



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**  
**Departamento de Ciência do Solo**

**LSO - 0257 - Fundamentos de Ciência do Solo**

# **BIOLOGIA DO SOLO: estrutura e diversidade**

**Prof. Dr. Fernando Dini Andreote**  
**Prof. Dr. Antonio Roque Dechen**  
**Prof. Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmello**

**Piracicaba**  
**2017**

## 1. Características gerais do solo

# O solo

Conjunto de materiais minerais, **orgânicos**, água e ar, não consolidados, normalmente localizado à superfície da terra, **com atividade biológica** e capacidade de suportar a **vida das plantas**



# 1. Características gerais do solo

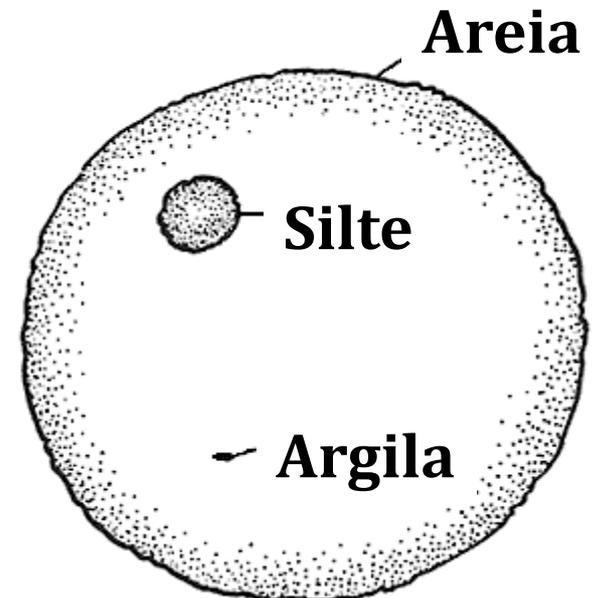
**Altamente variáveis temporal e espacialmente, micro e macroestruturalmente**

**- 1 grama de solo pode conter:**

- ✓ **90 (9.10) a 90 bi (9.10<sup>9</sup>) de partículas**
- ✓ **8 a 10 milhões (8.10<sup>6</sup>) de cm<sup>2</sup> de superfície exposta**

**Estas variações dependem da proporção areia, silte e argila**

**areia > silte > argila**



Fonte: [www.pnwmg.org](http://www.pnwmg.org)

# 1. Características gerais do solo

## Grande heterogeneidade dos solos heterogeneidade nas comunidades microbianas?

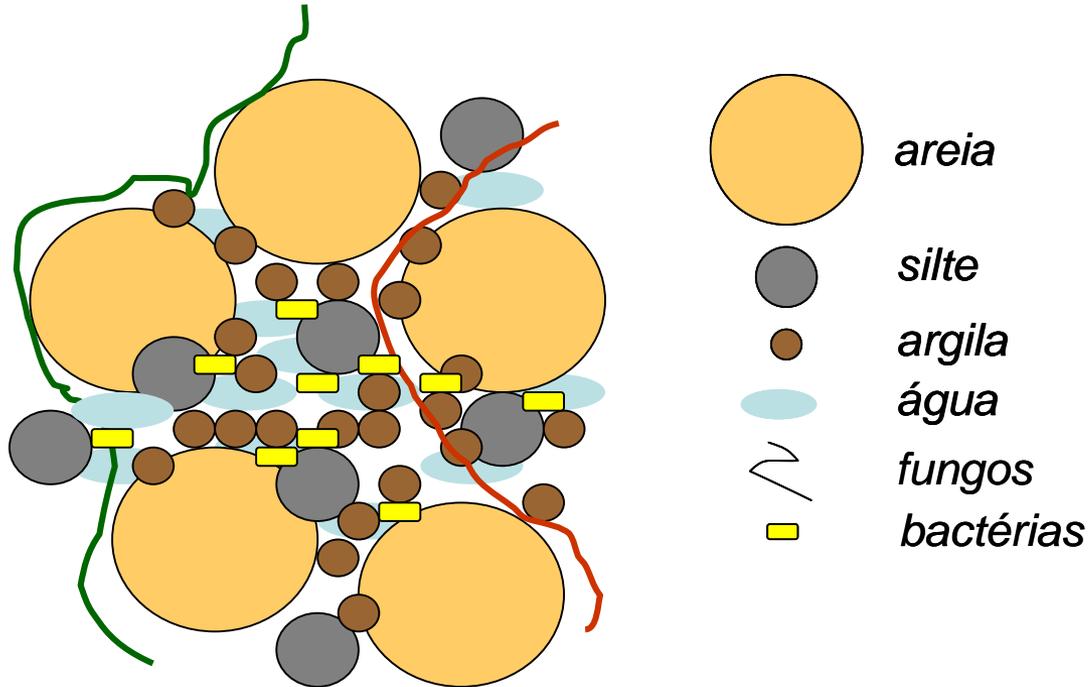
Fonte: [www.agenciabrasil.gov.br](http://www.agenciabrasil.gov.br)



Fonte: [www.anra.gov.au](http://www.anra.gov.au)

## 2. Composição do solo

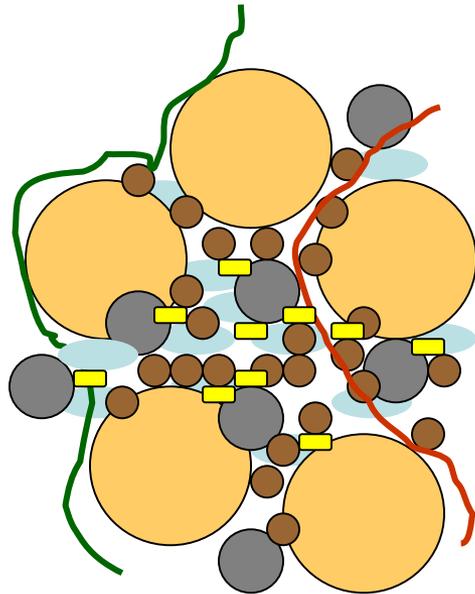
- ✓ Estruturação dos agregados
- ✓ Organismos maiores colonizam macropóros
- ✓ Células menores colonizam ambos - macro e micropóros



**exemplo de um agregado de solo**

## 2. Composição do solo

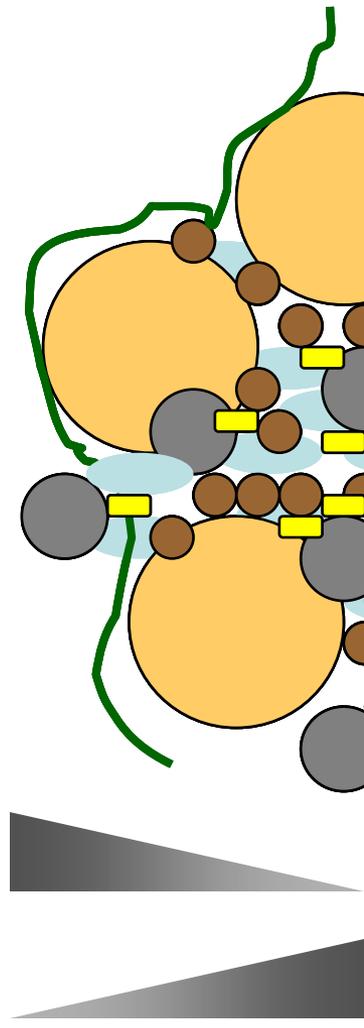
- ✓ Estruturação dos agregados
- ✓ Organismos maiores colonizam macropóros
- ✓ Células menores colonizam ambos - macro e micropóros



exemplo de um agregado de solo

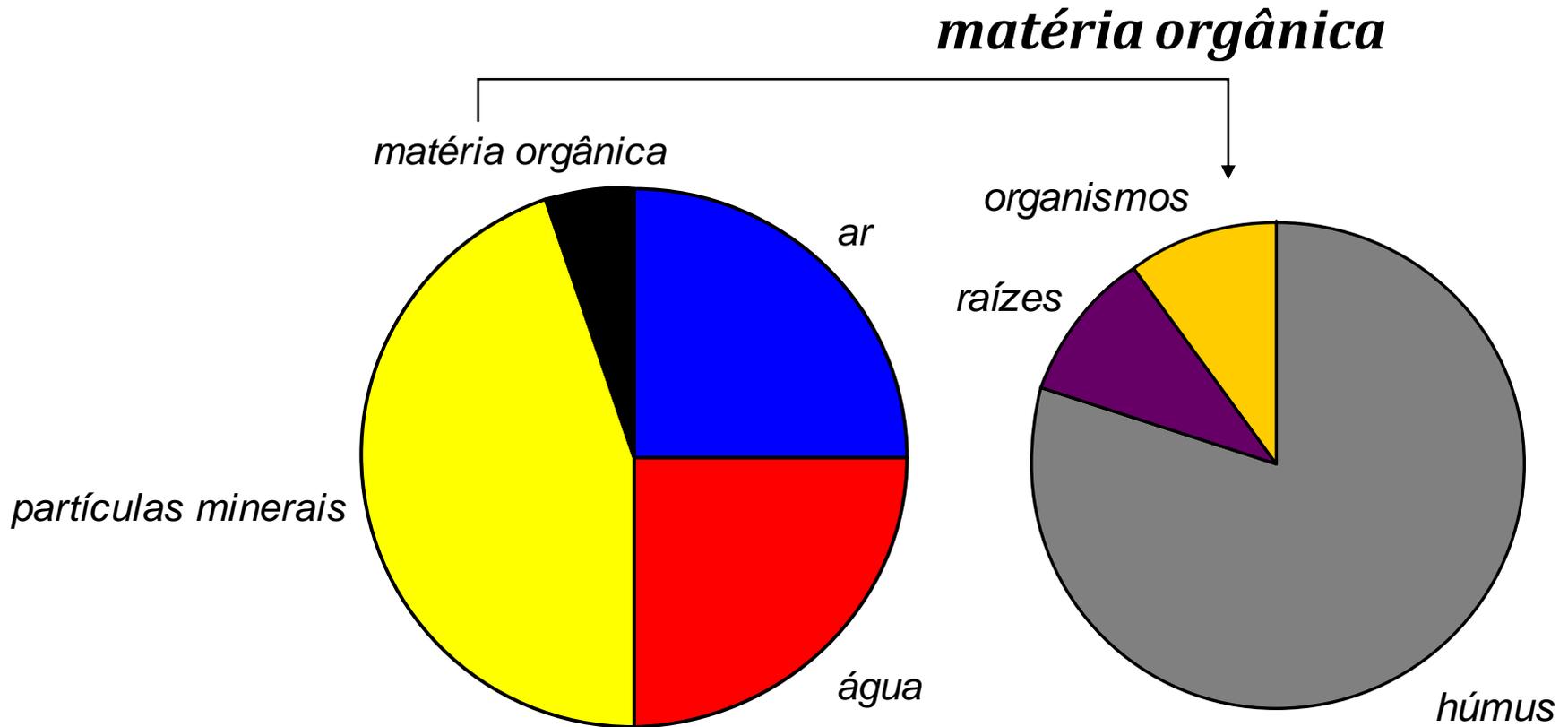
$O_2$ , água e predação

pH



## 2. Composição do solo

De maneira geral, um solo é formado por partículas minerais, ar, água e compostos orgânicos



