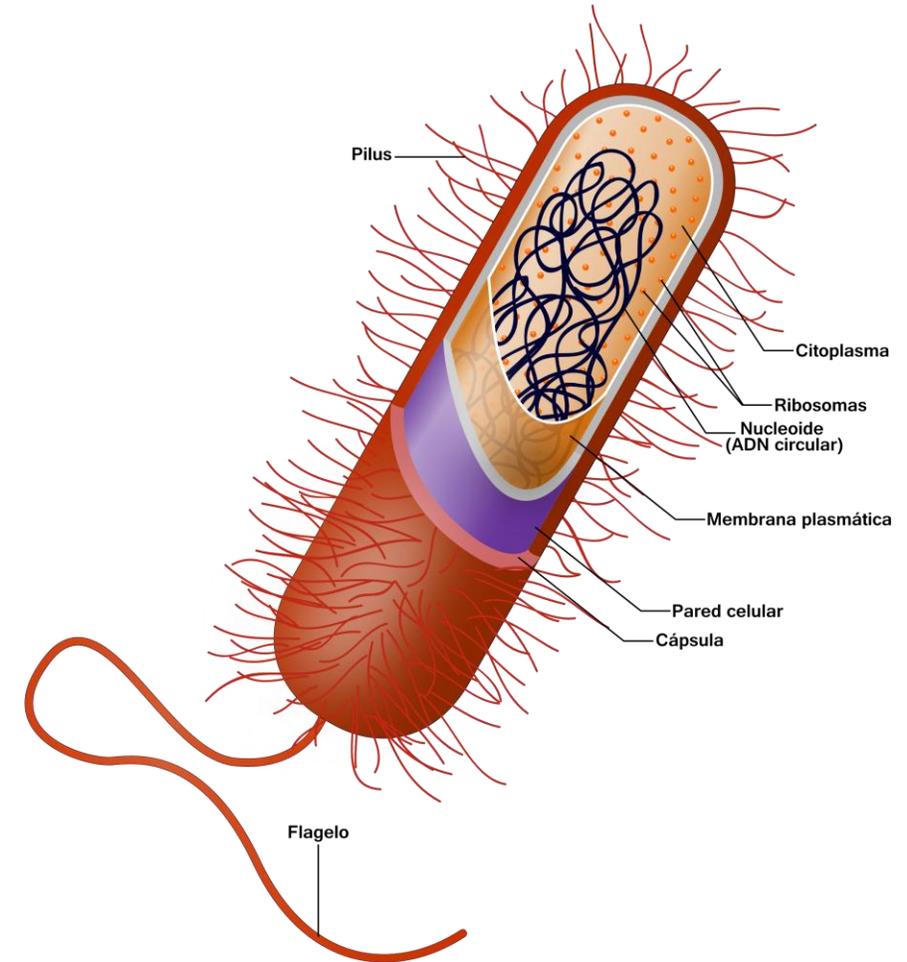


Figura 1.6 Relações evolutivas e a árvore da vida filogenética.

Procariotos

- Aplicação na agricultura → Bactérias cultiváveis*
- Elevada diversidade genética e metabólica
 - ↑ Diversidade de funções
 - ↑ Plasticidade metabólica¹
 - ↑ Redundância funcional²
- Elevada taxa de multiplicação
 - Em sua maioria - Estrategistas “r”³



Eucariotos

- Organismos mais especializados
 - Em sua maioria - Estrategistas “K”⁴
- Aplicação na agricultura → Fungos e Nematoides
- Fungos
 - Benéficos (decompositores, simbiontes, agentes de controle biológico)
 - Patógenos (podridões e murchas)
- Nematoides
 - Patógenos?

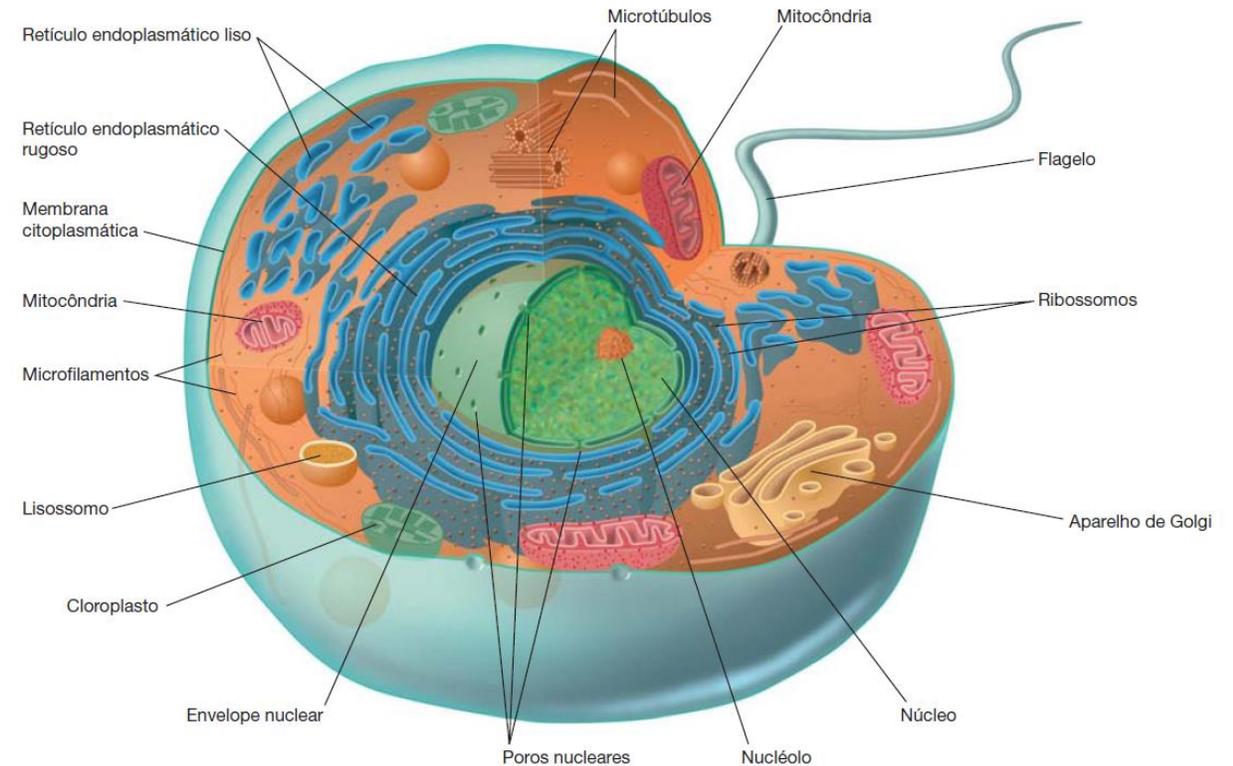


Figura 2.60 Ilustração esquemática de um corte de uma célula eucariótica.

(Fonte: Microbiologia de Brock-14ª Edição)

Eucariotos

- Organismos mais especializados
 - Em sua maioria - Estrategistas “K”⁴
- Aplicação na agricultura → Fungos e Nematoides
- Fungos
 - Benéficos (decompositores, simbiontes, agentes de controle biológico)
 - Patógenos (podridões e murchas)
- Nematoides
 - Patógenos (herbívoros = fitonematoides) – 25%
 - Benéficos (predadores, onívoros, bacteriófagos, fungívoros) – 75%

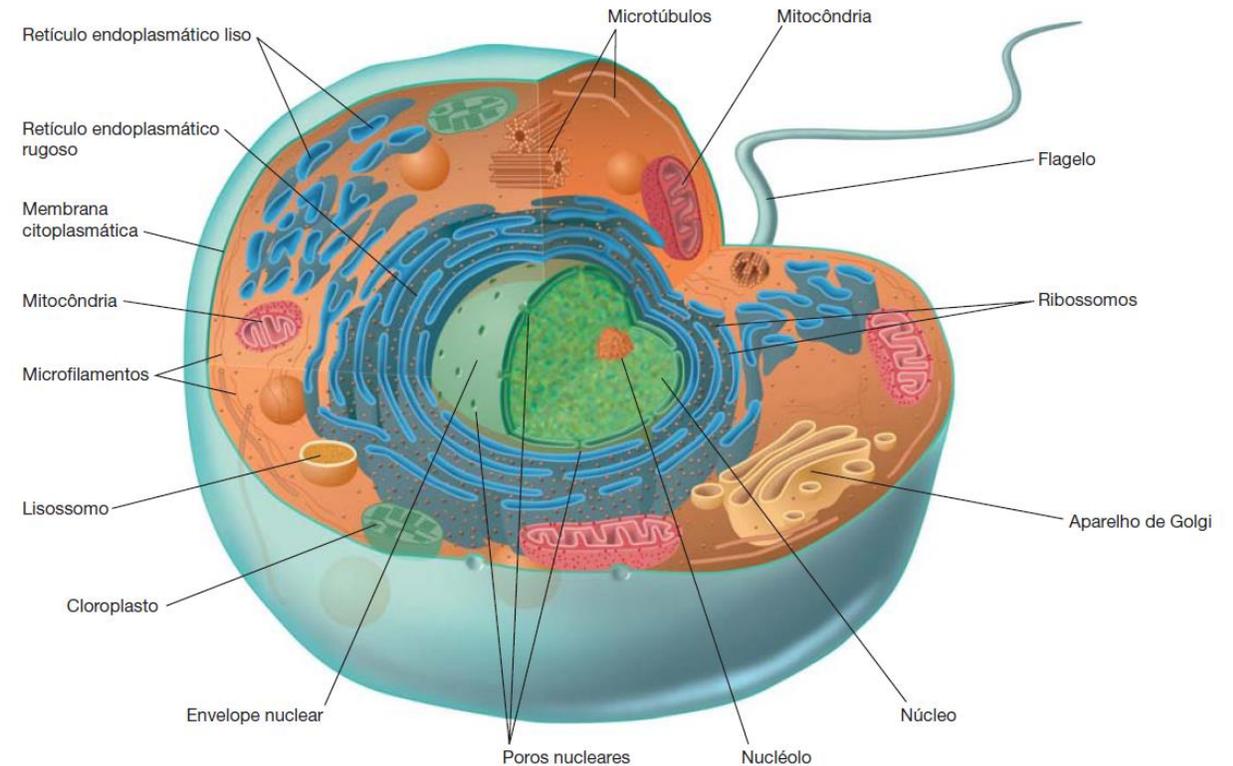


Figura 2.60 Ilustração esquemática de um corte de uma célula eucariótica.

(Fonte: Microbiologia de Brock-14ª Edição)

Classificar para melhor entender

- Classificação clássica (2006)

Tabela. Tamanho (baseado na largura do corpo), biomassa e densidade dos principais grupos de organismos do solo por m² (Modificado de Moreira e Siqueira, 2006)

Grupo	Biomassa	Densidade
	----- g -----	----- número -----
Microrganismos		
Bactérias	50	10 ¹⁴ *
Fungos	100	10 ¹¹
Microfauna (<0,2 mm)		
Protozoários	9	10 ¹⁰
Rotíferos	0,01	10 ⁵
Mesofauna (0,2 a 10 mm)		
Nematoides*	10	10 ⁷
Ácaros	1	10 ⁵
Colêmbolas	0,6	10 ⁴
Enquitríqueos	2	10 ⁴
Macrofauna (>10 mm)		
Minhocas	50	10 ²
Cupins	4	10 ³
Formigas	0,5	10 ³
Coleópteros	2,5	10 ²
Araquinídeos	0,5	10
Miriápodes	1,5	10
Outros	2,5	10 ²

Classificar para melhor entender

■ Classificação clássica (2006)

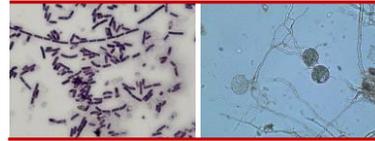


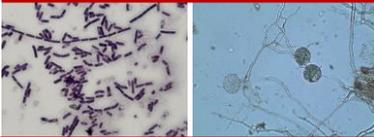
Tabela. Tamanho (baseado na largura do corpo), biomassa e densidade dos principais grupos de organismos do solo por m² (Modificado de Moreira e Siqueira, 2006)

Grupo	Biomassa	Densidade
	----- g -----	----- número -----
Microrganismos		
Bactérias	50	10 ¹⁴ *
Fungos	100	10 ¹¹
Microfauna (<0,2 mm)		
Protozoários	9	10 ¹⁰
Rotíferos	0,01	10 ⁵
Mesofauna (0,2 a 10 mm)		
Nematoides*	10	10 ⁷
Ácaros	1	10 ⁵
Colêmbolas	0,6	10 ⁴
Enquitríqueos	2	10 ⁴
Macrofauna (>10 mm)		
Minhocas	50	10 ²
Cupins	4	10 ³
Formigas	0,5	10 ³
Coleópteros	2,5	10 ²
Araquinídeos	0,5	10
Miriápodes	1,5	10
Outros	2,5	10 ²

Classificar para melhor entender

■ Classificação clássica (2006)

Tabela. Tamanho (baseado na largura do corpo), biomassa e densidade dos principais grupos de organismos do solo por m² (Modificado de Moreira e Siqueira, 2006)

