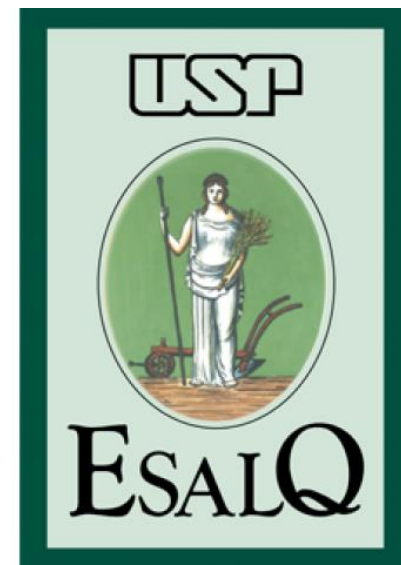


# Cálcio

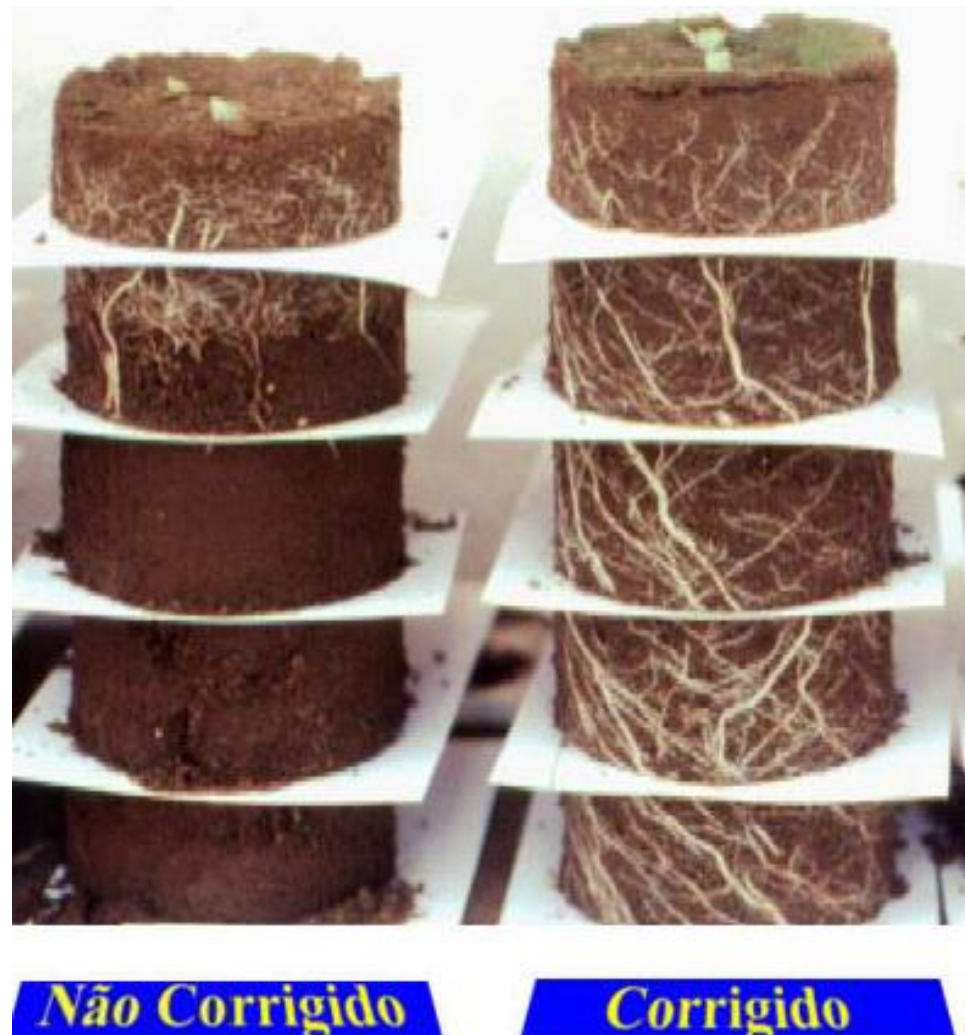