## 4. Características físico-químicas dos solos

**Algumas características do solo são fundamentais para a vida microbiana**

**atmosfera**

**água**

**potencial redox**

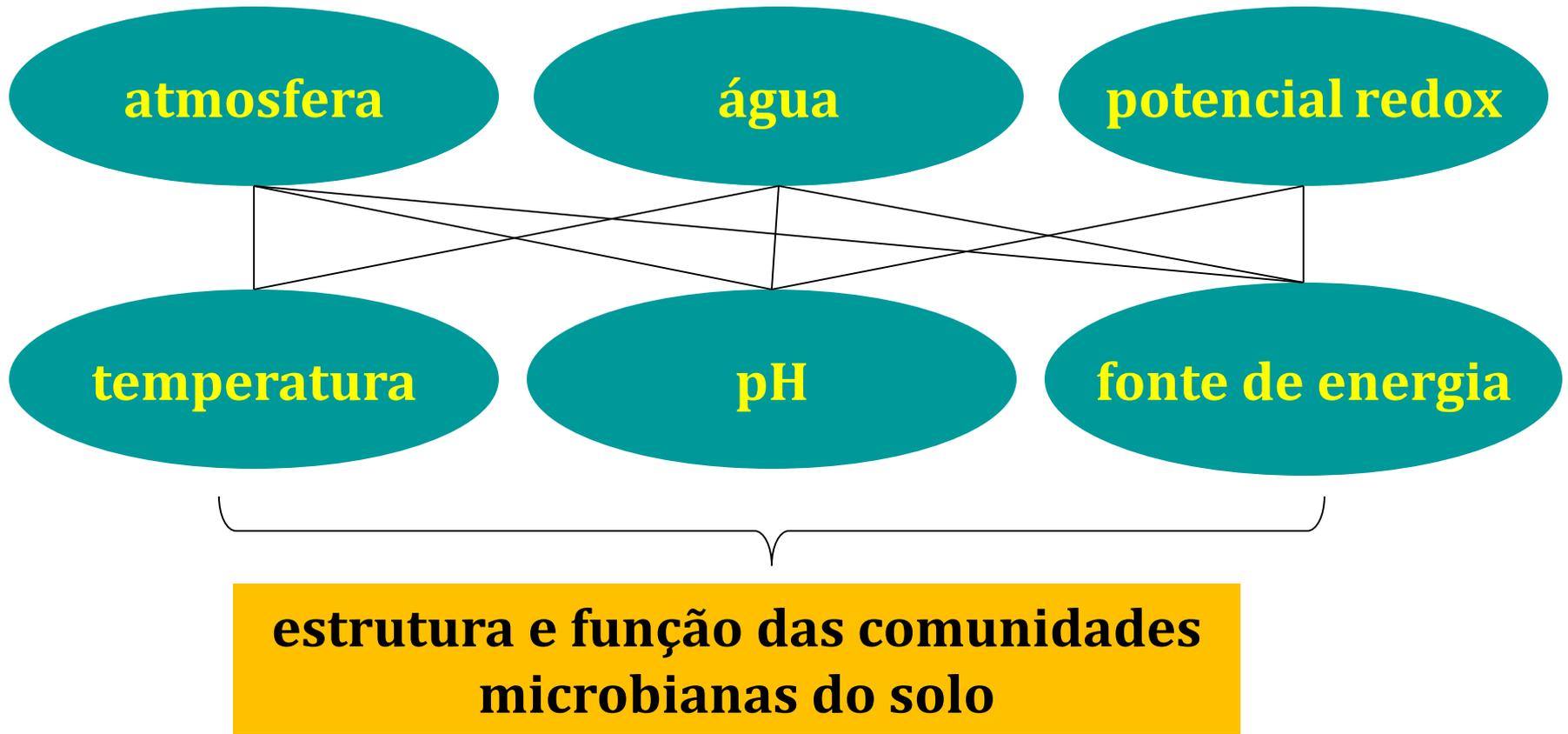
**temperatura**

**pH**

**fonte de energia**

## 4. Características físico-químicas dos solos

**Algumas características do solo são fundamentais para a vida microbiana**



## 4.1. Características físico-químicas do solo - atmosfera do solo

### Aerobiose, microaerofilia e anaerobiose

- ✓ A disponibilidade de  $O_2$  determina as reações bioquímicas presentes no solo
- ✓ Apenas bactérias e arqueias podem sobreviver na ausência de  $O_2$

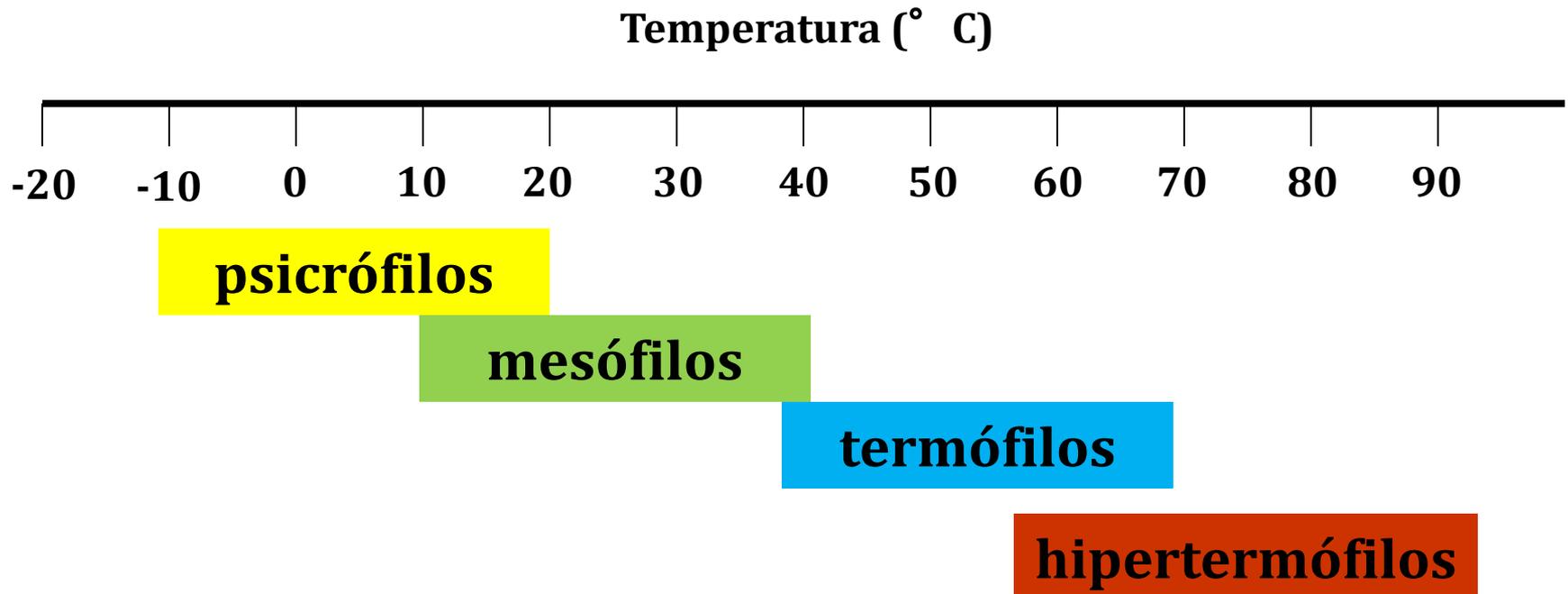
Em um solo aerado:

	$N_2$ (%)	$O_2$ (%)	$CO_2$ (%)
Ar	79	21	0,035
Atmosfera do Solo	79	21	0,1 -1,0

## 4.2. Características físico-químicas do solo - temperatura do solo

A temperatura do solo modula a atividade microbiana

- ✓ afeta a velocidade das reações físico-químicas celulares
- ✓ influencia na degradação de compostos complexos
- ✓ existem micro-organismos adaptados a distintas faixas de temperatura



## 4.2. Características físico-químicas do solo - temperatura do solo

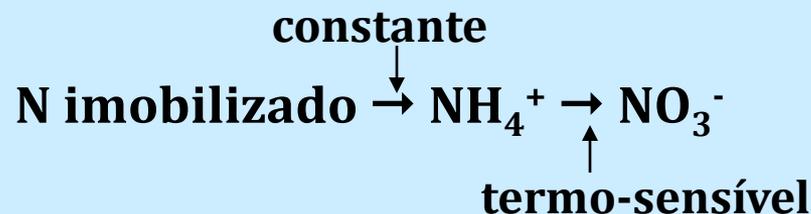
Alguns processos biogeoquímicos são termo sensíveis:

### Degradação de matéria orgânica

- ✓ Atividade microbológica é mais intensa em temperaturas maiores
- ✓ Maiores taxas de degradação em áreas e épocas mais quentes

### Ciclagem do nitrogênio

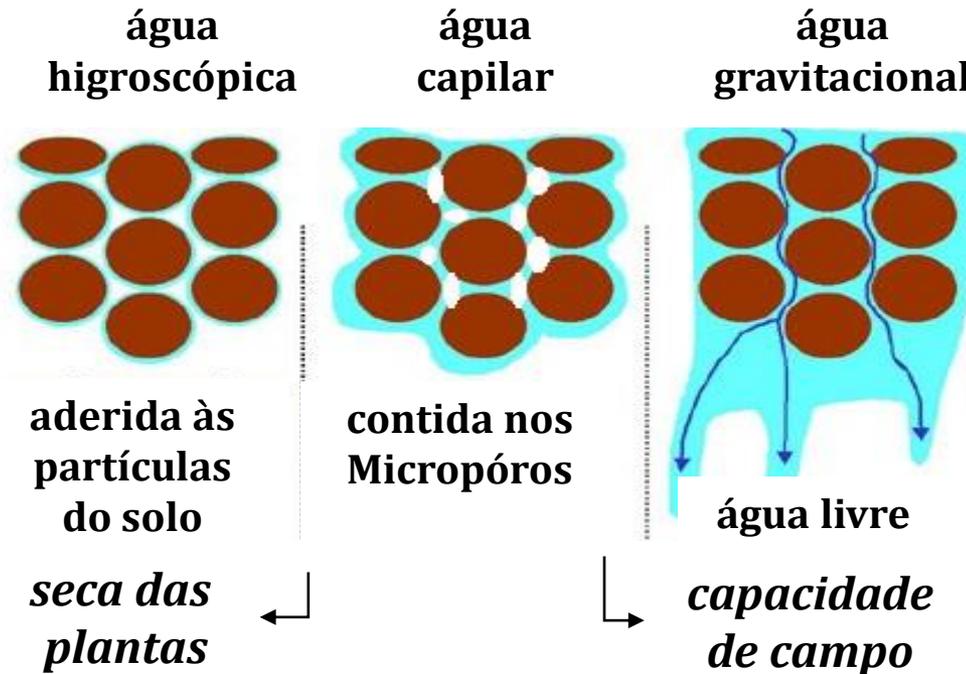
- ✓ Amonificação é executada por vários grupos - estável durante o ano
- ✓ Nitrificação é realizada por poucos grupos bacterianos - termo sensíveis
- ✓ Resultado: ocorre acúmulo de amônio em solos temperados no outono e primavera



