



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**“ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”**  
Depto. de Ciência do Solo  
LSO 5810 - Adubos e Adubação



# **Fertilizantes potássicos, magnesianos e cálcicos : obtenção, características e manejo da adubação**

*Prof. Dr. Godofredo Cesar Vitti*

*Engº Agrº Eduardo Sgarbiero*

**Piracicaba, 29 de outubro de 2020.**

# “FERTILIZANTES POTÁSSICOS”



a) *Macronutriente primário ou nobre*



b) *Extração*



c) *K na planta*

\* não está ligado à nenhum composto → forma iônica:  $\text{K}^+$

## NECESSIDADES DE NUTRIENTES POR CULTURA

| Cultura            | Produtividade<br>t ha <sup>-1</sup> | Nutrientes removidos |  |                  |
|--------------------|-------------------------------------|----------------------|--|------------------|
|                    |                                     | N                    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>kg ha <sup>-1</sup> | K <sub>2</sub> O |
| Milho              | 6                                   | 120                  | 50   | 120              |
| Trigo              | 6                                   | 170                  | 75   | 175              |
| Batata             | 40                                  | 175                  | 80   | 310              |
| Tomate             | 50                                  | 140                  | 65   | 190              |
| Soja               | 3                                   | 220                  | 40   | 170              |
| Girassol           | 3                                   | 120                  | 60   | 240              |
| Citros             | 30                                  | 270                  | 60   | 350              |
| Algodão<br>(pluma) | 1                                   | 120                  | 45   | 90               |
| Cana-de-açúcar     | 100                                 | 130                  | 90   | 232              |

## \* Funções

- Ativador de mais de 60 enzimas

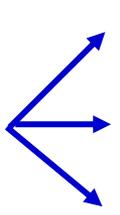
Ex.: síntese do amido

- Regula pressão osmótica

Entrada e saída de água da célula

- Abertura e fechamento dos estômatos

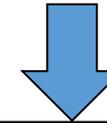
- Fotossíntese

K  produção  
qualidade  
resistência ao transporte e ao armazenamento

- \* Baixa reserva
- \* Principal fornecimento de  $K_2O$  → adubação mineral potássica

*Importação:*

90%



|   | <b>Nitrogênio</b>                                   | <b>Fósforo</b>   | <b>Potássio</b>  |
|---|---|--|--|
| <b>Reservas mundiais</b>                | Prontamente disponível                              | Limitadas  | Grande limitação   |
|   | Mais de 75 / + 200<br>(base amônia)                 | 44 / +100<br>(base P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )     | 12 / ~20<br>(base KCl)   |
| <b>Países produtores /<br/>Empresas</b> | #1 - China<br>#2 - EUA<br>#3 - Índia<br>#4 - Rússia | #1 - EUA<br>#2 - Marrocos<br>#3 - Rússia<br>#4 - China | #1 - Canadá<br>#2 - Rússia<br>#3 - Alemanha<br>#4 - Bielo-Rússia |
| <b>Características do<br/>mercado</b>   | Global<br>Muitos players                            | Global<br>Player mundiais                              | Global<br>Poucos players mundiais                                |
| <b>Posição Brasileira</b>               | Produção: 1%<br>Consumo: 2%                         | Produção: 4%<br>Consumo: 8%                            | Produção: 1%<br>Consumo: 13%                                     |
| <b>Investimentos<br/>programados</b>    | China, Catar, Omã,<br>Vietnam                       | China, Brasil, África do<br>Sul, Marrocos, Peru        | Em estudo: Laos,<br>Argentina e Tailândia                        |
| <b>Fonte: IFA, ANDA e PotashCorp.</b>   |   |  |  |

# Posição do Brasil no ranking mundial

O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do Mundo, mas representa apenas 6% da produção mundial, sendo assim grande importador.

| NPK                     | Part. %  | Nitrogênio    | Part. %  | Fósforo       | Part. %  | Potássio      | Part. %   |
|-------------------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|-----------|
| China                   | 30       | China         | 33       | China         | 29       | China         | 19        |
| Índia                   | 16       | Índia         | 16       | Índia         | 20       | EUA           | 16        |
| EUA                     | 12       | EUA           | 11       | EUA           | 10       | <b>Brasil</b> | <b>14</b> |
| <b>Brasil</b>           | <b>6</b> | Indonésia     | 3        | <b>Brasil</b> | <b>9</b> | Índia         | 14        |
| Indonésia               | 3        | Paquistão     | 3        | Paquistão     | 2        | Indonésia     | 4         |
| Paquistão               | 2        | <b>Brasil</b> | <b>3</b> | Austrália     | 2        | Malásia       | 4         |
| Milhões t de nutrientes | 171      | 104           |          | 40            |          | 27            |           |



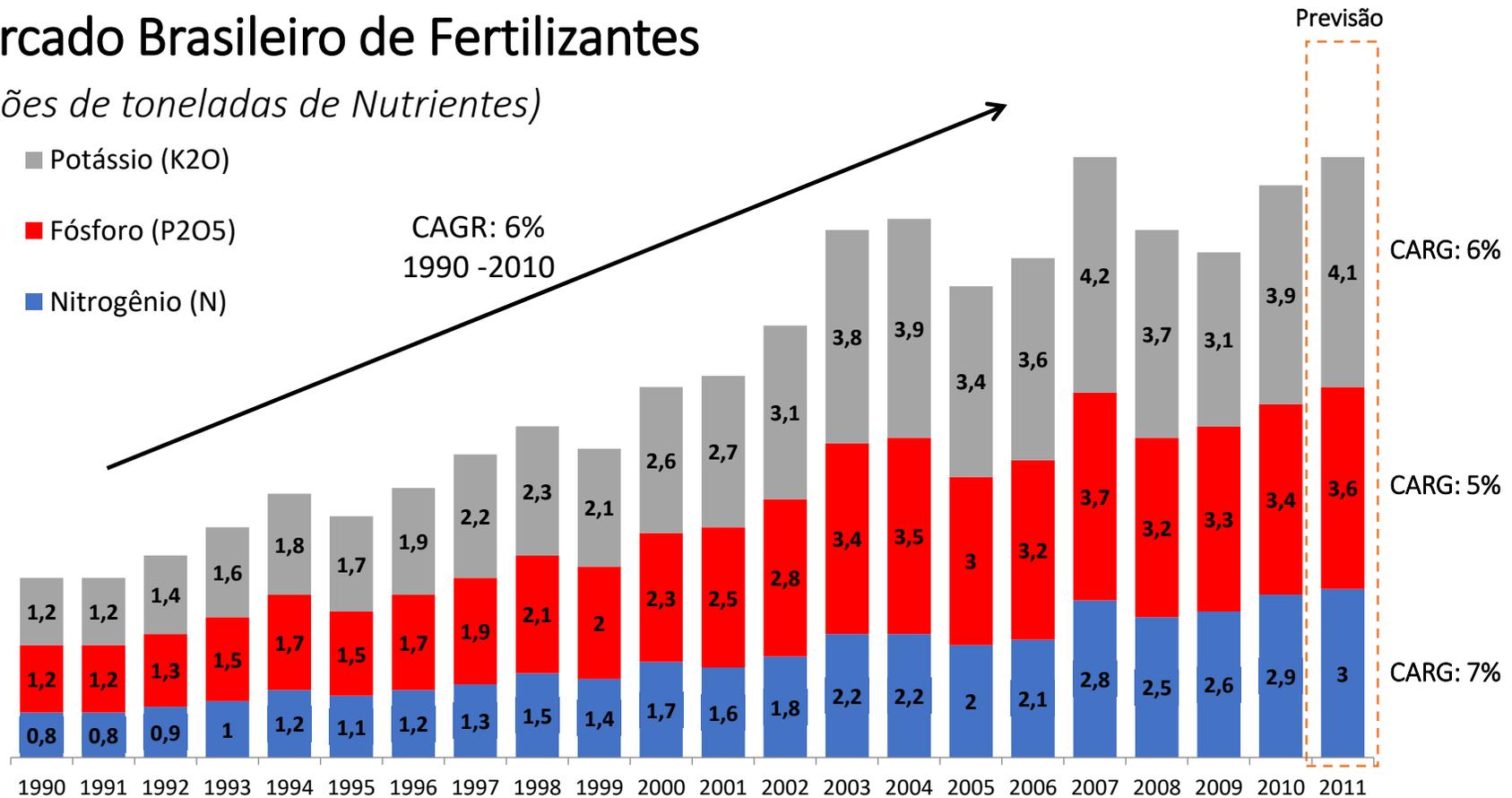
## Participação do Brasil:

|              | NPK | N | P | K  |
|--------------|-----|---|---|----|
| Consumo (%)  | 6   | 3 | 9 | 14 |
| Produção (%) | 2   | 1 | 4 | 1  |

Existem fortes fundamentos para altas taxas de crescimento na demanda futura de fertilizantes no Brasil

## Mercado Brasileiro de Fertilizantes

(milhões de toneladas de Nutrientes)



Fonte: 1990-2010, ANDA – 2011: estimativa.

Barbosa Neto, 2011 – 1º Congresso Brasileiro de Fertilizantes

# PANORAMA DO POTÁSSIO

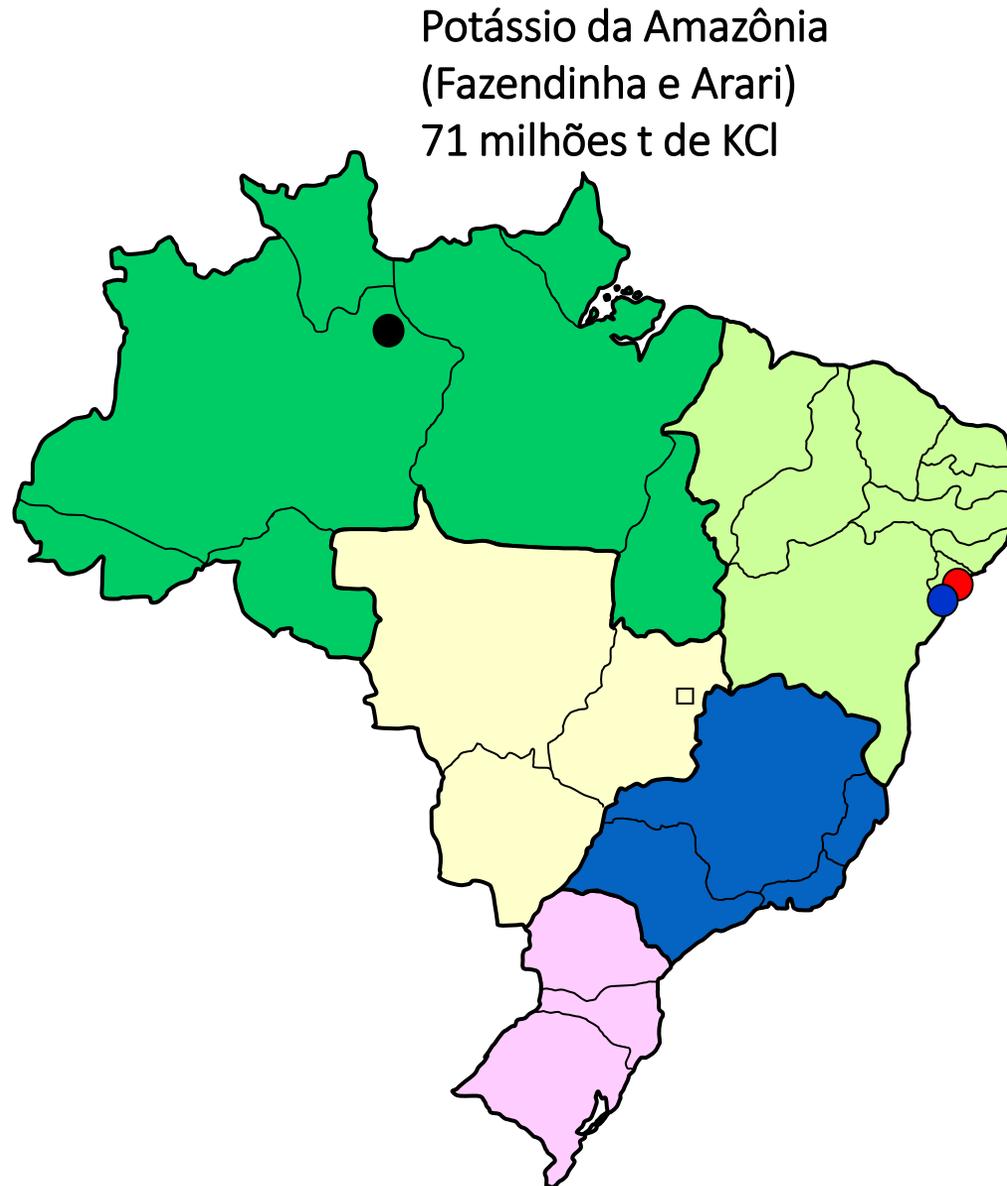


|                                 | Nitrogênio (N)  | Fósforo (P)   | Potássio (K)  |
|---------------------------------|---|---|---|
| Reservas Mundiais               | Prontamente disponível  | Limitadas   | Grande Limitação  |
| Investimento em nova capacidade | US\$ 1,4 bilhão por 1 milhão de t de Amônia<br>3 anos                     | US\$ 1,6 bilhão por 1 milhão de t de P2O5(a)<br>3 – 4 anos                  | US\$ 1,6 bilhão por 1 milhão de t de KCl (b)<br>5 – 7 anos                        |
| Países produtores               | ~ 75 países (base Amônia)<br>1º: China; 2º: Rússia;<br>3º: Índia; 4º: EUA | ~ 100 países (base P2O5)<br>1º: China, 2º: EUA,<br>3º: Marrocos, 4º: Rússia | 12 países (base KCl)<br>1º: Canadá; 2º: Rússia;<br>3º: Bielo-Rússia; 4º: Alemanha |
| Características do mercado      | Regional  | Global<br>Players Mundiais  | Global<br>poucos Players Mundiais   |
| Posição brasileira              | Produção: 1%<br>Consumo: 3%   | Produção: 4%<br>Consumo: 9%   | Produção: 1%<br>Consumo: 14%  |
| Investimentos anunciados        | China, Catar, Arábia Saudita, Egito e Irã                                 | China, Brasil, Marrocos, Arábia Saudita, Peru                               | Canadá, Argentina, Rússia, China, Israel e Jordânia                               |

(a) Inclui rocha fosfática, ácido sulfúrico, ácido fosfórico e MAP/DAP

(b) Mineração convencional

# Principais recursos de potássio no Brasil



Potássio de Sergipe

**Silvinita**

**Taquari Vassouras**

**KCl = 6 milhões t**

**850 mil t/ano ⇒ encerra em 2016**

**Santa Rosa de Lima**

**KCl = 7 milhões t**

**Sem previsão**

**300 mil t/ano ⇒ 20 anos**

Carnalita

Recurso total “in situ”

1, 2 milhão t/ano

Após 2014 ⇒ 20 anos

**Potássio:** Recurso finito, essencial para a humanidade, sem sucedâneo, depósitos em relativamente poucos países.

Deficiência em muitos solos no Brasil; maior produtividade das culturas maior exportação.

**Reservas brasileiras:** 300 milhões t de  $K_2O$  (3,6%) das reservas mundiais.

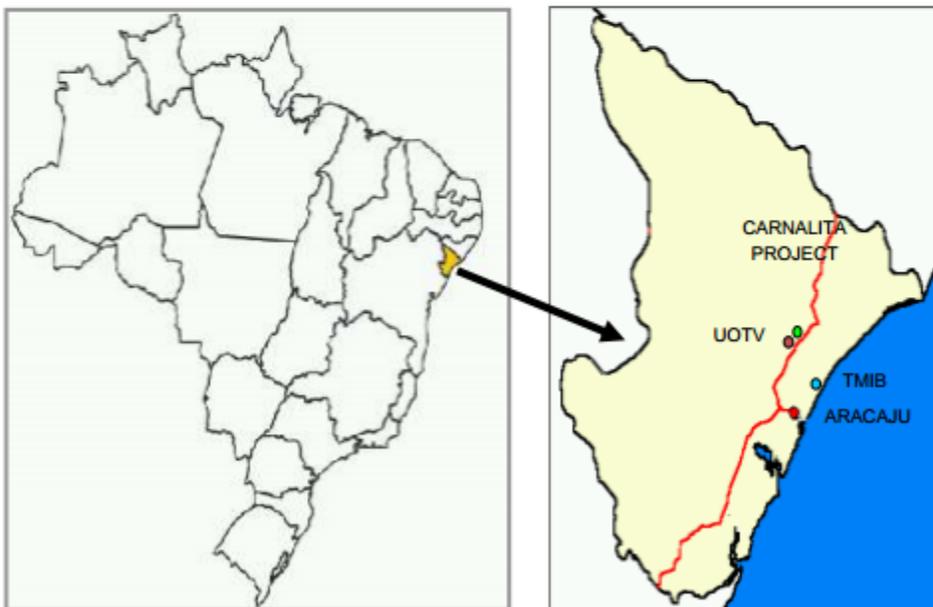
**Produção atual no Brasil:** 607 mil t de KCl (352 mil t de  $K_2O$ ): 9,5% da demanda nacional.

## Projeto Carnalita (Cloreto de Potássio)



### 1. Localização

- Sergipe, Brasil, próximo à UOTV
- Alternativas de escoamento de produção por rodovia, ferrovia e porto



### 2. Cronograma

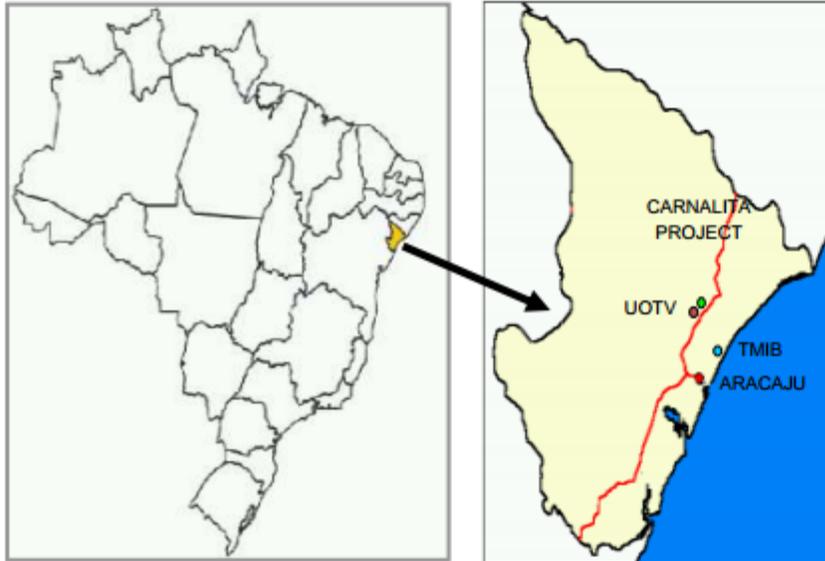
- Estágio: FEL3 (conclusão em out/12)
- Deverá ser submetido à aprovação do Conselho de Administração da empresa no final de 2012 / início de 2013
- Start-up: 2º SEM 2016

### 3. Investimentos

- Capex: ~USD 1,8 bilhão

# Novos Investimentos

## Projeto Carnalita (Cloreto de Potássio)



### 4. Recursos e reservas

- Minério de carnalita
- Recurso recuperável total: 142 Mt de KCl

### 5. Características gerais

- Método de lavra subterrânea por dissolução
- Planta piloto com dois poços teve início em 2008
- Licença Prévia (LP) concedida: Abril/10
- Capacidade de produção: 1.200 Kta
- Perspectiva de expansão: 600-1.200 Kta
- Focado em atender o mercado brasileiro

### 6. Pontos relevantes

- Renovação de contrato de arrendamento de 30 anos com a Petrobras concluída em abr/12
- Projeto de potássio mais avançado do Brasil

# Novos Investimentos

## Projeto Rio Colorado (Cloreto de Potássio) \*

### 1. Localização

- Província de Mendoza, Argentina
- Distante 850 km do porto de Bahia Blanca

### 2. Cronograma

- Projeto em fase de implementação
- Start-up: 2º SEM 2014

### 3. Investimentos

- Capex: ~USD 5,9 bilhões

### 4. Recursos e reservas

- Minério de silvinita
- Recurso recuperável total: 1.037 Mta
- Teor médio de 30% de KCl

**ABORTADO**



\* Suspenso provisoriamente.

# Novos Investimentos

## Projeto Rio Colorado (Cloreto de Potássio)\*

**ABORTADO**



### 5. Características gerais

- Método de lavra subterrânea por dissolução
- Fornecimento de energia (gás natural) através de JV formada com a YPF

### 5. Características gerais

- Logística para escoamento da produção
  - ✓ Construção de novo ramal ferroviário de 350 km
  - ✓ Melhoria de 500km de ferrovia existente
  - ✓ Terminal portuário em Bahia Blanca
- Capacidade de produção: 4.350 Kta (70% granulado e 30% standard)
- Focado em atender preferencialmente o mercado brasileiro (3.000 Kta)

### 6. Pontos relevantes

- Única reserva de potássio de classe mundial localizada no Hemisfério Sul
- Projeto de alta competitividade em custo e logística

\* Suspenso provisoriamente.

| Nutrientes | 2012 (mil t) |         |      | 2017 (mil t)    |                 |                 |
|------------|--------------|---------|------|-----------------|-----------------|-----------------|
|            | Produção     | Demanda | %    | Produção        | Demanda         | %               |
| Nitrogênio | 880          | 3543    | 24,8 | 2001            | 4272            | 46,8            |
| Fósforo    | 2220         | 4372    | 50,8 | 4052            | 5237            | 77,4            |
| Potássio   | 325          | 4284    | 7,6  | <del>3110</del> | <del>5123</del> | <del>60,2</del> |
| NPK        | 3425         | 12198   | 28,1 | 9353            | 14732           | 63,5            |

Total de Investimentos previstos até 2017: US\$ 18,9 bilhões

DECISÕES POLÍTICAS

PRODUÇÃO INTERNA DE FERTILIZANTES

**FERTILIZANTES** → PRINCIPAL FRAGILIDADE DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

**IMPORTAÇÃO:** 75% DOS FERTILIZANTES NITROGENADOS  
47% DOS FERTILIZANTES FOSFATADOS  
90% DO CLORETO DE POTÁSSIO

O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do Mundo, mas representa apenas 2% da produção mundial, sendo assim um grande importador.

## DECISÕES POLÍTICAS

### PRODUÇÃO INTERNA DE FERTILIZANTES

#### POTENCIALIZAR PRODUÇÃO INTERNA DE FERTILIZANTES MINERAIS.

- **LAVA JATO**: A Petrobrás viabilizou a construção de 4 novas fábricas utilizando gás natural.