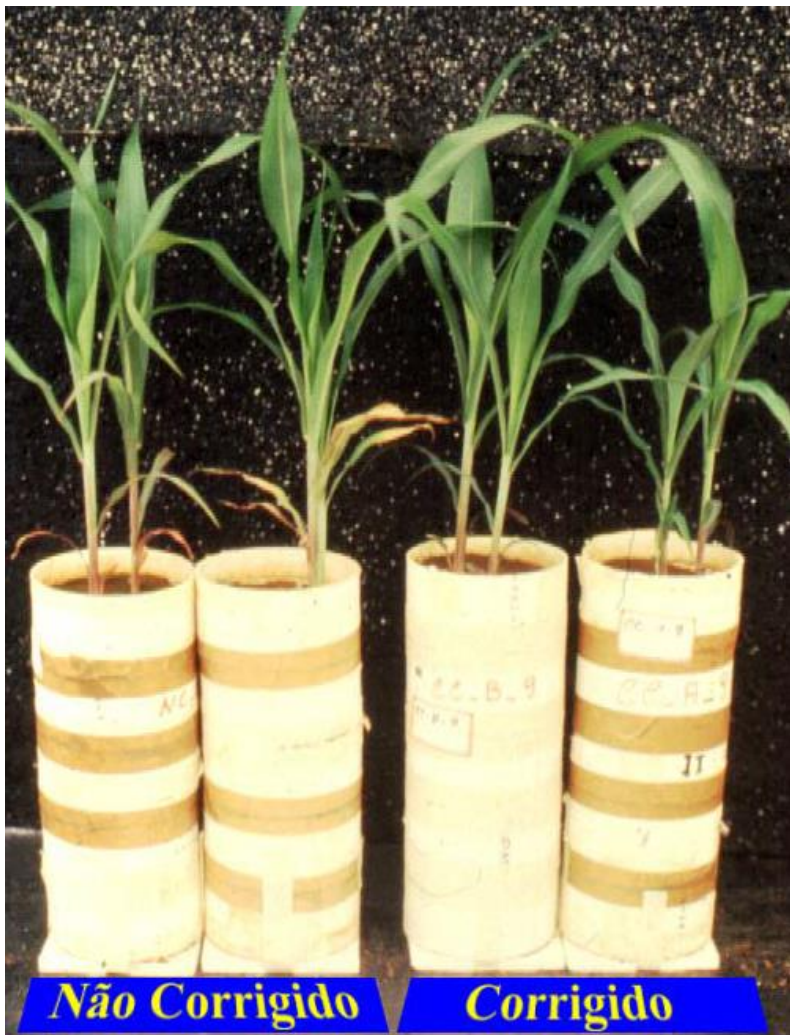
# Magnésio

