

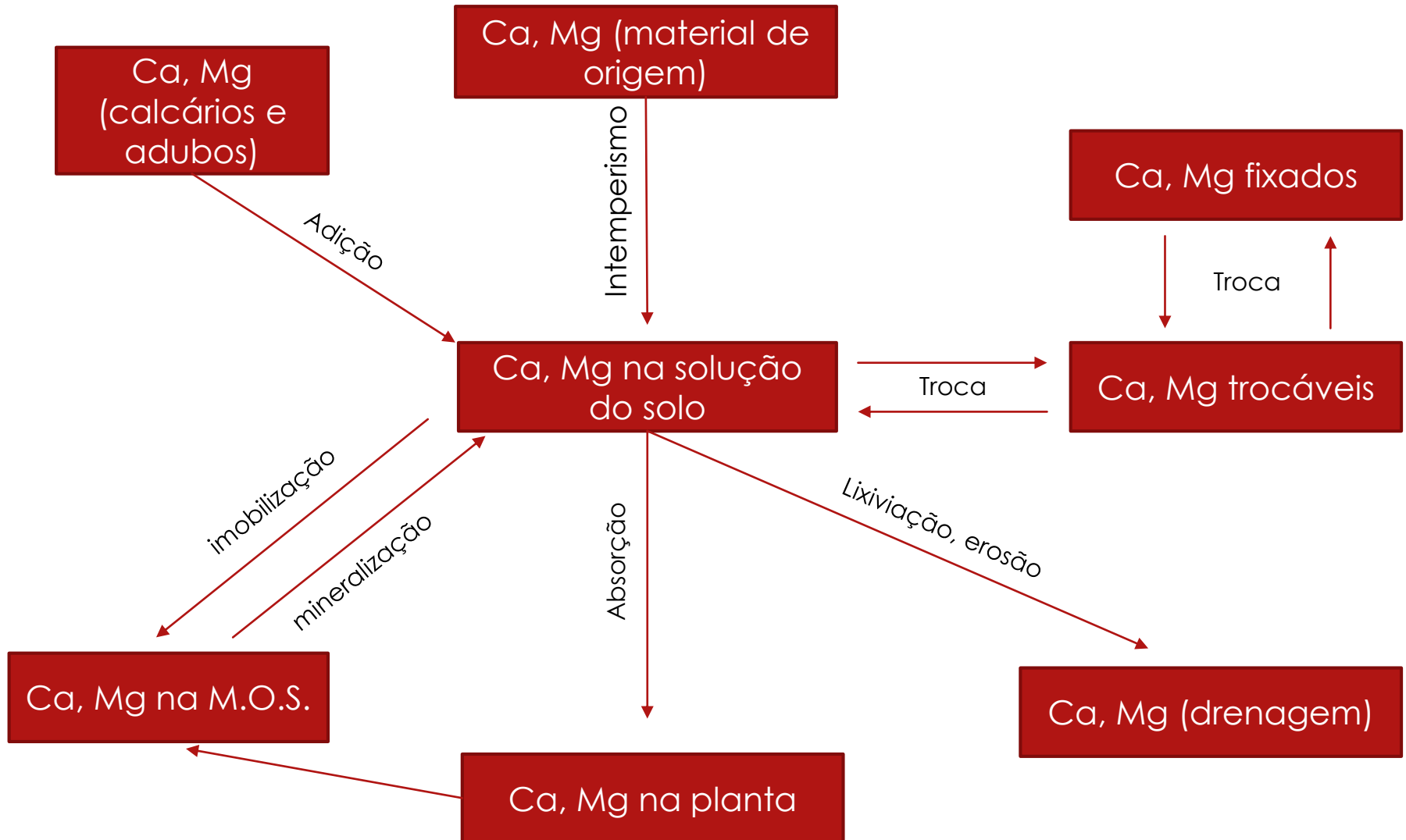
Cálcio

Magnésio

Enxofre

Cálcio e Magnésio

Ciclos do Ca e Mg no sistema solo-Planta



Cálcio no solo

- ❑ Fontes no solo – minerais primários:

- ❑ Dolomita, calcita, apatita e feldspatos cálcicos

- ❑ Solos argilosos:

- ❑ ↑↑ CTC → ↑↑ teores de Ca

- ❑ Cátion Ca^{2+}

Funções do cálcio

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

Teor de cálcio no solo

- ☐ Solos áridos e calcários possuem elevados teores de Ca;
- ☐ Solos recém drenados têm baixo teor de cálcio;
- ☐ Solos argilosos contêm mais que arenosos;

Teor de cálcio no solo

☐ Solos da região tropical úmida:

☐ pH baixo

☐ ↑↑ teor de Al^{3+}

☐ baixo teor de Ca;

Obs.: Solos de zonas áridas => solos calcários

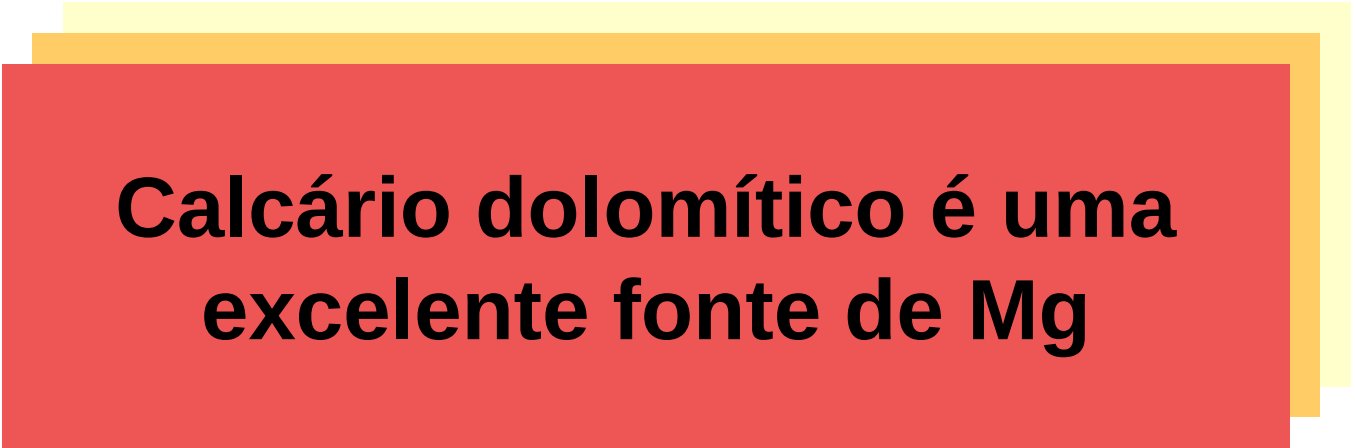
Fontes mais comuns de cálcio

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

- ☐ Comportamento no solo similar ao do Ca;
- ☐ Material de origem: minerais primários
 - ☐ biotita; dolomita; clorita; serpentina e olivina;
- ☐ Componente de minerais silicatados:
 - ☐ Ilita; vermiculita; montmorilonita;
- ☐ Fertilizantes e rochas dolomíticas
- ☐ Matéria orgânica



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

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

**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 calcários irrigados com água com alto teor de bicarbonatos pode apresentar deficiência de Mg
- ☐ Solos sódicos podem apresentar deficiência de Mg

ENXOFRE NO SOLO

1. CARACTERÍSTICAS DO ENXOFRE

- Exigido pelas plantas em quantid. maiores que as de P
- 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 em formas sólidas e gasosas
 - > Sofre diversas transformações causadas por microrganismos