## 4.3. Características físico-químicas do solo - água no solo

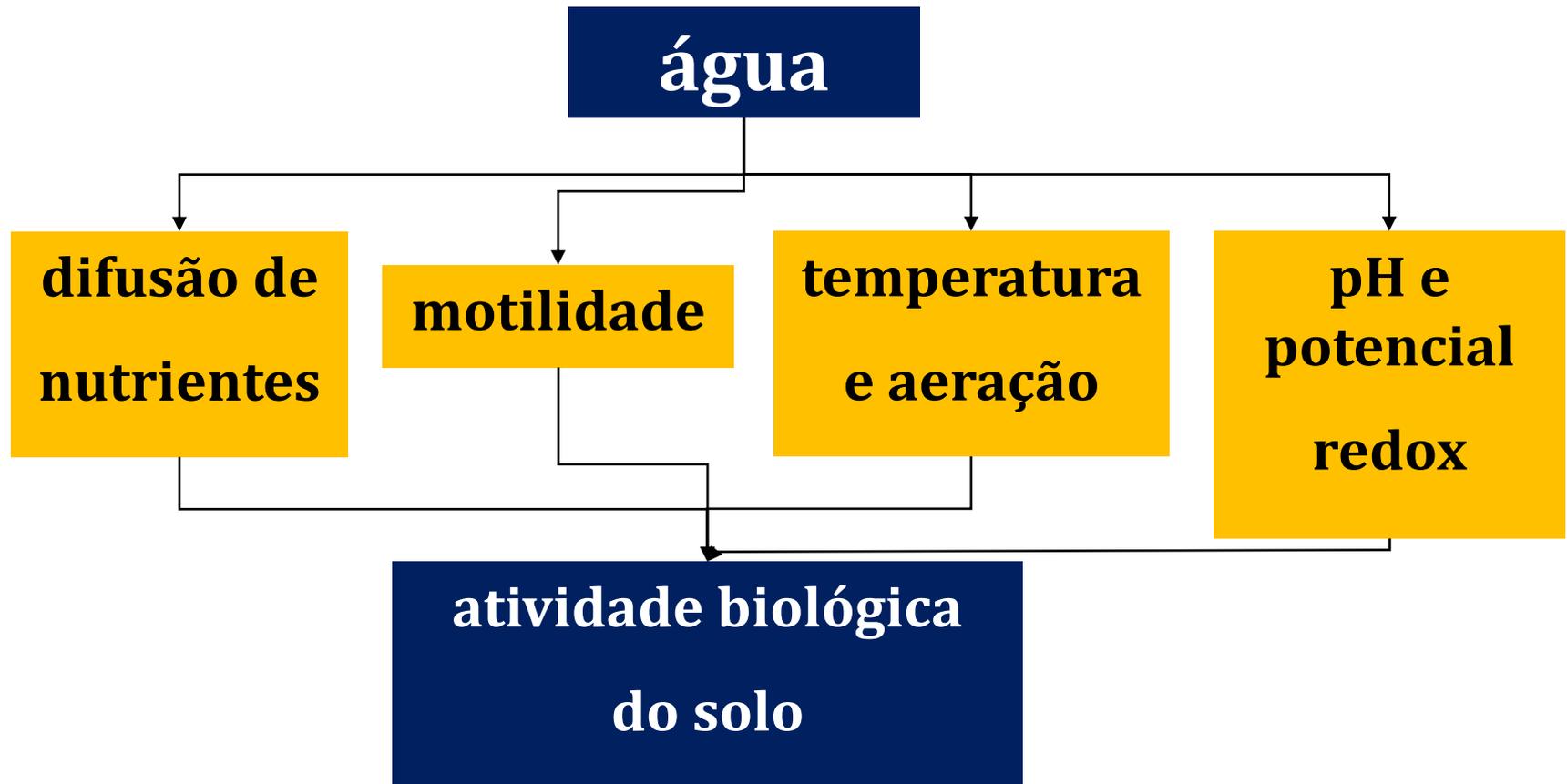
A água é essencial no solo, onde ocorre em três formas

- ✓ água higroscópica
- ✓ água capilar
- ✓ água livre ou gravitacional



Os micro-organismos conseguem utilizar todas as formas de água do solo

## 4.3. Características físico-químicas do solo - água no solo



## 4.4. Características físico-químicas do solo - pH do solo

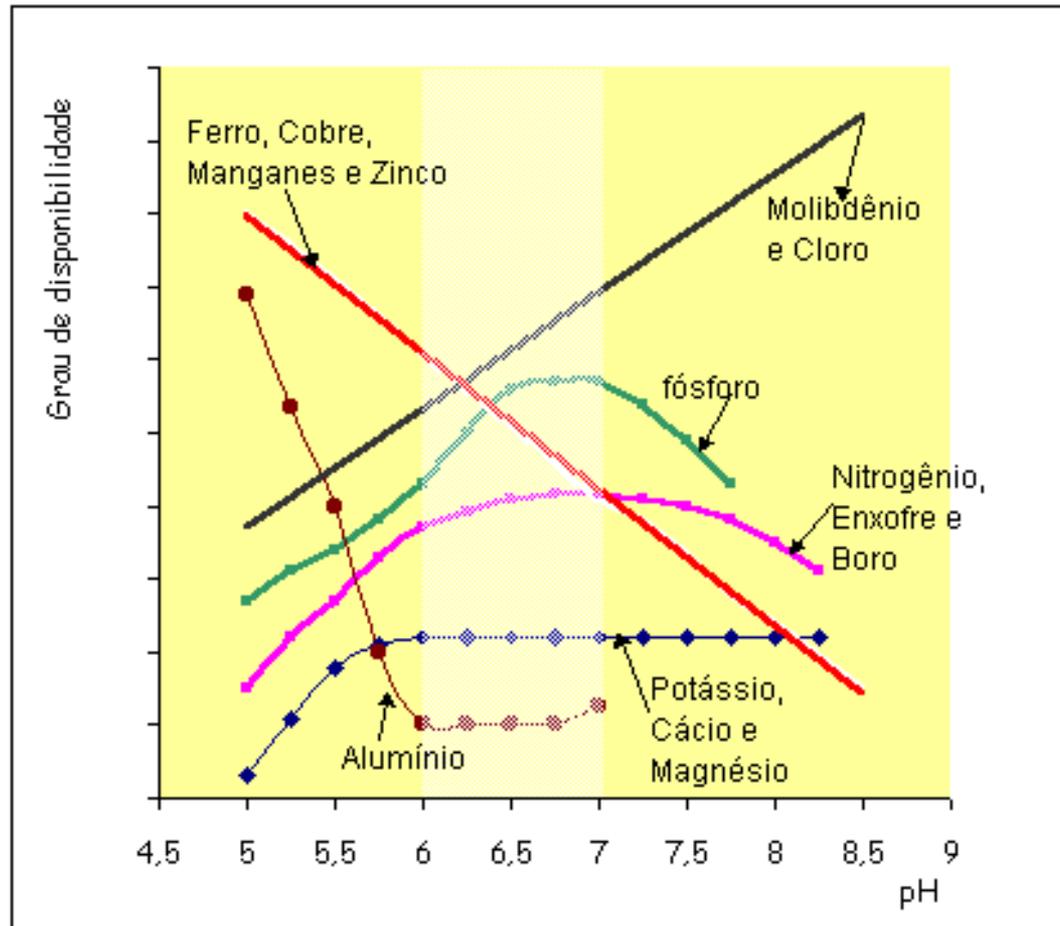
**O pH pode atuar sobre os micro-organismos do solo de diversas maneiras:**

- ✓ *Alteração na atividade celular - membranas*
- ✓ *Alteração da capacidade nutricional - atuação sobre complexos enzimáticos*
- ✓ *Alteração na disponibilidade de nutrientes*

*O pH foi considerado em vários estudos como o principal agente na estruturação da comunidade bacteriana em solos.*

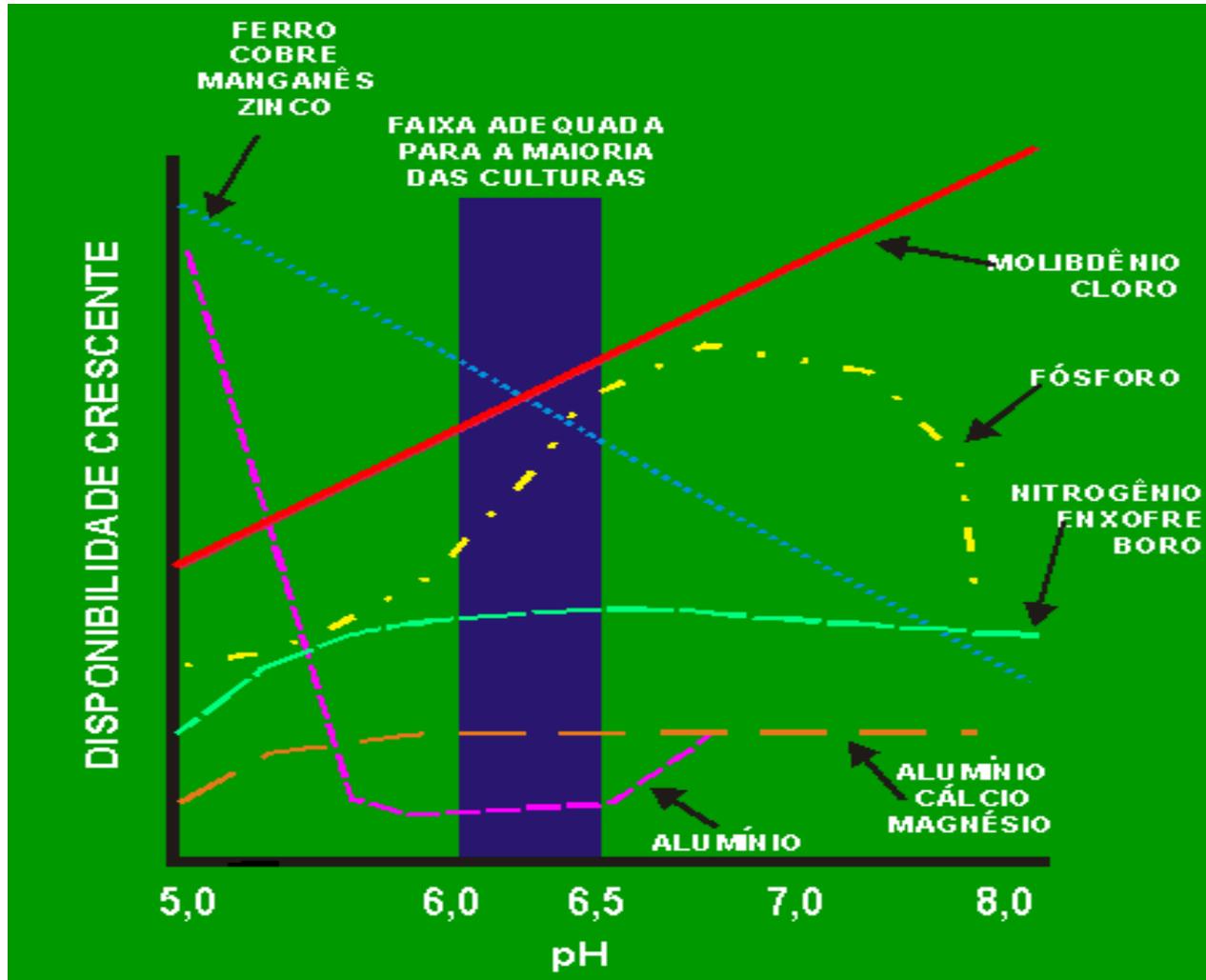
## 4.4. Características físico-químicas do solo - pH do solo

### O pH afeta diretamente a disponibilidade de nutrientes na solução do solo

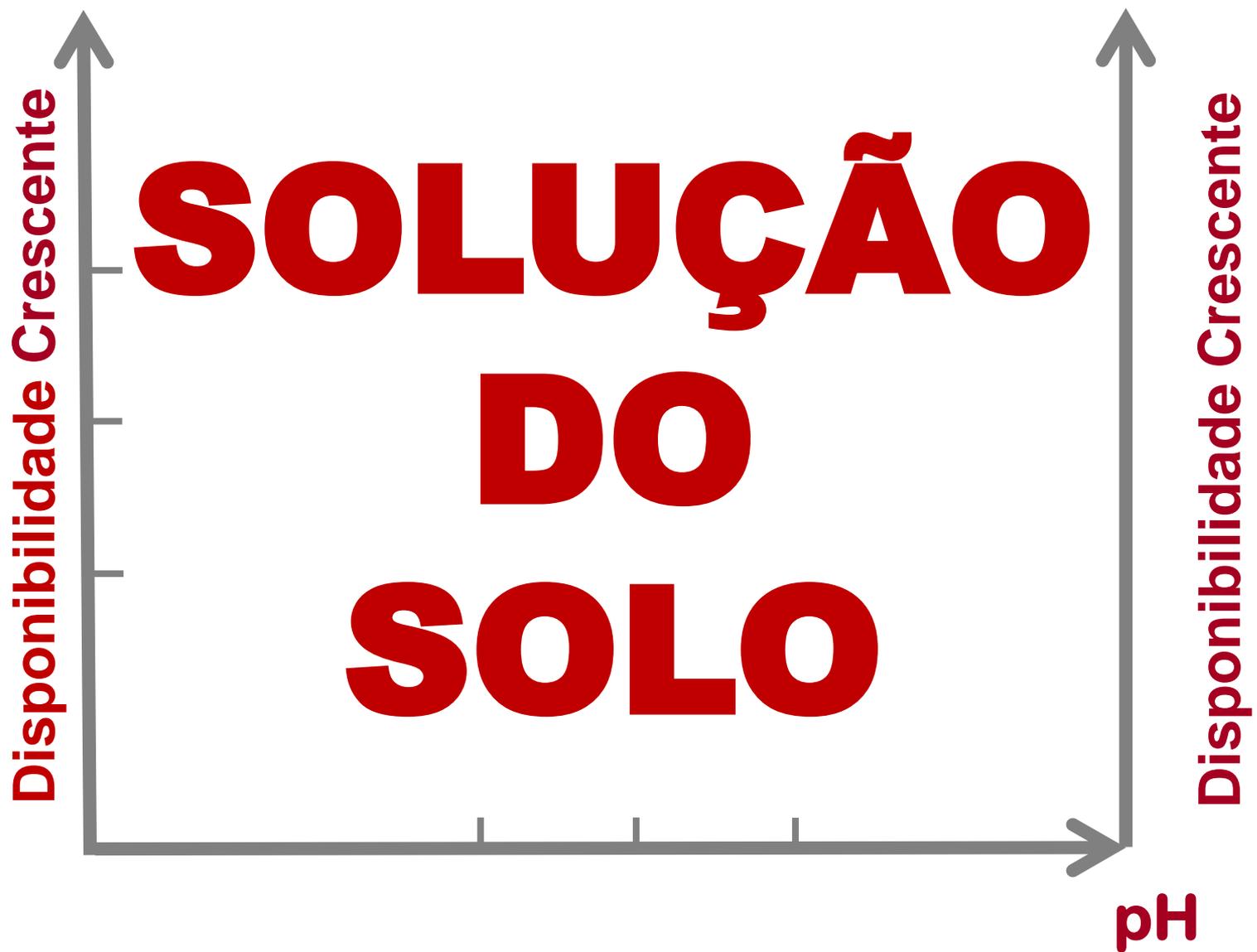


Fonte: [www.sigacana.com.br](http://www.sigacana.com.br)