# Enxofre

LSO300 - QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO  
(2020)



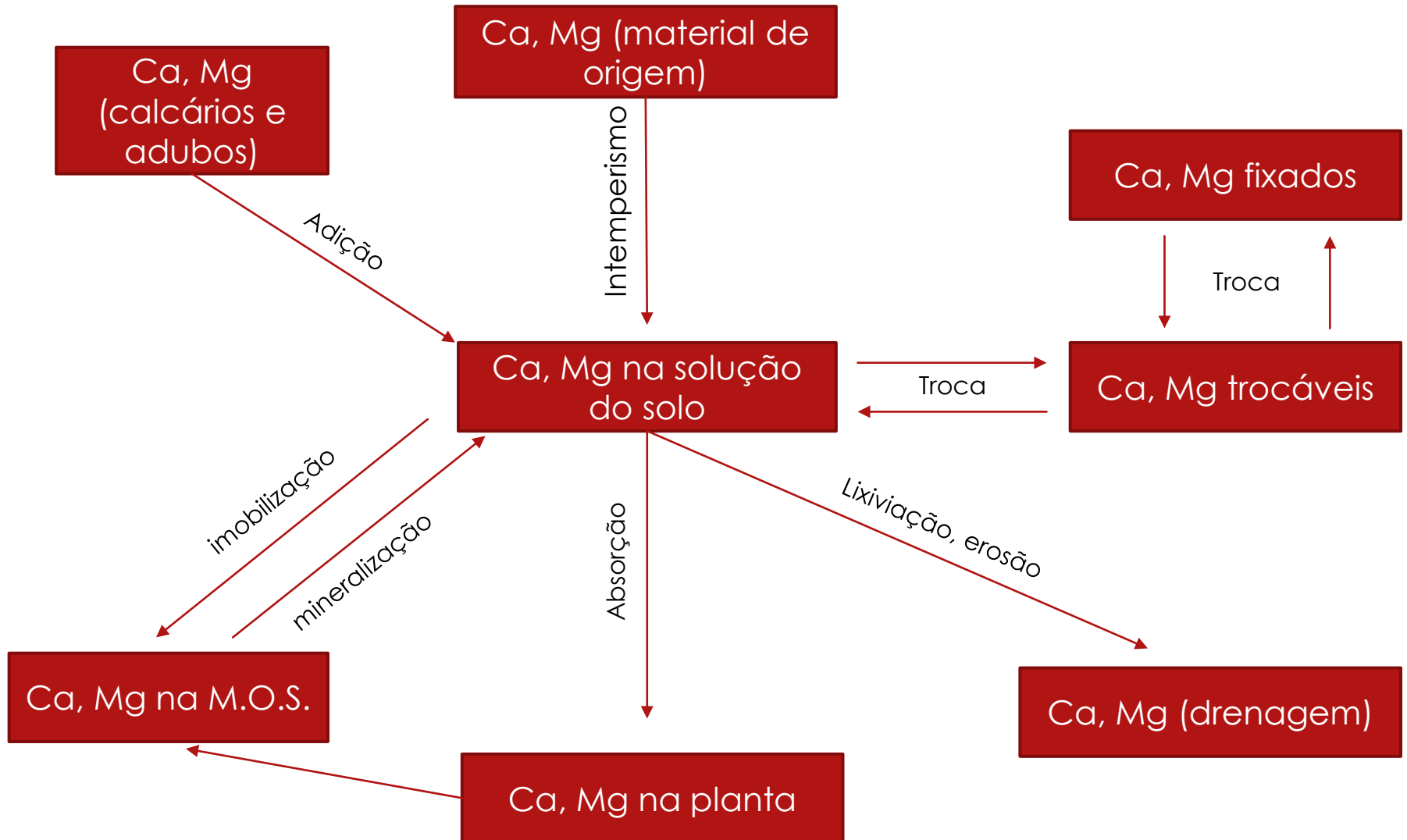
# Cálcio e Magnésio



Fonte: Roberto F. Novais

# Cálcio e Magnésio

## Ciclos do Ca e Mg no sistema solo-Planta



# Cálcio no solo

- Cátion  $\text{Ca}^{2+}$
- Fontes no solo → minerais primários:
  - Calcita, dolomita, apatita e feldspatos cálcicos
- Solos com elevados teores de Ca: solos de regiões áridas, ou solos com material de origem rico em Ca (como o calcário)
- Solos argilosos (maior CTC) contém mais  $\text{Ca}^{2+}$  que solos arenosos;
- Solos da região tropical úmida → alto teor de  $\text{Al}^{3+}$ , baixo pH, e baixo teor de  $\text{Ca}^{2+}$ ;

# Funções do Ca no solo e plantas

- **Estimula o desenvolvimento de raízes e folhas;**
- **Forma compostos que são parte das paredes celulares;**
- **Ativa vários sistemas enzimáticos nas plantas;**
- **Aumenta a produtividade pela redução da acidez do solo;**
- **Aumenta a atividade microbiana**
- **Melhora a absorção de vários outros nutrientes**