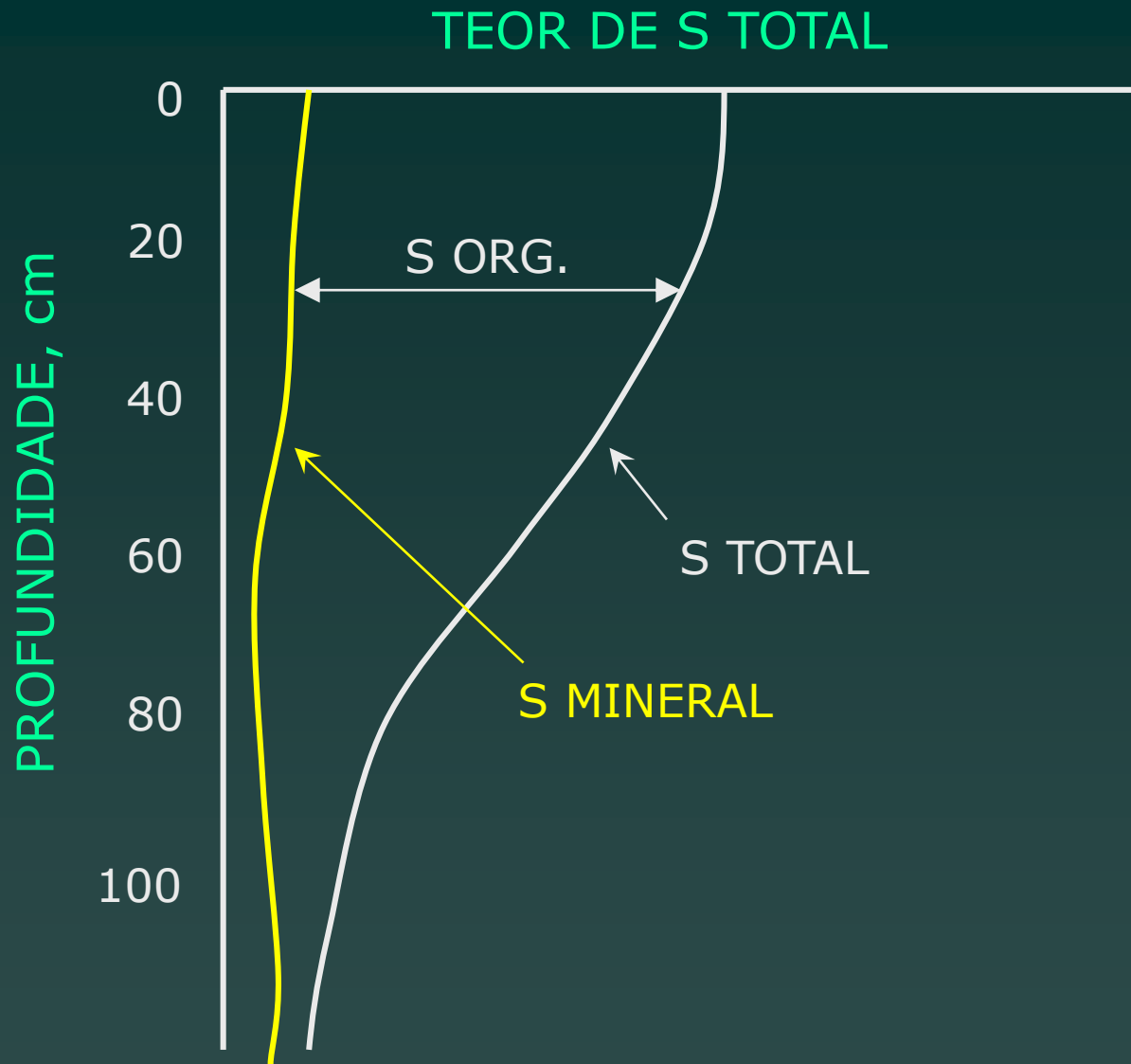
2. CONTEÚDO NO SOLO E DISTRIBUIÇÃO NO PERFIL

- Solos minerais: 0,02% a 0,2% de S total
- Em solos orgânicos o teor pode chegar a 1%

Em geral

Solos argilosos > solos arenosos

- Distribuição no perfil é 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 (FeS_2): Pirita e Marcassita
- Zinco blenda (ZnS)
- Galena (PbS)
- Calcopirita (CuFeS_2)
- Bornita (Cu_5FeS_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. Sulfato (SO_4^{2-}) adsorvido

Adsorção pode ser específica e não específica

Fatores que afetam a adsorção:

a) Teor e natureza do complexo coloidal

Oxidos de Fe e Al > Caulinita > Miner. argila 2:1

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

3.3. Enxofre na solução



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



- Apenas em solos muito reduzidos (encharcados)
- Pode ser tóxico acima de certas concentrações

3.4. Gases de enxofre



3.5. 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

4. ENXOFRE DISPONÍVEL

- a) SO_4^{2-} na solução e adsorvido: mais importante
- b) Aminoácidos: alguns podem ser absorvidos
- c) SO_2 atmosférico pode ser absorvido pelos estômatos

Extrator de S disponível:

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

5. TRANSFORMAÇÕES NO SOLO

5.1. Mineralização

Realizada por microrganismos heterotróficos não especializados



Outros produtos finais: S elementar, SO_2 e SO_4^{-2}

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 SO_2 atmosférico proveniente de:

- a) Combustão de materiais orgânicos
- b) Fusão de minérios de Fe e S
- c) Digestão de madeira pelo H_2SO_4 (produção de celulose)

Quantidades adicionadas: 4 a 60 kg ha^{-1} por ano, dependendo da proximidade de centros industriais e urbanos

6.2. Inseticidas e fungicidas

6.3. Fertilizantes

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

Superfosfato simples

Sulfato de potássio: K_2SO_4

7. PERDAS DO SOLO

7.1. Lixiviação

Perdas médias: 10 a 50 kg ha⁻¹ 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

7.2. Erosão

Perdas médias: 0 a 50 kg ha⁻¹ por ano

7.3. Produtos agrícolas

Perdas médias: 4 a 30 kg ha⁻¹ por colheita