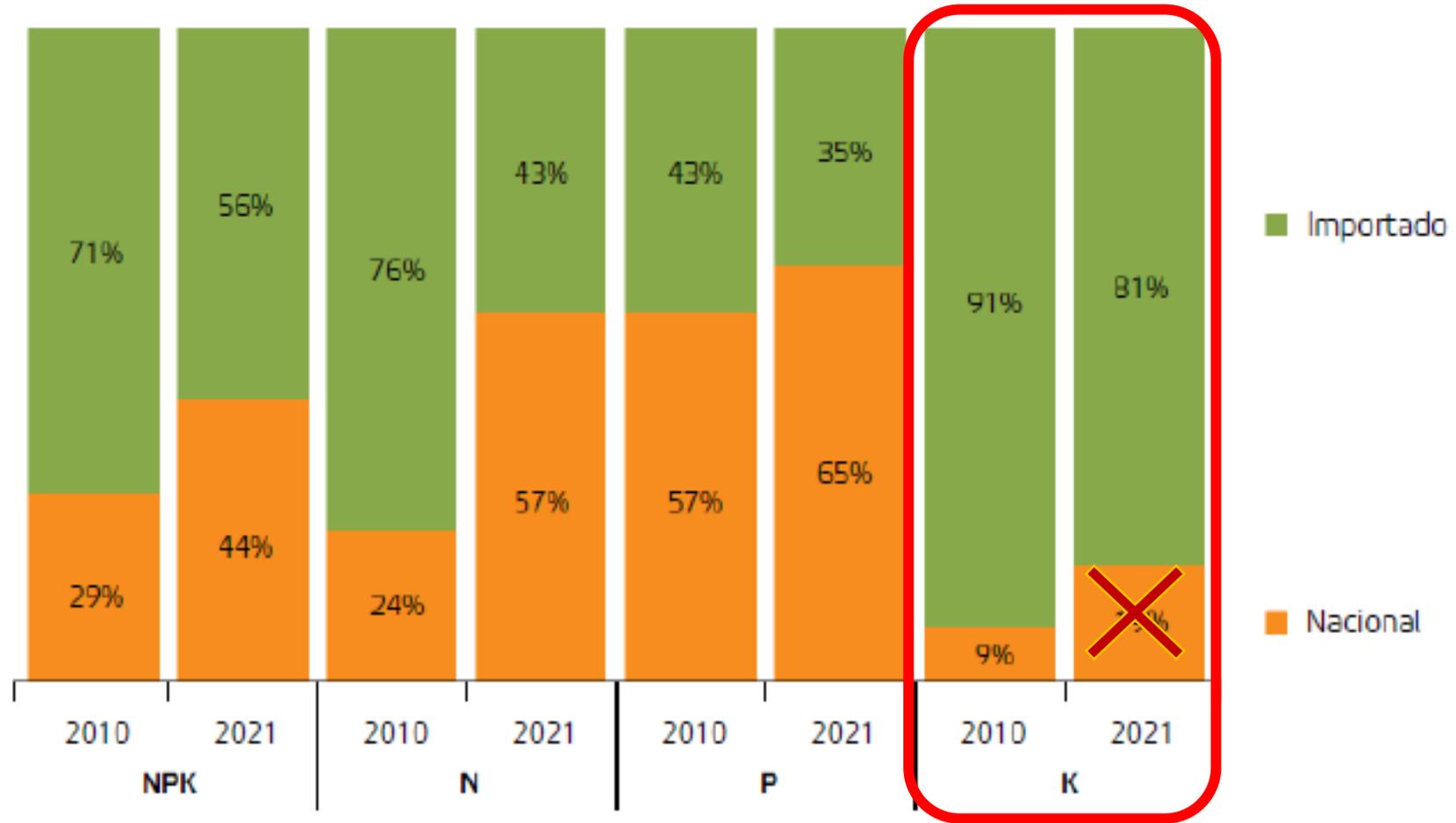
**FOSFATADOS:** Expansões e novos projetos até 2015 (rocha fosfática):

- Vale: 4,6 → 7,7 milhões t
- Copebrás: 1,1 → 3,1 milhões t
- Galvani: 0,3 → 1,6 milhões t

#### **CLORETO DE POTÁSSIO:**

- Projeto Newquen (Argentina), após 2014, 1 milhão t K<sub>2</sub>O/ano.
- Projeto Rio Colorado (Argentina), após 2014, 4,3 milhões t K<sub>2</sub>O/ano.
- Recentemente a Vale adquiriu uma área no Canadá.
- Explorar Jazidas da Amazônia (Fazendinha e Arari)

**INATIVADOS !!**



## PRODUÇÃO INTERNA DE FERTILIZANTES



**COMPLEXO FH: PRODUÇÃO ÁCIDO SULFÚRICO, SPS (INTERDITADA)  
E MISTURA DE GRÂNULOS  
PARANAGUÁ-PR**

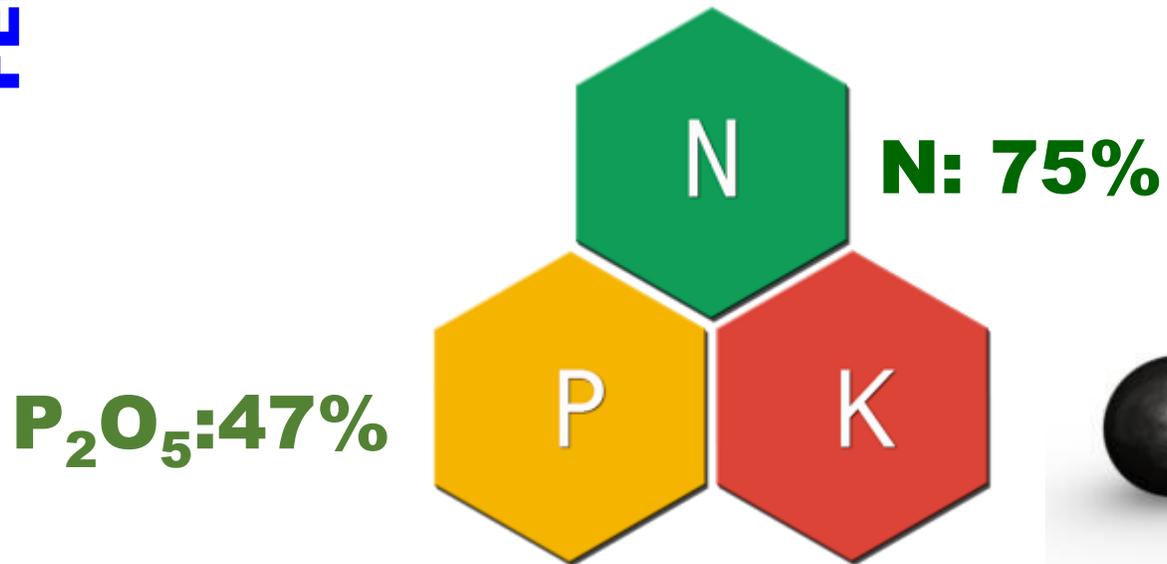
## FERTILIZANTES

### Fraquezas da Agricultura Brasileira

**Brasil é o quarto maior consumidor  
de fertilizantes do mundo.**

**Brasil produz 2% dos  
fertilizantes do mundo.**

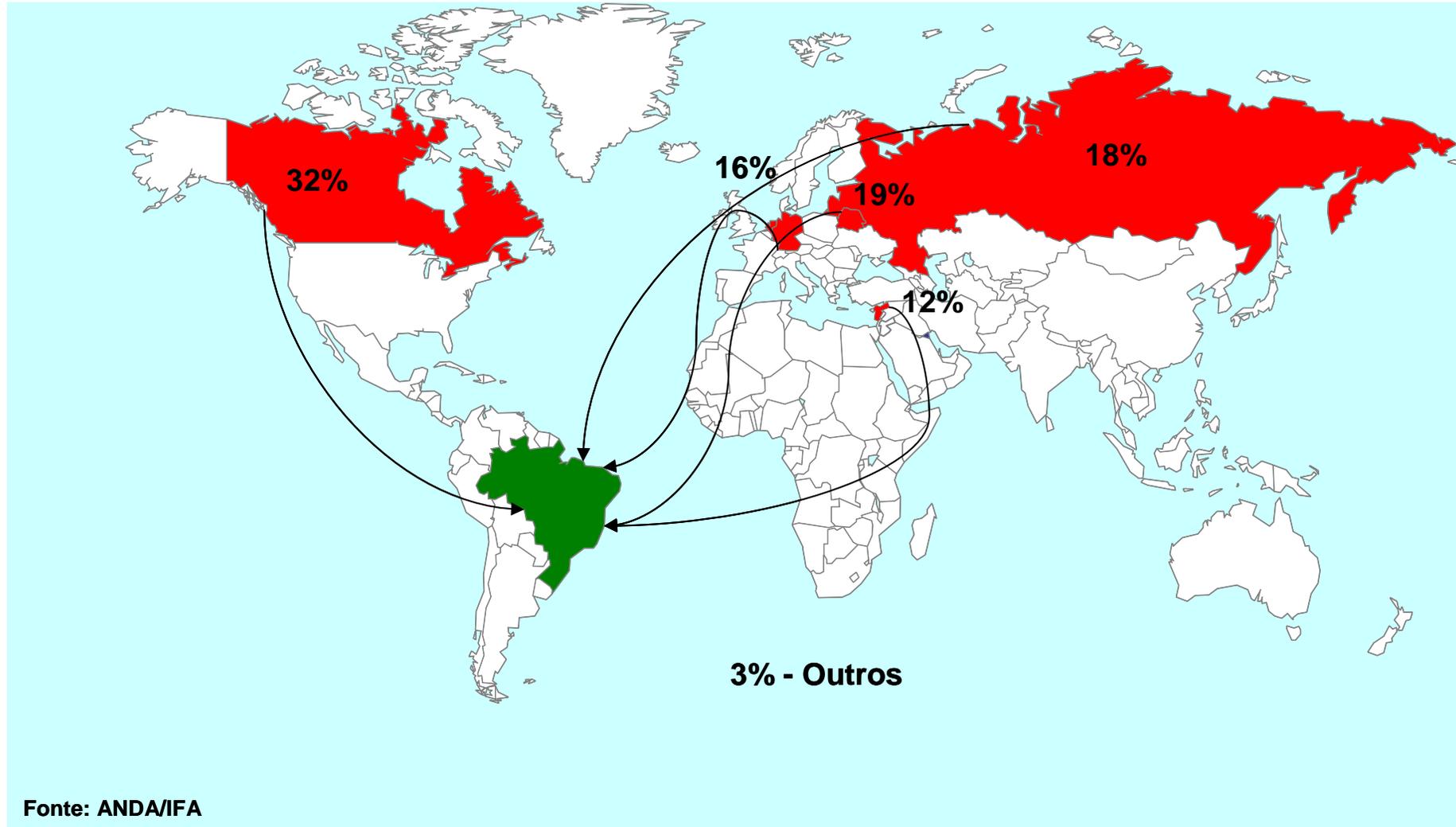
### IMPORTA



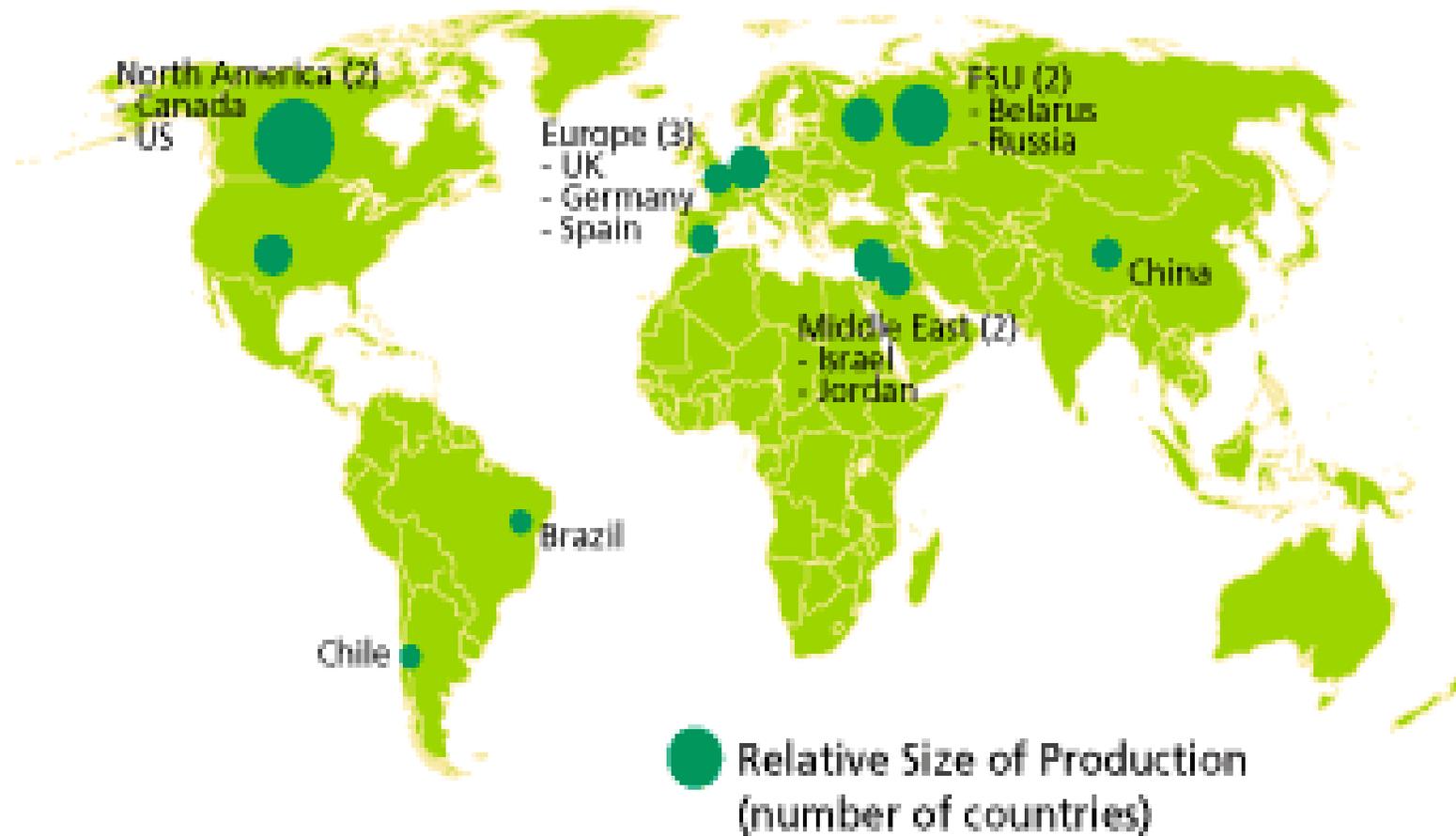
**K<sub>2</sub>O: 90%**

# Principais origens das importações brasileiras de potássio

*A Rússia estabeleceu imposto de exportação para os fertilizantes potássicos em 2008*



# Países Produtores



## Países

| <i>País</i>     | <i>Capacidade Produção<br/>10<sup>6</sup> t K<sub>2</sub>O</i> | <i>% Exportação</i> |
|-----------------|--|---------------------|
| <i>URSS</i>     | 10,0   | <b>19</b>           |
| <i>Canadá</i>   | 7,5  | <b>40</b>           |
| <i>Alemanha</i> | 6,5  | <b>25</b>           |
| <i>EUA</i>      | 2,9  | 7                   |
| <i>França</i>   | 2,4  | 4                   |
| <i>Espanha</i>  | 0,9  | -                   |
| <i>Israel</i>   | 0,9  | 3                   |

| Fontes                  | Consumo (%) |
|-------------------------|-------------|
| KCl                     | 98          |
| K- $\text{NaNO}_3$ *    |             |
| $\text{K}_2\text{SO}_4$ | 2           |
| $\text{KNO}_3$          |             |
| K- $\text{MgSO}_4$ **   |             |

\* Salitre potássico

\*\* K-MAG OU "Sul - PO – MAG

## *Silvinita*

| Estado   | Localidade                               | Minério<br>(10 <sup>6</sup> ton) | K <sub>2</sub> O<br>(10 <sup>6</sup> ton) |
|----------|--|----------------------------------|---|
| Sergipe  | Taquari/Vassouras/<br>Santa Rosa de Lima | 525                              | 125                                       |
| Amazonas | Fazendinha/Arari                         | 1002,3                           | 185                                       |

## *Carnalita*

| Estado  | Localidade        | Minério<br>(10 <sup>9</sup> ton) | K <sub>2</sub> O<br>(10 <sup>9</sup> ton) |
|---------|-------------------|----------------------------------|---|
| Sergipe | Taquari/Vassouras | 155                              | 13  |

## 1) Depósitos evaporíticos – fontes mais importantes:

### *Minerais:*

Silvita (KCl) – 63% de  $K_2O$

Carnalita ( $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) – 17% de  $K_2O$

Cainita ( $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$ ) – 19% de  $K_2O$

Langbeinita ( $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ ) – 23% de  $K_2O$

### *Minérios:*

Silvinita = Silvita + Halita

Hartsalz = Silvita + Halita + Kieserita e/ou Anidrita

Carnalita = Carnalita + Halita

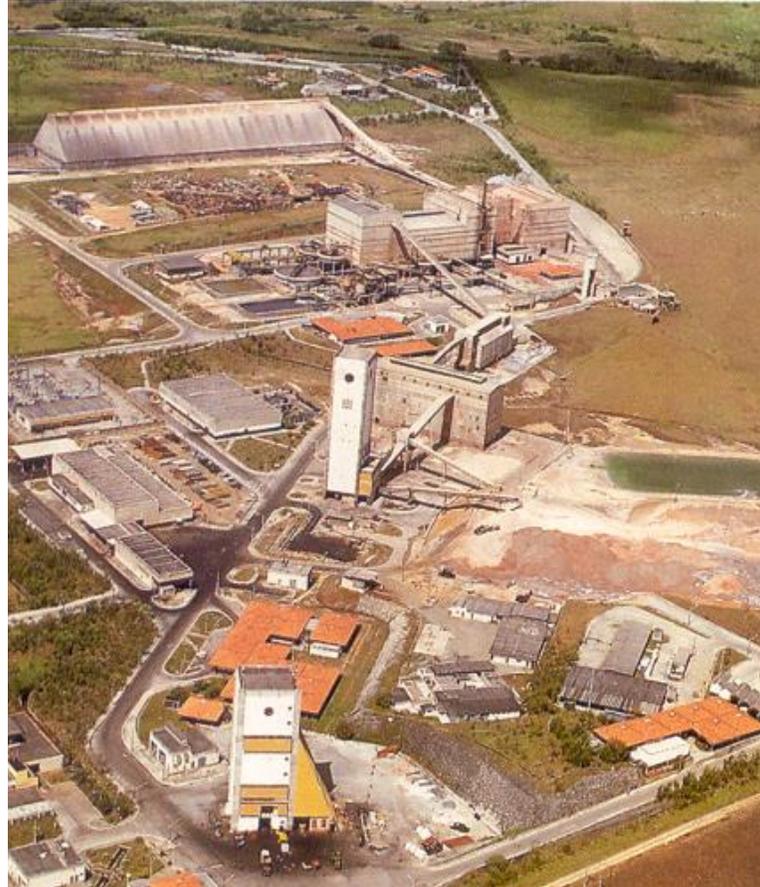
2) Silicatos ricos em potássio (feldspato potássico, muscovita e leucita), com 10 a 20% de  $K_2O$  = não são importantes fontes atuais de potássio - não são solúveis em água e as estruturas não são rompidas com facilidade por meios artificiais.

| Mineral   | Fórmula                                  | Teor K <sub>2</sub> O (%) |
|-----------|--|---------------------------|
| Silvita*  | KCl                                      | 63,1                      |
| Carnalita | KCl.MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O | 17,0                      |

\* Normalmente misturada com Halita (NaCl) = Silvinita

*Carnalita é o mineral potássico com maior reserva, mas a silvinita é utilizada para a produção de cloreto de potássio:*

- ✓ A carnalita apresenta propriedades mecânicas desfavoráveis.
- ✓ O teor de  $K_2O$  da carnalita pura é de 17 %, comparado com 63 % da silvinita.
- ✓ O tratamento da carnalita gera grandes quantidades de solução de cloreto de magnésio que deve ser disposto adequadamente.



Mina de Cloreto de Potássio de Taquari Vassouras, em Rosário do Catete, Sergipe,

# *Mina de Taquari-Vassouras*



## *Minérios / Minerais*

| Nome               | Fórmula   | %K <sub>2</sub> O |
|--------------------|---|-------------------|
| Silvita            | KCl   | 63                |
| Silvinita          | KCl + NaCl  | 10,0 - 35,0       |
| Carnalita          | KCl MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O          | 17                |
| Langbeinita        | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·MgSO <sub>4</sub> | 22,6              |
| Nitratos (Caliche) | KNO <sub>3</sub> ·NaNO <sub>3</sub>               | 46,5              |

# Principais fertilizantes potássicos

- ✓ Cloreto de potássio:  $KCl$
- ✓ Sulfato de potássio:  $K_2SO_4$
- ✓ Sulfato de potássio e magnésio:
  - ✓ K-MAG/"Sul - PO - MAG" /  $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$
- ✓ Nitrato de potássio:  $KNO_3$
- ✓ Salitre potássio:  $KNO_3 \cdot NaNO_3$
- ✓ Polissulfato:  $K_2Ca_2Mg(SO_4)_4 \cdot 2(H_2O)$

# Obtenção dos Adubos Potássicos

## Esquema Geral

### a) Extração

#### a1) Mineração convencional

Poços e galerias  $\cong$  carvão de pedra

Profundidade: 1000 - 1200m

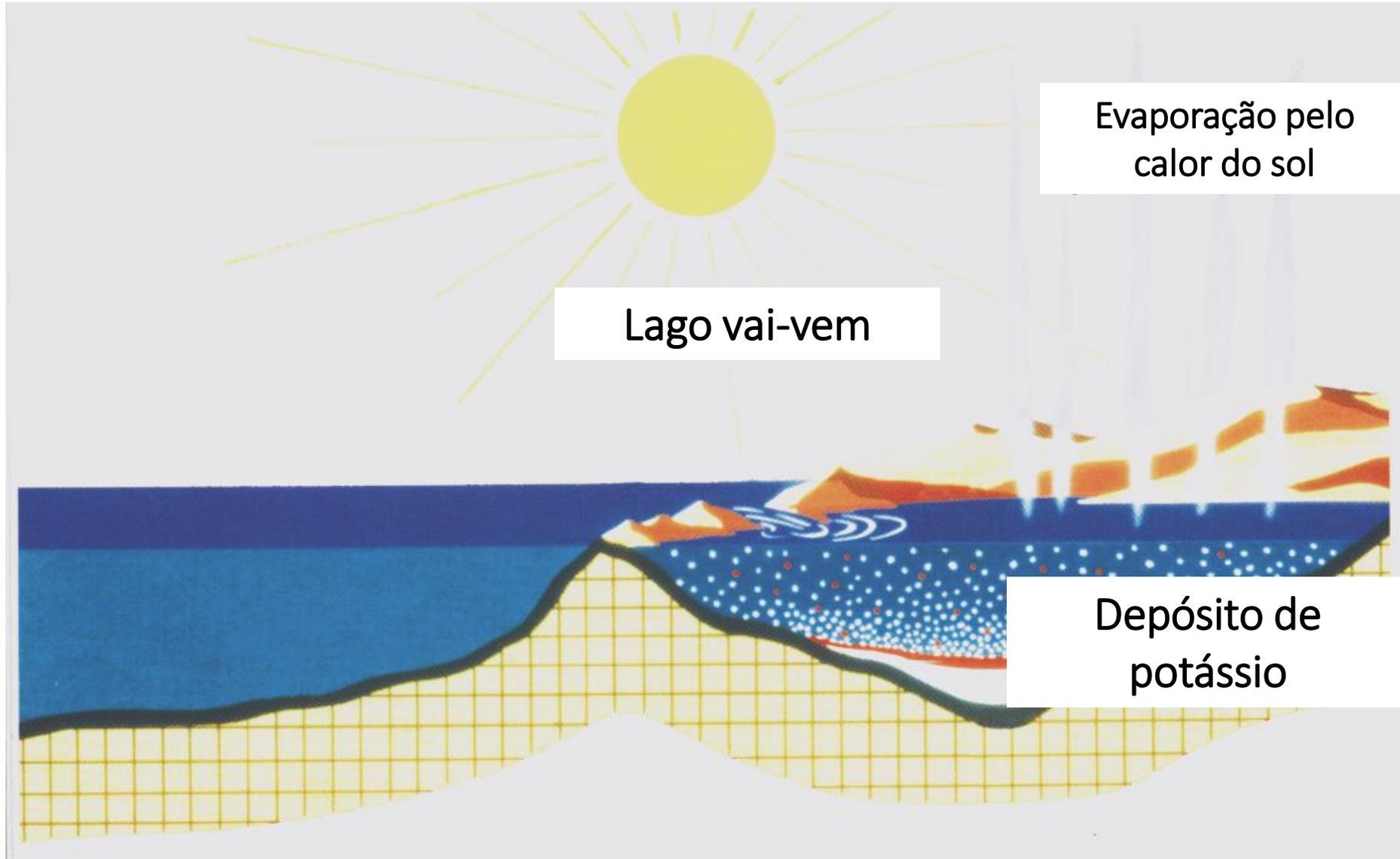
#### a2) Mineração por dissolução

\* injeção de uma salmoura (KCl + NaCl)