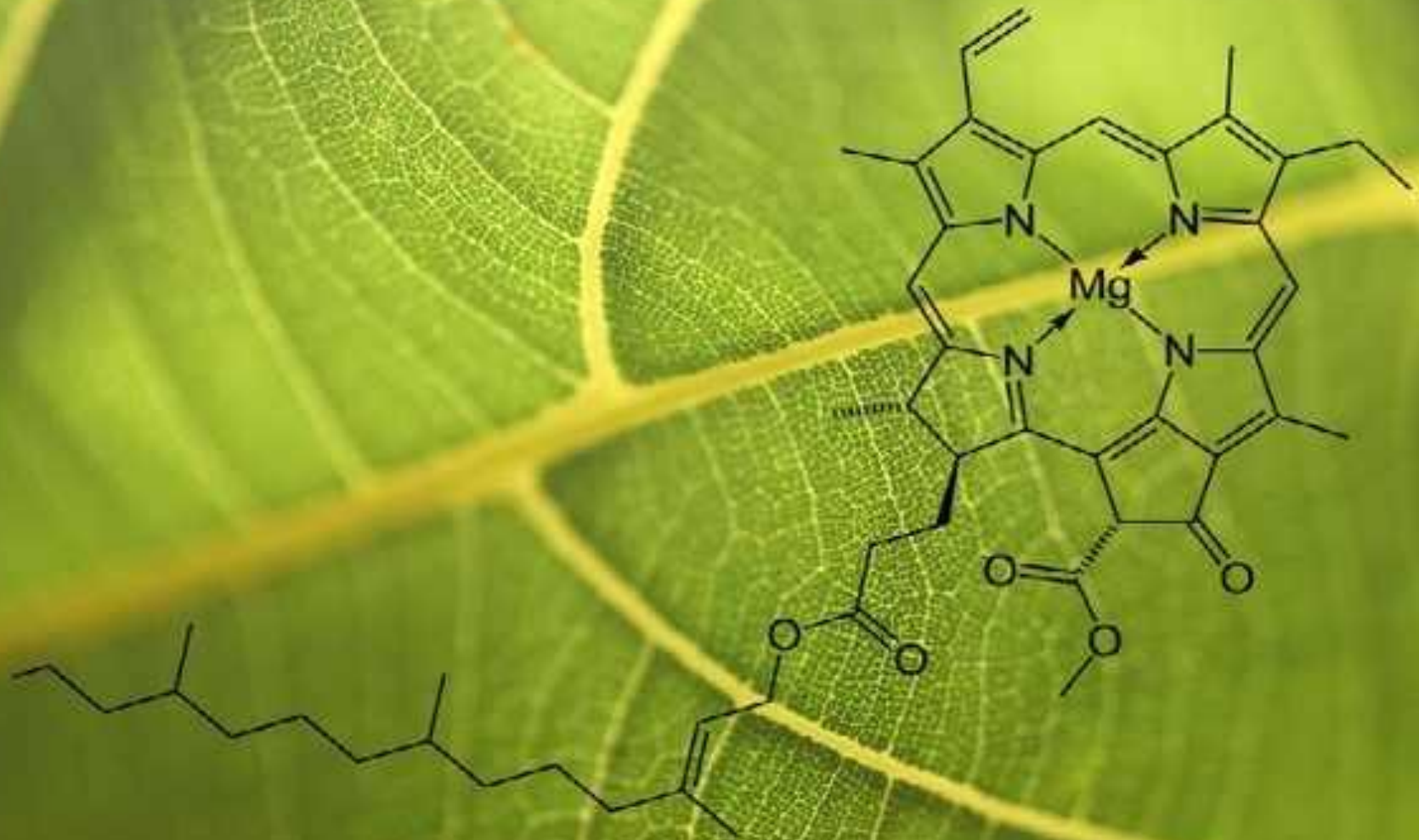
# Fontes mais comuns de cálcio

Fonte	Cálcio (%)	Potencial reativo de Neutralização*
Calcário calcítico	32	85-100
Calcário dolomítico	22	95-108
Escória básica	29	50-70
Gesso (sulfato de cálcio)	22	Nenhum
Marga (tipo de calcário)	24	15-85
Cal hidratada	46	120-135
Cal virgem	60	150-175

\*Baseado em carbonato de cálcio puro (100%)



# Magnésio ( $Mg^{2+}$ )



# Magnésio ( $Mg^{2+}$ )

- Comportamento no solo similar ao do  $Ca^{2+}$
- Material de origem: minerais primários
  - Dolomita, serpentinita e olivina
- Componente de minerais silicatados:
  - Biotita, ilita, vermiculita, montmorilonita
- Fertilizantes e rochas dolomíticas
- Matéria orgânica



# Fontes comuns de Mg

Material	Teor de magnésio (%)
Calcário dolomítico (carbonato de Mg)	3-12
Magnesita (óxido de Mg)	55-60
Escória básica	3
Sulfato de magnésio	9-20
Sulfato de potássio e magnésio	11
Cloreto de magnésio (solução)	7,5

---

**Calcário dolomítico é uma excelente fonte de Mg**

# Uso contínuo de calcário calcítico pode causar deficiência de Mg em solos naturalmente pobres nesse elemento

A presença excessiva de um pode prejudicar os processos de adsorção e absorção do outro

# Características do Mg no solo

- Liga-se de forma trocável com os colóides
- Deficiência em geral ocorre em solos ácidos de textura arenosa
- Solos sódicos podem apresentar deficiência de Mg