Grupo	Biomassa	Densidade
	----- g -----	----- número -----
 Microorganismos		
Bactérias	50	10 ¹⁴ *
Fungos	100	10 ¹¹
 Microfauna (<0,2 mm)		
Protozoários	9	10 ¹⁰
Rotíferos	0,01	10 ⁵
Mesofauna (0,2 a 10 mm)		
Nematoides*	10	10 ⁷
Ácaros	1	10 ⁵
Colêmbolas	0,6	10 ⁴
Enquitríqueos	2	10 ⁴
Macrofauna (>10 mm)		
Minhocas	50	10 ²
Cupins	4	10 ³
Formigas	0,5	10 ³
Coleópteros	2,5	10 ²
Araquinídeos	0,5	10
Miriápodes	1,5	10
Outros	2,5	10 ²

Classificar para melhor entender

■ Classificação clássica (2006)

Tabela. Tamanho (baseado na largura do corpo), biomassa e densidade dos principais grupos de organismos do solo por m² (Modificado de Moreira e Siqueira, 2006)

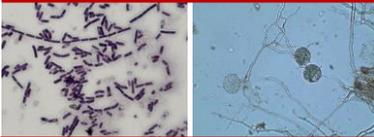
Grupo	Biomassa	Densidade
	----- g -----	----- número -----
Microrganismos		
Bactérias	50	10 ¹⁴ *
Fungos	100	10 ¹¹
Microfauna (<0,2 mm)		
Protozoários	9	10 ¹⁰
Rotíferos	0,01	10 ⁵
Mesofauna (0,2 a 10 mm)		
Nematoides*	10	10 ⁷
Ácaros	1	10 ⁵
Colêmbolas	0,6	10 ⁴
Enquitríqueos	2	10 ⁴
Macrofauna (>10 mm)		
Minhocas	50	10 ²
Cupins	4	10 ³
Formigas	0,5	10 ³
Coleópteros	2,5	10 ²
Araquinídeos	0,5	10
Miriápodes	1,5	10
Outros	2,5	10 ²



Classificar para melhor entender

■ Classificação clássica (2006)

Tabela. Tamanho (baseado na largura do corpo), biomassa e densidade dos principais grupos de organismos do solo por m² (Modificado de Moreira e Siqueira, 2006)

Grupo	Biomassa	Densidade
	----- g -----	----- número -----
 Microorganismos		
Bactérias	50	10 ¹⁴ *
Fungos	100	10 ¹¹
 Microfauna (<0,2 mm)		
Protozoários	9	10 ¹⁰
Rotíferos	0,01	10 ⁵
 Mesofauna (0,2 a 10 mm)		
Nematoides*	10	10 ⁷
Ácaros	1	10 ⁵
Colêmbolas	0,6	10 ⁴
Enquitríqueos	2	10 ⁴
 Macrofauna (>10 mm)		
Minhocas	50	10 ²
Cupins	4	10 ³
Formigas	0,5	10 ³
Coleópteros	2,5	10 ²
Araquinídeos	0,5	10
Miriápodes	1,5	10
Outros	2,5	10 ²

Classificar para melhor entender

- Classificação clássica (2006)
- Há exceções e considerações
 - Bactérias: 10^7 a 10^9 células / grama de solo
 - Nematoides: *Tubixaba tuxaua*
comprimento > 1 cm



Tabela. Tamanho (baseado na largura do corpo), biomassa e densidade dos principais grupos de organismos do solo por m² (Modificado de Moreira e Siqueira, 2006)

Grupo	Biomassa	Densidade
	----- g -----	----- número -----
Microrganismos		
Bactérias	50	10^{14} *
Fungos	100	10^{11}
Microfauna (<0,2 mm)		
Protozoários	9	10^{10}
Rotíferos	0,01	10^5
Mesofauna (0,2 a 10 mm)		
Nematoides*	10	10^7
Ácaros	1	10^5
Colêmbolas	0,6	10^4
Enquitríqueos	2	10^4
Macrofauna (>10 mm)		
Minhocas	50	10^2
Cupins	4	10^3
Formigas	0,5	10^3
Coleópteros	2,5	10^2
Araquinídeos	0,5	10
Miriápodes	1,5	10
Outros	2,5	10^2

Classificar para melhor entender

Tabela. Tipos de metabolismo dos organismos do solo (Modificado de Moreira e Siqueira, 2006).

Fonte de Carbono	Fonte de energia	
	Luz	Química
Substâncias Orgânicas	Fotoorganotróficos (e.g. bactérias púrpuras, exceto metabolizantes de S)	Quimiorganotróficos (e.g. a maioria das bactérias e fungos, animais)
CO ₂	Fotolitotróficos (e.g. bactérias púrpuras metabolizantes de S)	Quimiolitotróficos (e.g. bactérias nitrificadoras)

Classificar para melhor entender

Tabela. Tipos de metabolismo dos organismos do solo (Modificado de Moreira e Siqueira, 2006).

Fonte de Carbono	Fonte de energia	
	Luz	Química
Substâncias Orgânicas	Fotoorganotróficos (e.g. bactérias púrpuras, exceto metabolizantes de S)	Quimiorganotróficos (e.g. a maioria das bactérias e fungos, animais)
CO ₂	Fotolitotróficos (e.g. bactérias púrpuras metabolizantes de S)	Quimiolitotróficos (e.g. bactérias nitrificadoras)

DECOMPOSITORES
 Mais abundantes
 Mais diversificados
 Degradação de matéria orgânica
 Degradação de xenobióticos
 Controle biológico

- Disponibilidade de O₂
 - Aeróbios – O₂ acceptor final de elétrons na respiração
 - Microaeróbios - O₂ e outros compostos oxidados na respiração
 - Anaeróbios - compostos oxidados (NO₃⁻ e SO₄²⁻)
- Temperatura

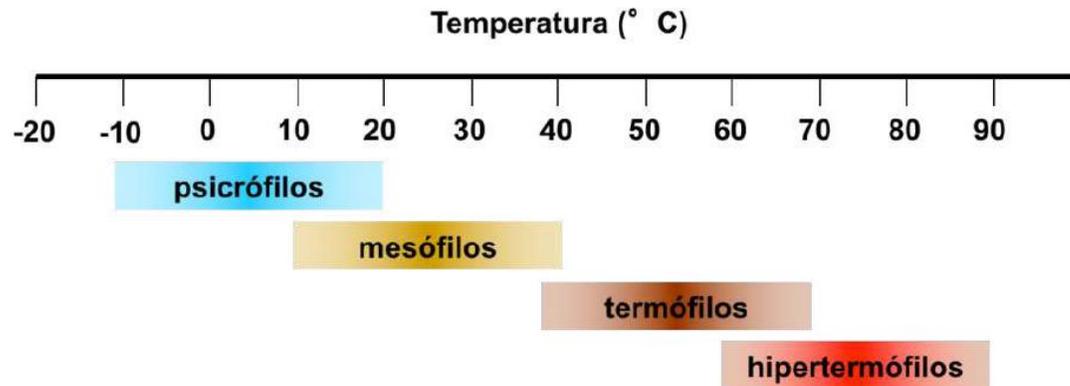


Figura. Classificação dos microrganismos do solo de acordo com a temperatura ótima para multiplicação celular. Fonte: Cardoso e Andreote (2016).

- pH do solo
 - Acidófilos – pH ácido
 - Neutrófilos – pH próximo à neutralidade
 - Basófilos – pH básico

▪ Disponibilidade de O₂

- **Aeróbios** - O₂ acceptor final de elétrons na respiração
- Microaeróbios - O₂ e outros compostos oxidados na respiração
- Anaeróbios - compostos oxidados (NO₃⁻ e SO₄²⁻)

▪ Temperatura

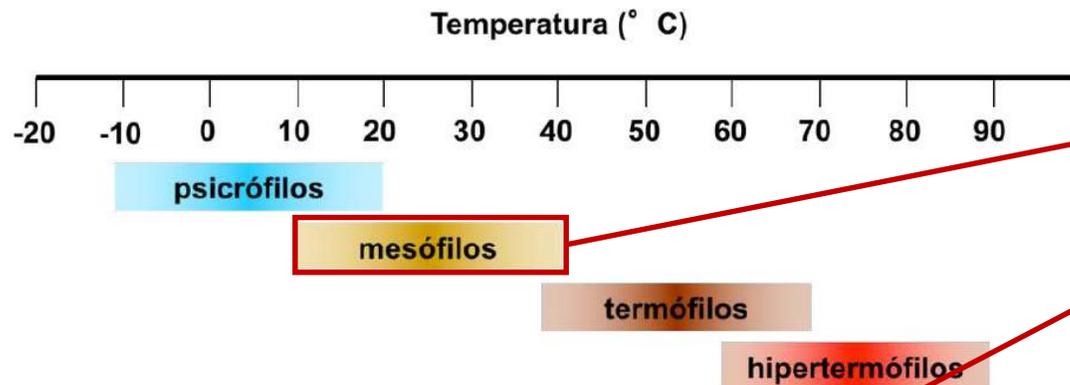


Figura. Classificação dos microrganismos do solo de acordo com a temperatura ótima para multiplicação celular. Fonte: Cardoso e Andreote (2016).

▪ pH do solo

- Acidófilos – pH ácido
- **Neutrófilos** – pH próximo à neutralidade
- Basófilos – pH básico

SOLOS AGRÍCOLAS



- Disponibilidade de O_2
 - Aeróbios – O_2 acceptor final de elétrons na respiração
 - Microaeróbios - O_2 e outros compostos oxidados na respiração
 - Anaeróbios - compostos oxidados (NO_3^- e SO_4^{2-})
- Temperatura

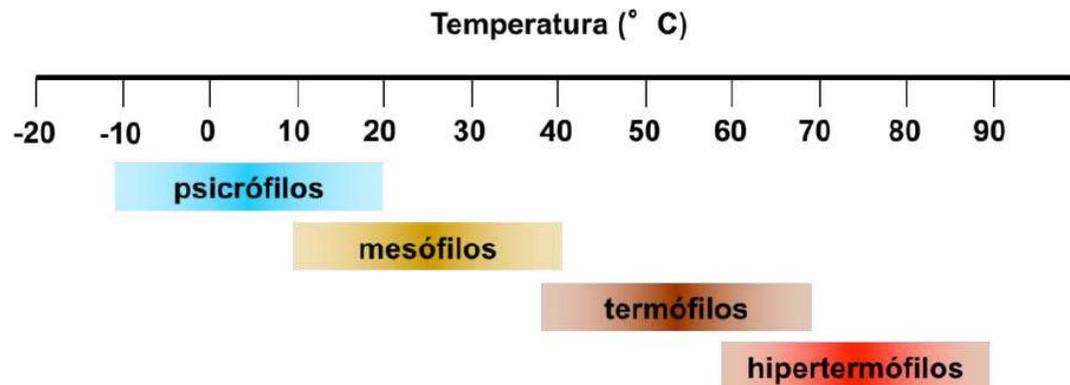


Figura. Classificação dos microrganismos do solo de acordo com a temperatura ótima para multiplicação celular. Fonte: Cardoso e Andreote (2016).

- pH do solo
 - Acidófilos – pH ácido
 - Neutrófilos – pH próximo à neutralidade
 - Basófilos – pH básico

PILHA DE COMPOSTO



▪ Disponibilidade de O₂

- **Aeróbios** - O₂ acceptor final de elétrons na respiração
- Microaeróbios - O₂ e outros compostos oxidados na respiração
- Anaeróbios - compostos oxidados (NO₃⁻ e SO₄²⁻)

▪ Temperatura

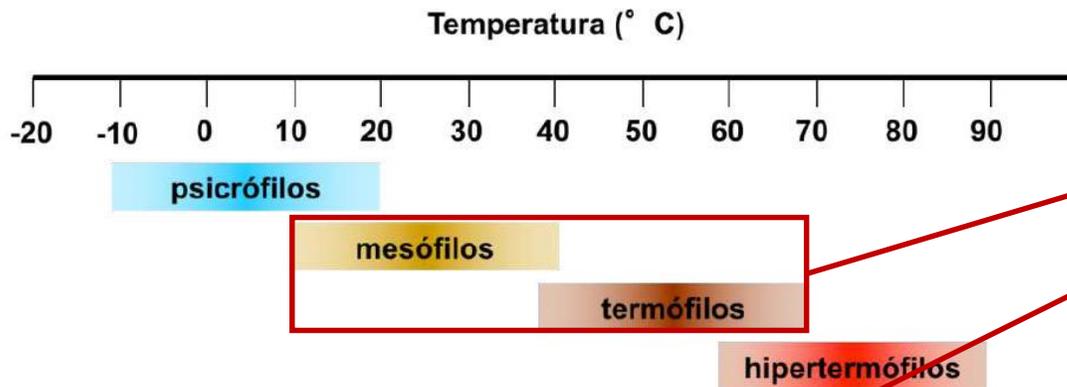


Figura. Classificação dos microrganismos do solo de acordo com a temperatura ótima para multiplicação celular. Fonte: Cardoso e Andreote (2016).