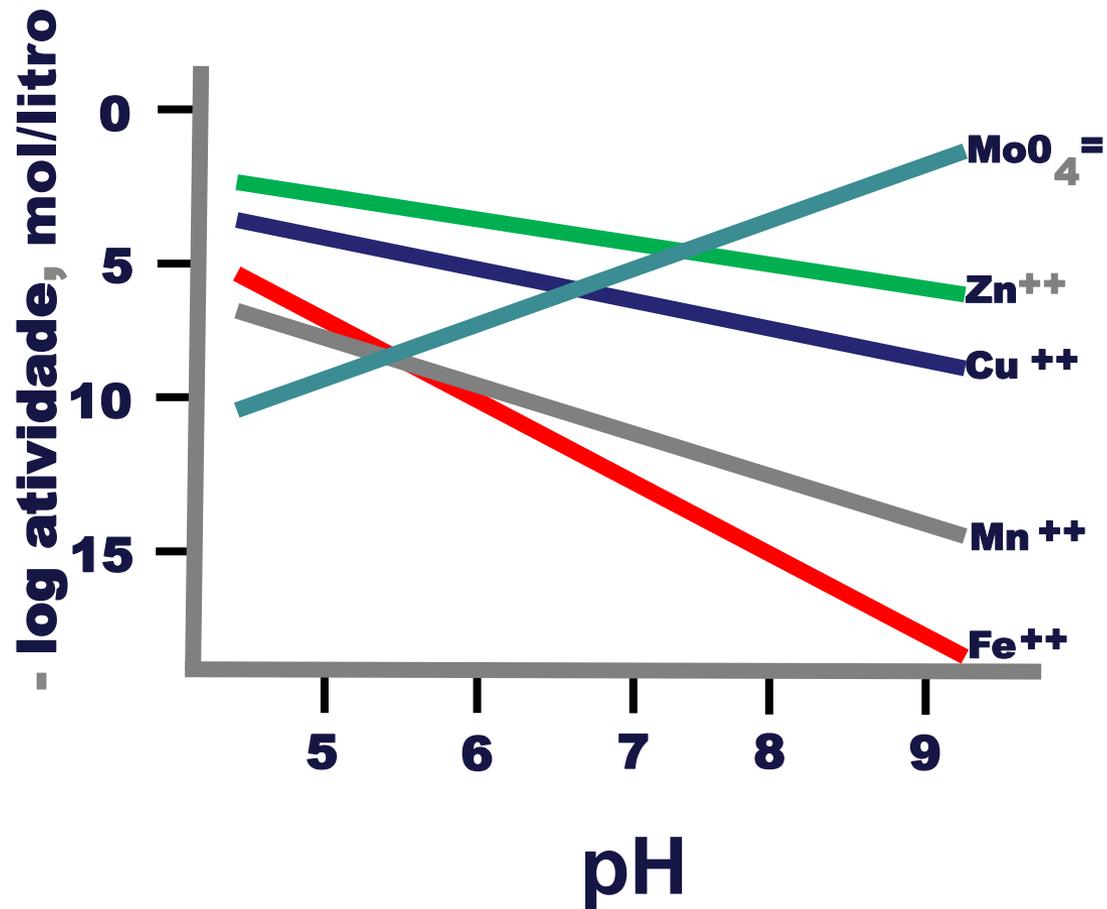
# pH E A DISPONIBILIDADE DOS ELEMENTOS NO SOLO



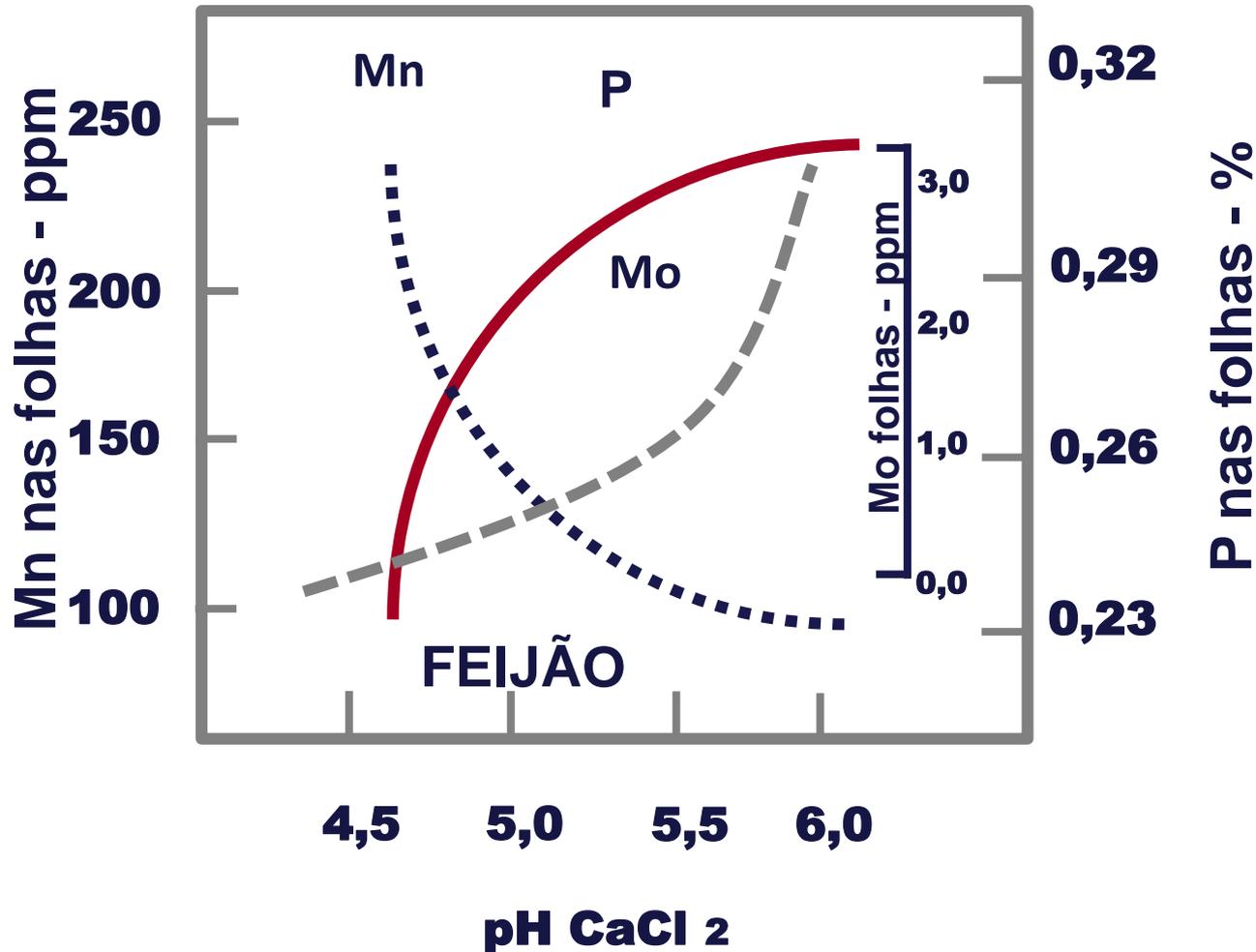
# pH E A DISPONIBILIDADE DOS ELEMENTOS DO SOLO



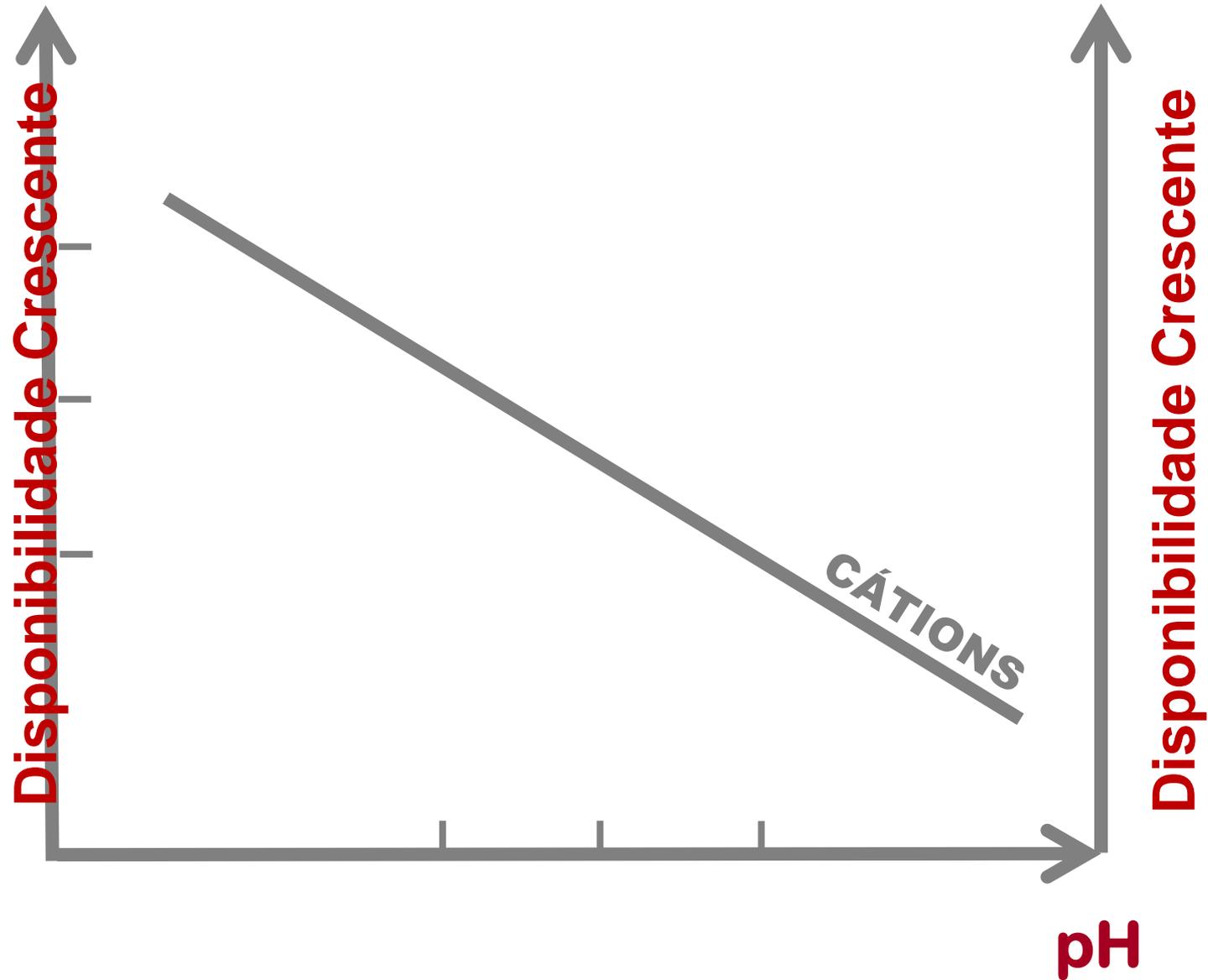
# ESPÉCIES IÔNICAS EM EQUILÍBRIO NA SOLUÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO DO PH (LINDSAY, 1972)