# ENXOFRE NO SOLO (Importância)

Agrícola & Florestal

Ambiental



Deficiência de Enxofre (S)  
no Eucalipto

Drenagem ácida de Mina

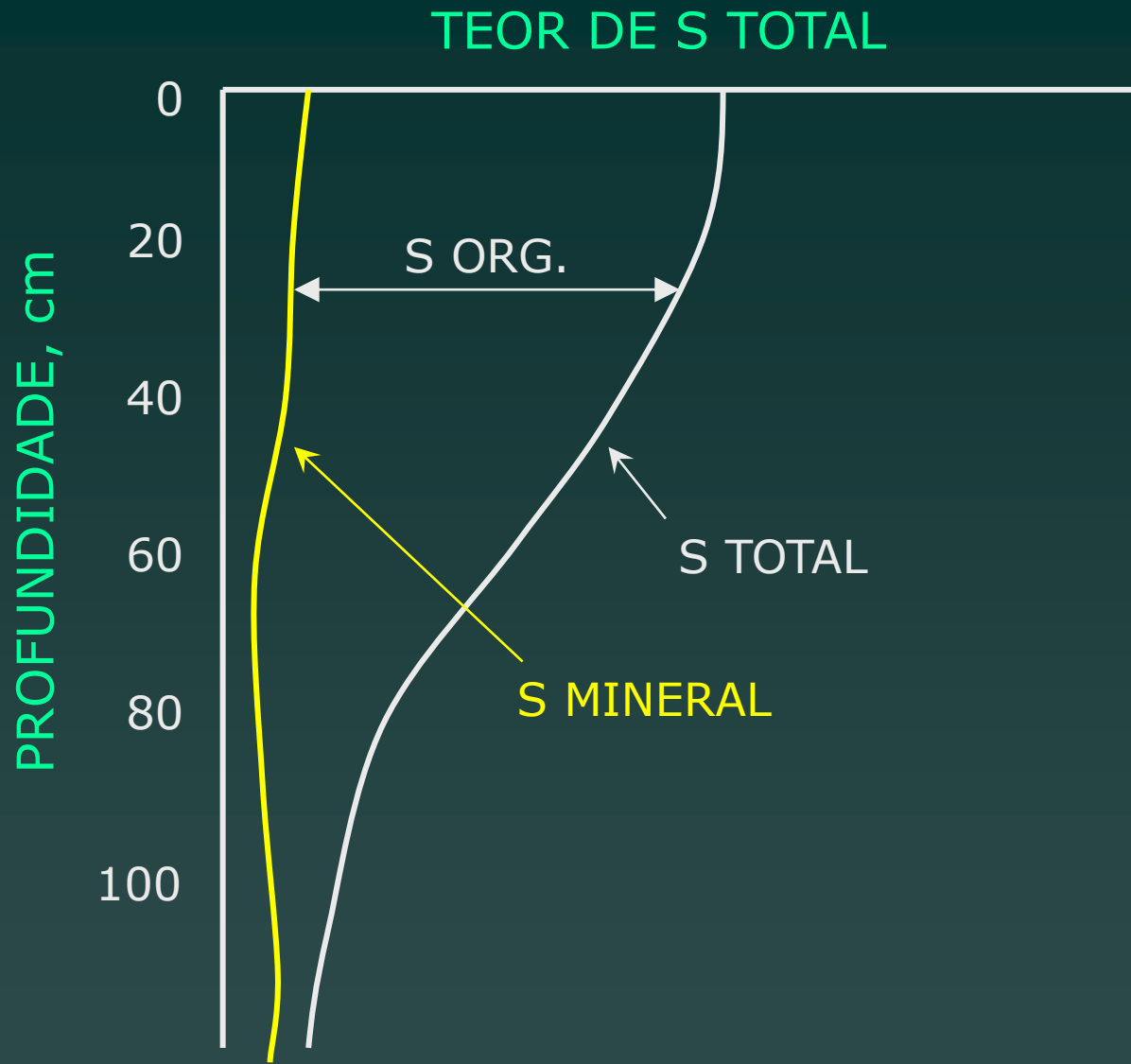
# ENXOFRE NO SOLO

## 1. CARACTERÍSTICAS DO ENXOFRE

- Macronutriente
- Deficiência tem aparecido em diversos solos, principalmente devido ao emprego de fertilizantes concentrados (sem S)
- Semelhante ao N em vários aspectos:
  - > Predomina no solo sob a forma orgânica
  - > Ocorre nas formas sólida, aquosa, e gasosa
  - > Vários estados de Oxidação (de -2 a +6)
  - > Sofre diversas transformações causadas por microrganismos