▪ pH do solo

- **Acidófilos** - pH ácido
- **Neutrófilos** - pH próximo à neutralidade
- Basófilos - pH básico

PILHA DE COMPOSTO



SUMÁRIO

Parte 1

1. Introdução à Biologia do Solo

2. Introdução à Ecologia Microbiana

Parte 2

3. Funções do microbioma do solo

Dúvidas e questionamentos

Avaliação: Mini quiz

Literatura recomendada

LFT 5770 - Patologia de Sementes e Mudanças

Microbiologia do Solo

Dr. Felipe Martins do Rêgo Barros

Piracicaba, 2023

Ecologia Microbiana – Estudo das relações estabelecidas entre os microrganismos e dos microrganismos com o ambiente em que vivem

▪ **Conceitos chave**⁵

- Habitat
- População
- Comunidade
- Riqueza
- Diversidade

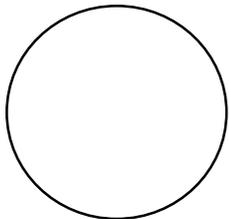
Ecologia Microbiana – Estudo das relações estabelecidas entre os microrganismos e dos microrganismos com o ambiente em que vivem

▪ Conceitos chave⁵

- Habitat
- População
- Comunidade
- Riqueza
- Diversidade

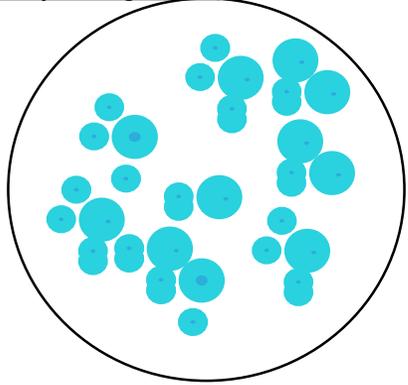
▪ Hábitat – “Soma total das condições ambientais de um lugar específico, que é ocupado por um organismo, uma população ou uma comunidade”

(World Bank, 1978)



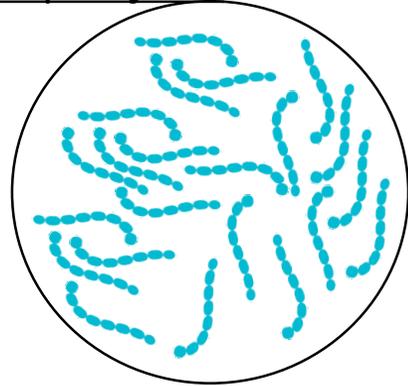
População

População 1



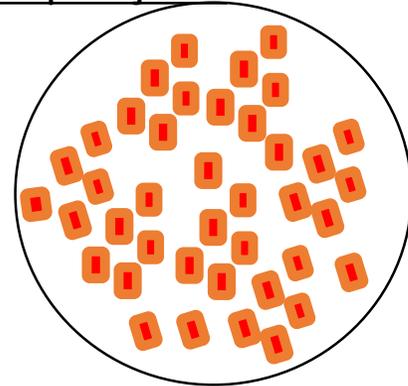
Espécie 1: 

População 2



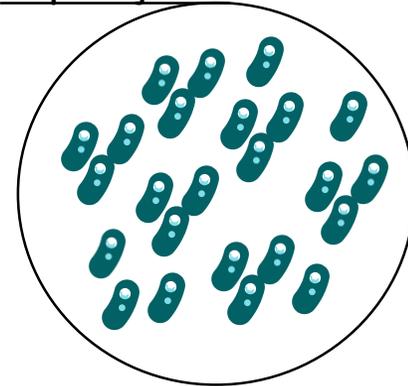
Espécie 2: 

População 3



Espécie 3: 

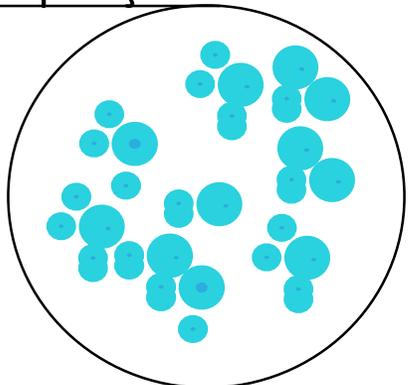
População 4



Espécie 4: 

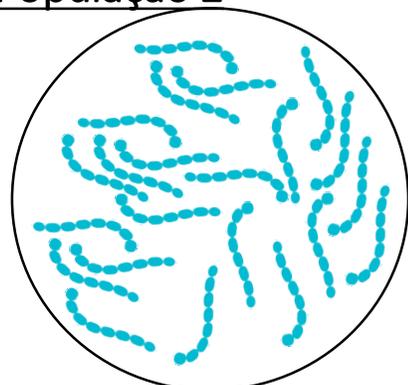
População

População 1



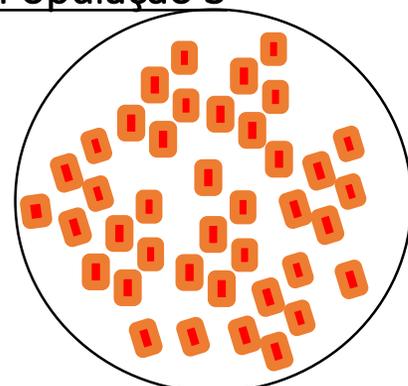
Espécie 1: 

População 2



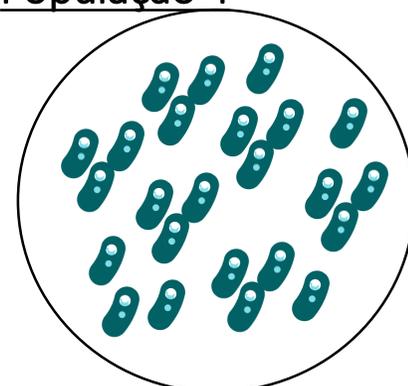
Espécie 2: 

População 3



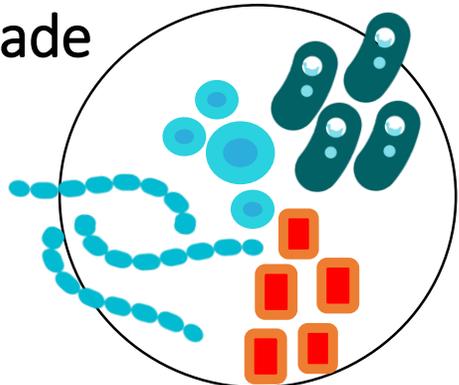
Espécie 3: 

População 4



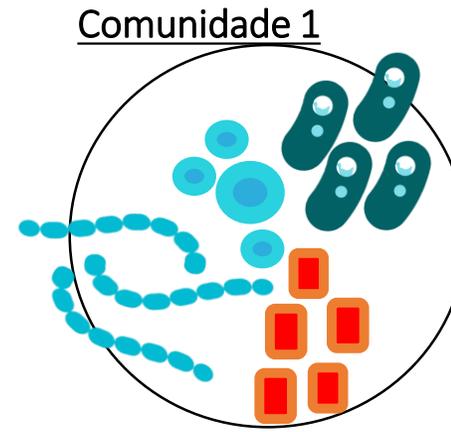
Espécie 4: 

Comunidade

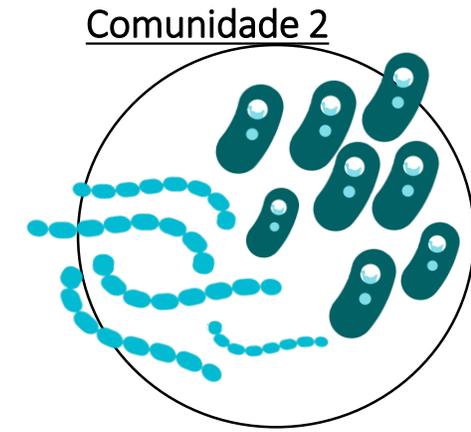


Conceitos em ecologia

- Riqueza de espécies
- Número de espécies que habitam determinado habitat.



Riqueza = 4

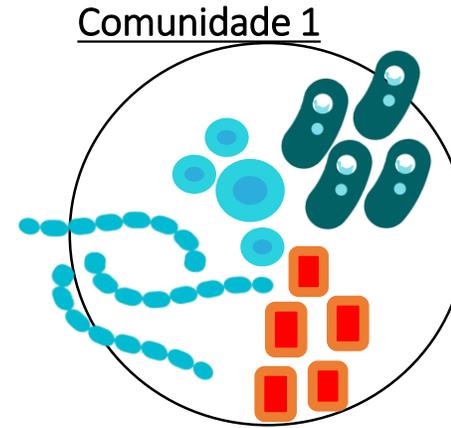


Riqueza = 2

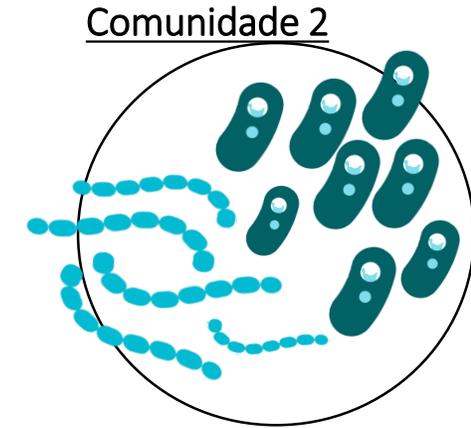
Conceitos em ecologia

■ Riqueza de espécies

- Número de espécies que habitam determinado habitat.



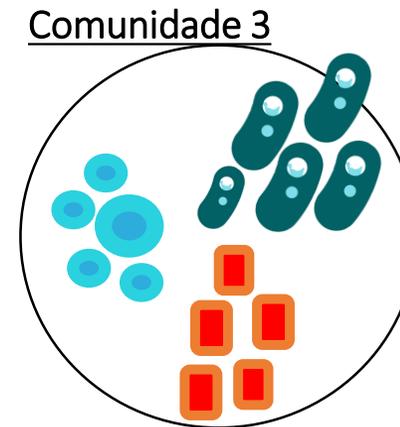
Riqueza = 4



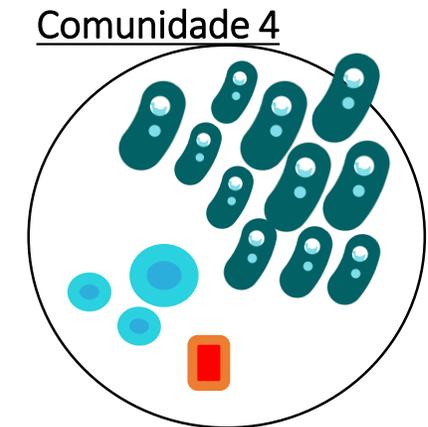
Riqueza = 2

■ Diversidade

- Número de diferentes espécies e sua frequência relativa na comunidade.
- Calculada por índices – *Shannon*, *Simpson* etc.



Diversidade = 0,66

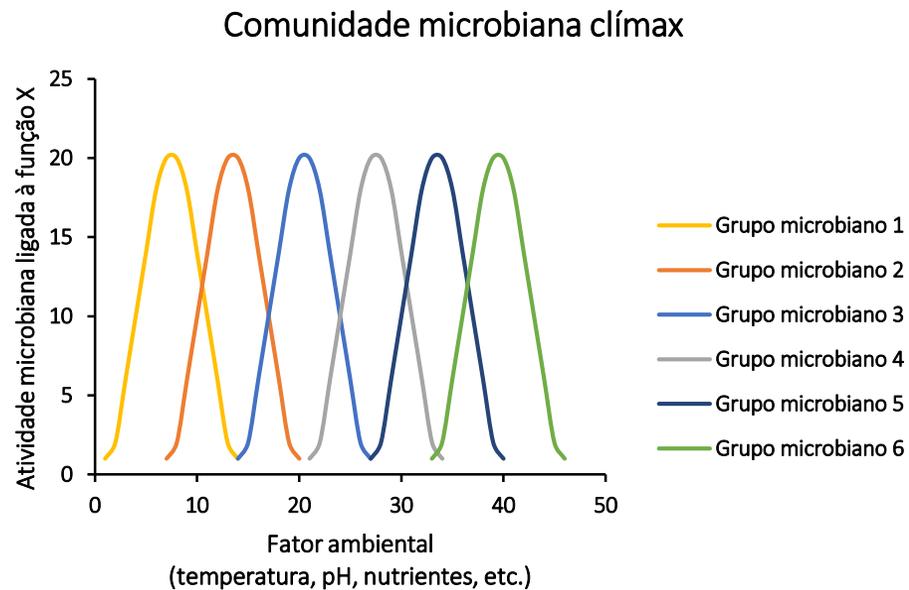


Diversidade = 0,41

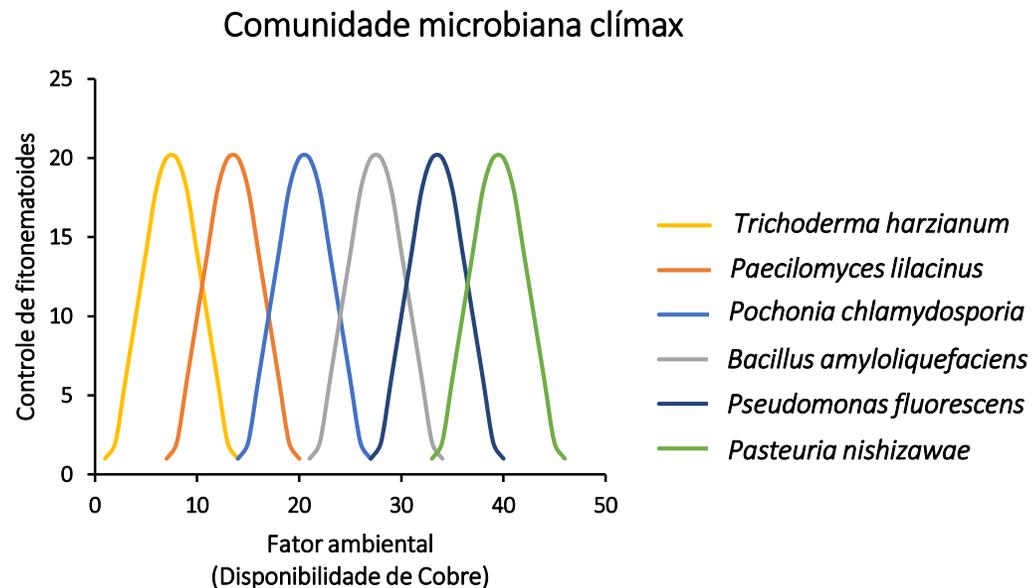
- Diversidade taxonômica = Quais “espécies”?
- Diversidade funcional = O que estão fazendo?