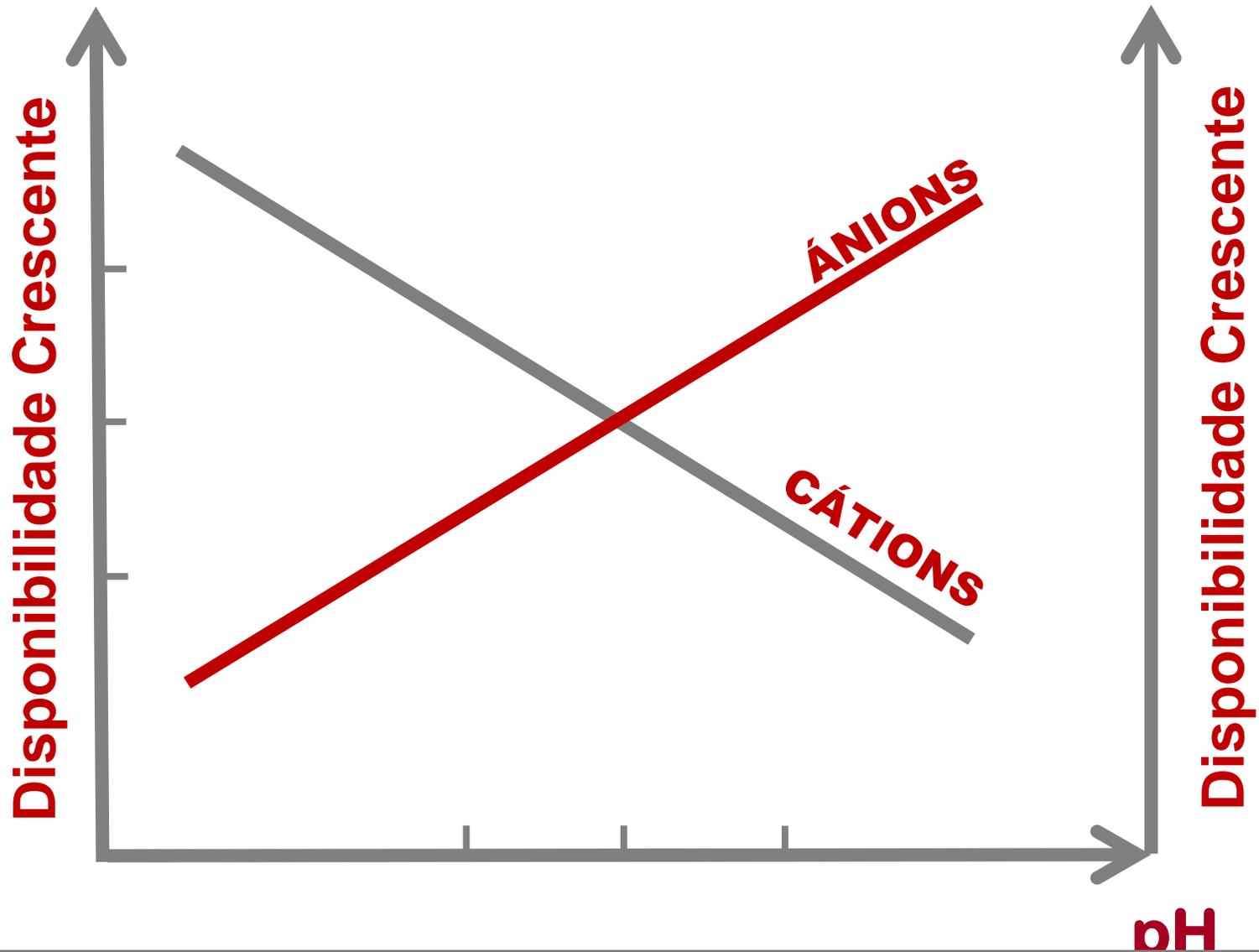
# TEORES DE P, Mn, Zn E Mo EM FUNÇÃO DO pH (Quaggio, 1985)



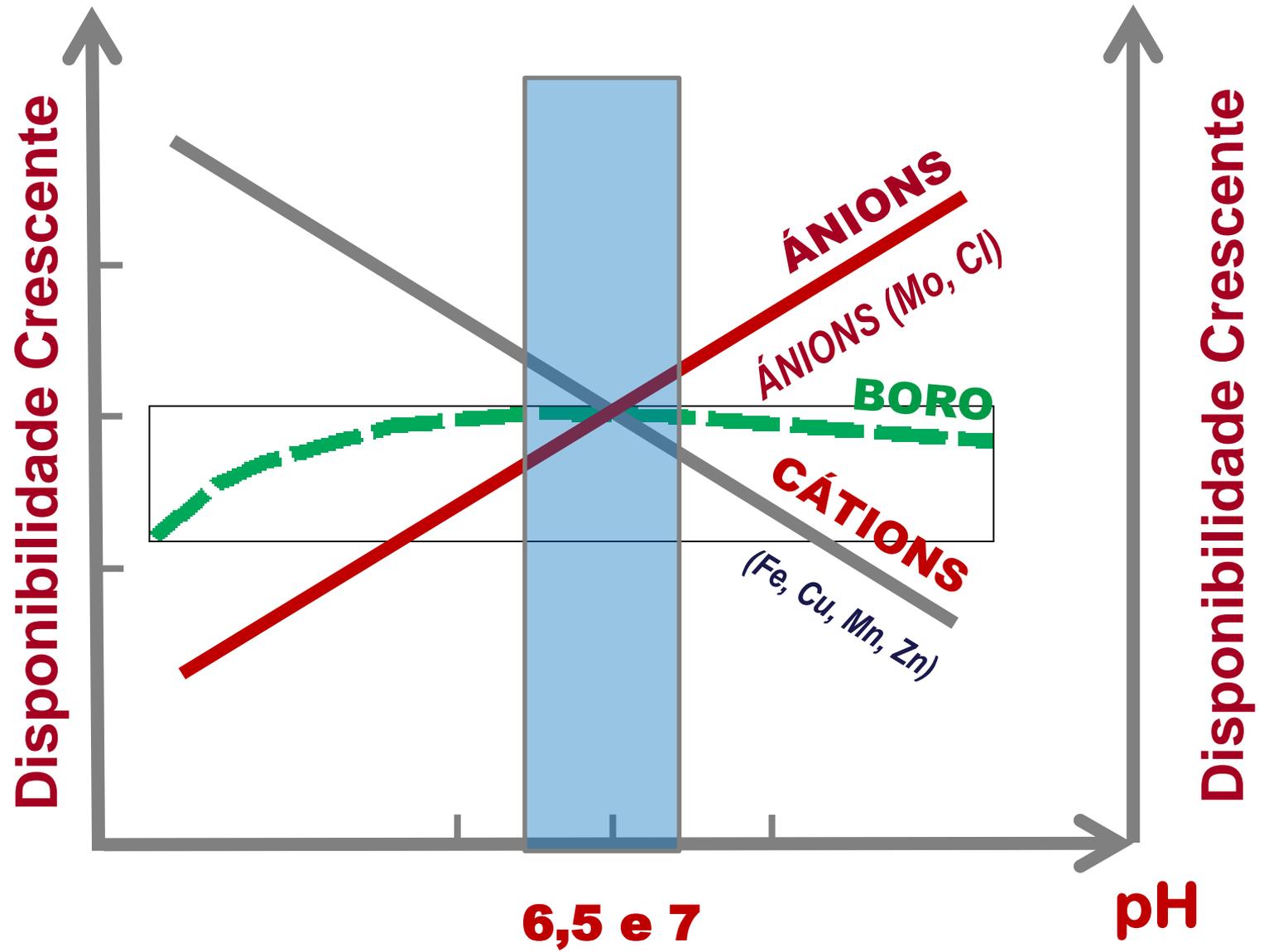
# pH E A DISPONIBILIDADE DOS ELEMENTOS DO SOLO



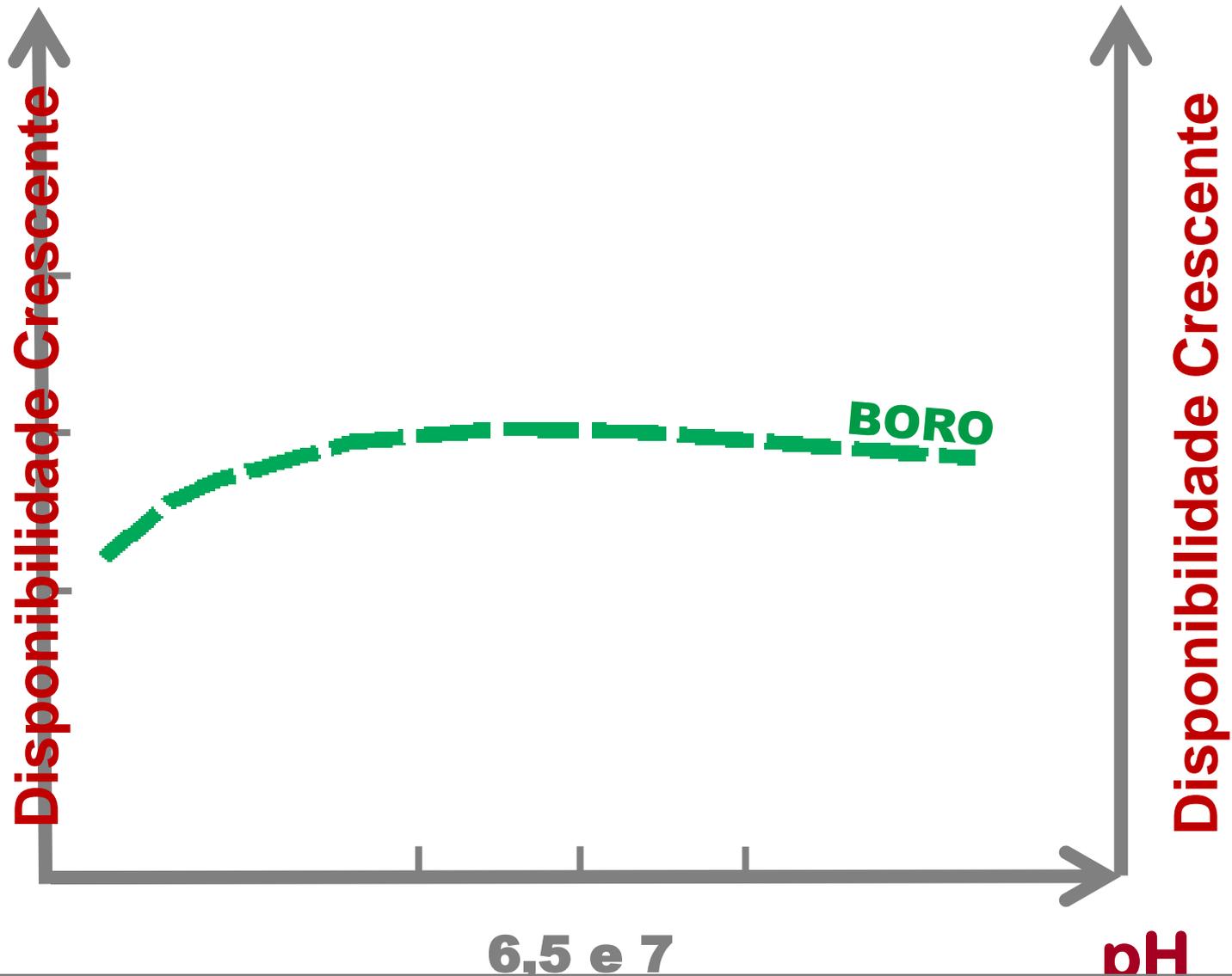
# pH E A DISPONIBILIDADE DOS ELEMENTOS DO SOLO