\* bombeamento da solução para a superfície

Profundidade > 1600m

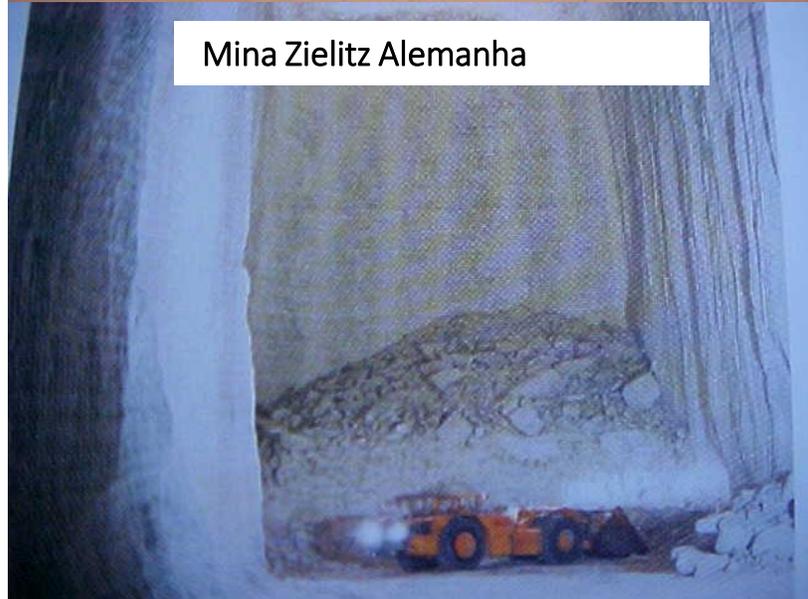
# Formação



## *Mineração convencional de jazidas de potássio*

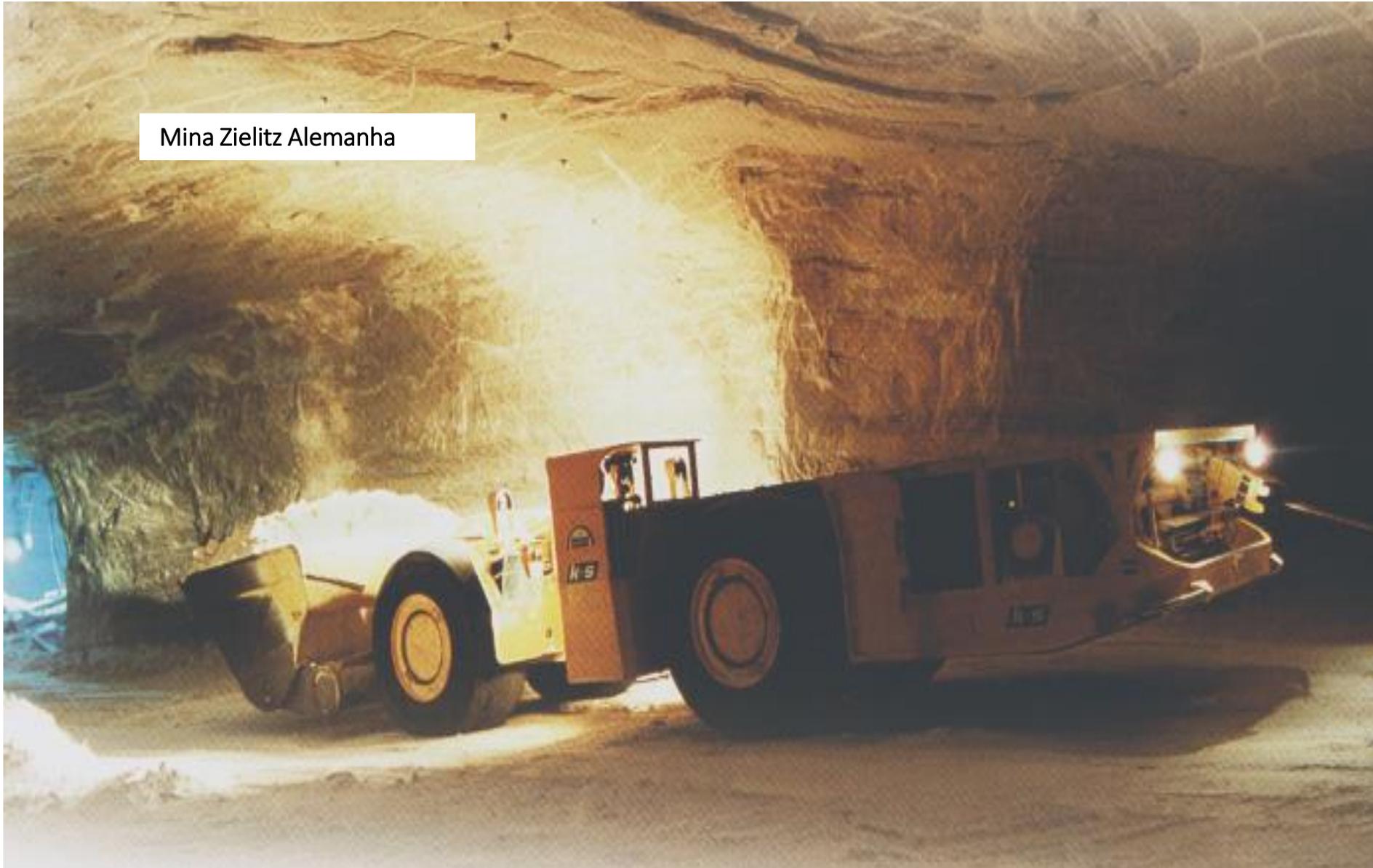
- Abertura de poço até a camada de sais potássicos;
- Abertura de galerias laterais (horizontais);
- Remoção do minério das paredes das galerias com escavadeiras ou explosivos;
- Transporte do minério até o poço com vagonetes ou correias transportadoras, e até a superfície por elevadores;
- Trituração e peneiramento grosseiros. Nessa fase o produto tem apenas 10 - 20%  $K_2O$ .

# Tipos de Produção na Jazida

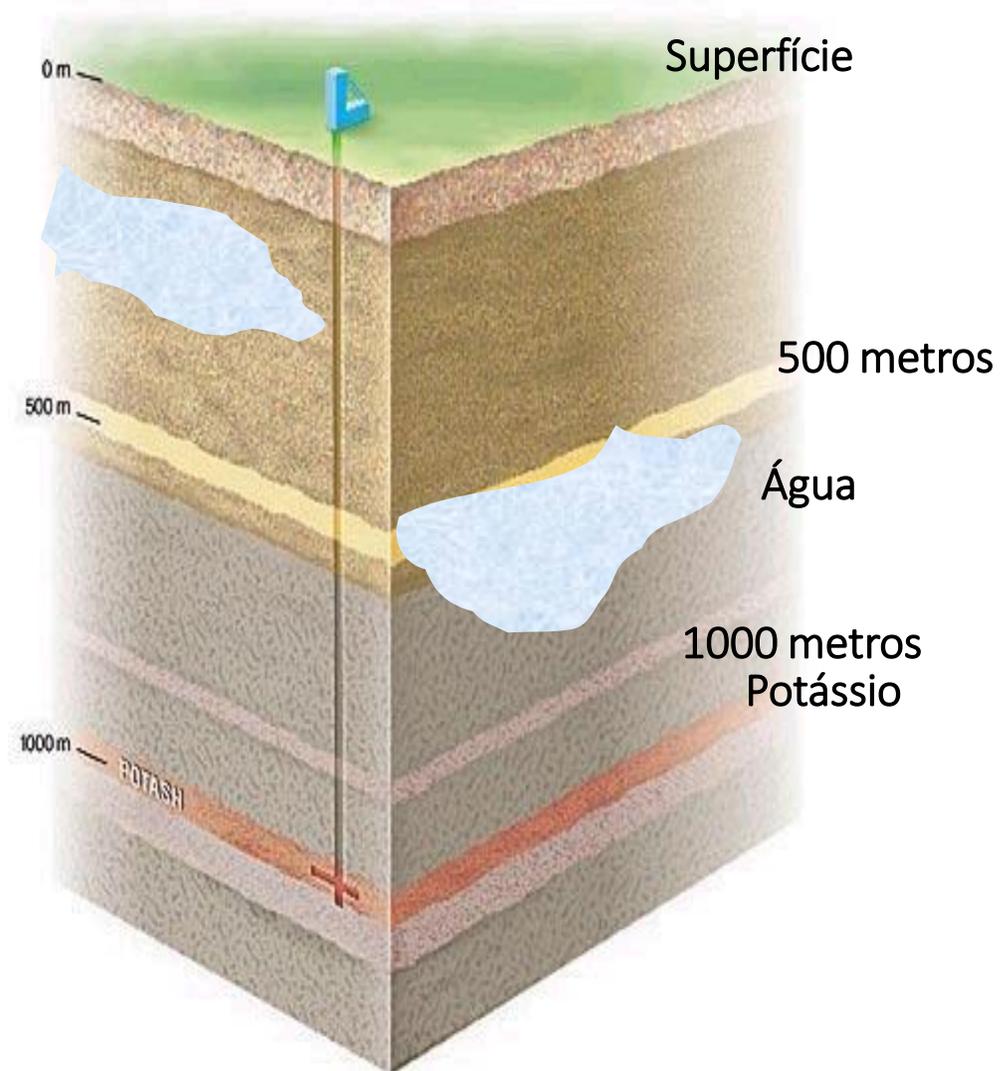


# *Tipos de Produção na Jazida*

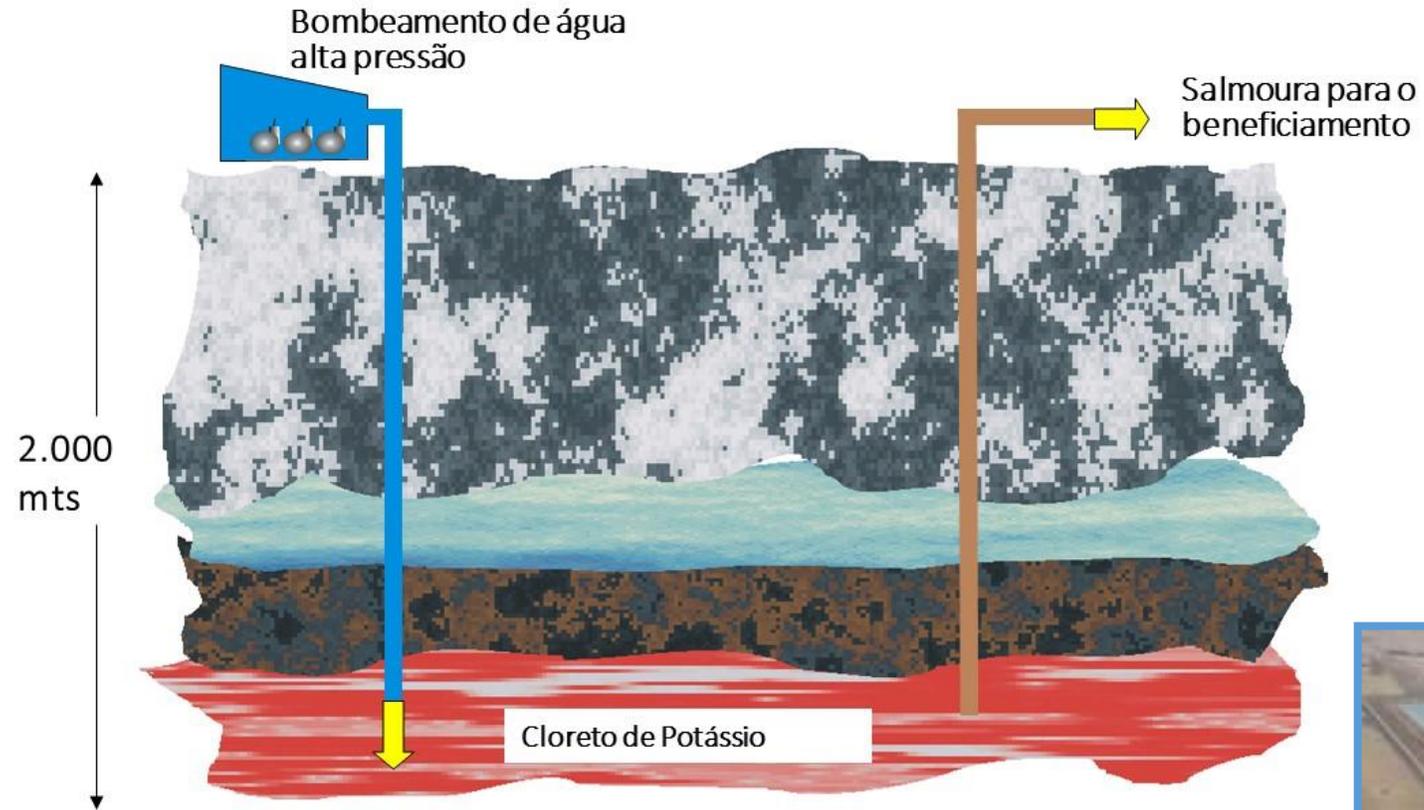
Mina Zielitz Alemanha



# Minas de Cloreto de Potássio

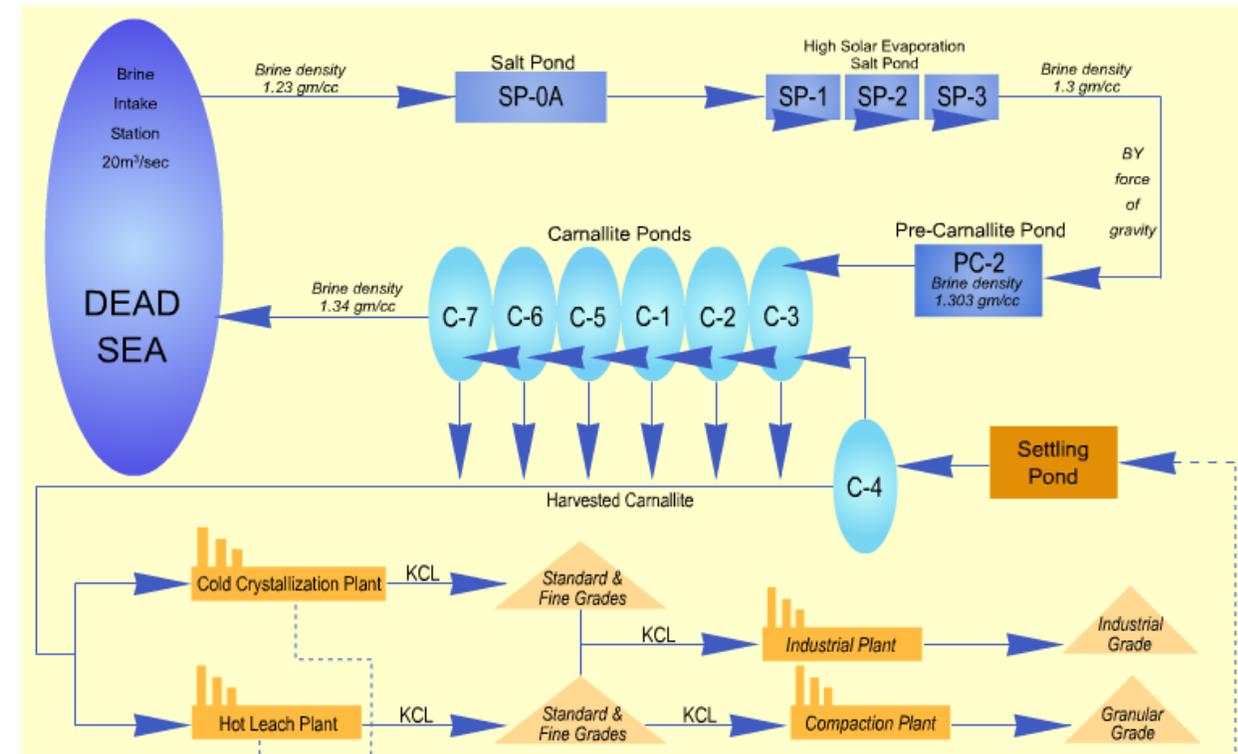


# Extração por Dissolução (mais de 2000 m)



## Mar Morto

- 750 km<sup>2</sup>
- Até 400 m de profundidade
- 370 g/kg de sais
- Média oceanos → 40 g/kg



- 43 bilhões de toneladas de sais dissolvidos
- 2 bilhões de toneladas são de KCl

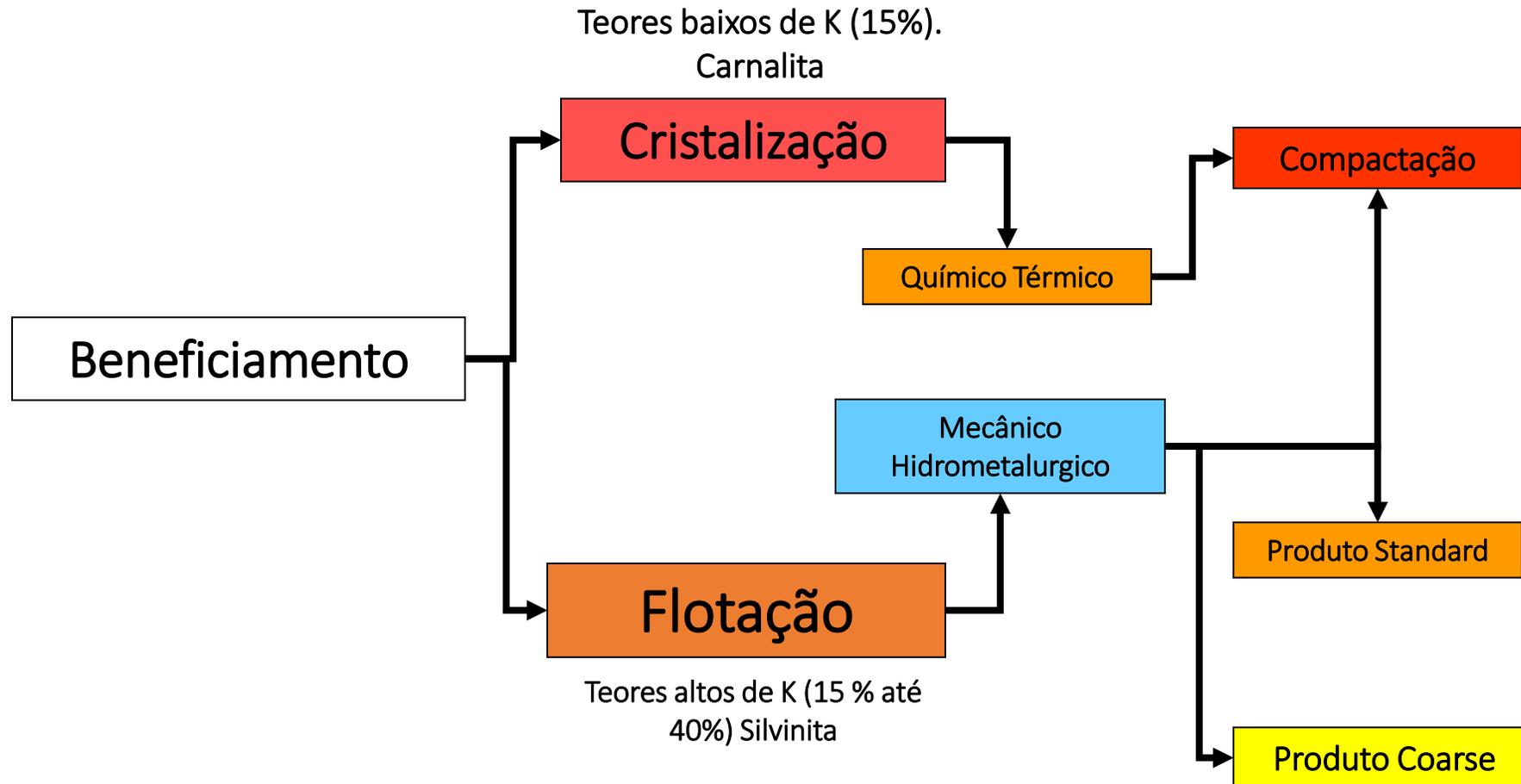
- \* Beneficiamento por dissolução e cristalização
- \* Flotação
- \* Separação em meio denso

Ex.: Cloreto de Potássio: KCl

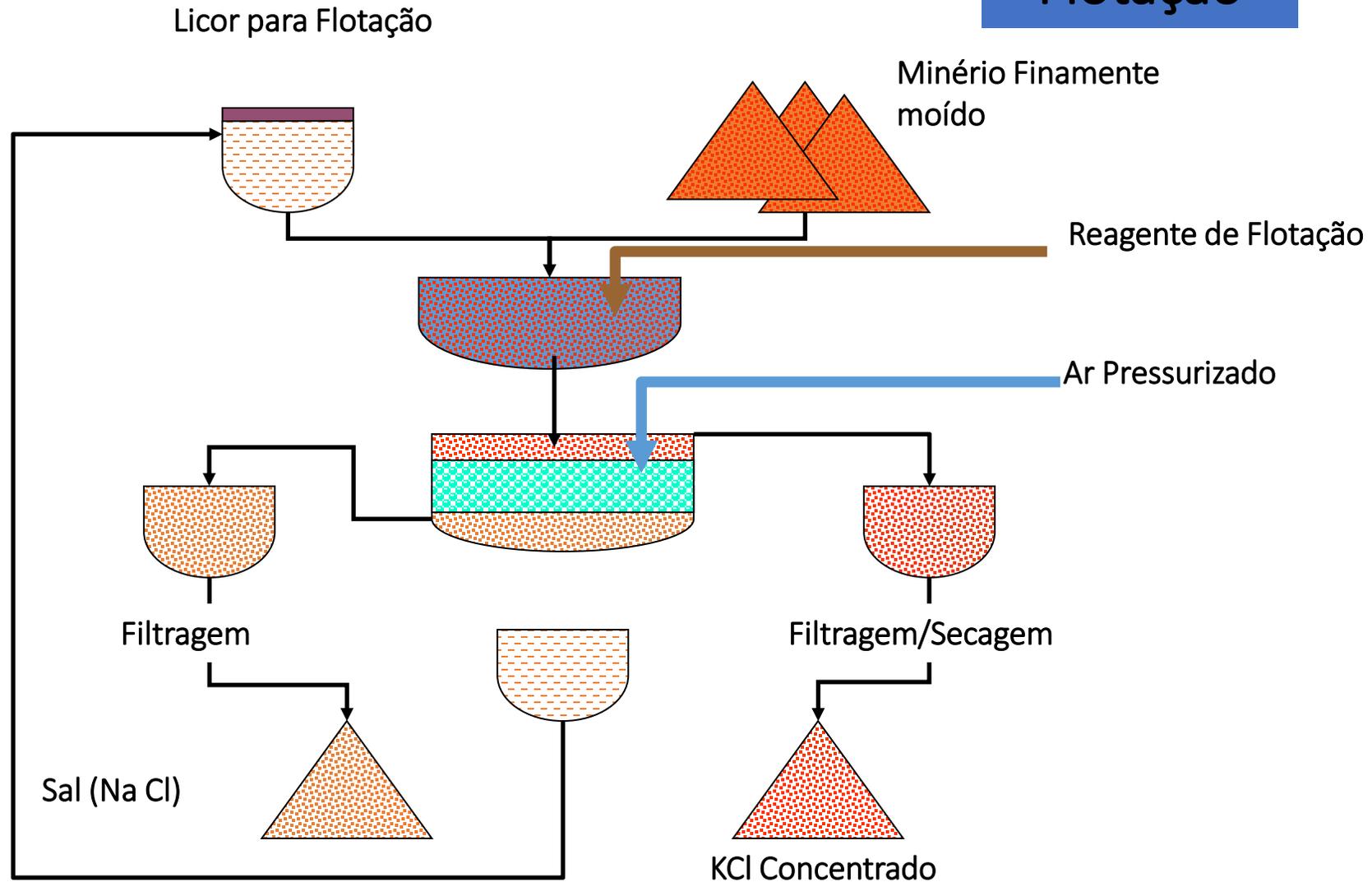


Silvinita (KCl + NaCl)