- Diversidade taxonômica = Quais “espécies”?
- Diversidade funcional = O que estão fazendo?
 - Redundância funcional²

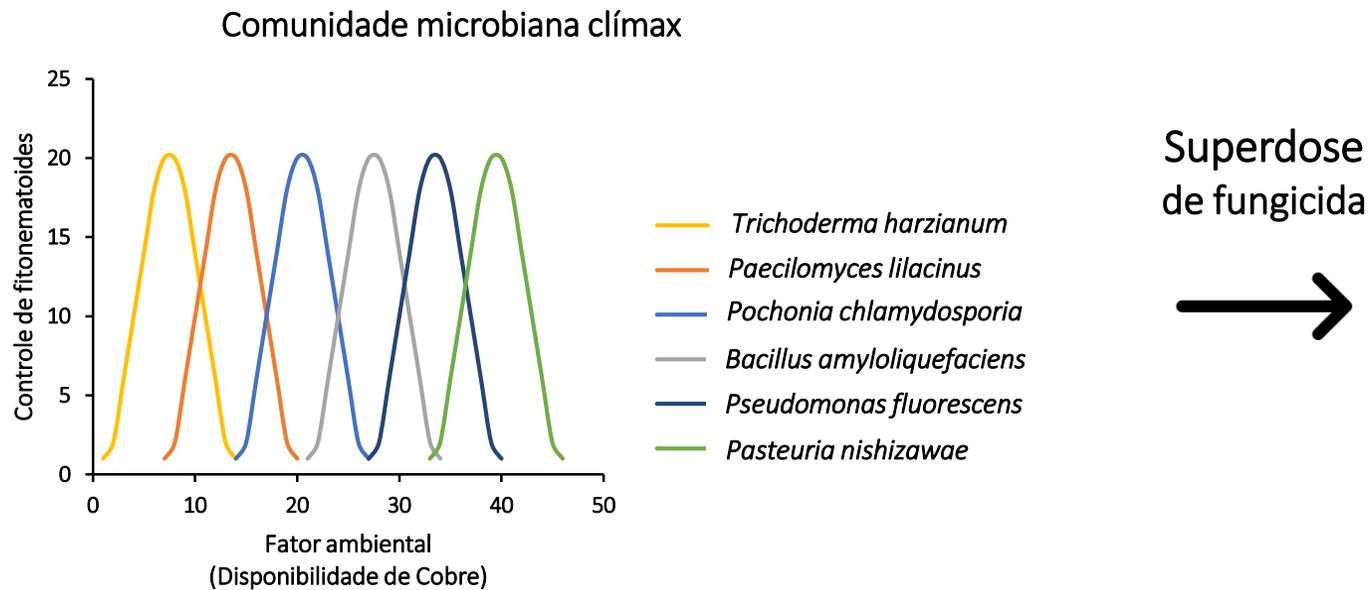
- Diversidade taxonômica = Quais “espécies”?
- Diversidade funcional = O que estão fazendo?
 - Redundância funcional²



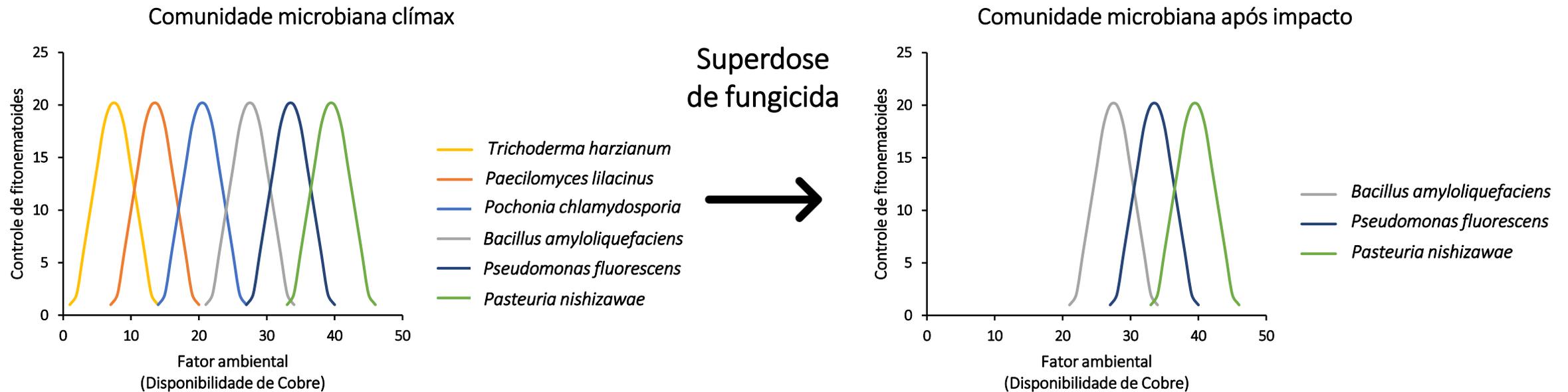
- Diversidade taxonômica = Quais “espécies”?
- Diversidade funcional = O que estão fazendo?
 - Redundância funcional²



- Diversidade taxonômica = Quais “espécies”?
- Diversidade funcional = O que estão fazendo?
 - Redundância funcional²



- Diversidade taxonômica = Quais “espécies”?
- Diversidade funcional = O que estão fazendo?
 - Redundância funcional²



SUMÁRIO

Parte 1

1. Introdução à Biologia do Solo

2. Introdução à Ecologia Microbiana

Parte 2

3. Funções do microbioma do solo

Dúvidas e questionamentos

Avaliação: Mini quiz

Literatura recomendada

LFT 5770 - Patologia de Sementes e Mudanças

Microbiologia do Solo

Dr. Felipe Martins do Rêgo Barros

Piracicaba, 2023

▪ N funções

- Decomposição de material orgânico e ciclagem de nutrientes
- Nutrição e promoção do crescimento das plantas
- Proteção de plantas
- Gênese e formação do solo
- Estruturação do solo
- Mitigação de gases do efeito estufa...

SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

▪ N funções

- **Decomposição de material orgânico e ciclagem de nutrientes**
- **Nutrição e promoção do crescimento das plantas**
- **Proteção de plantas**
- Gênese e formação do solo
- Estruturação do solo
- Mitigação de gases do efeito estufa...

**INSUMOS
BIOLÓGICOS**

SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

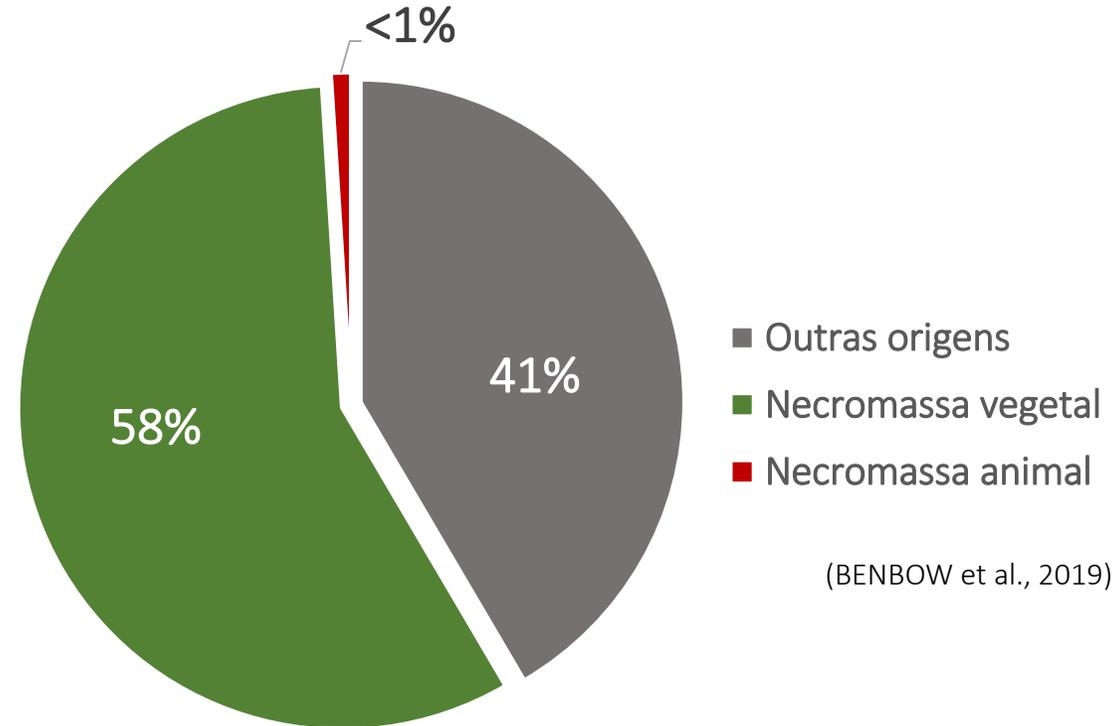
- Resíduos orgânicos no solo
 - Biomassa vegetal morta
 - Biomassa animal morta
 - Excrementos animais

NECROMASSA



Fonte: BENBOW, M. Eric et al. [Necrobiome framework for bridging decomposition ecology of autotrophically and heterotrophically derived organic matter](#). *Ecological Monographs*, v. 89, n. 1, p. e01331, 2019.

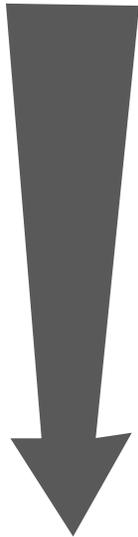
- Resíduos orgânicos no solo
 - **Biomassa vegetal morta**
 - Biomassa animal morta
 - Excrementos animais



- **Biomassa vegetal morta**
 - Celulose (10 a 50%)
 - Hemicelulose (10 a 30%)
 - Lignina (5 a 30%)
 - Proteínas (2 a 15%)
 - Substâncias solúveis (até 10%)
 - Ceras e pigmentos (<10%)

▪ Velocidade de decomposição

RÁPIDA • Substâncias solúveis (até 10%)



• Proteínas (2 a 15%)

• Hemicelulose (10 a 30%)

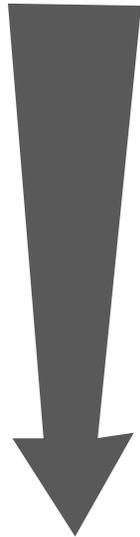
• Celulose (10 a 50%)

• Ceras e pigmentos (<10%)

LENTA • Lignina (5 a 30%)

▪ Velocidade de decomposição

RÁPIDA



LENTA

- Substâncias solúveis (até 10%)
- Proteínas (2 a 15%)
- Hemicelulose (10 a 30%)
- Celulose (10 a 50%)
- Ceras e pigmentos (<10%)
- Lignina (5 a 30%)

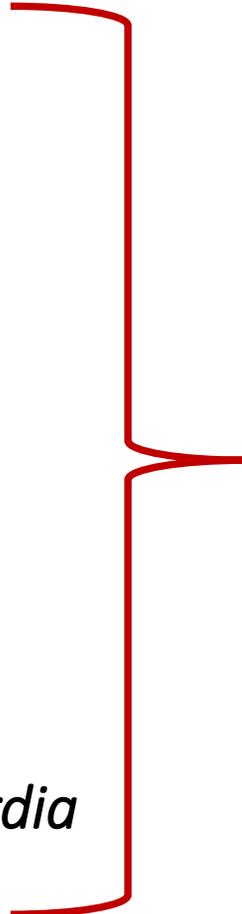
Microrganismos

Estrategistas “r”

Estrategistas “K”

Decomposição de celulose e hemicelulose

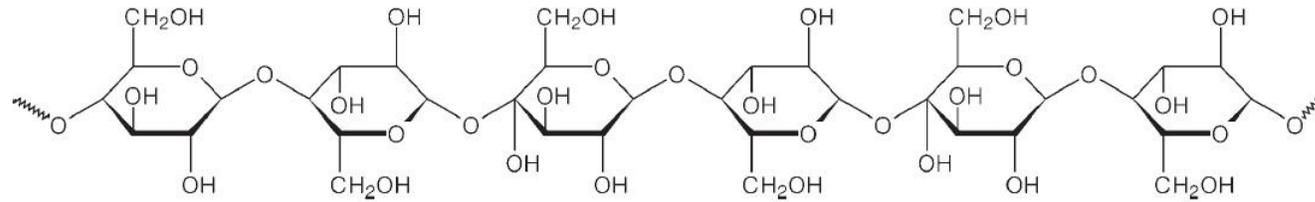
- Variedade de fungos
 - Ex.: *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium* e *Phoma*
- Bactérias
 - Aeróbias – Ex.: *Actinoplanes*, *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Frankia*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Streptomyces* e *Xanthomonas*
 - Anaeróbias – Ex.: *Bacteroides*, *Clostridium*, *Erwinia* e *Pseudonocardia*