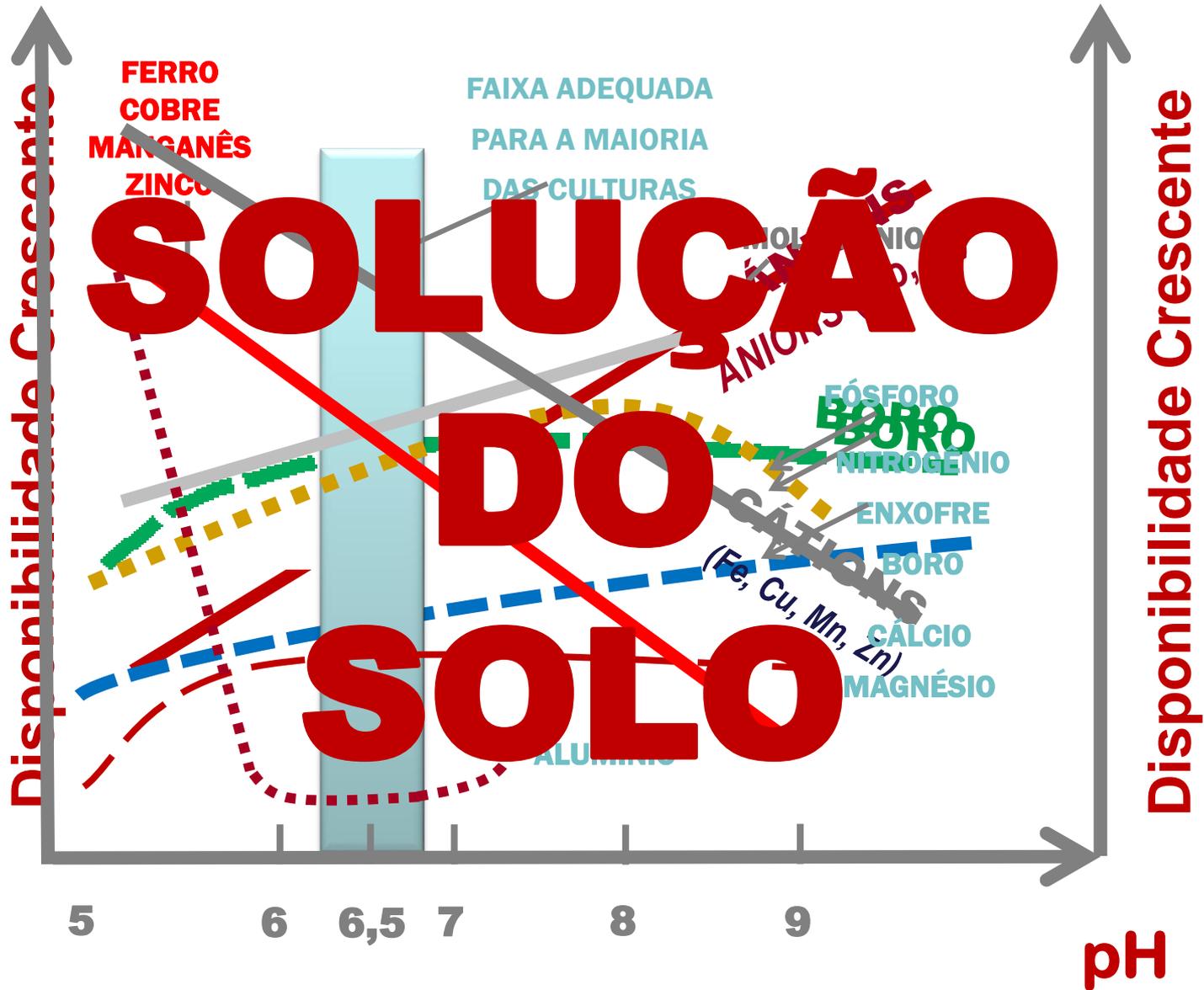
# pH E A DISPONIBILIDADE DOS ELEMENTOS DO SOLO



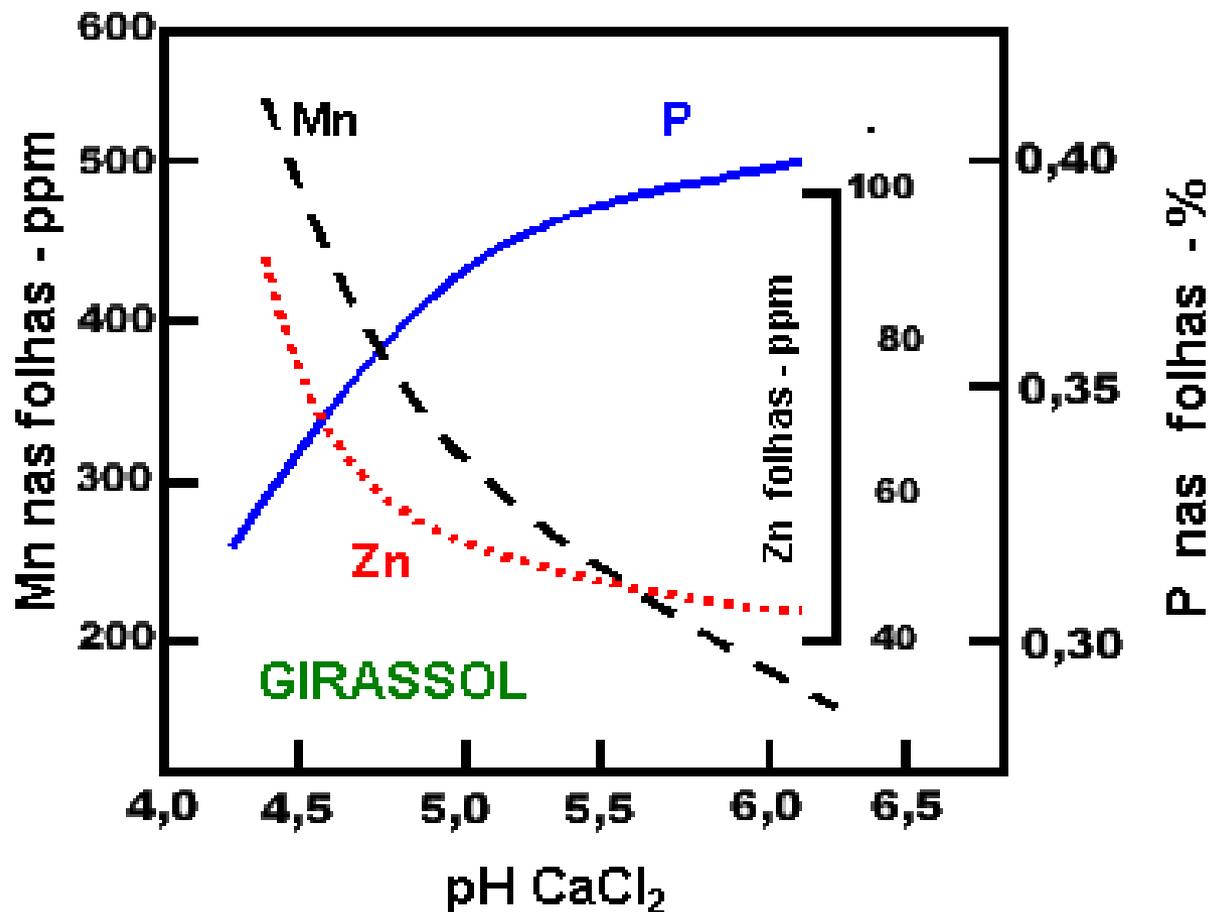
# pH E A DISPONIBILIDADE DOS ELEMENTOS DO SOLO



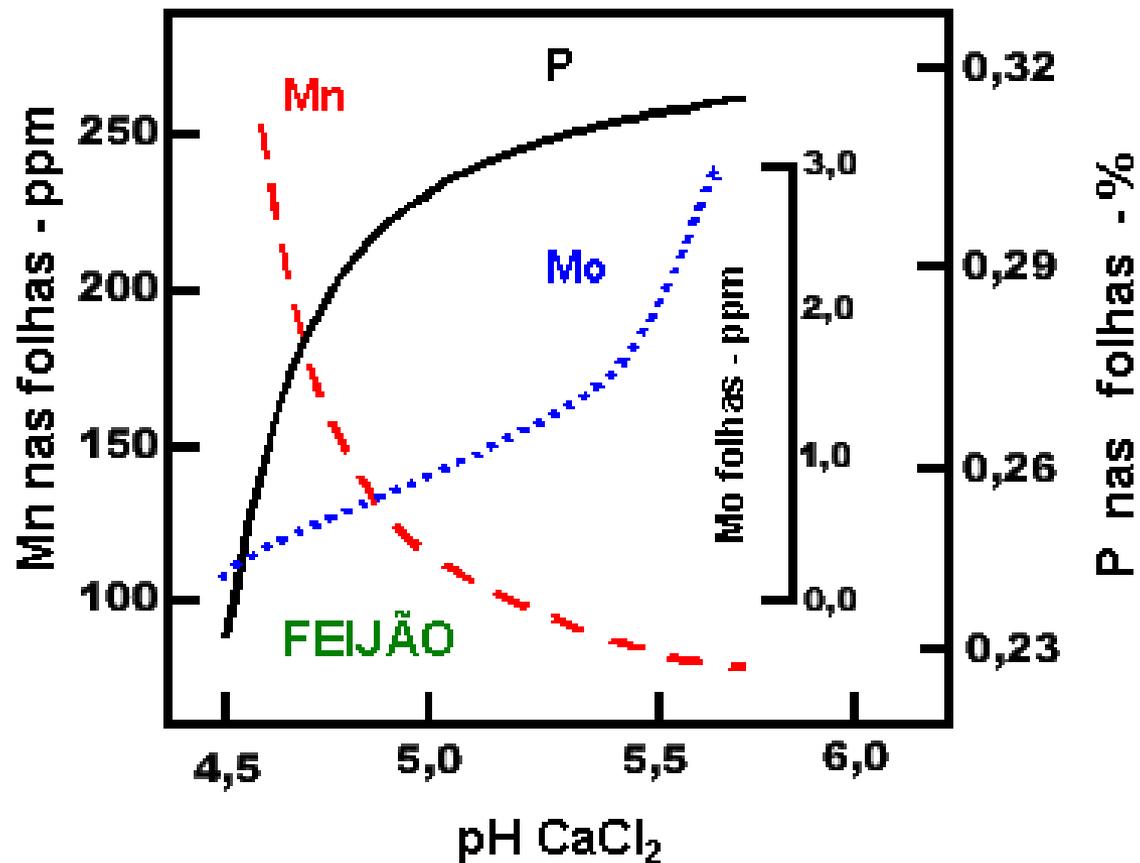
# pH E A DISPONIBILIDADE DOS ELEMENTOS DO SOLO



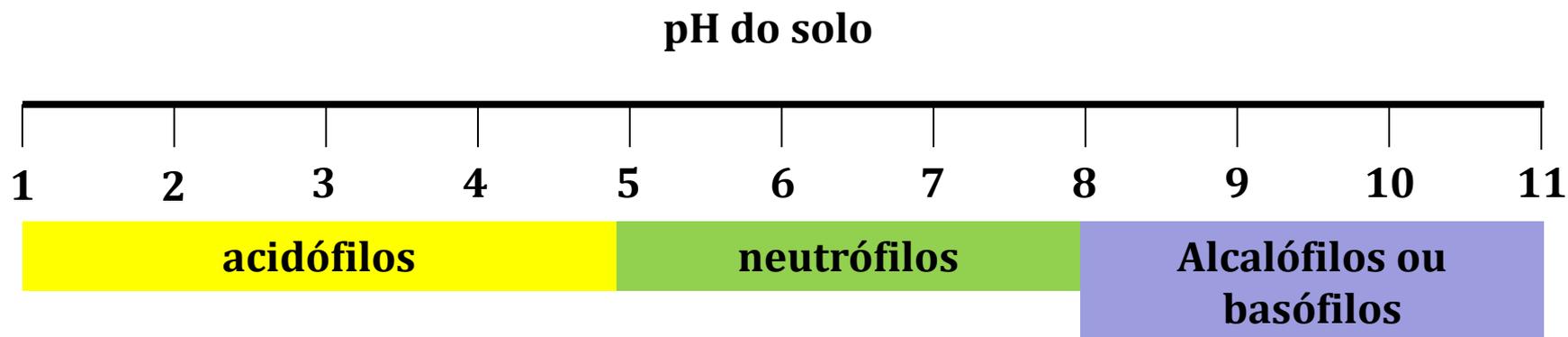
# Variação nos Teores de Fósforo, Manganês, Zinco e Molibdênio em Função do pH