# Processos de Beneficiamento

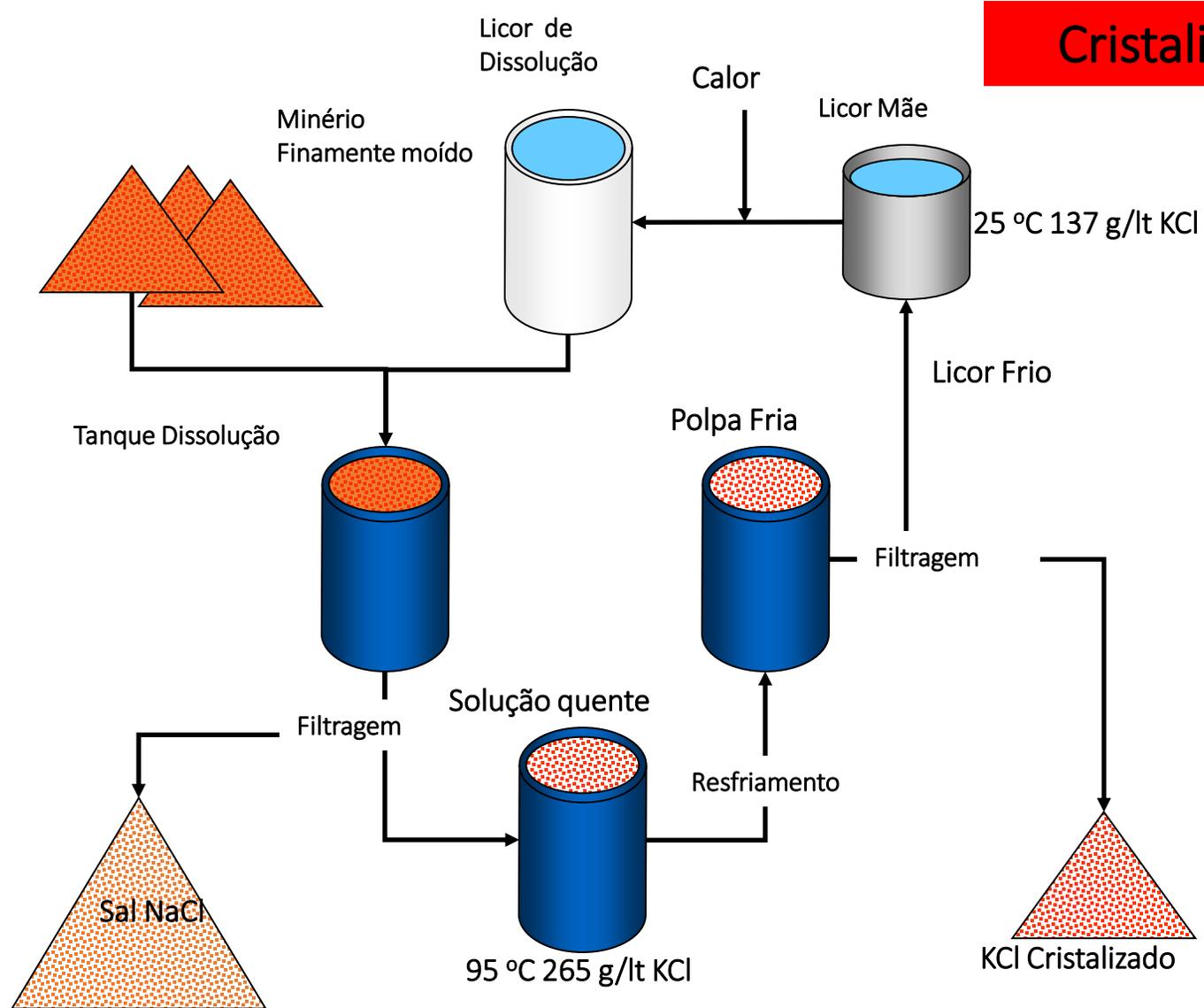


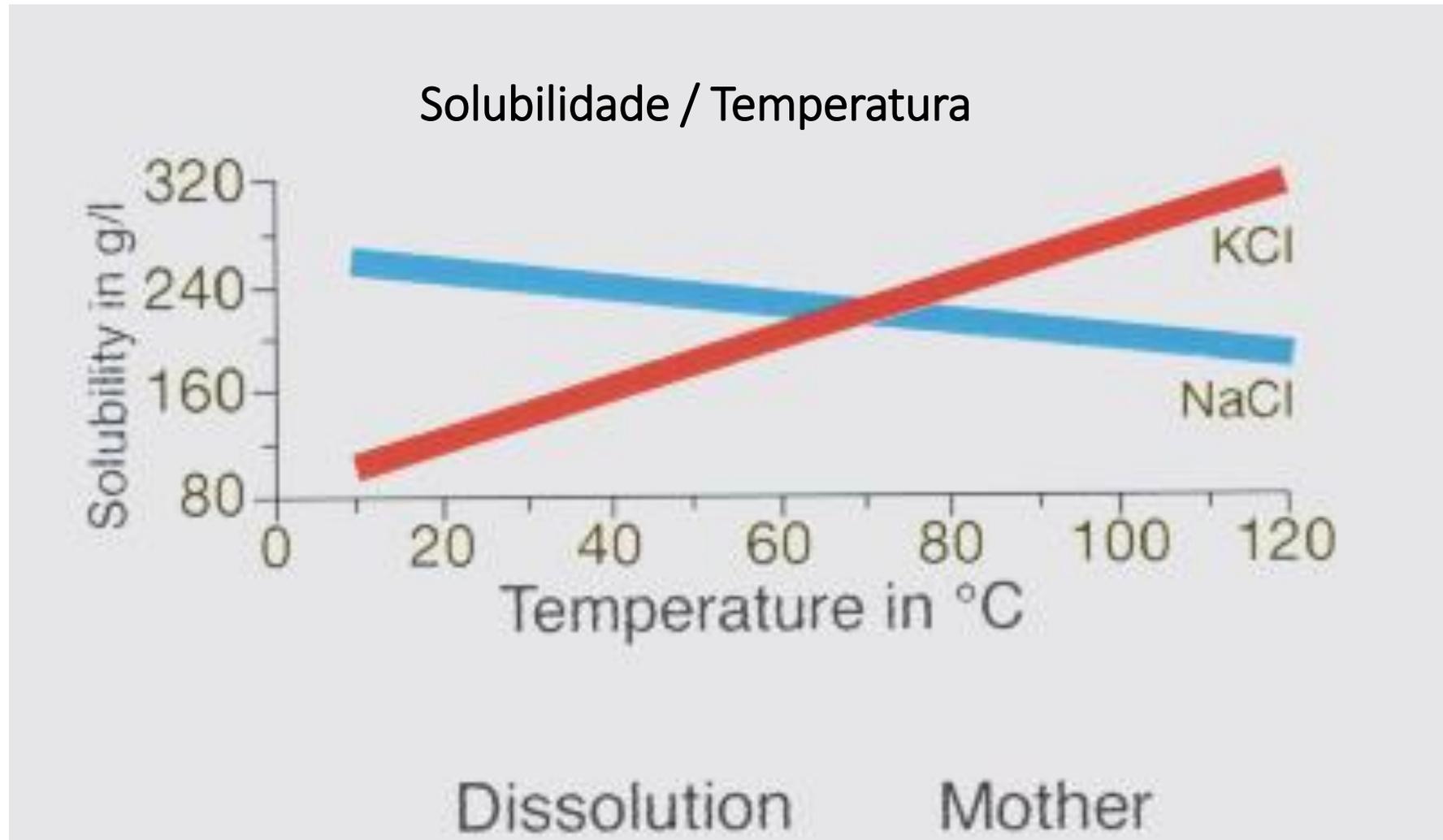
## Flotação



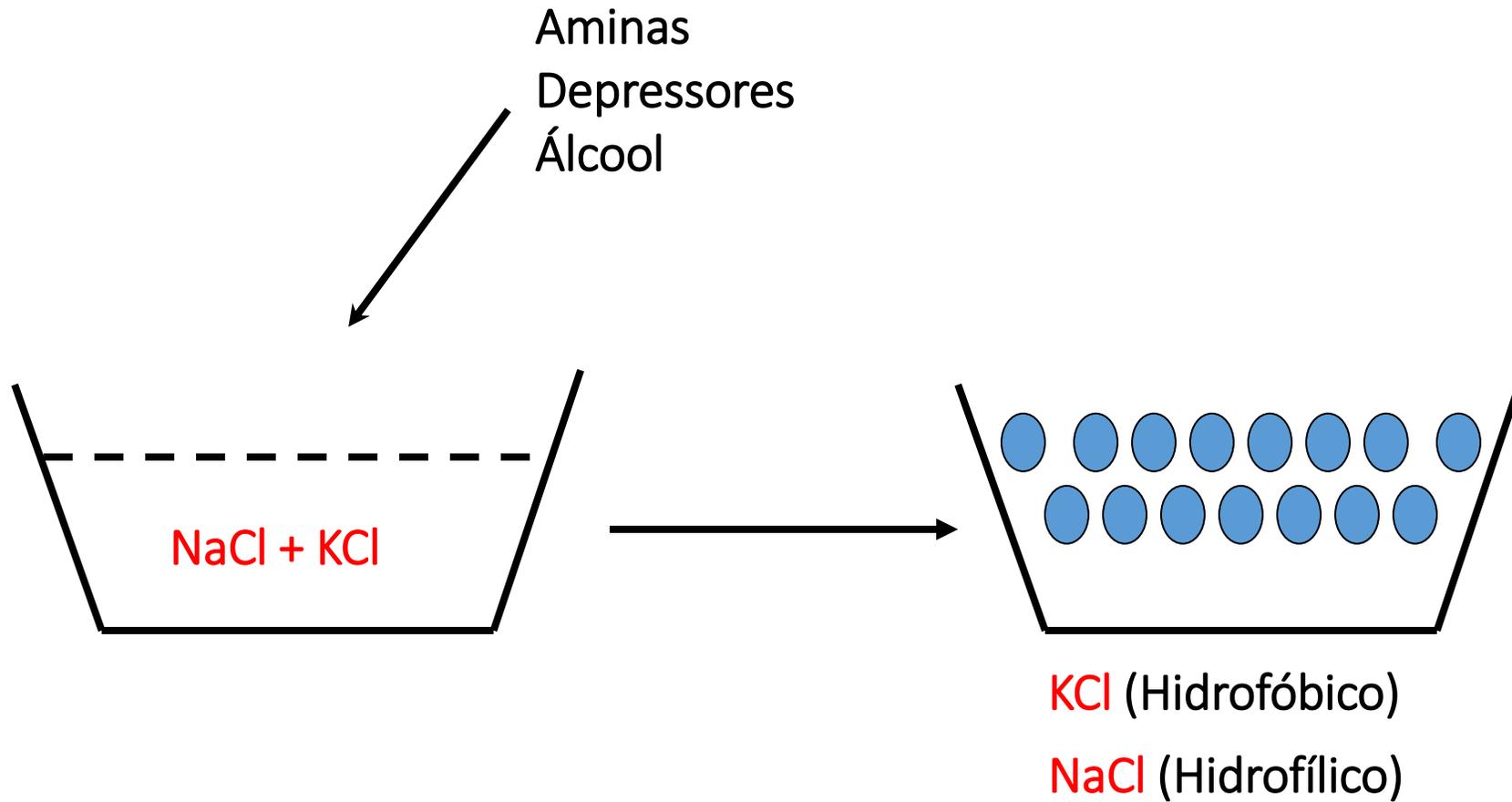
# Processos de Beneficiamento

## Cristalização

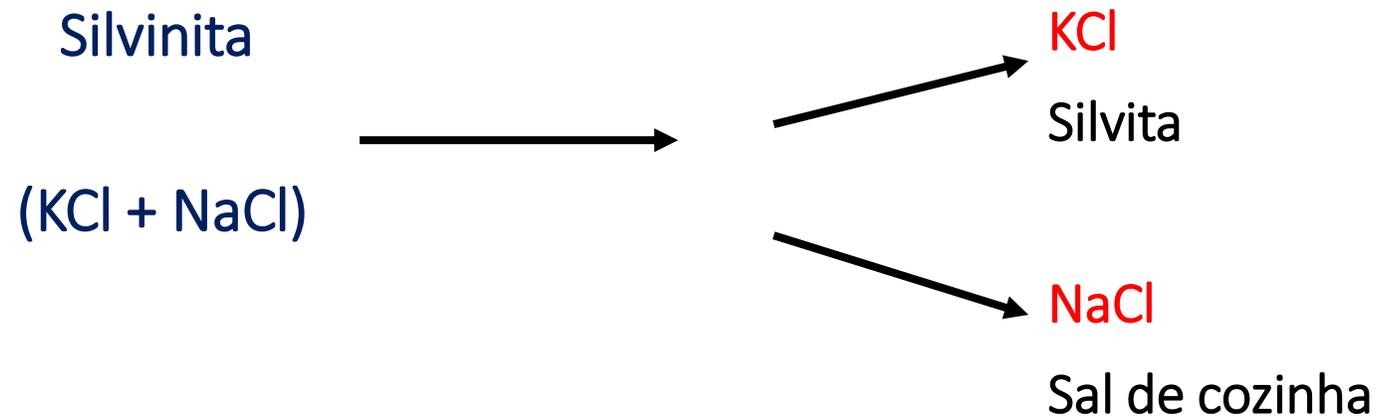
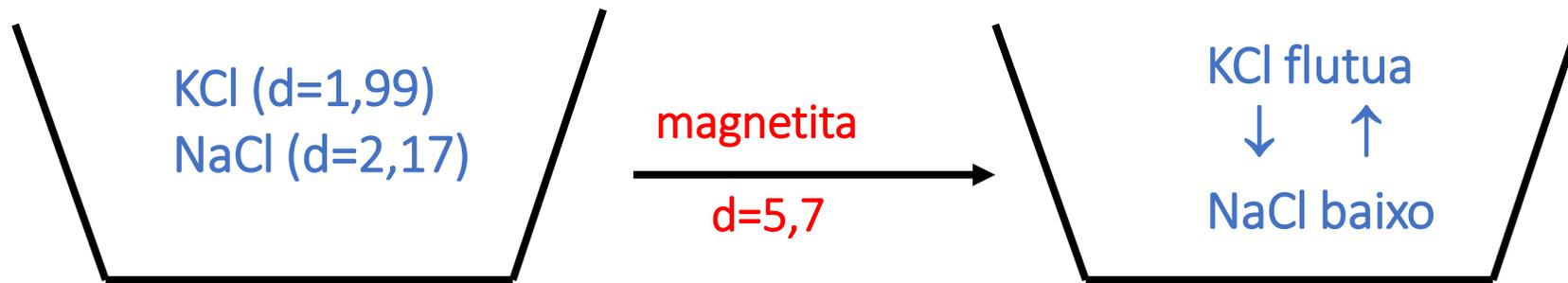




# Flotação



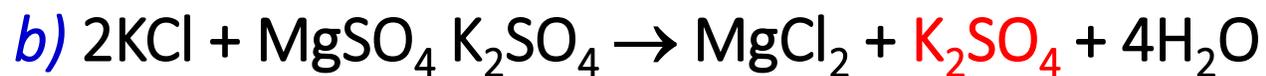
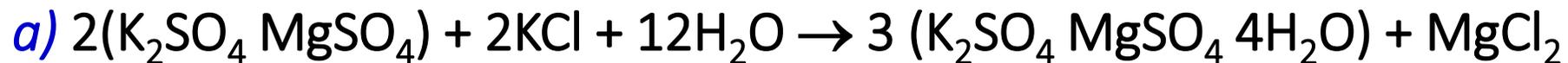
# Separação em Meio Denso



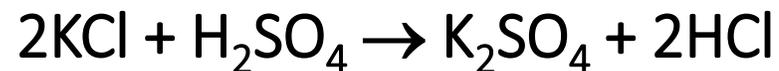
# Tipos de KCl

|               | "Standart"                  | "Coarse"                 | Granulado           |
|---------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------|
| 1. Partículas | < 0,8 mm                    | 0,8 - 2,0 mm             | 1,2 - 3,3 mm        |
| 2. Obtenção   | Flotação da Silvinita       | Separação por meio denso | -                   |
| 3. Uso        | Granulação de Fertilizantes | Fertilizantes granulados | Mistura de grânulos |

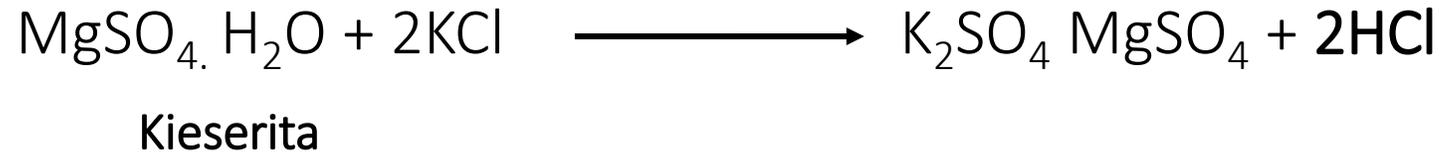
*Langbeinita ( $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ )*



*Silvinita (KCl)*



## *Sulfato de Potássio e Magnésio (K-MAG)*



## *Nitrato de Potássio (KNO<sub>3</sub>)*



## *Salitre Potássico*



**Polysulphate** é a marca comercial para o fertilizante extraído da **polyhalita**, um mineral natural, cuja fórmula química é:



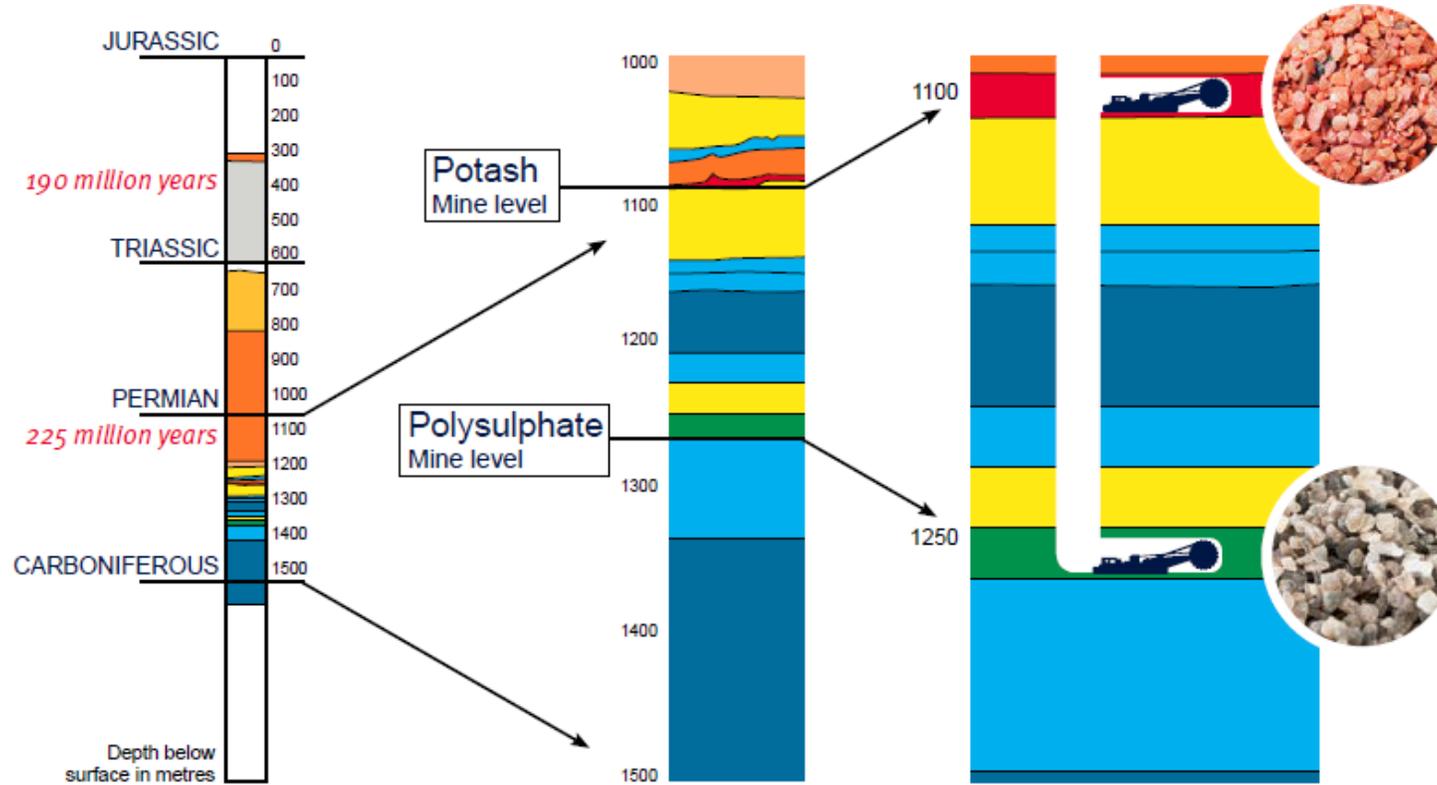
Formação durante evaporação de mares pré históricos

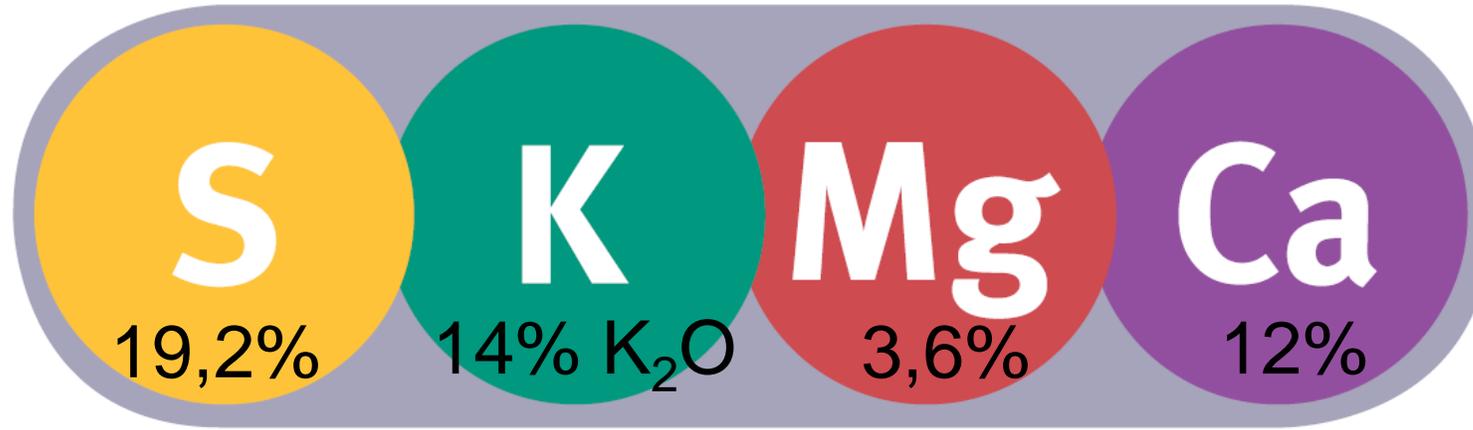
# Sulfato de Potássio, Cálcio e Magnésio (*Polysulphate*)



**A mina está localizada dentro do North Yorkshire Moors National Park na costa nordeste da Inglaterra.**

# Sulfato de Potássio, Cálcio e Magnésio (*Polysulphate*)





- Quatro macronutrientes = 49% em concentração
- Produto natural, baixa salinidade
- Solubilidade em água, com liberação gradual e disponibilidade total
- Aplicações superficiais ou incorporadas
- À lanço ou localizada
- Ca e Mg com mobilidade no perfil do solo

# Polysulphate - Produto Granulado Natural



Aplicação  
direta



Uso em misturas:  
Potashplus



| $K_2O$ | S  | Ca   | Mg   |
|--------|----|------|------|
| 37%    | 9% | 5,7% | 1,8% |

# Características dos Principais Adubos Potássicos

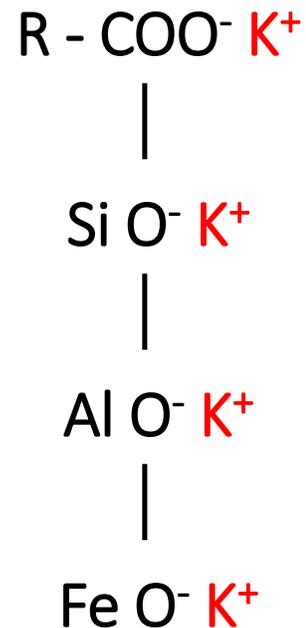
| Propriedades         | KCl             | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | K-MAG           | KNO <sub>3</sub> | KNO <sub>3</sub> NaNO <sub>3</sub> | Polysulphate |
|----------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|------------------|------------------------------------|--------------|
| K <sub>2</sub> O (%) | 60              | 50                             | 22              | 44               | 14                                 | 14           |
| S (%)                | -               | 17                             | 22              | -                | -                                  | 19           |
| MgO (%)              | -               | -                              | 18              | -                | -                                  | 6            |
| N (%)                | -               | -                              | -               | 13               | 15                                 | -            |
| Cl (%)               | 47              | -                              | -               | -                | -                                  | -            |
| Na (%)               | -               | -                              | -               | -                | 18                                 | -            |
| Índice salino        | 115             | 46                             | 43              | 74               | 87                                 | 12           |
| Cor                  | Branco<br>Róseo | Branco                         | Branco<br>Róseo | Branco           | Róseo                              | Cinza        |