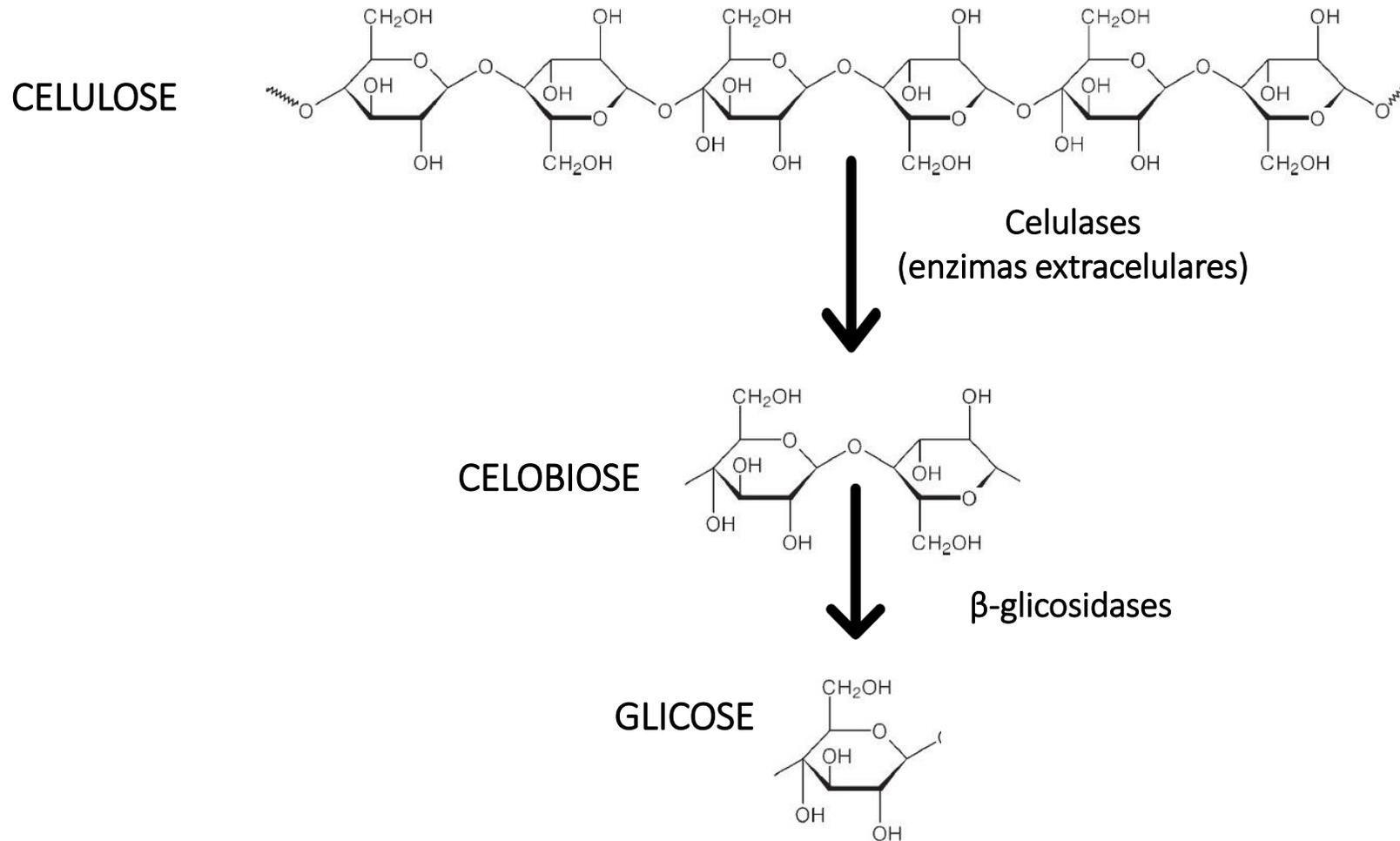
ENZIMAS HIDROLÍTICAS

Decomposição de celulose e hemicelulose

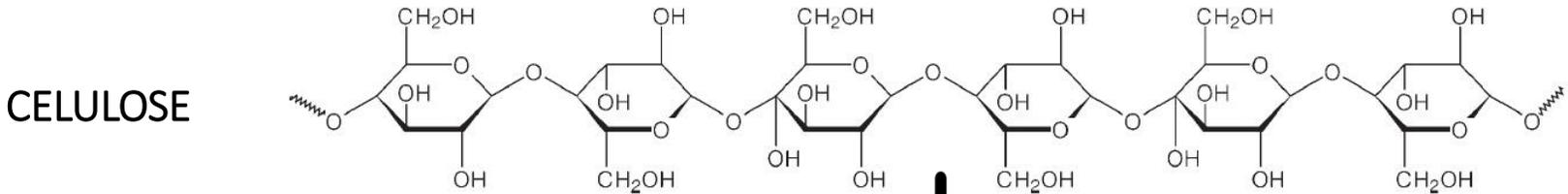
CELULOSE



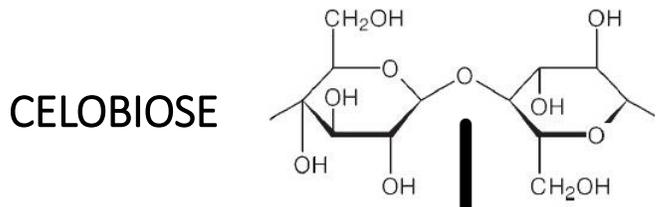
Decomposição de celulose e hemicelulose



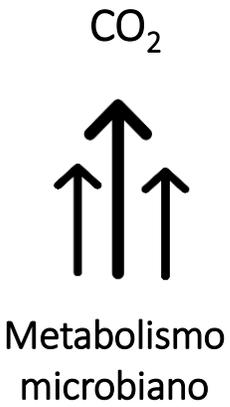
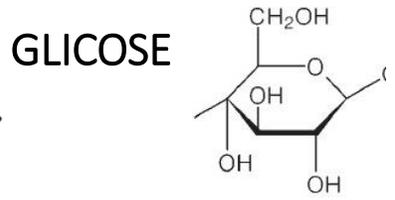
Decomposição de celulose e hemicelulose



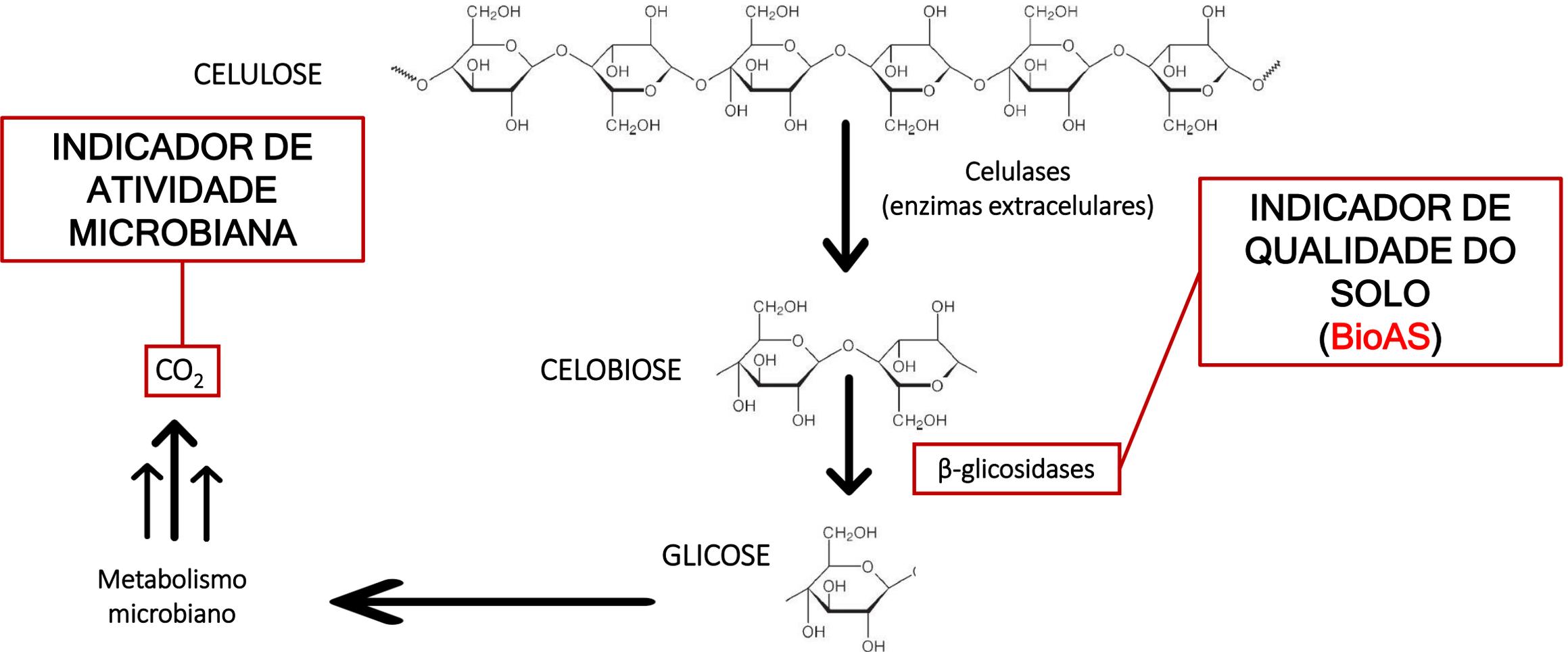
Celulases
(enzimas extracelulares)



β -glicosidases



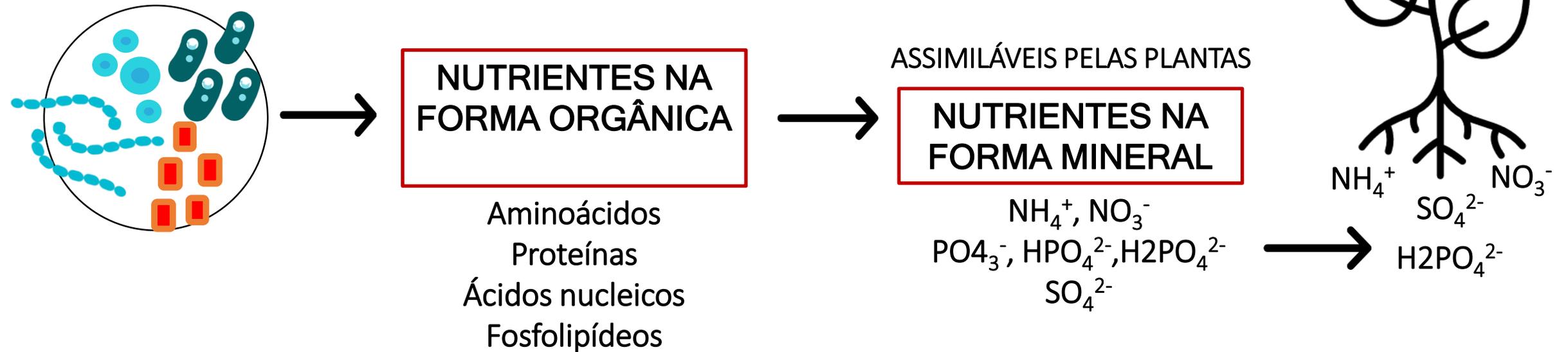
Decomposição de celulose e hemicelulose



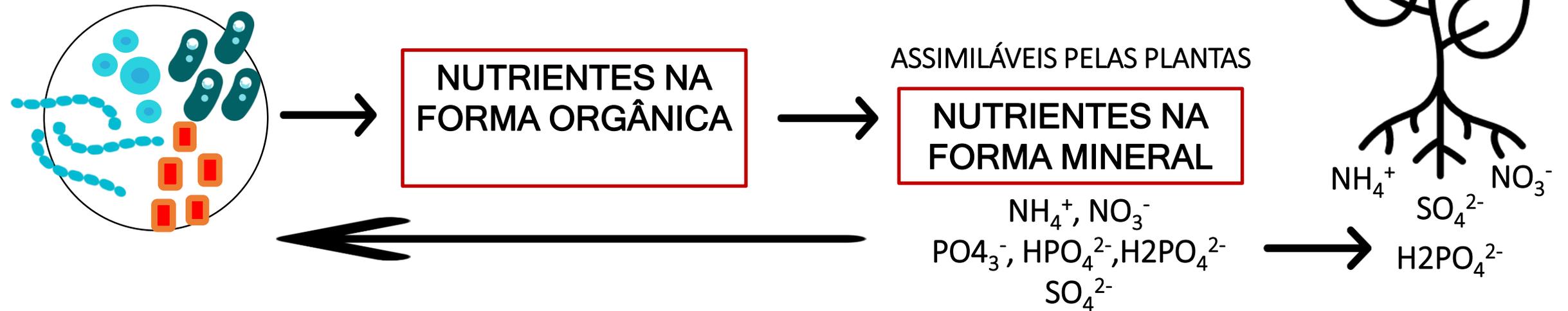
Decomposição de lignina

- Grupos especializados de fungos
 - Basidiomicetos – Fungos da podridão branca e marrom
 - Ascomicetos – Fungos da podridão mole
- Processo bioquímico complexo
 - Enzimas extracelulares - lignina peroxidase, manganês peroxidase e lacase