# Varição nos Teores de Fósforo, Manganês, Zinco e Molibdênio em Função do pH



## 4.4. Características físico-químicas do solo - pH do solo

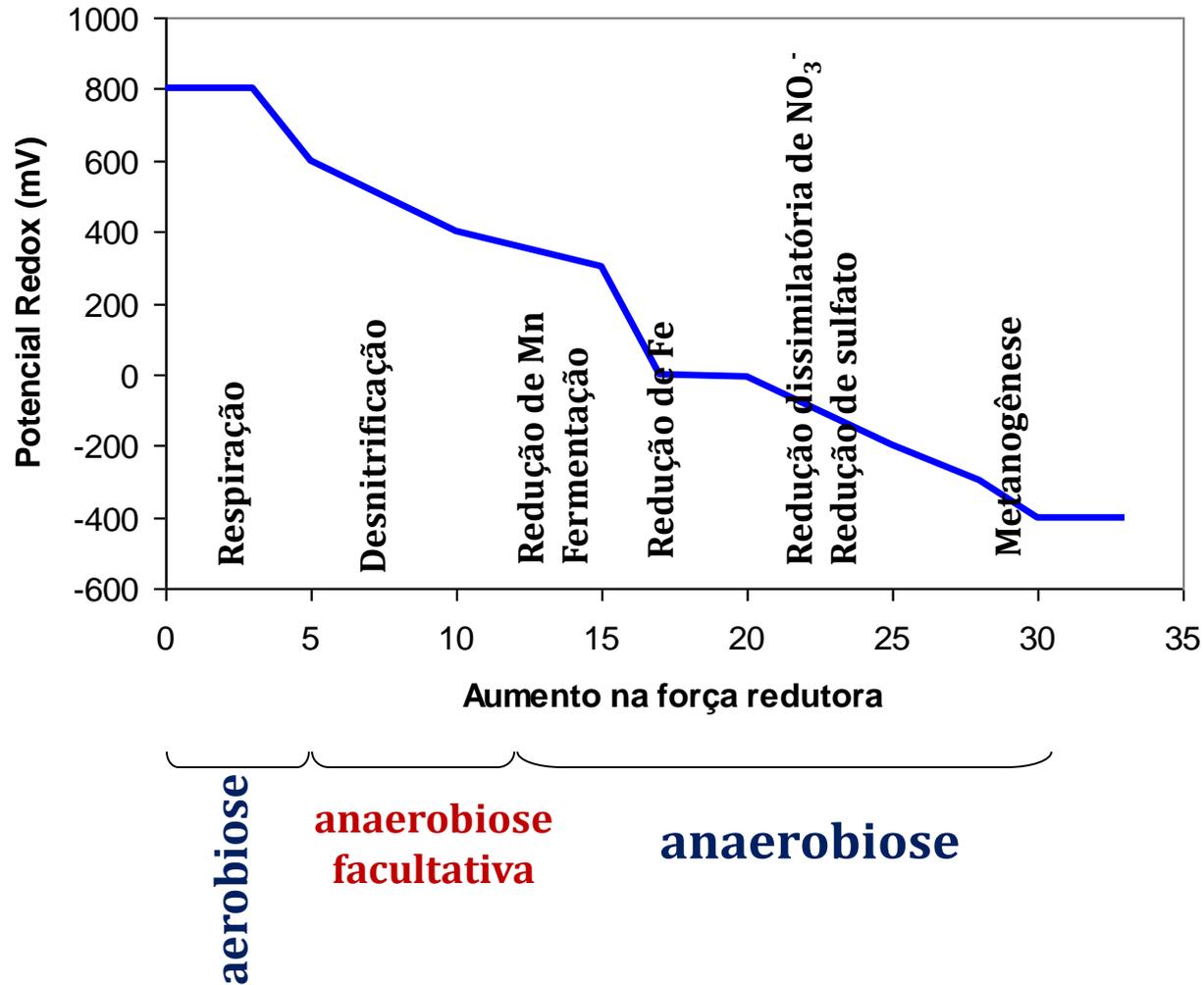


## 4.5. Características físico-químicas do solo - potencial redox do solo

**O potencial redox é a medida da tendência do ambiente em ganhar ou ceder elétrons para um novo componente a ser introduzido**

- ✓ **Valores positivos: tendência a receber elétrons - ambiente oxidado**
  - ✓ **locais aerados, solos comuns**
  - ✓ **prevalece respiração e processos de anaerobiose facultativa**
  
- ✓ **Valores negativos: tendência a doar elétrons - ambiente reduzido**
  - ✓ **locais anaeróbios, solos lodosos**
  - ✓ **prevalecem processos anaeróbicos: redução de sulfato e metanogênese**

## 4.5. Características físico-químicas do solo - potencial redox do solo



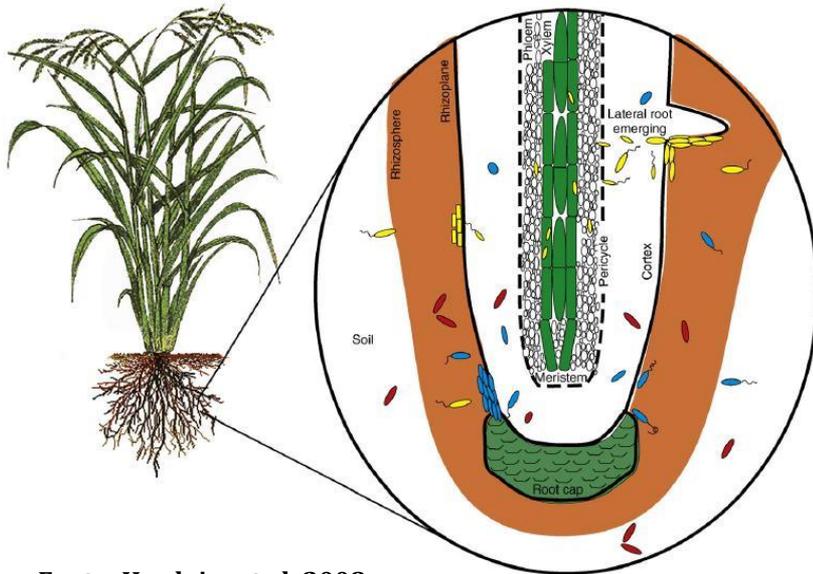
## 4.6. Características físico-químicas do solo - fontes de energia no solo

Os solos são em sua grande maioria oligotróficos

- ✓ baixa disponibilidade de nutrientes para os micro-organismos
- ✓ dependente de pH do solo

Exceção são os *hotspots*

- ✓ área de interação com outros organismos, como a rizosfera



Fonte: Hardoim et al. 2008

## 5. Solos em distintos ambientes

### Solos em anaerobiose

Fonte: [www.ocw.unu.edu](http://www.ocw.unu.edu)



**manguezais**

Fonte: [www.squidoo.com](http://www.squidoo.com)



**cultivo de arroz**

## 5. Solos em distintos ambientes

### Solos em temperaturas extremas

Fonte: [www.jackspaces.blogspot.com](http://www.jackspaces.blogspot.com)



*solos em regiões polares*

Fonte: [www.vegetacaodobrasil.hpg.com.br](http://www.vegetacaodobrasil.hpg.com.br)



*solos em áreas desérticas*

## 6. A diversidade microbiana no solo

### O que fazem os micro-organismos no solo?

#### Bactérias

- **Decomposição** (aeróbica, anaeróbica)
- **Degradação de moléculas orgânicas complexas** (*Pseudomonas sp.*)
- **Transformações de nutrientes** (solubilização de fosfato, enxofre etc)
- **Interações mutualísticas** (FBN - simbiótica e não-simbiótica)

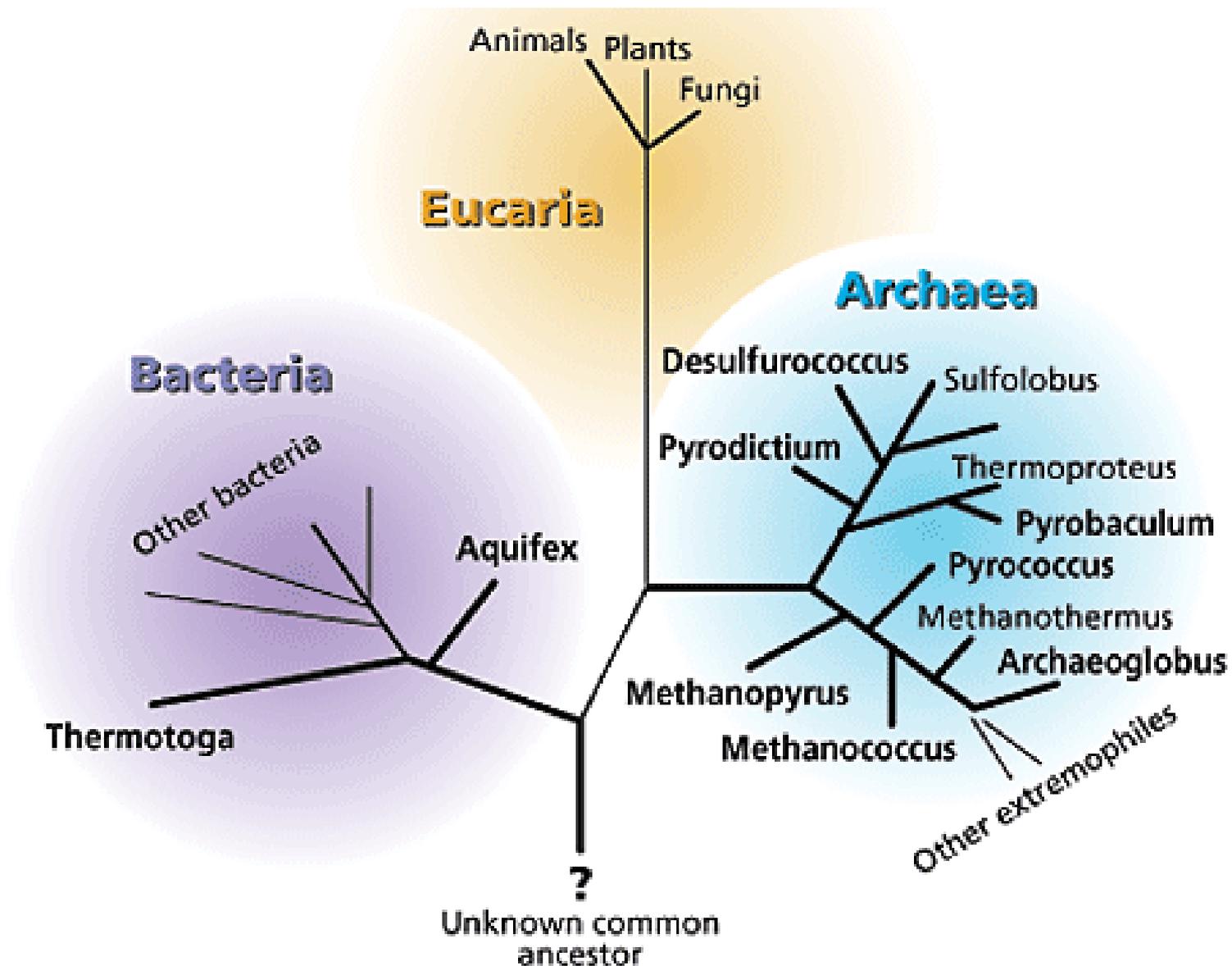
#### Fungos

- **Decomposição** (aeróbica e fermentação por leveduras)
- **Degradação de moléculas orgânicas complexas** (Basidiomicetos - lignina)
- **Produção de antibióticos** (*Penicillium - penicilina*)
- **Solubilizadores de fosfato** (*Aspergillus*)
- **Micorrizas**
- **Agregação do solo**

#### Arquéias

- **Grande grupo colonizador de solos** (aeróbica e anaerobicamente)
- **Recentemente descrito como ativo na ciclagem de nitrogênio** (nitrificação)