# *Cloreto de Potássio*

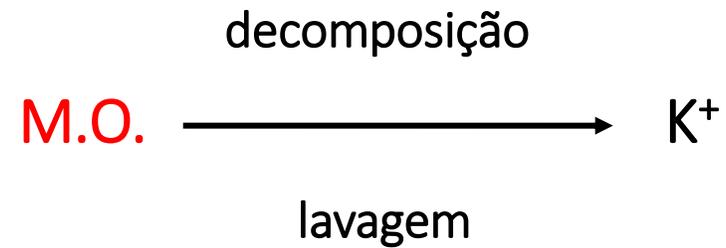


## Formas de Potássio no Solo

a) K-trocável → adsorvido à argila e à matéria orgânica



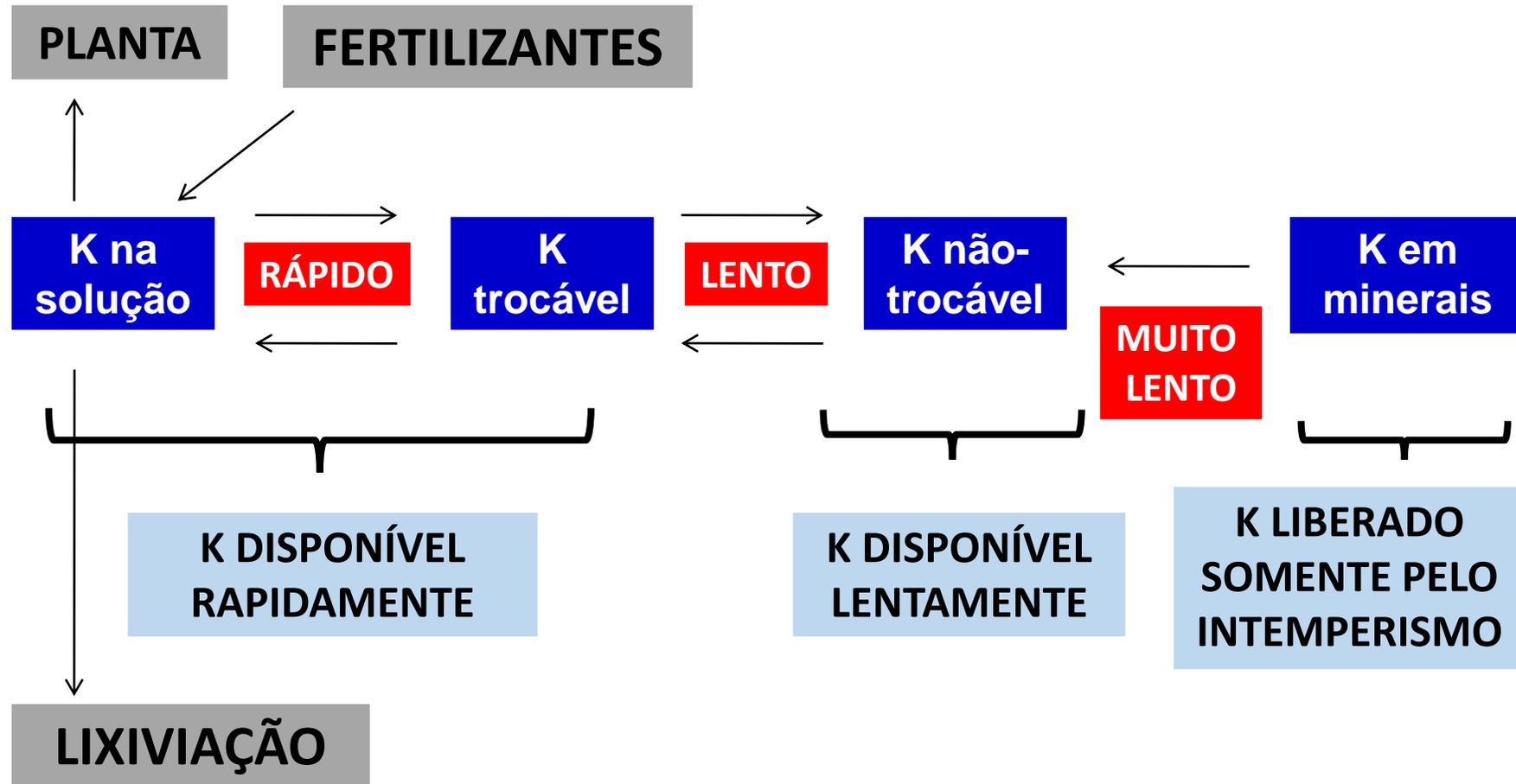
*b) K da matéria orgânica → potássio do interior da matéria orgânica*



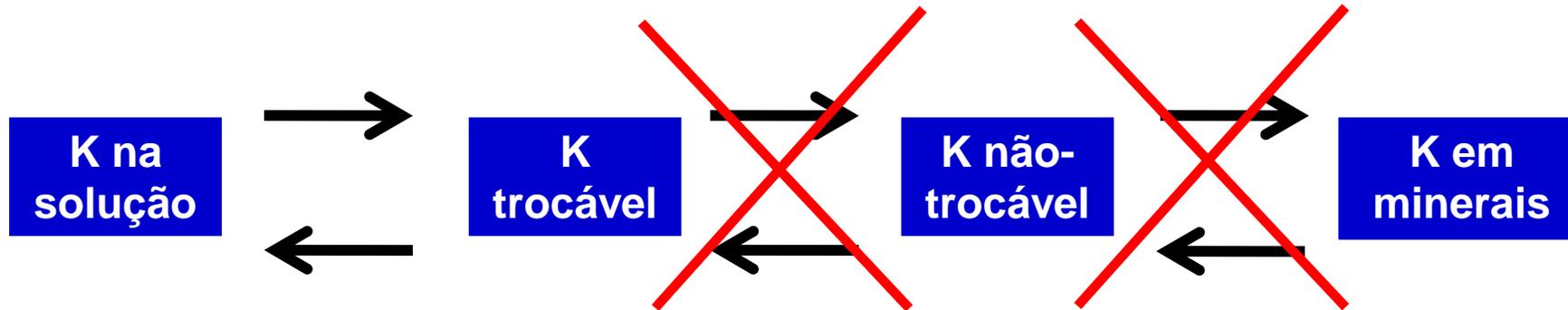
*c) K da solução do solo → potássico da fase líquida*

$\text{K}^+$

## Antes

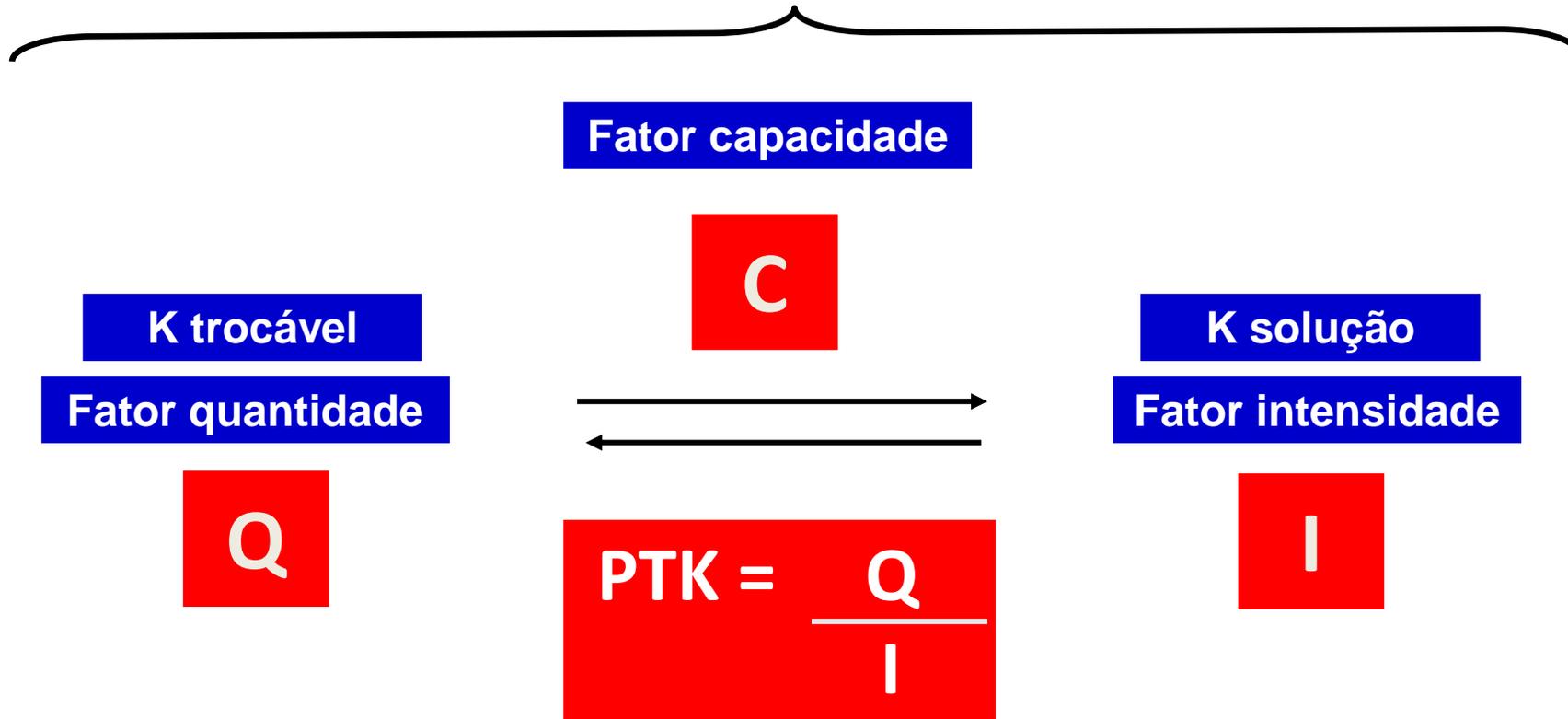


**Hoje**



# Equilíbrio entre as Formas de Potássio no Solo

K - disponível



## Comportamento dos elementos no solo

| Elemento               | Processo de contato |                |           | Aplicação de fertilizantes              |
|------------------------|---------------------|----------------|-----------|---|
|                        | Interceptação       | Fluxo de massa | Difusão   |   |
|                        | (% do total)        |                |           |   |
| N                      | 1                   | 99             | 0         | Distante, em cobertura (parte)          |
| P                      | 2                   | 4              | 94        | Próximo das raízes                      |
| <b>K<sup>(1)</sup></b> | <b>3</b>            | <b>25</b>      | <b>72</b> | <b>Próximo das raízes, em cobertura</b> |
| Ca                     | 27                  | 73             | 0         | A lança                                 |
| Mg                     | 13                  | 87             | 0         | A lança                                 |
| S                      | 5                   | 95             | 0         | Distante, em cobertura (parte)          |
| B                      | 3                   | 97             | 0         | Distante, em cobertura (parte)          |
| Mo**                   | 5                   | 95             | 0         | Distante, em cobertura (parte)          |
| Cu*                    | 15                  | 5              | 80        | Próximo das raízes                      |
| Fe*                    | 40                  | 10             | 50        | Próximo das raízes                      |
| Mn*                    | 15                  | 5              | 80        | Próximo das raízes                      |
| Zn*                    | 20                  | 20             | 60        | Próximo das raízes                      |

Fonte: MALAVOLTA et al., 1997.

\*Aplicação Foliar

\*\*Aplicação muda/foliar

**<sup>1</sup>K**



30% Difusão

70% Fluxo de Massa (Vitti & Favarin, 2014)

## Latossolo

| Óxidos | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|--------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|        | 14,0             | 32,7                           | 31,6                           |

## Argissolo

| Óxidos | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|--------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|        | 48,3             | 28,8                           | 7,2                            |

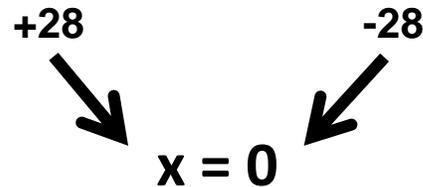


# Por que todo K é disponível ?

Fração Argila:   
 ↗ *Argilas 1:1 (caulinita)*   
 ↘ *Óxidos Fe e Al*

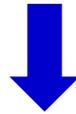
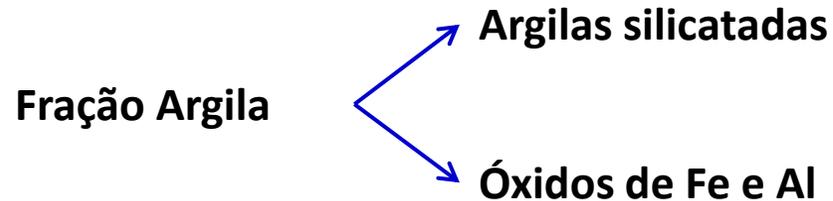
**Carga negativa Permanente**

**(x) é Zero**



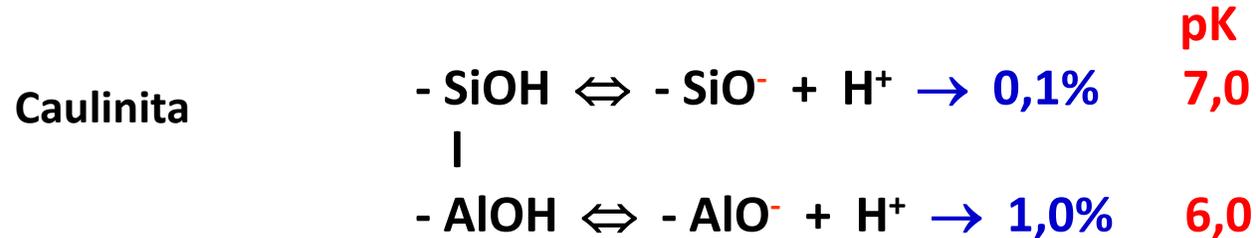
# Equilíbrio do Potássio em Solos Tropicais

Por que?



Carga Negativa: pH dependente

Mecanismos: Dissociação de  $H^+$



*Ocorre acima do PCZ*

# Ponto de Carga Zero

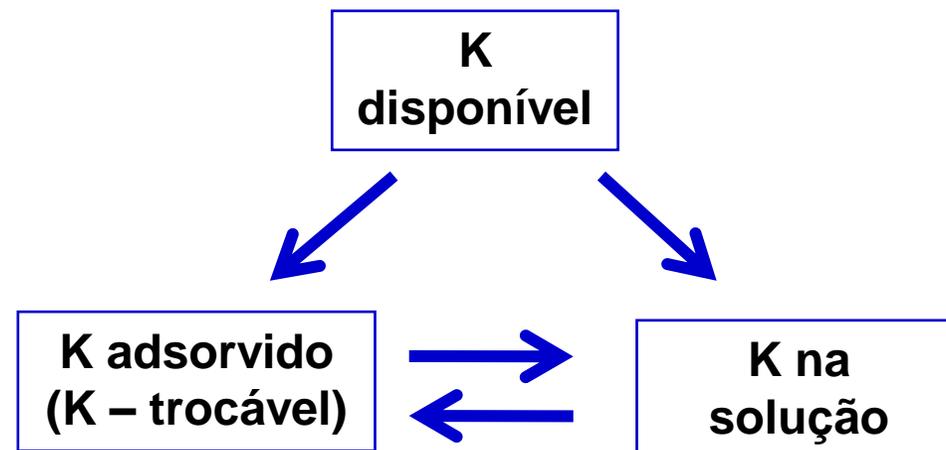
*Ponto de carga zero (PCZ) de alguns óxidos de Al e Fe.*

|                                      | Óxidos de Al e Fe | PCZ              |
|--------------------------------------|-------------------|------------------|
| Al(OH) <sub>3</sub>                  | Gibbsite          | <b>5,0 a 5,2</b> |
|                                      | Boemite           | 8,8              |
| FeOOH                                | Lepidocrocite     | 7,4              |
| *FeO <sub>3</sub> .3H <sub>2</sub> O | Goetite           | <b>6,7</b>       |
| *Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>      | Hematite          | <b>5,4</b>       |

\* Latossolos

# Equilíbrio do Potássio em Solos Tropicais

Portanto, análise de solo, quantifica:



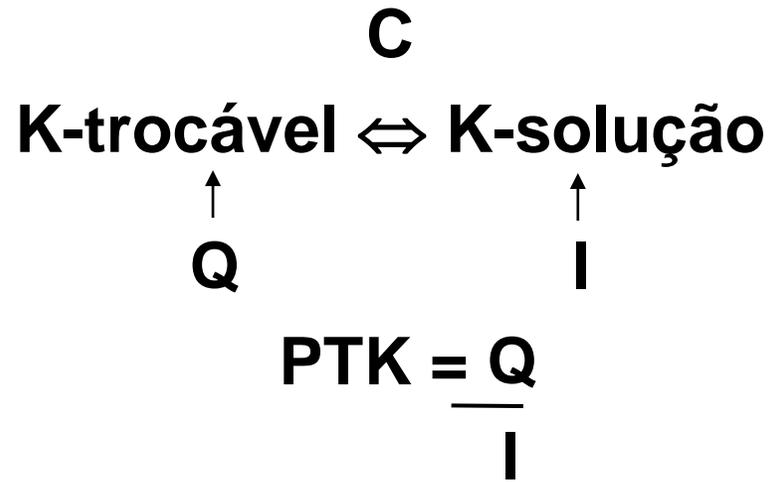
**K disponível: Mehlich 1 = Resina**

## *(1) Textura do solo*

Solos mais ricos em M.O. e argila → maior CTC  
→ maior adsorção → mais K-trocável → menor perda por  
lixiviação

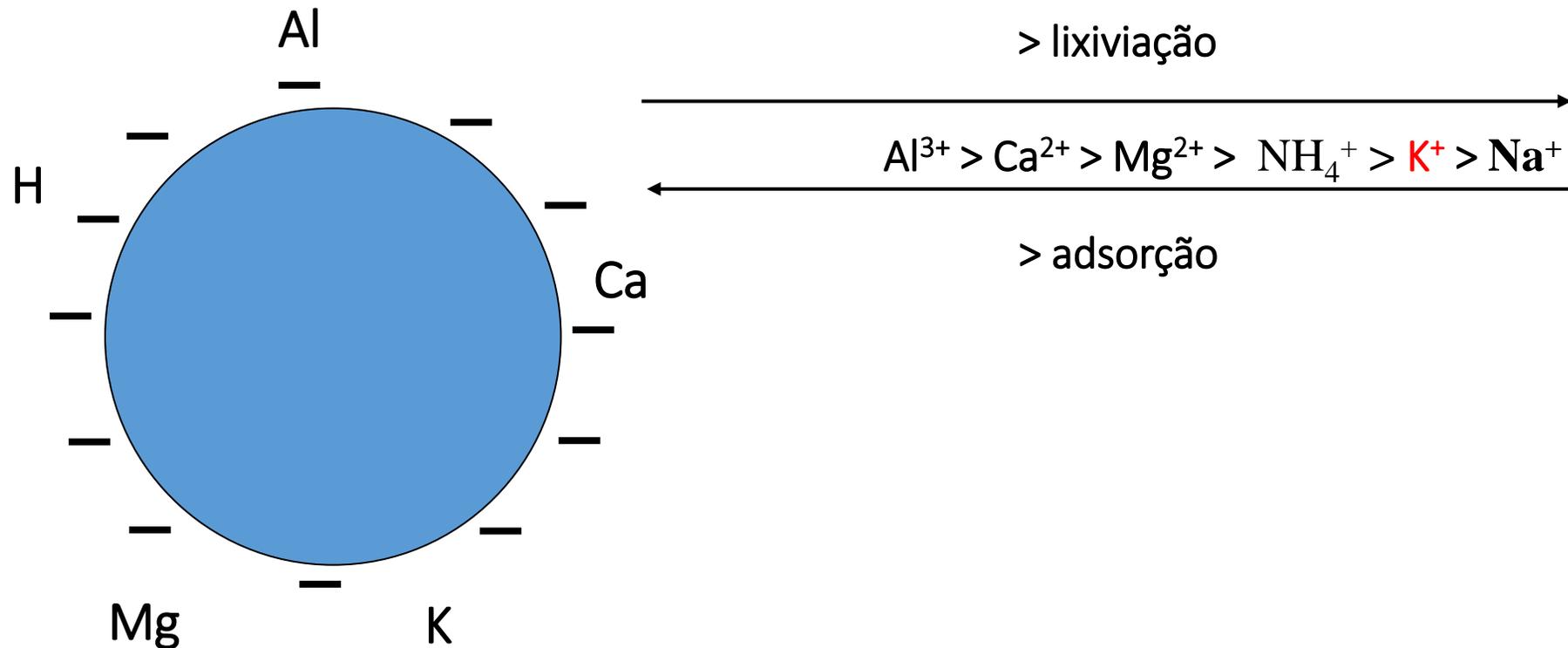
## *(2) Reação do solo (pH)*

Em solos ácidos a CTC está preenchida  
principalmente com H → menos K-trocável → maior perda  
por lixiviação



| Solo      | Calagem | Q     | I              | PTK |
|-----------|---------|-------|----------------|-----|
| S. Angelo | sem     | -     | -              | 13  |
|           | com     | -     | -              | 37  |
| Vacaria   | sem     | -     | -              | 15  |
|           | com     | -     | -              | 40  |
| Colonia   | -       | 0,094 | 0,46 $10^{-2}$ | 17  |
| Nazaré    | -       | 0,095 | 0,14 $10^{-2}$ | 24  |
| Itabuna   | -       | 0,186 | 0,24 $10^{-2}$ | 76  |
| Cepec     | -       | 0,53  | 0,60 $10^{-2}$ | 72  |

(3) *Equilíbrio iônico* → excesso de  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$  desloca o  $\text{K}^+$  adsorvido para a solução do solo → maiores perdas por lixiviação





$$SB = K + Ca + Mg$$

$$CTC = SB + H + Al$$

$$\left. \begin{array}{l} CTC - SB \\ 100 - V\% \end{array} \right\} V\% = \frac{SB \times 100}{T}$$

K : Mg : Ca

1 3 9

1 5 25

K%T

CTC - K

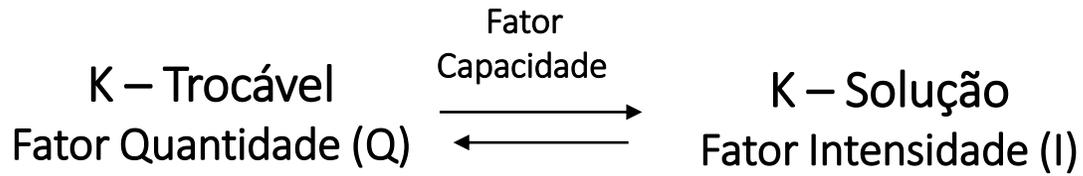
100 - K%T

$$K\%T = \frac{K \times 100}{CTC}$$

K%T = 2 a 5%

Mg%T = 15%

Ca%T = 45%



**K - Disponível**

$$PTK = \frac{Q}{I}$$

$$I = \frac{(K^+)e}{(Ca+Mg)e^{1/2}}$$

$$-\log \frac{(K^+)e}{(Ca+Mg)e^{1/2}} =$$

$$-\log (K^+)e - (-\log Ca^{++} + Mg^{++}) e^{1/2} =$$

$$I = pK - \frac{1}{2} p (Ca + Mg)$$

↑  
Calagem

↑  
pH

↑  
CTC

↓  
Ke

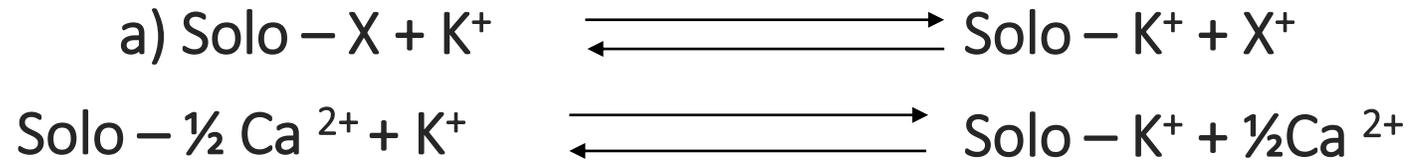
↑  
pK

↑  
K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>)

*Mudanças químicas no solo devido à calagem, e as adições de K necessárias para manter  $pK - 1/2(pCa + pMg) = 2$  (MAGDOFF & BARTLETT, 1980)*

| Calagem<br>e.mg/100g | pH  | CTC<br>e.mg/100g | K - solução<br>$10^{-5}M.l^{-1}$ | pK- 1/2 p(Ca+ Mg) | kg/ha de K p/<br>pK- 1/2 p(Ca+ Mg)=2 |
|----------------------|-----|------------------|----------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| 0                    | 4,2 | 2,5              | 18,0                             | 2,48              | 84                                   |
| 0,25                 | 4,5 | 2,7              | 17,3                             | 2,52              | 97                                   |
| 0,5                  | 4,6 | 2,9              | 13,7                             | 2,64              | 109                                  |
| 1,0                  | 4,8 | 3,1              | 11,5                             | 2,74              | 128                                  |
| 2,0                  | 5,0 | 3,3              | 7,8                              | 2,91              | 158                                  |
| 4,0                  | 5,3 | 4,4              | 5,4                              | 3,10              | 228                                  |
| 64,0                 | 7,8 | 17,4             | 3,3                              | 3,34              | 1150                                 |





$$\frac{(K^+)i}{(K^+)e} = \frac{(Ca^{++})i^{1/2}}{(Ca^{++})e^{1/2}} = \frac{(Al^{+++})i^{1/3}}{(Al^{+++})e^{1/3}}$$