Mineralização⁷: etapa final da decomposição



Imobilização⁸: processo inverso



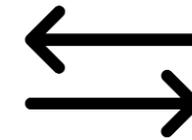
Mineralização/Imobilização - Relação C/Nutrientes

▪ Equilíbrio

- C/N: 20-30
- C/P: 200-300
- C/S: 200-400

**NUTRIENTES NA
FORMA ORGÂNICA**

Aminoácidos
Proteínas
Ácidos nucleicos
Fosfolipídeos



ASSIMILÁVEIS PELAS PLANTAS

**NUTRIENTES NA
FORMA MINERAL**

NH_4^+ , NO_3^-
 PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$
 SO_4^{2-}

Mineralização/Imobilização - Relação C/Nutrientes

Mineralização líquida

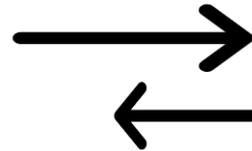
- $C/N < 20$

- $C/P < 200$

- $C/S < 200$

**NUTRIENTES NA
FORMA ORGÂNICA**

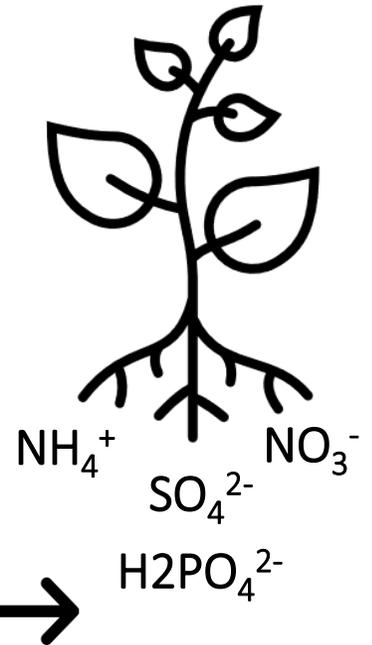
Aminoácidos
Proteínas
Ácidos nucleicos
Fosfolipídeos



ASSIMILÁVEIS PELAS PLANTAS

**NUTRIENTES NA
FORMA MINERAL**

NH_4^+ , NO_3^-
 PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^{2-}$
 SO_4^{2-}



BioAS - Tecnologia de Bioanálise de Solo (Embrapa)

Enzimas

- β -glicosidases → Ciclo do carbono (final da decomposição da celulose);
- Aril-Sulfatase → Ciclo do enxofre (quebra de ésteres de sulfato, mineralização de S-orgânico);
- Fosfatase ácida → Ciclo do fósforo (quebra de ésteres de fosfato, mineralização de fosfatos orgânicos).

Tabelas de interpretação para latossolos no cerrado

Tabela 5. Classes de interpretação de bioindicadores para Latossolos Vermelhos argilosos de cerrado, sob cultivos anuais em plantio direto, na camada de 0 cm a 10 cm, específica para amostras de solo coletadas no período chuvoso.

Bioindicador ¹	Classe de interpretação		
	Baixo	Moderado	Adequado
CBM	≤ 245	246-440	> 440
β-Glicosidase	≤ 90	91-225	> 225
Sulfatase	≤ 25	26-145	> 145
Fosfatase Ácida	≤ 700	701-1.260	> 1.260

¹Valores de CBM expressos em mg de C/kg de solo; valores de atividade de β-glicosidase, fosfatase ácida e arilsulfatase expressos em mg de *p*-nitrofenol/kg de solo/h.

Fonte: Adaptado de Lopes et al. (2018).

Tabela 6. Classes de interpretação de bioindicadores para Latossolos Vermelhos argilosos de cerrado, sob cultivos anuais em plantio convencional, na camada de 0 cm a 10 cm, específica para amostras de solo coletadas na fase de floração.

Bioindicador ¹	Classe de interpretação		
	Baixo	Moderado	Adequado
CBM	≤ 235	236-375	> 375
β-Glicosidase	≤ 100	101-185	> 185
Sulfatase	≤ 45	46-105	> 105
Fosfatase Ácida	≤ 660	661-940	> 940

¹Valores de C da biomassa microbiana expressos em mg de C/kg de solo; valores de atividade de β-glicosidase, fosfatase ácida e arilsulfatase expressos em mg de *p*-nitrofenol/kg de solo/h.

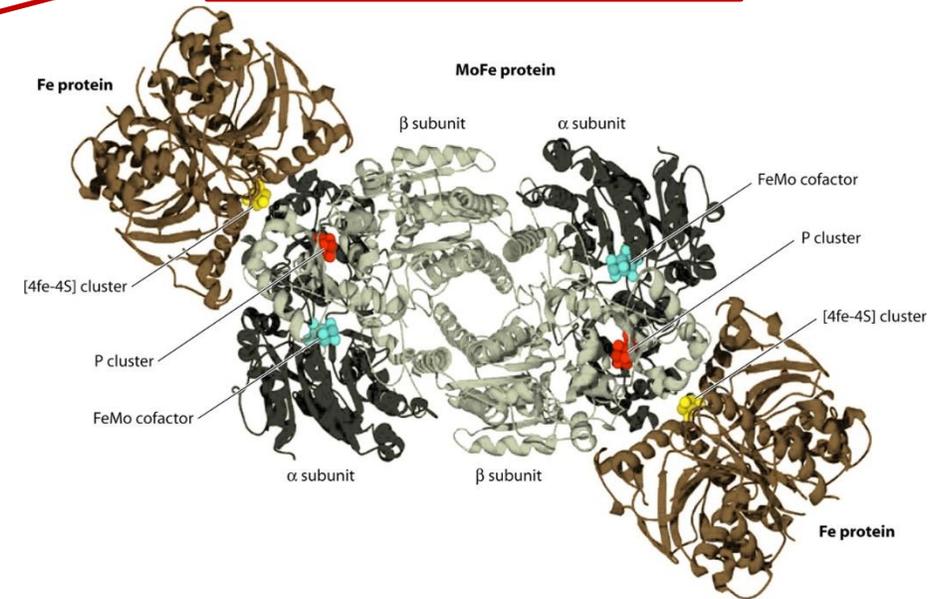
Fonte: Adaptado de Lopes et al. (2018).

Fixação Biológica de Nitrogênio

Bactérias e Arqueias - N_2 (gás) \rightarrow NH_3

- Associada às plantas
- De vida livre

NITROGENASE



Fixação Biológica de Nitrogênio

Bactérias e Arqueias - N_2 (gás) \rightarrow NH_3

- Associada às plantas
 - Simbiose leguminosa-rizóbio

Bradyrhizobium japonicum

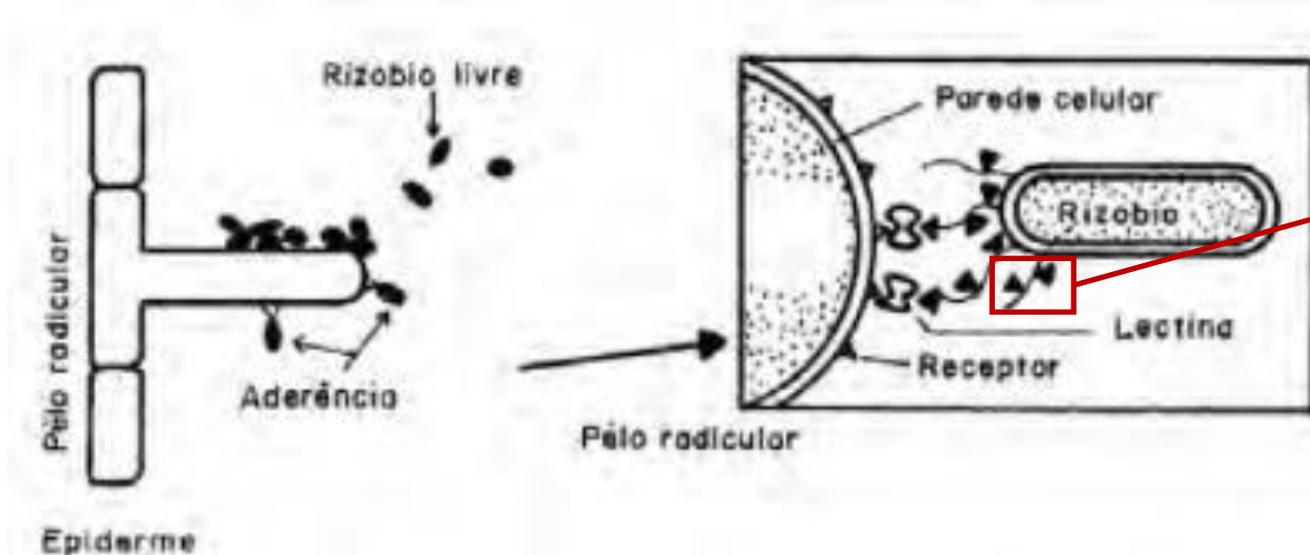


Maior case de sucesso da
biologia do solo
(economia de US \$ 40 bilhões)

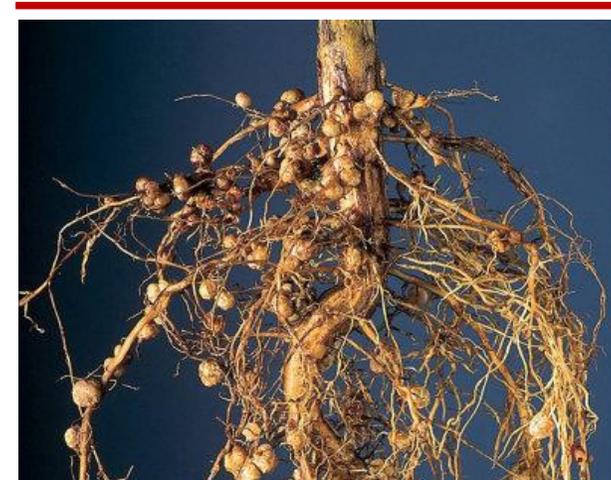
Fixação Biológica de Nitrogênio

- Associada às plantas
 - Simbiose leguminosa-rizóbio

a) Pré-infecção: reconhecimento dos simbios e interação entre as bactérias e as raízes



Polissacarídeos extracelulares

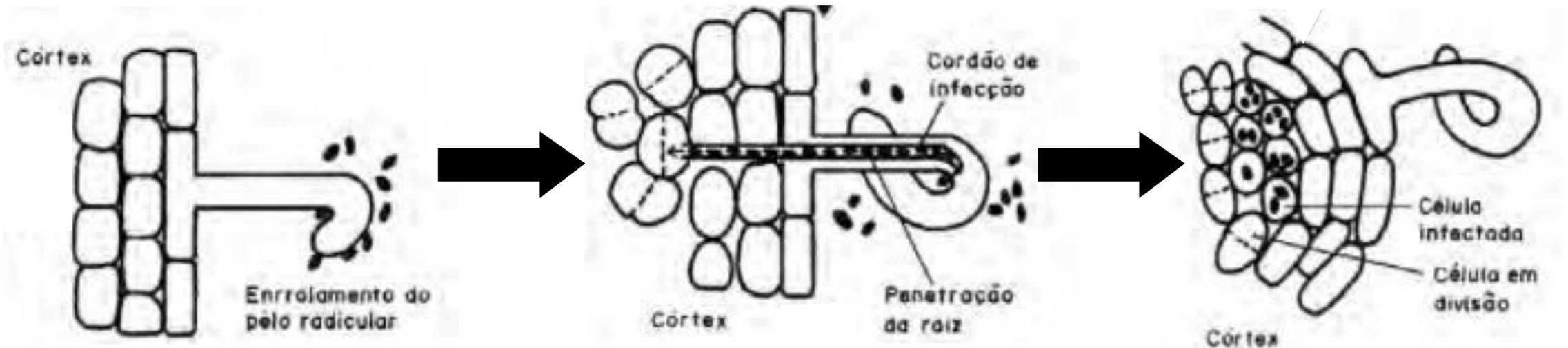


Fixação Biológica de Nitrogênio

- Associada às plantas
 - Simbiose leguminosa-rizóbio



b) Infecção da planta pela bactéria e formação do nódulo



Fixação Biológica de Nitrogênio

- Associada às plantas
 - Simbiose leguminosa-rizóbio



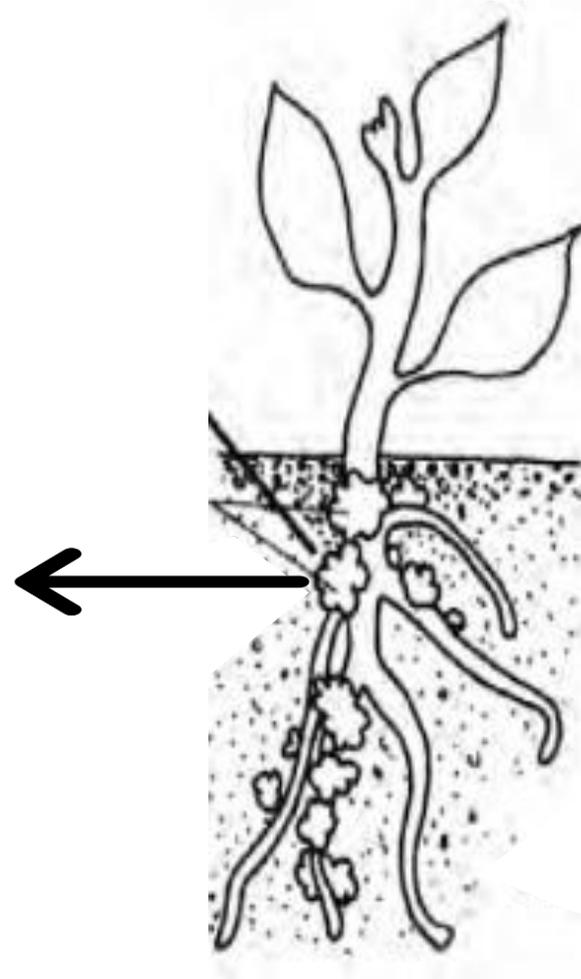
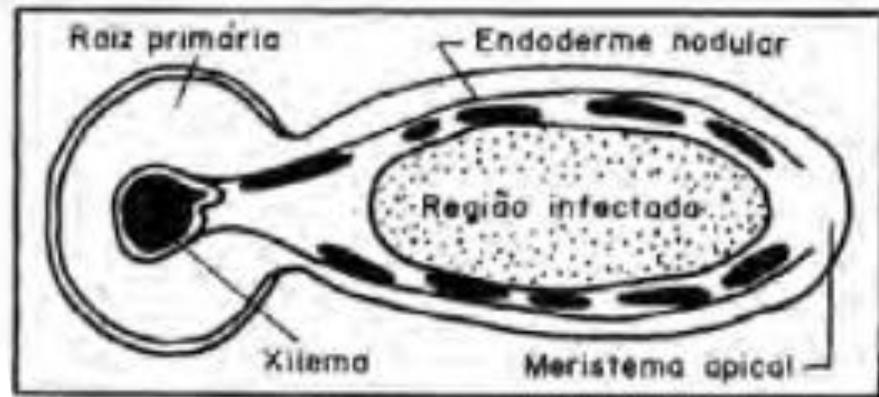
b) Infecção da planta pela bactéria e formação do nódulo