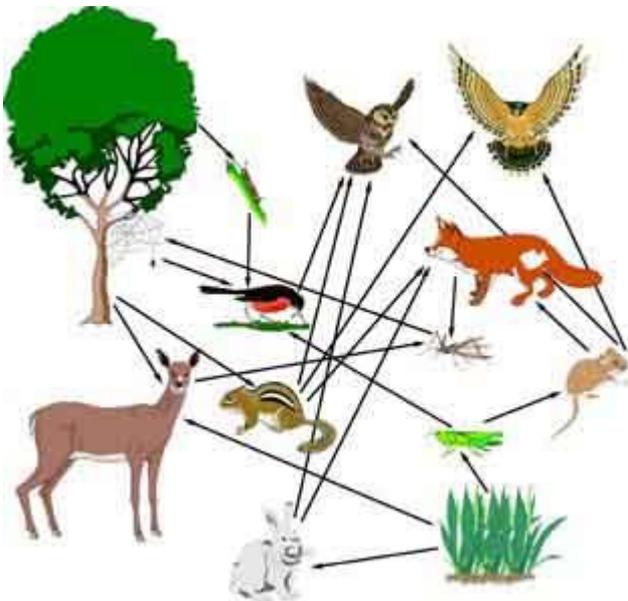
## 6. A diversidade microbiana no solo



## 7. Ecologia microbiana

### Ecologia

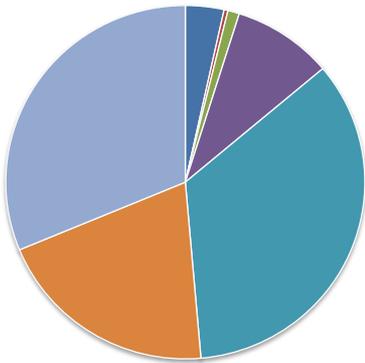
- ✓ Ciência que estuda os ecossistemas
- ✓ É o estudo científico da distribuição e abundância dos seres vivos
- ✓ Considera as interações que determinam a estrutura das comunidades



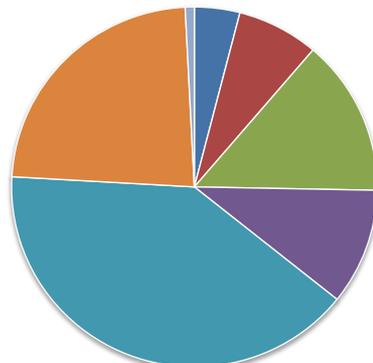
## 7. Ecologia microbiana

✓ *Ciência que estuda a estrutura das comunidades microbianas*

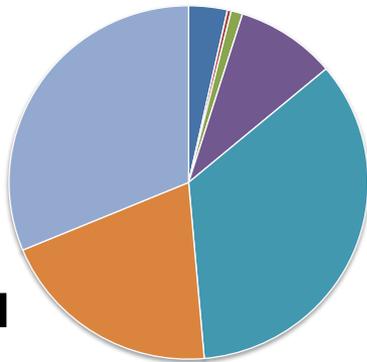
✓ *Estrutura = grupos vs abundância*



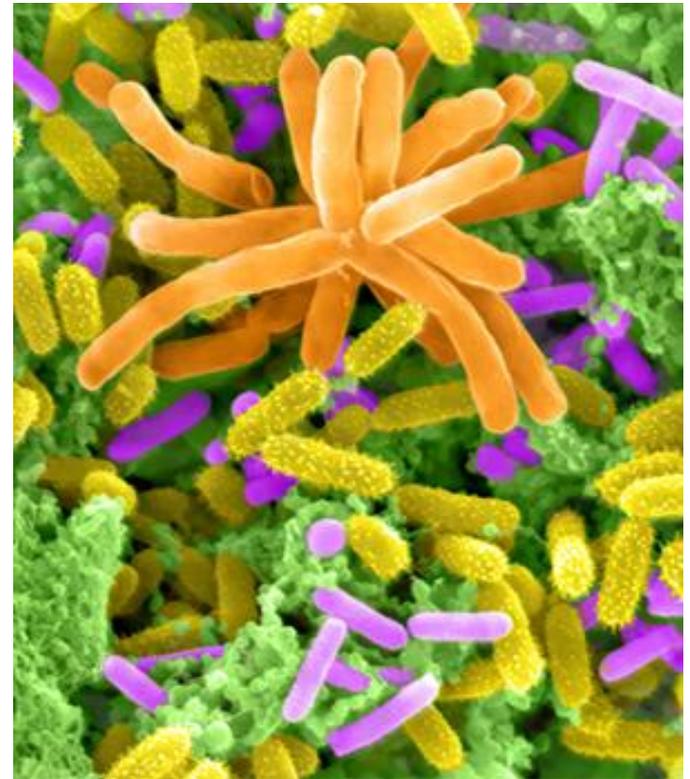
I



II

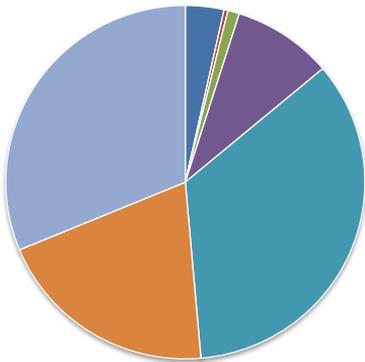


III

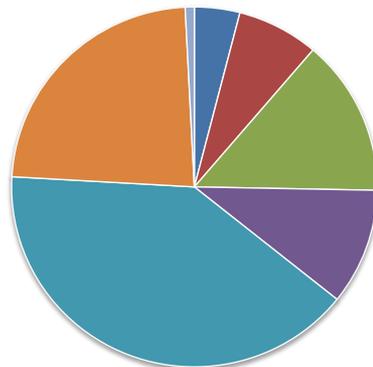


## 7. Ecologia microbiana

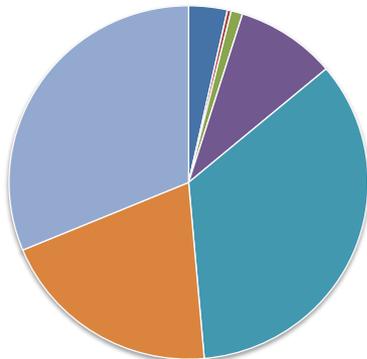
- ✓ *Ciência que estuda a estrutura das comunidades microbianas*
- ✓ *Estrutura = **grupos vs abundância***



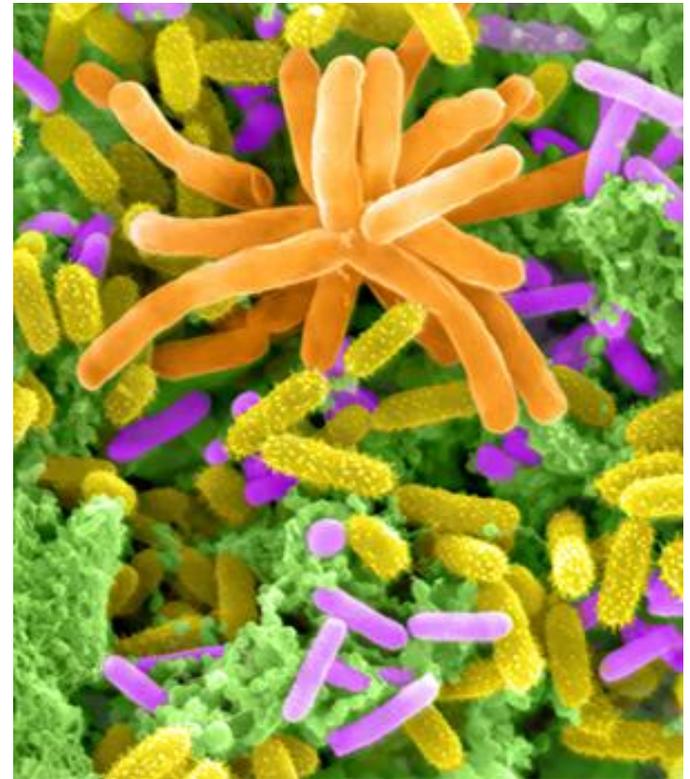
I - 1000 cel/g



II - 100 cel/g

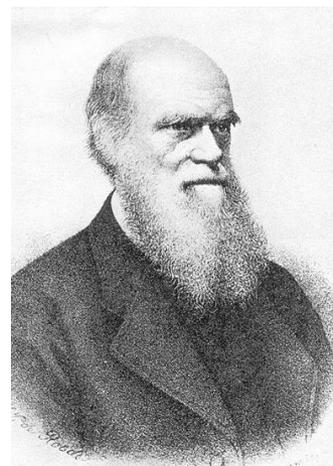


III - 1.000.000 cel/g



### ✓ Sobrevivência - seleção do mais apto

- *O mais apto é aquele que tolera mais as variações dos atributos ambientais e que possui maior capacidade reprodutiva em um determinado ambiente;*
- *O mais apto pode ser bastante variável quando o ambiente é altamente competitivo;*
- *Adaptação vs competição - colonização de nichos*



### ✓ Adaptação

- *Capacidade a utilizar recursos do ambiente*

**nutrição, respiração, aceptores de elétrons etc...**

### ✓ Competição

- **Habilidade em diminuir o desenvolvimento de concorrentes**

**antibióticos, agentes quelantes etc...**

## 7. Ecologia microbiana

### ✓ Limitações genéticas/ fisiológicas vs condições ambientais

✓ *Considerando-se que uma bactéria pode duplicar sua população em 10-20 min, se algumas poucas espécies de bactérias crescessem sem limitação o planeta estaria coberto de bactérias*

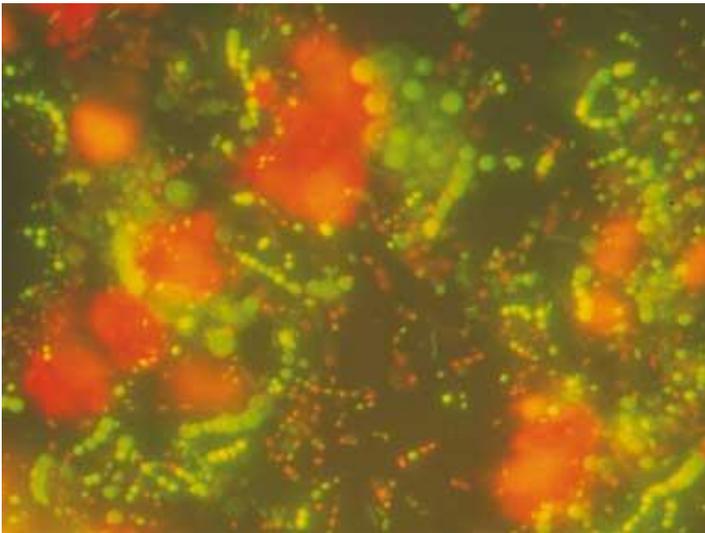
✓ *Sem limitação ao crescimento, uma única célula bacteriana, em 24 h (72 gerações) produziria  $2,36 \times 10^{21}$  células e uma biomassa final de  $1,18 \times 10^8$  g (118 ton.)*

✓ **Assim, existem condições limitantes ao crescimento microbiano (a maioria dos microambientes do solo são oligotróficos)**

✓ **Os microrganismos vivem sob condições limitantes a maior parte do tempo (estado de fome crônica)**

## 8. Distribuição dos microrganismos

- ✓ **Interações biológicas com outros organismos**
- ✓ **Habilidade em se dispersar no ambiente**
- ✓ **Probabilidade de colonizar novos ambientes**



## 9. Diversidade microbiana e qualidade do solo

**Alta Diversidade  
Microbiana**

```
graph TD; A[Alta Diversidade Microbiana] --> B[Maior Resiliência]; A --> C[Alta Redundância Metabólica]; A --> D[Alta Diversidade Metabólica];
```

**Maior  
Resiliência**

*Capacidade de retornar ao estado natural após um impacto*

**Alta  
Redundância  
Metabólica**

**Alta  
Diversidade  
Metabólica**

## 9. Diversidade microbiana e qualidade do solo

### *Contaminação do solo*



# Bibliografia recomendada