Ou:

$$\frac{(K^+)i}{(Ca^{++})i^{1/2}} = \frac{(K^+)e}{(Ca^{++})e^{1/2}} = \dots$$

Trocáveis                  Solução Solo

## b) Fatores que afetam a troca cationica

### b<sub>1</sub>) Valência dos Cátions

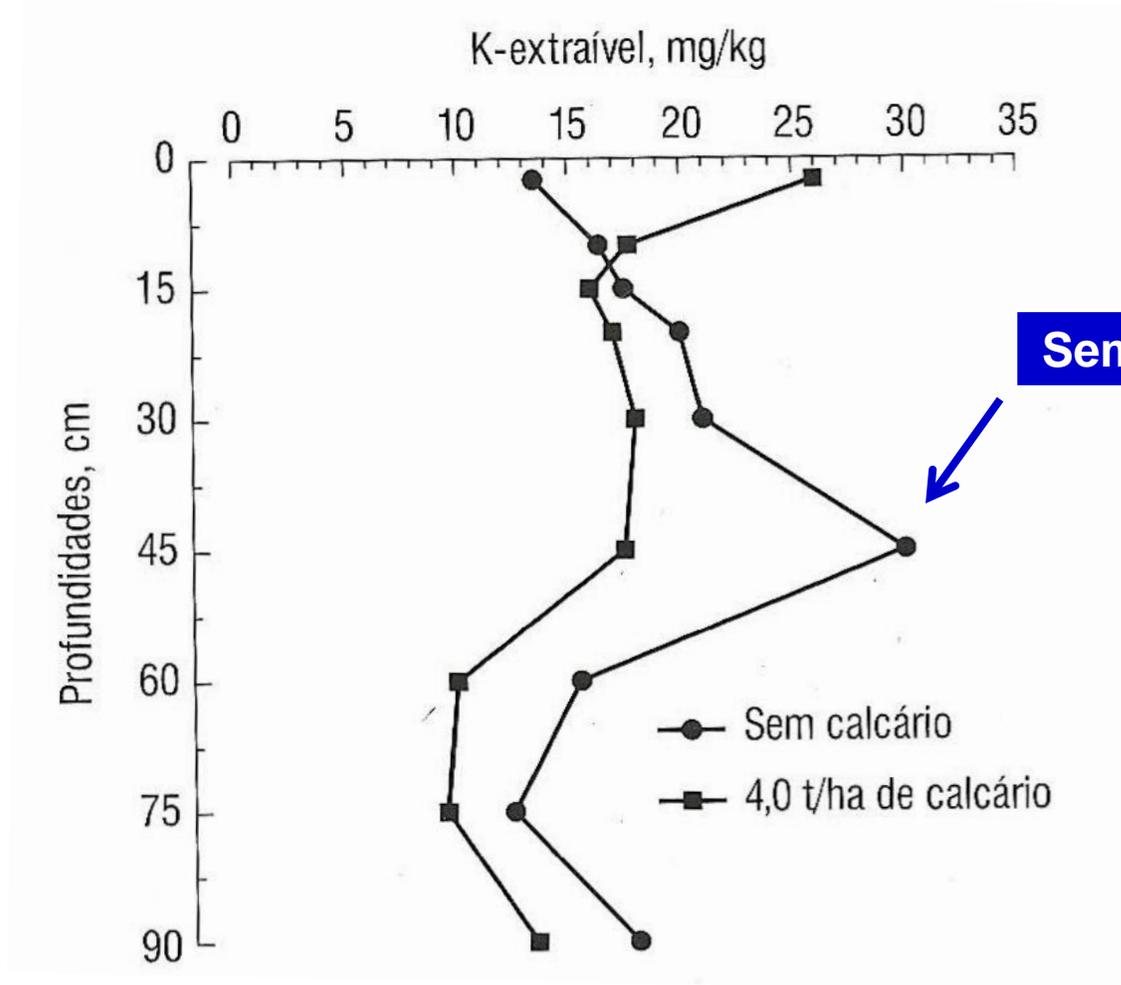
Trivalente > Divalente > Monovalente

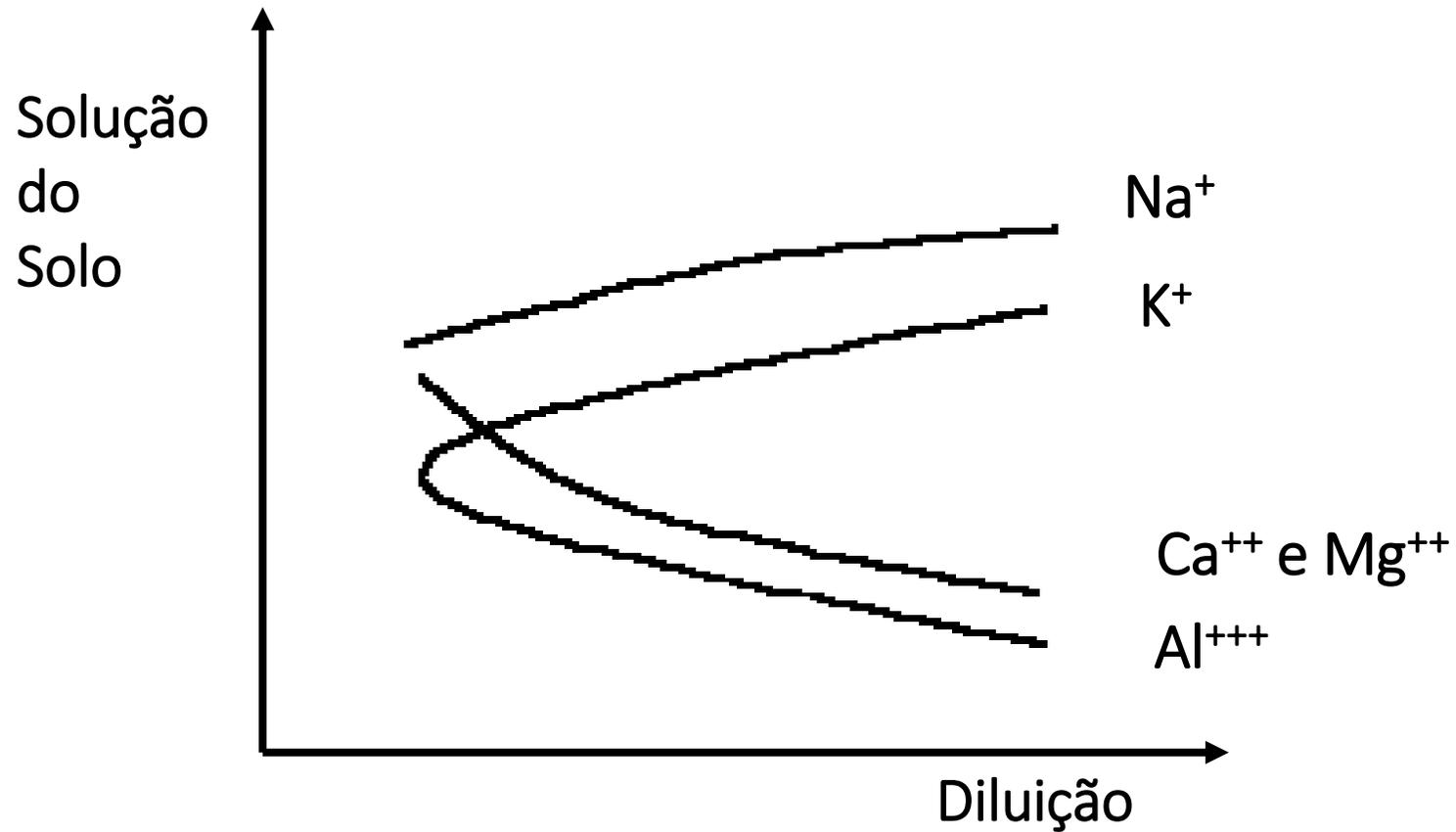


### b<sub>2</sub>) Grau de Hidratação

| Cátion                       | $\phi$ A | N: moles H <sub>2</sub> O/ÍON |
|------------------------------|----------|-------------------------------|
| Na <sup>+</sup>              | 1,96     | 4,0                           |
| K <sup>+</sup>               | 2,66     | 2,5                           |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 2,86     | 1,0                           |
| Mg <sup>++</sup>             | 1,56     | 9,0 a 13,0                    |
| Ca <sup>++</sup>             | 2,12     | 8,0 a 10,0                    |

# Influência da aplicação de calcário na lixiviação de potássio em Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso da Região de Cerrado.





## *(4) Natureza da Planta*

As gramíneas absorvem mais facilmente potássio do que as leguminosas.

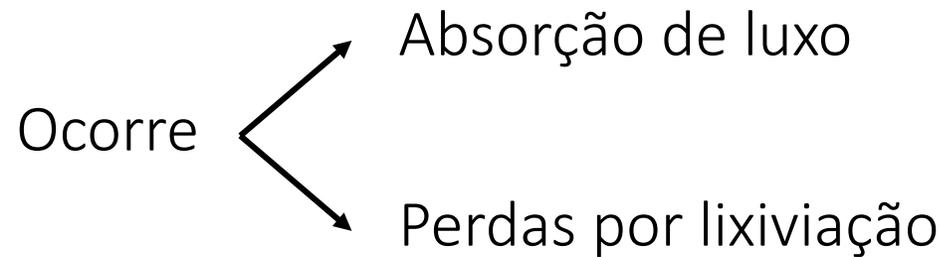
Ex.: Hipomagnesemia ou tétano da forragem em gado causada pela alta relação K/Mg.

# Habilidade radicular de absorção



Plantas ideais do ponto de vista de absorção de K<sup>+</sup>, por exemplo, sistema radicular abundante (fator a elevado) e com baixo **km**.

**(1) Solos com textura mais grosseira (menor  $Q$ )** → menor CTC → o potássio colocado como adubo ficará praticamente só na solução do solo.



Logo, aplicar menos K e mais vezes.

**(2) Solos com textura mais fina (maior  $Q$ )** → maior CTC → ou ainda, solos com mais calagem (mais  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ ).

Logo, aplicar mais potássio

## Adições

### (1) Fertilizantes

\* *KCl (60% K<sub>2</sub>O)* → geral → fonte mais barata

\* *Não usar em:*

Tabaco - prejudica a combustão

Abacaxi - maturação desuniforme

Aumenta acidez

Batatinha - até no máximo 60 kg/ha K<sub>2</sub>O

“gosto de adubo”

enegrece o chips

## (1) Fertilizantes

O que usar então?

\* $K_2SO_4$  ou K-MAG → *Tabaco*, batatinha, abacaxi e Horticultura

\*  $KNO_3$  → fertirrigação: Ex.: melão - NE

## (2) Vinhaça

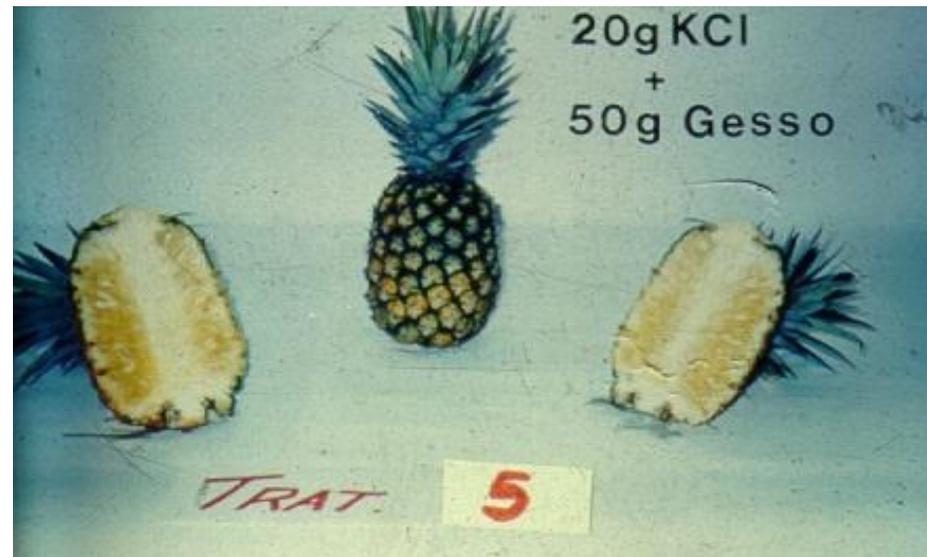
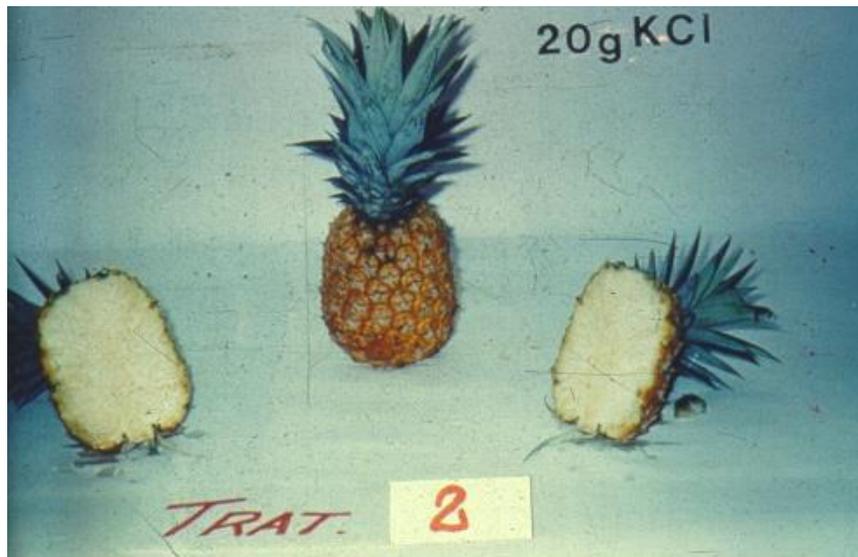
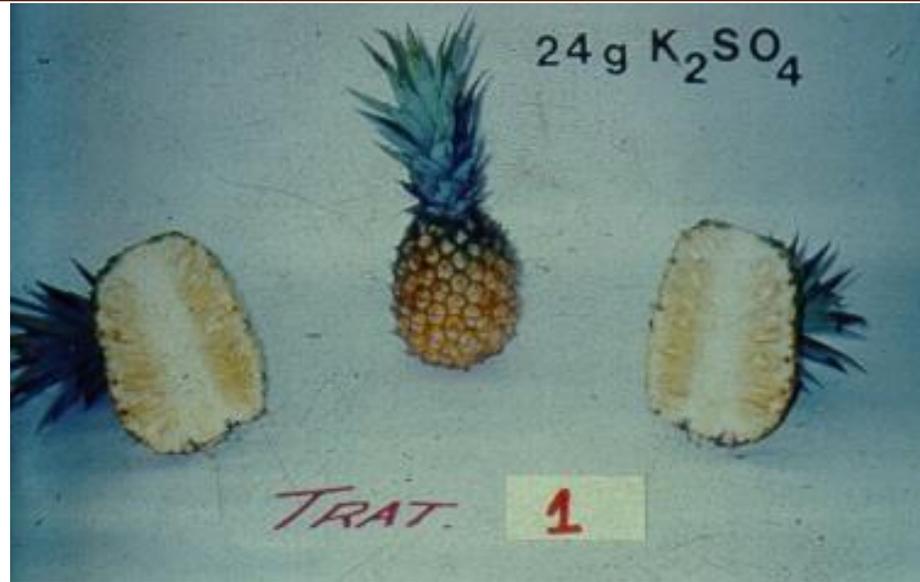
Mosto (açúcar + etanol) — 3,0 kg  $K_2O/m^3$

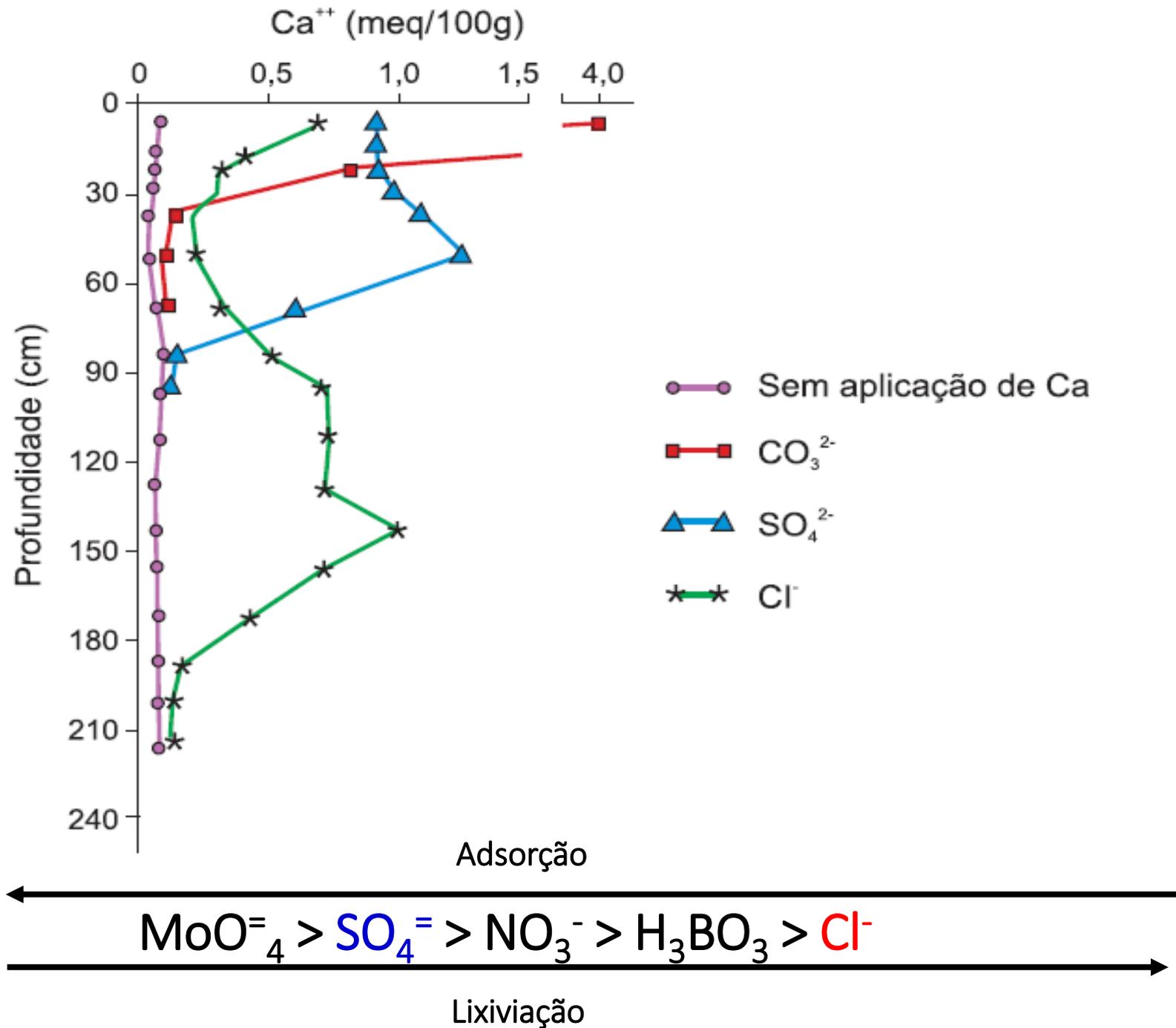
## (3) Estercos

## (4) Restos vegetais

0,5 a 2,0%  $K_2O$

# Efeito do Cl





## Composição química média da vinhaça

| Elemento   | Vinhaça de Mosto |             |             |
|--|------------------|-------------|-------------|
|  | Melaço           | Misto       | Caldo       |
| N (kg/m <sup>3</sup> )                             | 0,77             | 0,46        | 0,28        |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/m <sup>3</sup> ) | 0,19             | 0,24        | 0,20        |
| <b>K<sub>2</sub>O (kg/m<sup>3</sup>)</b>           | <b>6,00</b>      | <b>3,06</b> | <b>1,47</b> |
| CaO (kg/m <sup>3</sup> )                           | 2,45             | 1,18        | 0,46        |
| MgO (kg/m <sup>3</sup> )                           | 1,04             | 0,53        | 0,29        |
| SO <sub>4</sub> (kg/m <sup>3</sup> )               | 3,73             | 2,67        | 1,32        |
| Mat. Orgânica (kg/m <sup>3</sup> )                 | 52,04            | 32,63       | 23,44       |
| Fé (ppm)   | 80,00            | 78,00       | 69,00       |
| Cu (ppm)   | 5,00             | 21,00       | 7,00        |
| Zn (ppm)   | 3,00             | 19,00       | 2,00        |
| Mn (ppm)   | 8,00             | 6,00        | 7,00        |
| pH   | 4,40             | 4,10        | 3,70        |

$$V = \frac{[(0,05 \times \text{CTC} - \text{K solo}) \times 3.744 + 185]}{\text{K vinhaça}}$$

**Onde:**

**V = volume de vinhaça ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ).**

**CTC = capacidade de troca cationica do solo determinada a pH 7,0 ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ).**

**K solo = teor de K no solo ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ).**

**185 =  $\text{K}_2\text{O}$  extraído pela cana-de-açúcar ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).**

**K vinhaça = Concentração de K na vinhaça ( $\text{Kg m}^{-3}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ).**

# CETESB

$$V = \frac{[(0,05 \times CTC - K_{\text{solo}}) \times 3744 + 185]}{K_{\text{vinhaça}}}$$

V = volume em m<sup>3</sup> de vinhaça a ser aplicado por hectare;  
 CTC = Capacidade de Troca Catiônica, expressa em cmolc/dm<sup>3</sup> a pH 7,0  
 K<sub>solo</sub> ou K<sub>s</sub> = concentração de potássio – K<sup>+</sup> no solo em cmolc/dm<sup>3</sup>  
 185 = quantidade em kg de K<sub>2</sub>O/há extraído pela cana-de-açúcar por corte;  
 K<sub>vinhaça</sub> ou K<sub>v</sub> = concentração de K<sup>+</sup> na vinhaça, expressa em kg de K<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup>

| CTC<br>cmolc/dm <sup>3</sup> | K <sub>solo</sub><br>cmolc/dm <sup>3</sup> | K% CTC<br>% | K <sub>vinhaça</sub><br>kg K <sub>2</sub> O/m <sup>3</sup> | Equação<br>m <sup>3</sup> /há |
|------------------------------|--|-------------|--|-------------------------------|
| 3,0                          | 0,035                                      | 1,2         | 3,0  | 205                           |
| 3,0                          | 0,115                                      | 3,8         | 3,0  | 105                           |
| 3,0                          | 0,225                                      | 7,5         | 3,0  | -32                           |
| 3,0                          | 0,45                                       | 15,0        | 3,0  | -313                          |
| 5,0                          | 0,035                                      | 0,7         | 3,0  | 330                           |
| 5,0                          | 0,115                                      | 2,3         | 3,0  | 230                           |
| 5,0                          | 0,225                                      | 4,5         | 3,0  | 93                            |
| 5,0                          | 0,45                                       | 9,0         | 3,0  | -188                          |
| 7,5                          | 0,035                                      | 0,5         | 3,0  | 486                           |
| 7,5                          | 0,115                                      | 1,5         | 3,0  | 386                           |
| 7,5                          | 0,225                                      | 3,0         | 3,0  | 249                           |
| 7,5                          | 0,45                                       | 6,0         | 3,0  | -32                           |
| 10,0                         | 0,035                                      | 0,4         | 3,0  | 642                           |
| 10,0                         | 0,115                                      | 1,2         | 3,0  | 542                           |
| 10,0                         | 0,225                                      | 2,3         | 3,0  | 405                           |
| 10,0                         | 0,45                                       | 4,5         | 3,0  | 124                           |

## Cana-de-açúcar

Equivalência entre o m<sup>3</sup> de diferentes tipos de vinhaça e fertilizantes minerais.