## 2. CONTEÚDO NO SOLO E DISTRIBUIÇÃO NO PERFIL

- Solos minerais: 0,02% a 0,2% de S total
- Em solos orgânicos o teor pode chegar a 1%
- No geral: S em solos argilosos > S em solos arenosos
- Distribuição no perfil: semelhante à da matéria orgânica: maiores teores na superfície, decrescendo com a profundidade



Distribuição típica do S no perfil do solo



# 3. FORMAS DE OCORRÊNCIA DE S NO SOLO

## 3.1. Nos minerais

### a) Sulfetos

- Bissulfeto de ferro ( $\text{FeS}_2$ ): Pirita
- Zinco blenda ( $\text{ZnS}$ )
- Galena ( $\text{PbS}$ )
- Calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ )
- Bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ )

### b) Sulfatos (apenas em regiões áridas)

- Gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )
- Sulfatos de Mg, Na e K

## 3.2. S orgânico

- Representa de 80 a 95% do S total do solo
- É importante forma de reserva de S do solo
- Principais formas:
  - > Aminoácidos : cistina, cisteína, metionina etc.
  - > Proteínas
  - > Ésteres de sulfato

### 3.3. Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) adsorvido

Fatores que afetam a adsorção:

a) Teor e natureza do complexo coloidal

Óxidos de Fe e Al > Caulinita

b) pH do solo

A adsorção diminui com o aumento do pH, tornando-se muito baixa acima de  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  6,5

c) Presença de outros ânions

Ânions como fosfato e molibdato diminuem a adsorção pelo efeito competitivo

### 3.4. Enxofre na solução



- Espécie mais estável em solos bem drenados
- Mais importante forma disponível para as plantas



- Apenas em solos com condição redutora (alagados)
- Pode ser tóxico em altas concentrações

### 3.5. Gases de enxofre



## 4. ENXOFRE DISPONÍVEL

- a)  $\text{SO}_4^{2-}$  na solução e adsorvido: mais importante
- b) Aminoácidos: alguns podem ser absorvidos
- c)  $\text{SO}_2$  atmosférico pode ser absorvido pelos estômatos

Extrator de S disponível:

Solução de fosfato monocálcico –  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

## 5. TRANSFORMAÇÕES NO SOLO

### 5.1. Mineralização

Realizada por microrganismos heterotróficos não especializados



Outros produtos finais: S elementar,  $\text{SO}_2$  e  $\text{SO}_4^{2-}$

# 5. TRANSFORMAÇÕES NO SOLO

## Estados de oxidação do S no solo

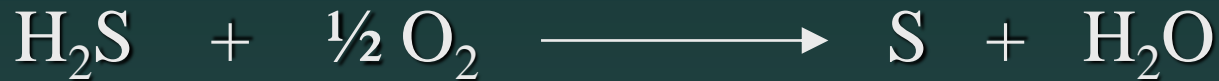
Anaerobiose  $\rightleftharpoons$  Aerobiose

Estados de Oxidação	S <sup>-2</sup>	S <sup>0</sup>	S <sup>+2</sup>	S <sup>+4</sup>	S <sup>+4</sup>	S <sup>+6</sup>
Composto ou íon	H <sub>2</sub> S	S	S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	SO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>



## 5.2. Transformações do S mineral

a) Oxidação: realizada por bactérias do gênero Thiobacillus



b) Redução: realizada por bactérias anaeróbias



# 6. ADIÇÕES AO SOLO

## 6.1. Água da chuva

Arrasta  $\text{SO}_2$  atmosférico proveniente de:

- a) Combustão de materiais orgânicos
- b) Fusão de minérios de Fe e S
- c) Digestão de madeira pelo  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (produção de celulose)

## 6.2. Inseticidas e fungicidas

## 6.3. Fertilizantes

Sulfato de amônio:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Superfosfato simples

Sulfato de potássio:  $\text{K}_2\text{SO}_4$

# 7. PERDAS DO SOLO

## 7.1. Lixiviação

Perdas médias: 10 a 50 kg ha<sup>-1</sup> por ano

Sulfato é móvel no solo (adsorção é fraca)

Maiores perdas:

- Regiões chuvosas
- Solos arenosos
- Solos sem cobertura vegetal
- Após calagem e adubação fosfatada

## 7. PERDAS DO SOLO

### 7.2. Erosão

Perdas médias: 0 a 50 kg ha<sup>-1</sup> por ano

### 7.3. Produtos agrícolas

Perdas médias: 4 a 30 kg ha<sup>-1</sup> por colheita