Fixação Biológica de Nitrogênio

- Associada às plantas
 - Simbiose leguminosa-rizóbio

c) Funcionamento do nódulo (fixação de N)

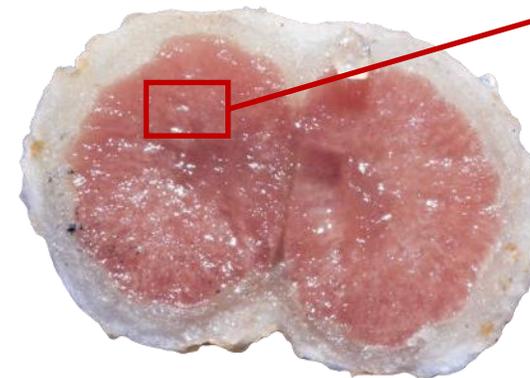
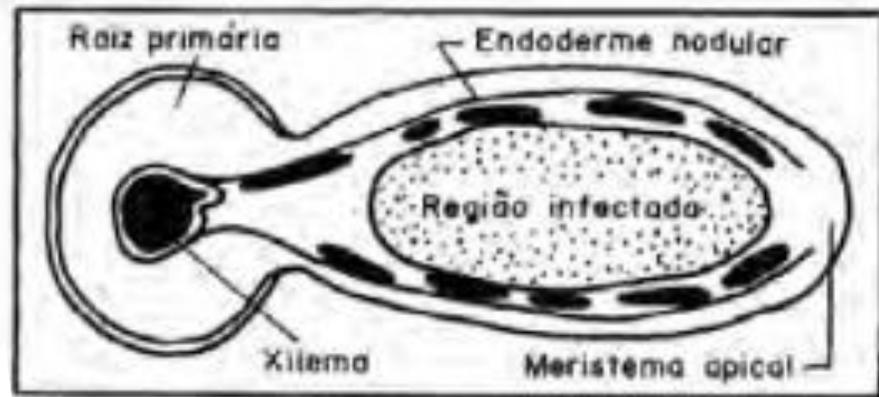


Fixação Biológica de Nitrogênio

- Associada às plantas
 - Simbiose leguminosa-rizóbio



c) Funcionamento do nódulo (fixação de N)



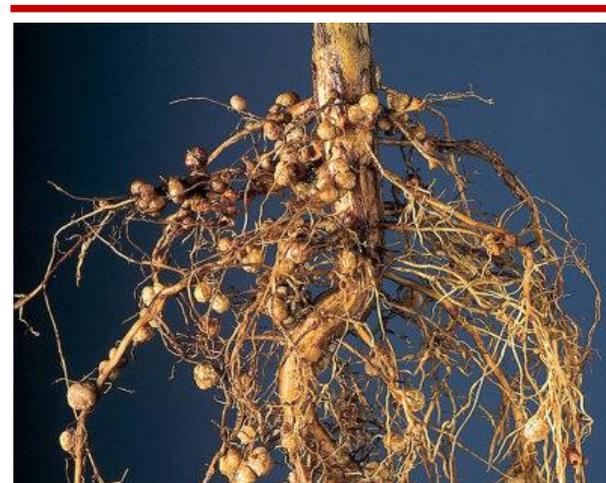
NODULINAS

Leg-hemoglobina

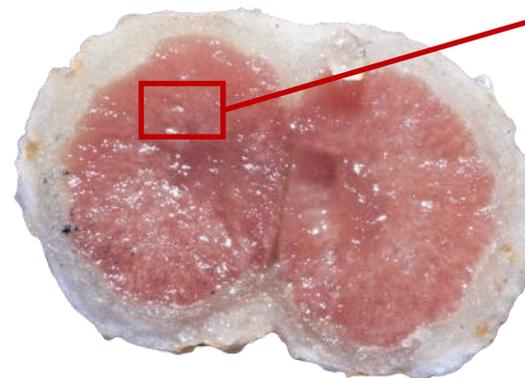
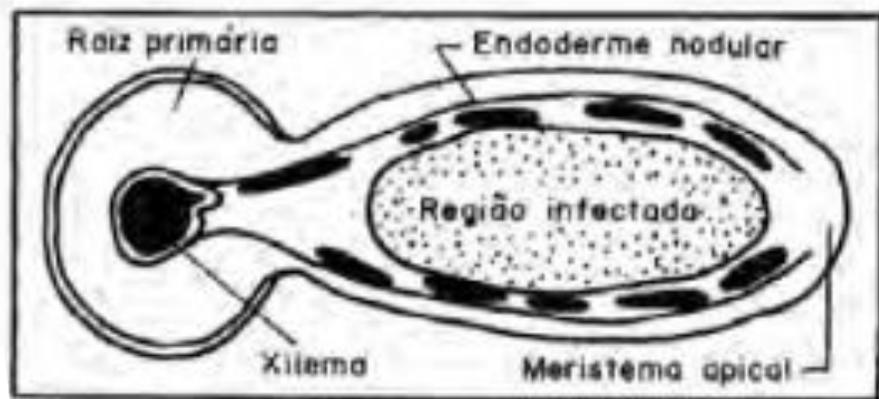
O₂ em taxas controladas

Fixação Biológica de Nitrogênio

- Associada às plantas
 - Simbiose leguminosa-rizóbio



c) Funcionamento do nódulo (fixação de N)



NODULINAS

Leg-hemoglobina

O₂ em taxas controladas

Glutamina sintetase
e a Glutamato
sintase

Assimilação do NH₃

Fixação Biológica de Nitrogênio

Bactérias e Arqueias - N_2 (gás) \rightarrow NH_3

- Associada às plantas
 - Simbiose leguminosa-rizóbio
 - Bactérias associativas

Bradyrhizobium japonicum



Maior case de sucesso da
biologia do solo
(economia de US \$ 40 bilhões)

Azospirillum brasilense



Fixação Biológica de Nitrogênio

Bactérias e Arqueias - N_2 (gás) \rightarrow NH_3

- Associada às plantas
 - Simbiose leguminosa-rizóbio
 - Bactérias associativas

COINOCULAÇÃO

Bradyrhizobium japonicum



Maior case de sucesso da
biologia do solo
(economia de US \$ 40 bilhões)

Azospirillum brasilense



Fixação Biológica de Nitrogênio

Bactérias e Arqueias - N_2 (gás) \rightarrow NH_3

- Associada às plantas
 - Simbiose leguminosa-rizóbio
 - Bactérias associativas
- De vida livre
 - Aeróbias (Ex.: *Azotobacter*)
 - Aeróbias facultativas (Ex.: *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Bacillus*)
 - Bactérias anaeróbias (Ex.: *Clostridium*)

Micorrizas

- Simbiose mutualística Plantas-Fungos
 - Maior volume de solo explorado pelas raízes
 - ↑ Absorção de água e nutrientes
 - ↑ Tolerância a estresses
 - ↑ Produtividade
- Mercado em desenvolvimento
 - Apenas 1 produto registrado no Brasil



Micorrizas

- Sete tipos de micorrizas
 - Arbusculares
 - Ectomicorrizas
 - Ectendomicorrizas
 - Micorrizas arbutóides
 - Micorrizas monotropóides
 - Micorrizas ericóides
 - Micorrizas orquidóides

Micorrizas

- Sete tipos de micorrizas
 - **Arbusculares**
 - **Ectomicorrizas**
 - Ectendomicorrizas
 - Micorrizas arbutóides
 - Micorrizas monotropóides
 - Micorrizas ericóides
 - Micorrizas orquidóides

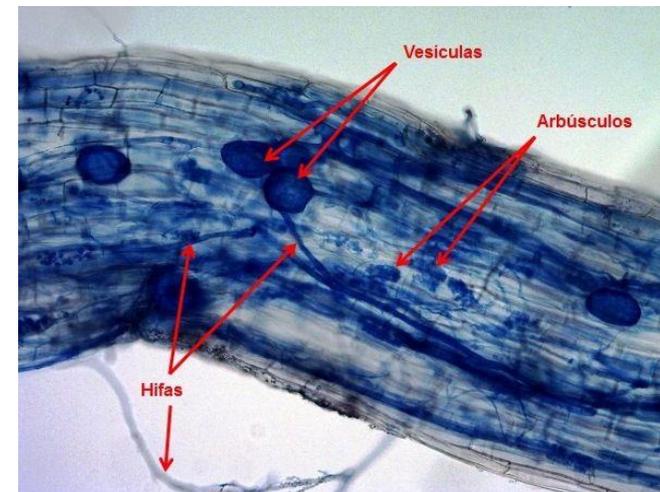
Micorrizas

■ Micorrizas Arbusculares

- Glomeromycota

✓ Ex.: *Glomus clarum* e *Glomus intraradices*

- Colonização Inter e intracelular
- Formação de arbúsculos e vesículas



Fonte: agrolink.com.br

Micorrizas

■ Ectomicorrizas

- Basidiomycota

- ✓ Ex.: *Scleroderma* spp. e *Rhizopogon* spp.

- Colonização intercelular

- Formação da rede de Hartig e manto fúngico



Fonte: Cardoso (2016); biome4all.com

Rizobactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (RPCPs)

- Bactérias que habitam a rizosfera⁹
- Mecanismos diretos
 - Fixação biológica de N
 - Solubilização de fosfatos
 - Proteção da planta contra patógenos
- Mecanismos indiretos
 - Ativação do sistema de defesa da planta
 - Produção de fitohormônios



Rizobactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (RPCPs)

- Bactérias que habitam a rizosfera⁹
- Mecanismos diretos
 - Fixação biológica de N
 - **Solubilização de fosfatos**
 - Proteção da planta contra patógenos
- Mecanismos indiretos
 - Ativação do sistema de defesa da planta
 - **Produção de fitohormônios**



Rizobactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (RPCPs)

- Solubilização de fosfatos

Excreção de ácidos orgânicos



Redução do pH da rizosfera



Solubilização de minerais
contendo P (Ex.: Apatitas)

Rizobactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (RPCPs)

- Solubilização de fosfatos

Excreção de ácidos orgânicos



Redução do pH da rizosfera



Solubilização de minerais
contendo P (Ex.: Apatitas)

**NÃO CONFUNDIR COM
MINERALIZAÇÃO DE
FÓSFORO!!!!**

Mineralização: $P_{\text{orgânico}}$ (fosfatases) \rightarrow $P_{\text{lábil}}$ (mineral)
Solubilização: P_{mineral} (ácidos orgânicos) \rightarrow $P_{\text{lábil}}$ (ainda mineral)

Rizobactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (RPCPs)

- Produção de fitohormônios
 - Auxina - Ácido Indol-Acético (AIA)
 - Aceleração da divisão e alongamento das células
 - ↑ Crescimento da parte aérea e raízes
 - ↑ Fotossíntese e tolerância a estresses