| Tipo de Vinhaça | kg de Fertilizante |             |                     |
|-----------------|--------------------|-------------|---------------------|
|                 | Ureia              | Supertriplo | Cloreto de Potássio |
| m <sup>3</sup>  |                    |             |                     |
| Mosto de Melaço | 1,49               | 0,45        | 9,22                |
| Mosto de Caldo  | 0,89               | 0,60        | 4,47                |
| Mosto Misto     | 0,65               | 0,49        | 2,55                |

# Reciclagem de nutrientes por *Brachiarias* com alta produção de matéria seca

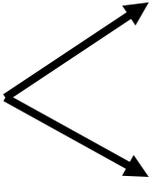
|            |     | <i>B. brizanta</i>    | <i>B. decumbens</i> | <i>B. ruziziensis</i> |
|------------|-----|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| Nutriente  | %   | 17 t/ha/ano           | 10 t/ha/ano         | 9 t/ha/ano            |
|            |     | ----- kg/ha/ano ----- |                     |                       |
| Nitrogênio | 1.7 | 289                   | 170                 | 153                   |
| Fósforo    | 0.2 | 34                    | 20                  | 18                    |
| Potássio   | 2.0 | 340                   | 200                 | 180                   |
| Calcio     | 0.5 | 85                    | 50                  | 45                    |
| Magnésio   | 0.3 | 51                    | 30                  | 27                    |
| Enxofre    | 0.1 | 17                    | 10                  | 9                     |

---

|                   | <b>K<sub>2</sub>O%</b> |
|-------------------|------------------------|
| Madeira           | 05 – 25                |
| Palha de café     | 18 - 21                |
| Casca de arroz    | 01 – 02                |
| Torta de algodão  | 08 – 30                |
| Resíduo de melaço | 33 - 35                |

---

\* Erosão

\* Lixiviação 

Solos ácidos

Baixa CTC

\* Remoção por colheitas



Arroz, banana, batata, café

# Adução Potássica

**Ontem**

Adução localizada no sulco do plantio e parte em cobertura



**Consequências:**

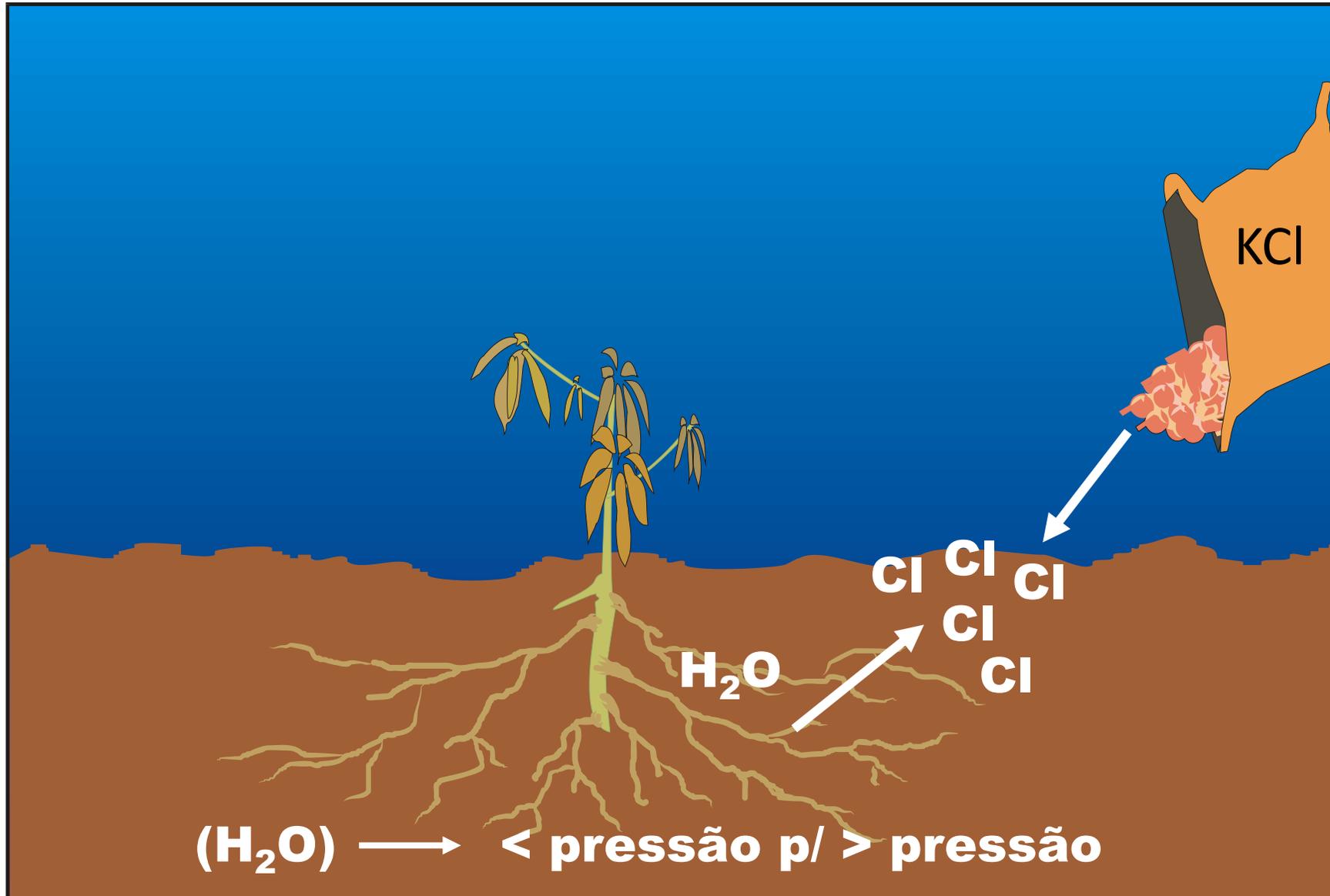
- a. Fitotoxidez: aumento da pressão osmótica da solução do solo
- b. Alta lixiviação: sistema radicular incipiente
- c. Menor desenvolvimento das plantas
- d. Deficiência de K em períodos de maior demanda pelas plantas

Florescimento  
Enchimento de grãos

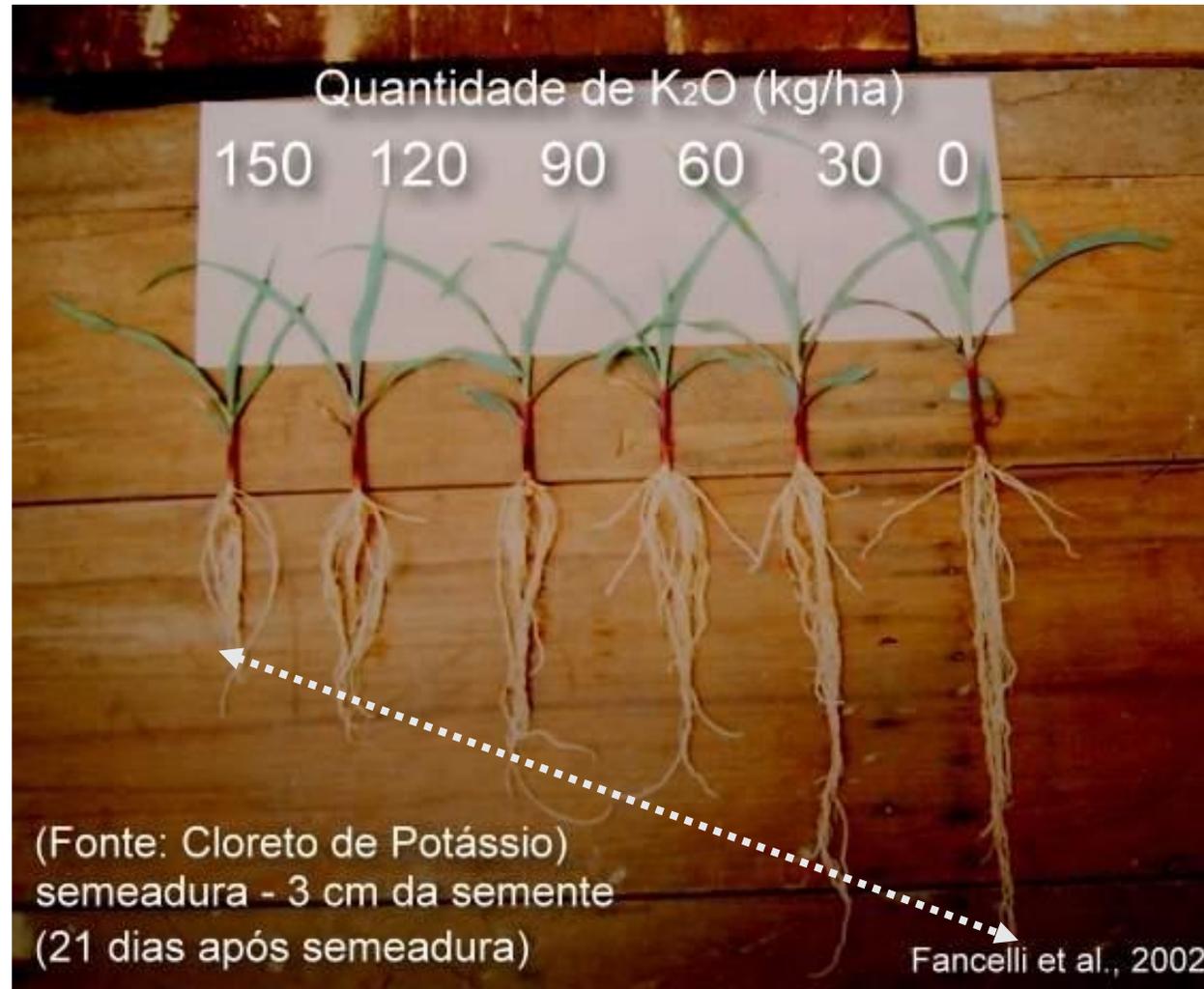
**Doses máximas no sulco de plantio:**

| Cultura        | K <sub>2</sub> O    |
|----------------|---------------------|
|                | Kg ha <sup>-1</sup> |
| Soja           | 40                  |
| Milho          | 60                  |
| Cana-de-açúcar | 120                 |

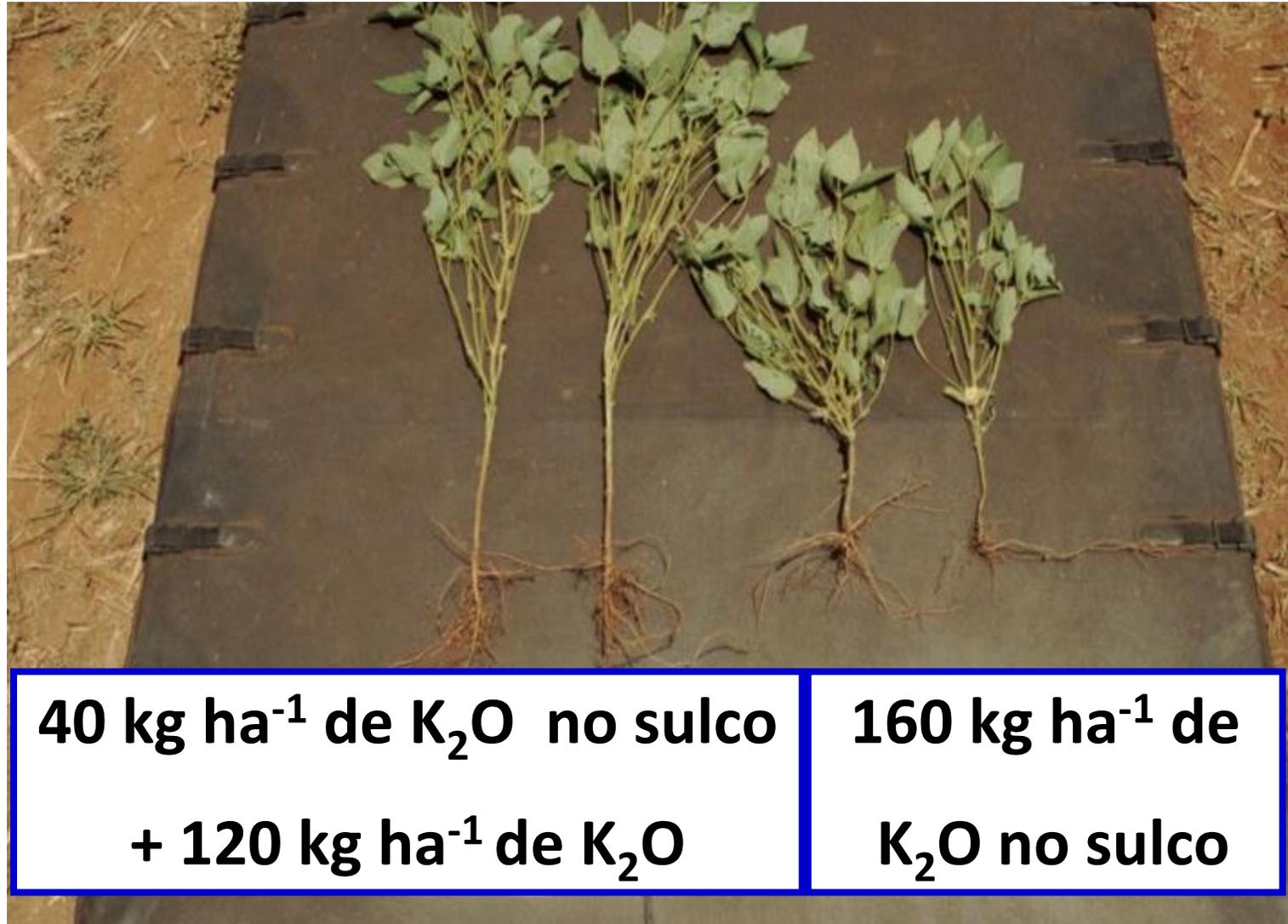
# Índice Salino



# Cloreto de Potássio x Salinidade

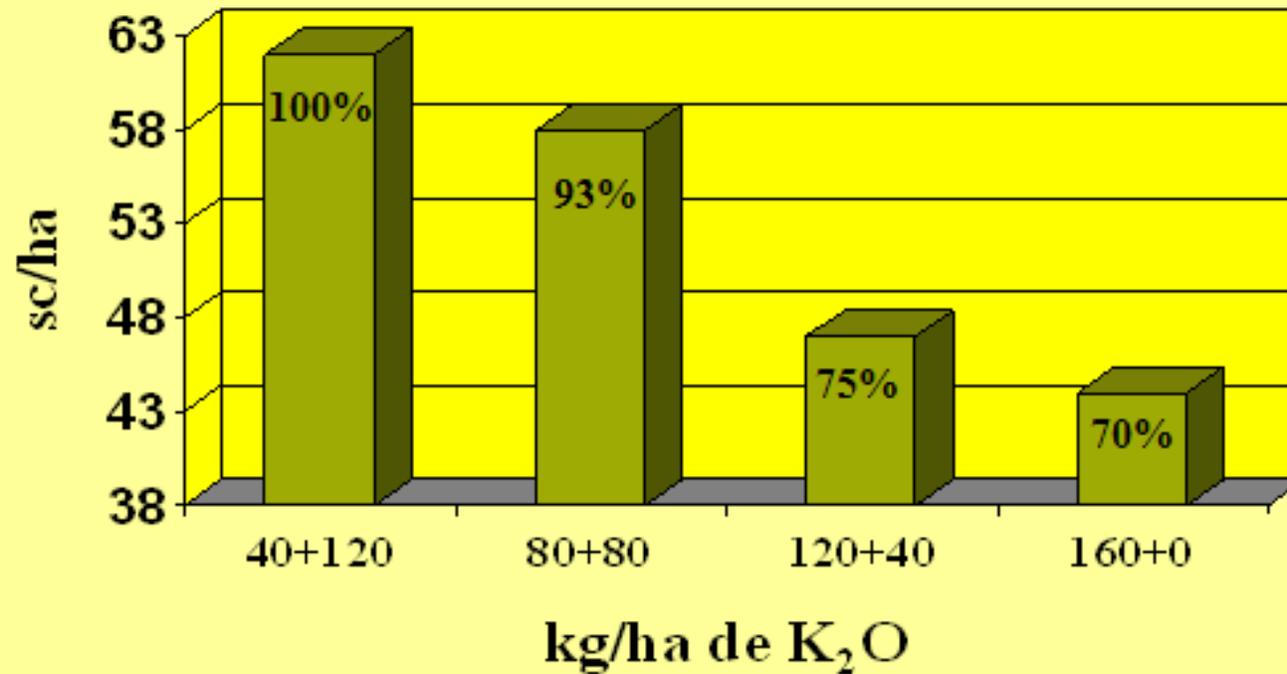


Usar (no máximo ) 50-60 kg/ha<sup>(\*)</sup> de  $K_2O$  no sulco de semeadura



**Locais: Londrina, Mauá da Serra e Campo Mourão, PR**

## Produtividade da Soja & Potássio no Sulco de Plantio



## Hoje

Adubação à lanço (Área total)

a. Época:

Pré-Plantio → solos argilosos

Pós-Plantio → solos arenosos

b. Modalidades

- Adubação Corretiva
- Adubação de Manutenção

# *Adubação Potássica*

*Adubação Corretiva*

~~Potassagem~~

# *Adubação Potássica*

## *Adubação Corretiva*

**A) EMBRAPA (2004)**

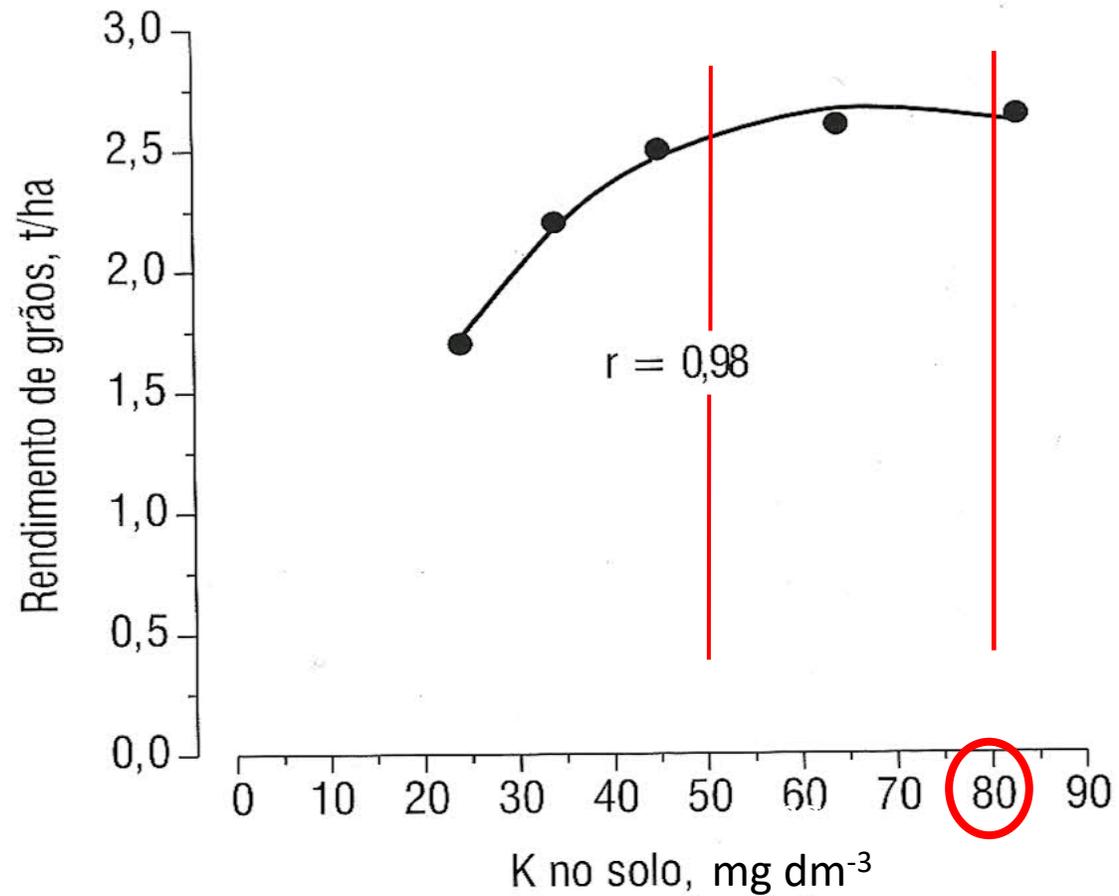
**Análise de Solo: K Mehlich**

Tabela de interpretação da análise de solo de K para culturas anuais conforme a disponibilidade do nutriente em solos do Cerrado.

| Interpretação | CTC < 4,0           | CTC ≥ 4,0 |
|---------------|---------------------|-----------|
|               | mg dm <sup>-3</sup> |           |
| Baixo         | ≤ 15                | ≤ 25      |
| Médio         | 16 a 30             | 26 a 50   |
| Adequado      | 31 a 40             | 51 a 80   |
| Alto          | > 40                | > 80      |

Fonte: Vilela et.al.; (2004)

# Rendimentos de grãos de soja em função do teor de potássio extraível, (Mehlich 1) na camada de 0 a 20 cm de Latossolo Vermelho-Escuro **argiloso**.



Quando?

## A) EMBRAPA (2007)

| CTC                             | K                   |
|---------------------------------|---------------------|
| $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ | $\text{mg dm}^{-3}$ |
| <4,0                            | <30                 |
| >4,0                            | <50                 |

Quanto?

$$\text{K}_2\text{O (kg ha}^{-1}\text{)} = (\text{Teor de K desejado} - \text{Teor de K atual}) \times 2,4$$

$$\text{K} = \text{mg dm}^{-3}$$

Recomendação de adubação corretiva de K para culturas perenes e semiperenes em solos de Cerrado.

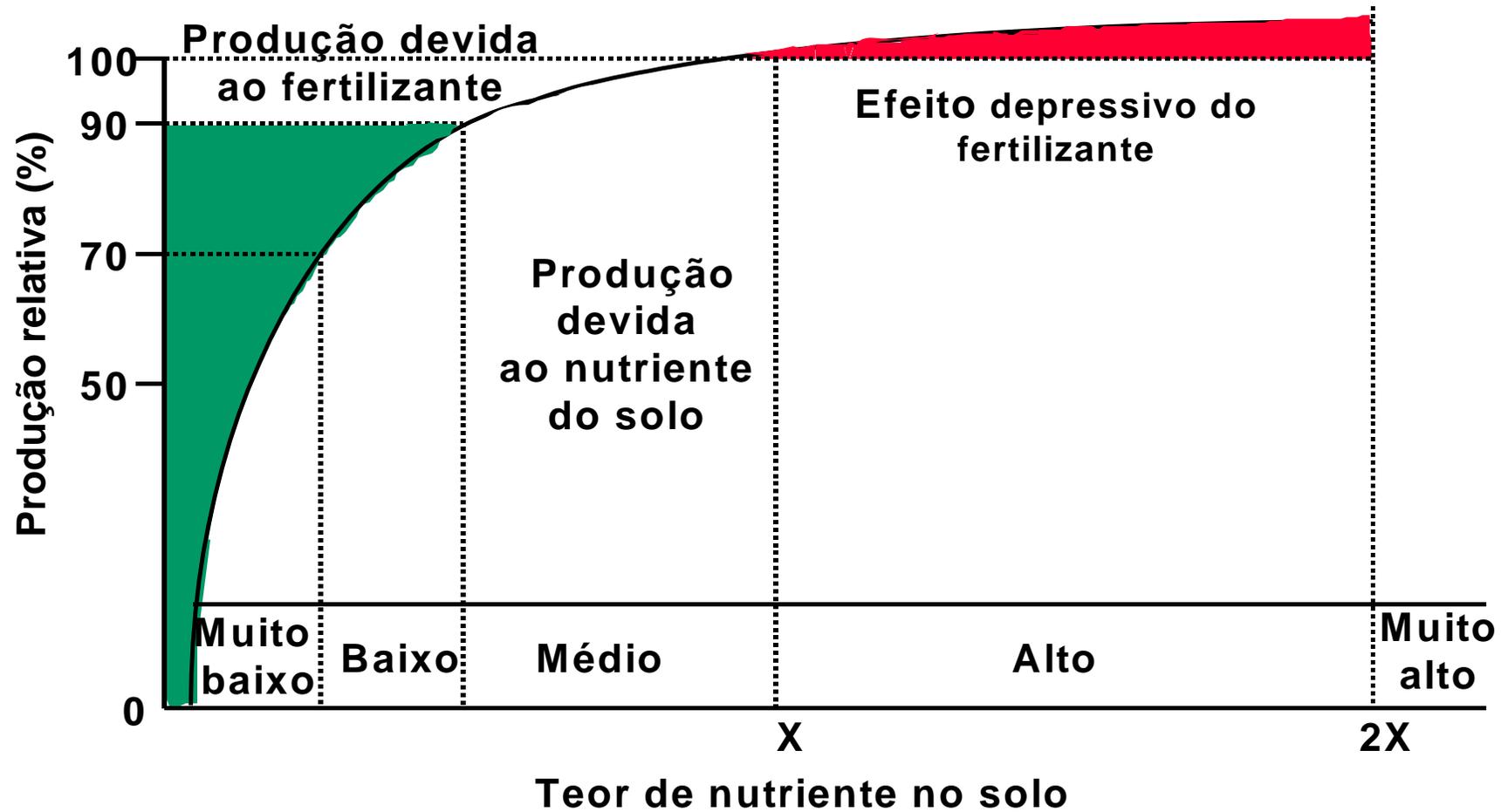
## A) EMBRAPA (2004)

| Teor de K  | Interpretação                        | Corretiva Total |
|--|--------------------------------------|-----------------|
| ----mg/kg----  | ----- kg de K <sub>2</sub> O/ha----- |                 |
| CTC a pH 7,0 menor do que 4,0 cmolc/dm <sup>3</sup>          |                                      |                 |
| ≤ 15   | Baixo                                | 50              |
| 16 a 30  | Médio                                | 25              |
| 31 a 40  | Adequado <sup>1</sup>                | 0               |
| > 40   | Alto <sup>2</sup>                    | 0               |
| CTC a pH 7,0 igual ou maior do que 4,0 cmolc/dm <sup>3</sup> |                                      |                 |
| ≤ 25   | Baixo                                | 100             |
| 26 a 50  | Médio                                | 50              |
| 51 a 80  | Adequado <sup>1</sup>                | 0               |
| > 80   | Alto <sup>2</sup>                    | 0               |

<sup>1</sup> Para solos com teores de potássio dentro dessa classe, recomenda-se uma adubação de manutenção de acordo com a expectativa de produção.