Resultados de pesquisas

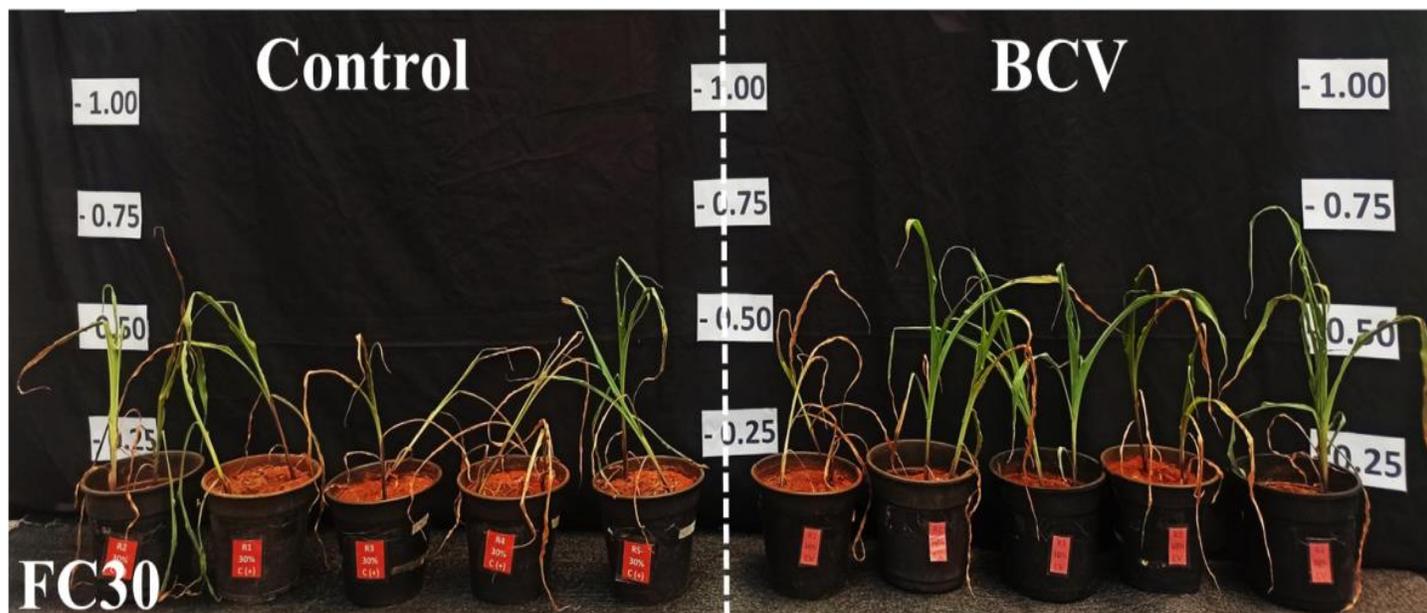


Fig. Efeito da inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) em milho (*Zea mays* L.) cultivado em solo à 30% da capacidade de campo (FC30). Controle – controle sem inoculação; BCV – plantas inoculadas com o com BPCP.

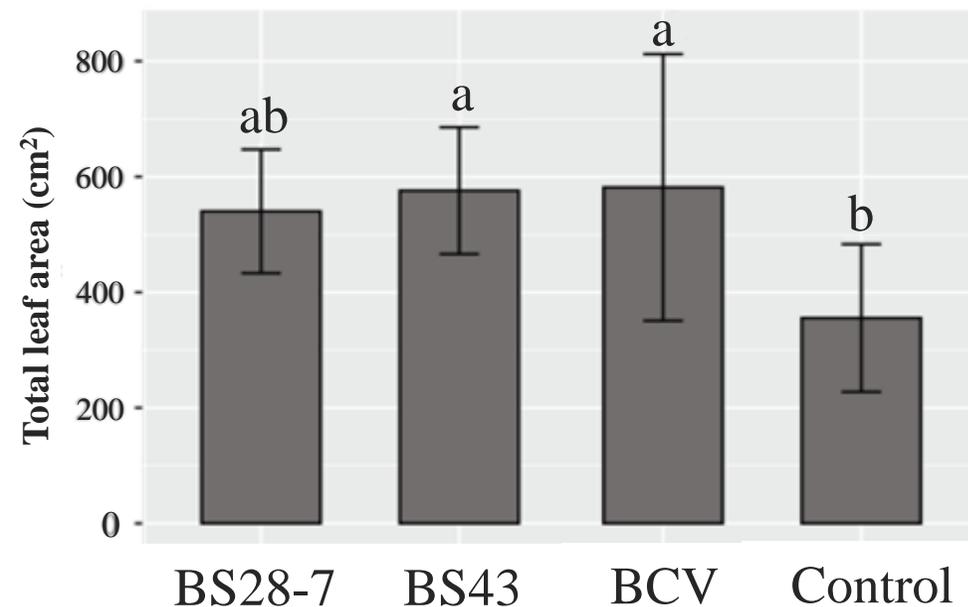


Fig. Efeito da inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas na área foliar total de milho (*Zea mays* L.), em solo sob seca severa. Diferentes letras distinguem as médias pelo teste de Duncan ($p < 0.05$). Barras de erro representam o desvio padrão ($n = 5$).

- Diversidade microbiana + micro-organismos antagonistas =

Supressividade¹⁰ de doenças

- ↓ Estabelecimento do patógeno
- ↓ Danos causados pela doença

- **Diversidade microbiana + micro-organismos antagonistas = POTENCIALIZADOS**

**POR
INSUMOS
BIOLÓGICOS**

Supressividade de doenças

- ↓ Estabelecimento do patógeno
- ↓ Danos causados pela doença

- **Alguns microrganismos chave**

- Bactérias: *Bacillus*, *Pasteuria*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*...
- Fungos: *Trichoderma*, *Pochonia*, *Paecilomyces* etc.

Resultados de pesquisas

Diversidade microbiana Vs Nematóide das galhas

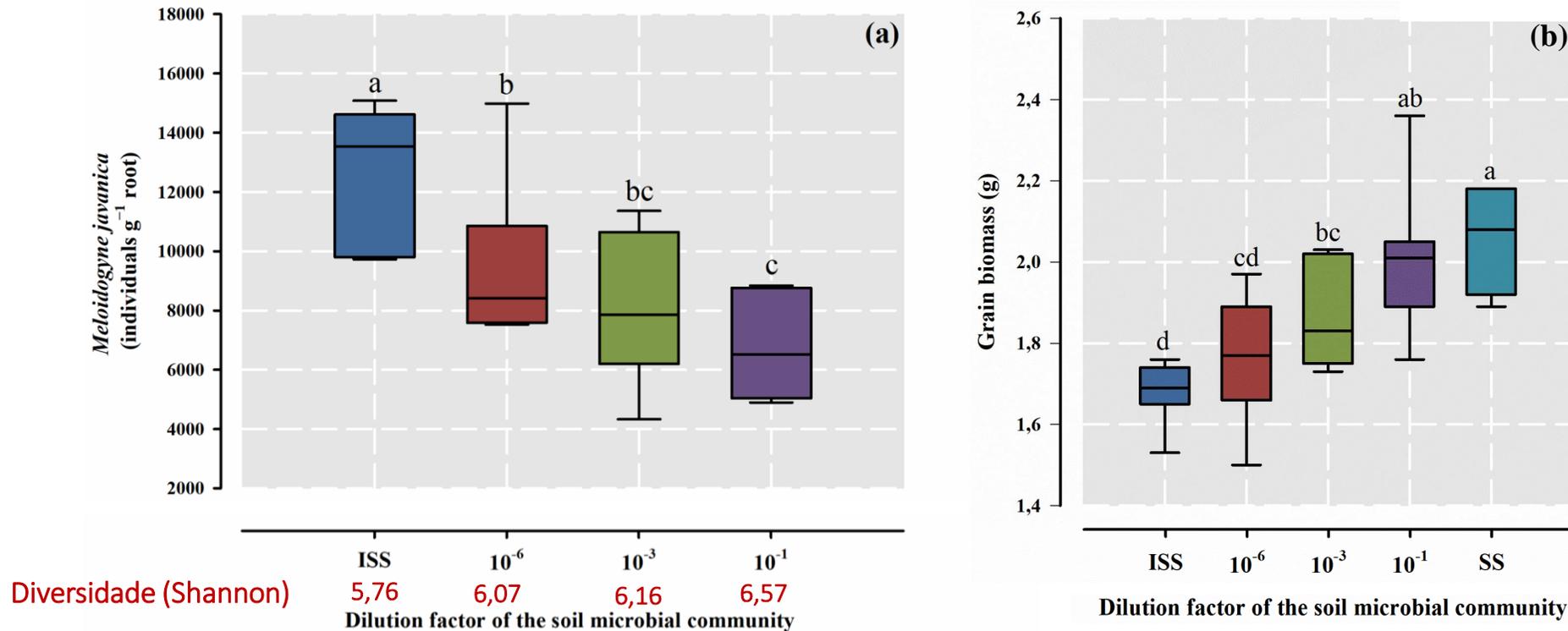


Fig. (a) Densidade populacional de *M. javanica* nas raízes de plantas de soja cultivadas em solo com diferentes níveis de diversidade microbiana. (b) Biomassa de grãos de plantas de soja cultivadas em solo com diferentes níveis de diversidade microbiana, e inoculadas com *M. javanica*. Letras diferentes no mesmo gráfico indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan (P < 0,05).

SUMÁRIO

Parte 1

1. Introdução à Biologia do Solo

2. Introdução à Ecologia Microbiana

Parte 2

3. Funções do microbioma do solo

Dúvidas e questionamentos

Avaliação: Mini quiz

Literatura recomendada

LFT 5770 - Patologia de Sementes e Mudanças

Microbiologia do Solo

Dr. Felipe Martins do Rêgo Barros

WhatsApp: [19 998607871](https://wa.me/19998607871)

Piracicaba, 2023

1. **Plasticidade metabólica:** capacidade de um organismo de realizar diferentes metabolismos.
2. **Redundância funcional:** ocorrência de funções similares em grupos microbianos distintos.
3. **Estrategistas “r”:** organismos que têm a capacidade de se multiplicar rapidamente no tempo e possuem um crescimento exponencial, produzindo um alto número de descendentes.
4. **Estrategistas “K”:** organismos que investem mais energia no crescimento, produzindo proles menos numerosas com tamanho corporal maior do que as r estrategistas.
5. **Habitat:** soma total das condições ambientais de um lugar específico, que é ocupado por um organismo, uma população ou uma comunidade.
População: conjunto de indivíduos de uma mesma espécie que vive em um determinado habitat.
Comunidade: conjunto de populações que existem em um determinado habitat.
Riqueza de espécies: número de espécies que habitam determinado habitat.
Diversidade: número de diferentes espécies e sua frequência relativa em uma comunidade.
6. **Microbioma:** todos os microrganismos, associados aos seus genes e funções, em um determinado ambiente.
7. **Mineralização:** processo biológico onde uma substância orgânica é convertida em uma substância inorgânica.
8. **Imobilização:** processo biológico onde uma substância inorgânica é convertida em uma substância orgânica.
9. **Rizosfera:** região do solo que é influenciada pelas raízes das plantas.
10. **Supressividade:** condição do solo na qual o patógeno não se estabelece, ou se estabelece, mas a doença causa pouco ou nenhum dano à planta.



SUMÁRIO

Parte 1

1. Introdução à Biologia do Solo

2. Introdução à Ecologia Microbiana

Parte 2

3. Funções do microbioma do solo

Dúvidas e questionamentos

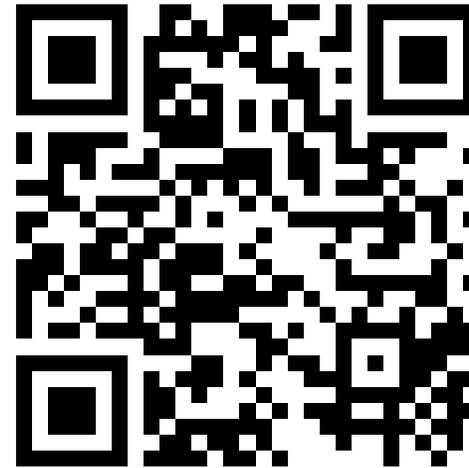
Avaliação: Mini quiz

Literatura recomendada

LFT 5770 - Patologia de Sementes e Mudanças

Microbiologia do Solo

Avaliação: Mini quiz



Piracicaba, 2023

SUMÁRIO

Parte 1

1. Introdução à Biologia do Solo

2. Introdução à Ecologia Microbiana

Parte 2

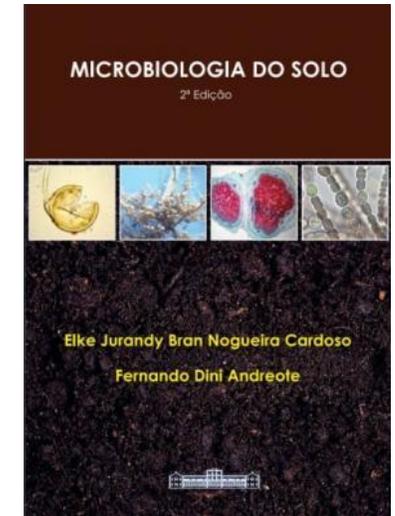
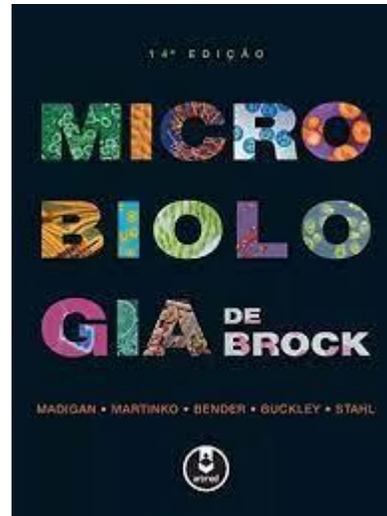
3. Funções do microbioma do solo

Dúvidas e questionamentos

Avaliação: Mini quiz

Literatura recomendada

LFT 5770 - Patologia de Sementes e Mudanças



Email: felipemartins.martins642@usp.br | felipemartins.martins642@gmail.com