<sup>2</sup> Para solos com teores de potássio dentro dessa classe, recomenda-se 50% da adubação de manutenção ou da extração de potássio esperada ou estimada com base na última safra.

# Interpretação



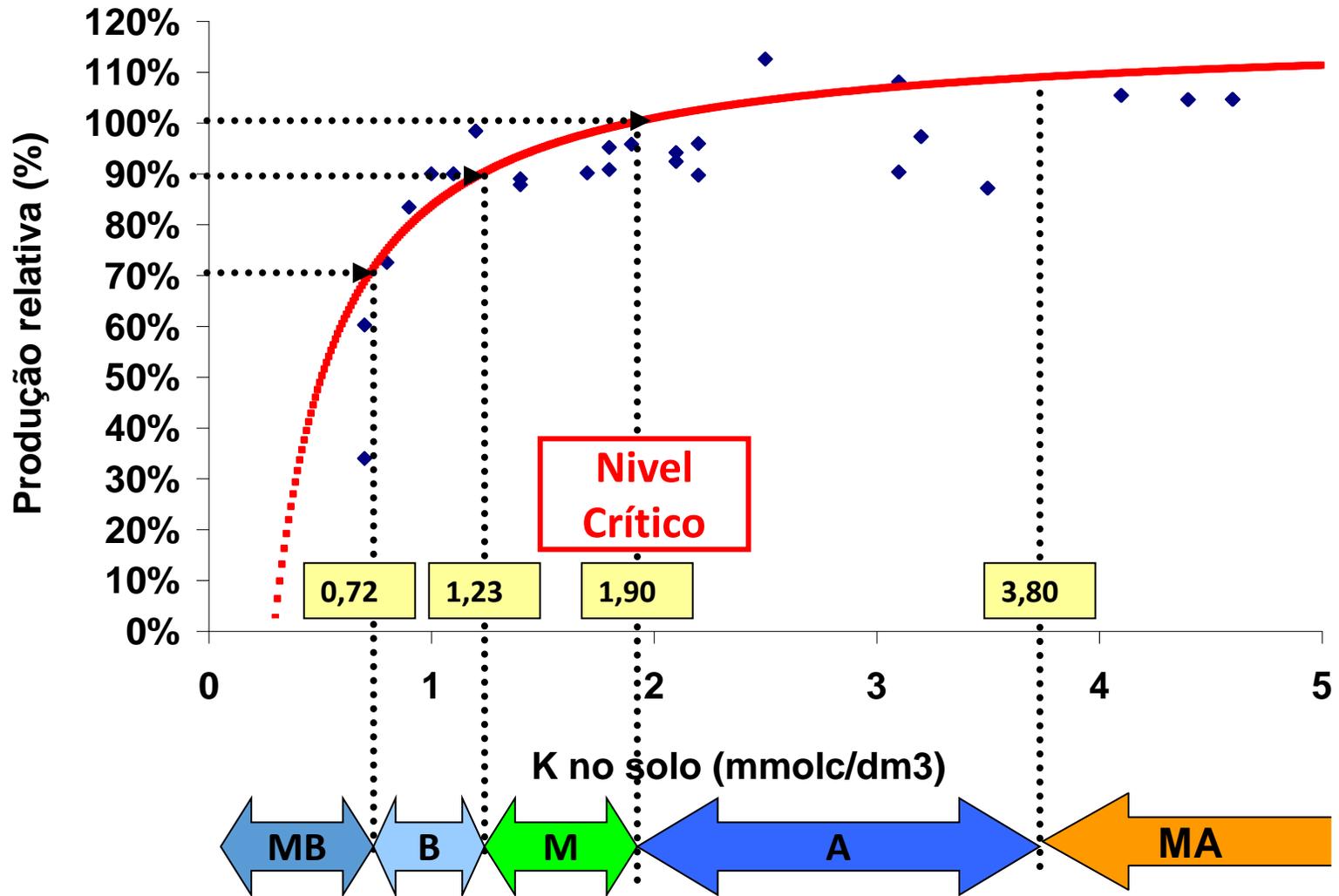
$$X = K_{\text{solo}} \geq 1,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3} = 0,16 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3} = 60 \text{ mg dm}^{-3}$$

# Calibração potássio

$$y = a - b/x$$

y = produção relativa

x = resultado da análise química do solo do nutriente estudado



## Critérios:

*Solos Argilosos*

a) Saturação por potássio:  $K \% CTC = 3 \text{ a } 5$

$$KCl \text{ (kg/ha)} = [ (0,04 \times CTC *_{(0-20)}) - K *_{(0-20)} ] \times 1600$$

$$KCl \text{ (kg/ha)} = [ (0,04 \times CTC *_{(0-20)}) - K *_{(0-20)} ] \times 160$$

*Solos Arenosos*

b) **Nível crítico de K:**

$$KCl \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = (0,2 - K_{0-20\text{cm}}) \times 1600$$

$$KCl \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = (2,0 - K_{0-20\text{cm}}) \times 160$$

(\* ) CTC e K =  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$

(\* ) CTC e K =  $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$

$0,2\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3} \rightarrow 2,0\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3} \rightarrow 80 \text{ mg}.\text{dm}^{-3} \text{ K}$

**Extração de potássio por algumas culturas e forrageiras cultivadas na Região do Cerrado.**

| Culturas/forrageiras <sup>1</sup> | Parte colhida | Extração de K <sub>2</sub> O<br>kg t <sup>-1</sup> |
|-----------------------------------|---------------|--|
| Arroz                             | Grãos         | 3,6  |
| Milho                             | Grãos         | 6  |
| Sorgo                             | Grãos         | 6  |
| Soja                              | Grãos         | 24   |
| Feijão                            | Grãos         | 25   |
| Capim Napier                      | Parte aérea   | 24   |
| Capim Marandu                     | Parte aérea   | 22   |
| Brachiaria decumbens              | Parte aérea   | 16   |

<sup>1</sup> Os dados dos cereais e das forrageiras foram adaptadas de Cantarella et al. (1996) e Werner et al. (1996), respectivamente.

Recomendação de adubação potássica para o plantio de **pastagens** consorciada e solteira em decorrência da análise de solo.

| Teor de K no solo <sup>(1)</sup>     |         | Doses de potássio                      |          |
|--------------------------------------|---------|--|----------|
| CTC - $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ |         | Pastagem                               | Pastagem |
| <4                                   | >4      | consorciada                            | solteira |
| $\text{mg dm}^{-3}$                  |         | $\text{kg ha}^{-1} \text{K}_2\text{O}$ |          |
| < 15                                 | < 25    | 60                                     | 50       |
| 15 a 40                              | 25 a 50 | 40                                     | 30       |
| > 40                                 | > 50    | 30                                     | 0        |

<sup>(1)</sup>  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  de K =  $391 \text{ mg dm}^{-3}$  de K ou  $391 \text{ mg kg}^{-1}$ .

# Adubação Potássica de manutenção

a.  $K \text{ solo} \geq 1,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3} = \frac{0,16 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}}{3} = 64 \text{ mg dm}^{-3}$

b. Quantidades exportadas ( $K_2O$ )

| Culturas       | Quantidade                       |
|----------------|----------------------------------|
| Soja           | 24 kg t <sup>-1</sup> grãos      |
| Milho          | 6 kg t <sup>-1</sup> grãos       |
| Feijão         | 25 kg t <sup>-1</sup> grãos      |
| Algodão        | 20 kg t <sup>-1</sup> em caroço  |
| Cana-de-açúcar | 185 kg. 100t <sup>-1</sup> colmo |
| Trigo          | 10 kg t <sup>-1</sup>            |

## A) Boletim Técnico 100 – IAC (1997)

### Interpretação de Análise de Solo - K Resina

Limites de classes de teores de P solúvel e K<sup>+</sup> trocável

| Teor         | Produção Relativa<br>% | K <sup>+</sup><br>Trocável<br>mmolc dm <sup>-3</sup> |
|--------------|------------------------|--|
| Muito baixo  | 0 – 70                 | 0 – 0,7  |
| Baixo        | 71 – 90                | 0,8 – 1,5  |
| <b>Médio</b> | 91 – <b>100</b>        | 1,6 – <b>3,0</b>                                     |
| Alto         | > 100                  | 3,1 – 6,0  |
| Muito alto   | > 100                  | > 6,0  |

\* Não há diferença prática de valores determinados por Mehlich ou Resina

Fonte: Raij, 1996.

$$1 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3} \text{ K} = 96 \text{ kg/ha de K}_2\text{O}$$

**Adubação corretiva deve ser feita quando  $\text{K} < 1,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$**

# Exigência nutricional da soja

Para produção de 4,5 ton/ha (75 sc/ha)

Tabela. Extração e exportação de nutrientes por cultivar de soja tipo de crescimento indeterminado e equivalente a 75 sc/ha. G: Grãos, T: Restos culturais. N: Nitrogênio, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: Fósforo, K<sub>2</sub>O: Potássio.

| Parte da planta    | N            | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                  | K <sub>2</sub> O   |
|--------------------|--------------|--|--|
| Grãos (exportação) | 65,0 (51,0*) | No solo (0-20):<br>15 mg dm <sup>-3</sup> de P | No solo (0-20):<br>2,0 mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> de K |
| Restos culturais   | 17,0 (32,0)  | 3,4 (5,4)                                      | 16,8 (18,0)  |
| Total (extração)   | 82,0 (83,0)  | 16,7 (15,4)                                    | 40,8 (38,0)  |

(\*) Dados entre parêntesis constituem os valores de referência anteriores para a cultura no Brasil (EMBRAPA, 2013).

Fonte: Adaptada de Oliveira Júnior et al. (2014).

Lembrando: **Planta de soja: 89% CHO, 6% N, 5% demais minerais**

# Exigência nutricional do milho

Para produção de 12,6 ton/ha (210 sc/ha)

| Parte da planta  | N           | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                  | K <sub>2</sub> O   | Ca         | Mg         | S  |
|------------------|-------------|--|--|------------|------------|--|
|                  |             |  |  |            |            |  |
|                  |             |  |  |            |            |  |
| <b>Grãos</b>     | <b>14,</b>  | No solo (0-20):<br>25 mg dm <sup>-3</sup> de P | No solo (0-20):<br>3,0 mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> de K |            | <b>1,2</b> | No solo (0-20):<br>15 mg dm <sup>-3</sup> de S |
| Restos culturais | 9,0         | 1,8  | 19,3   | 4,0        | 3,6        | 1,3  |
| Total            | <b>23,4</b> | <b>9,6</b>                                     | <b>24,5</b>  | <b>4,2</b> | <b>4,8</b> | <b>2,5</b>                                     |

| Parte da planta  | B                       | Cu          | Fe           | Mn          | Mo         | Zn          |
|------------------|-------------------------|-------------|--------------|-------------|------------|-------------|
|                  | g t <sup>-1</sup> grãos |             |              |             |            |             |
| <b>Grãos</b>     | <b>4,1</b>              | <b>1,9</b>  | <b>11,7</b>  | <b>6,3</b>  | <b>0,7</b> | <b>23,0</b> |
| Restos culturais | 15,1                    | 11,1        | 225,0        | 39,0        | 0,3        | 23,7        |
| Total            | <b>19,2</b>             | <b>13,0</b> | <b>236,7</b> | <b>45,3</b> | <b>1,0</b> | <b>46,7</b> |

Fonte: Adaptado de vários autores (Gamboa, 1980; Hiroce et al., 1989; Bull, 1993; Arnon, 1975; Andrade, 1975; Barber e Olson, 1969; Coelho e França, 1995)

# Conclusão

- ✓ **Em solos tropicais (Argila 1:1 tipo caulinita) e óxidos de Fe e Al, a carga negativa permanente é zero porém, com carga negativa pH dependente, originária da dissociação de  $H^+$  das superfícies das argilas**
- ✓ **O K não apresenta fixação, diferentemente dos solos de climas tropicais sendo o K quantificado na análise do solo, o K disponível (K trocável + K solução)**
- ✓ **O  $K^+$  é altamente móvel no solo (K trocável), com caminhamento por fluxo de massa e associada a fonte cloreto causa altas perdas por lixiviação e fitotoxidez quando aplicado de forma localizada no plantio, no momento em que o sistema radicular da planta é incipiente, ocasionado também deficiência deste nutriente em épocas de maior extração (florescimento e enchimento de grãos)**

✓ O K deve ser aplicado preferencialmente à lanço (área total), resultando em:

**a) Manutenção ou ganhos de produtividade (menor efeito salino e lixiviação);**

**b) Aplicação de KCl de forma isolada leva a melhor qualidade de aplicação uma vez que na mistura de grânulos NPK esta fonte é lançada à maiores distâncias (maior segregação);**

- c) **Maior rendimento operacional no plantio:**  
principal motivo para adoção da prática de adubação a lanço pelos agricultores;
- d) **Quanto às doses deste nutriente é fundamental levar em consideração os seguintes fatores :**
  - d1) teor absoluto deste no solo;
  - d2) porcentagem do mesmo na CTC
  - d3) poder tampão do solo (M.O. e argila)
  - d4) reação do solo e equilíbrio de bases (Ca:Mg:K)
  - d5) natureza da planta (mono ou dicotiledôneas)
- e) **Modalidade de adubação: Corretiva e Manutenção**

# Por que o fertilizante mineral tem baixa eficiência?



Fertilizante Mineral  
(Perdas)

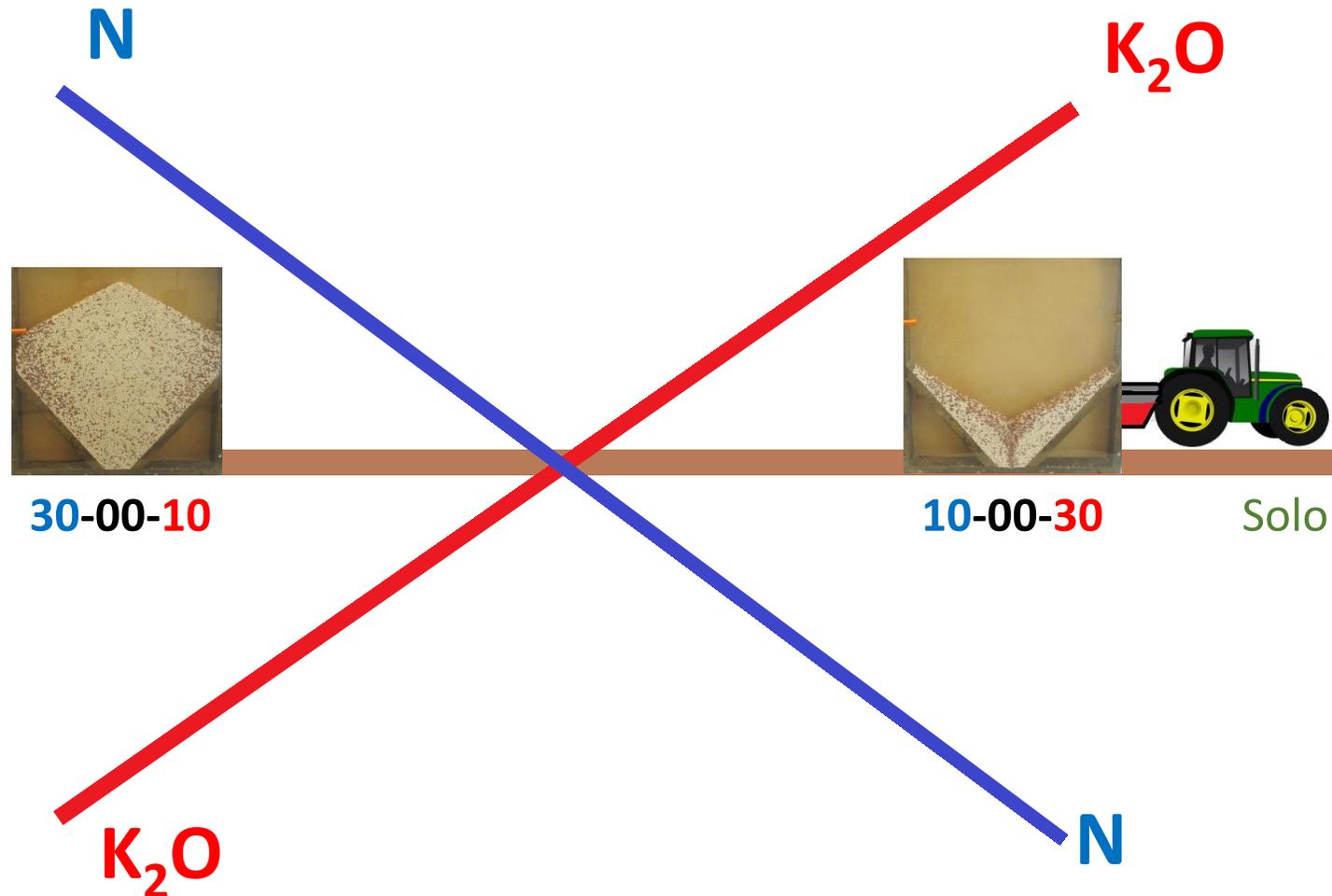
Volatilização: N amoniacal

Lixiviação: N nítrico e K

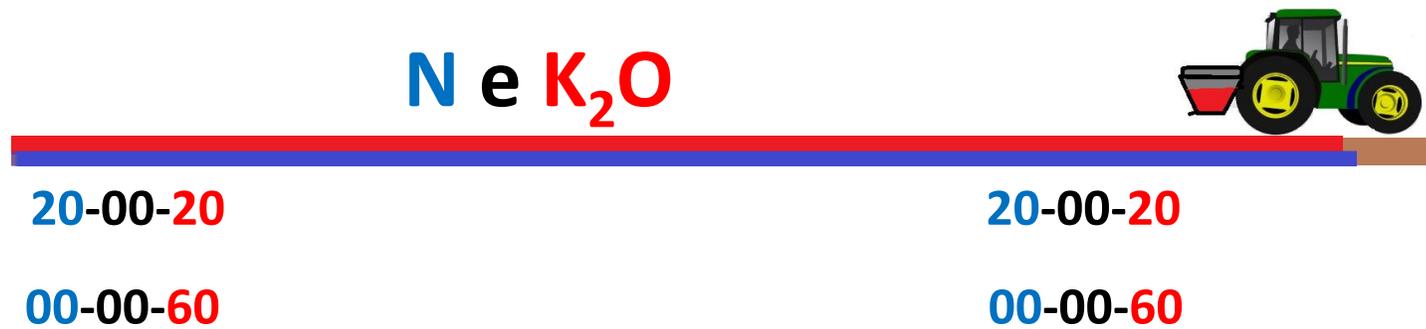
Fixação: P

Segregação dos grânulos

Simulação da aplicação de formulado **20-00-20**



## Simulação da aplicação



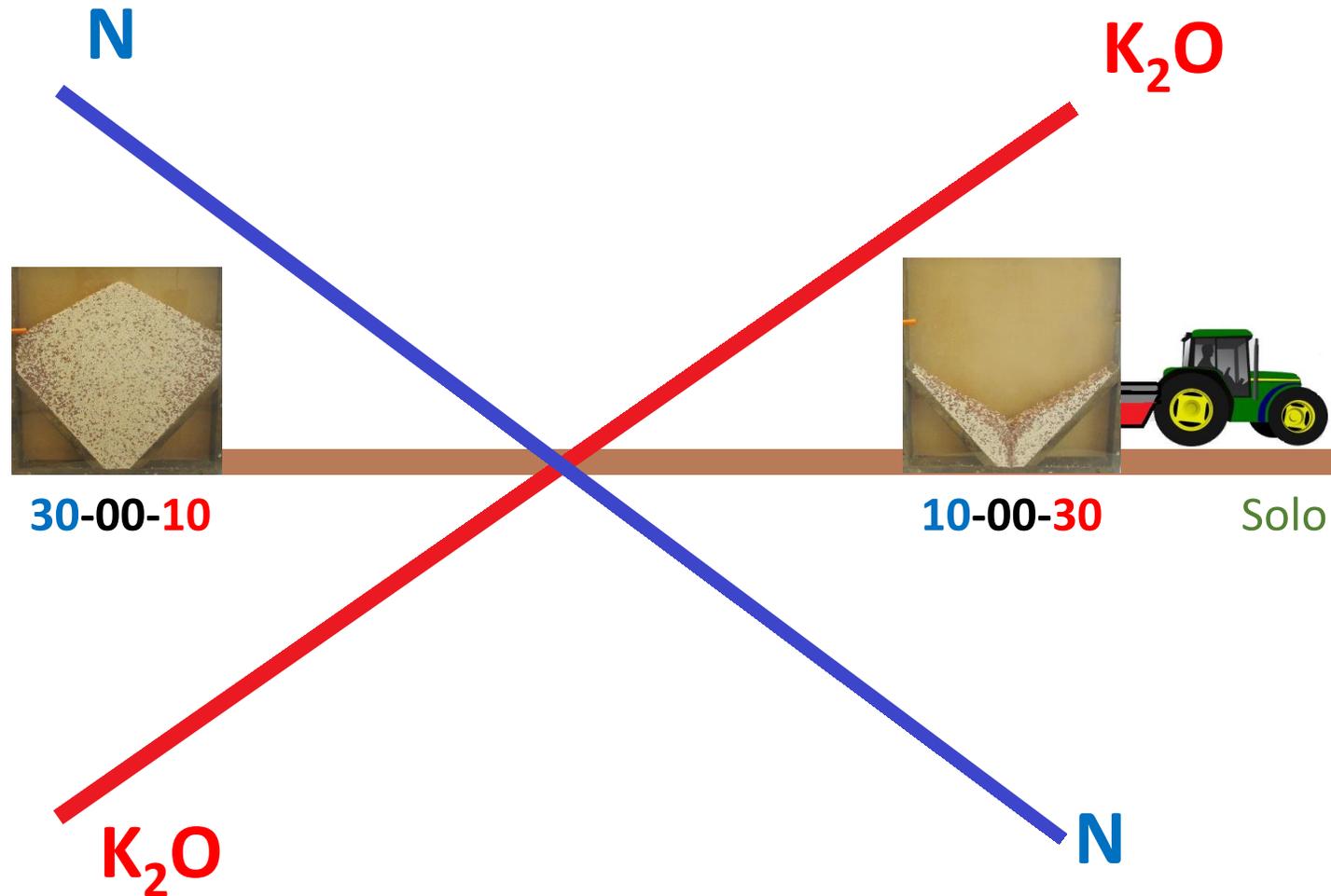
# SEGREGAÇÃO



# SEGREGAÇÃO



# SEGREGAÇÃO



# SEGREGAÇÃO

N e K<sub>2</sub>O



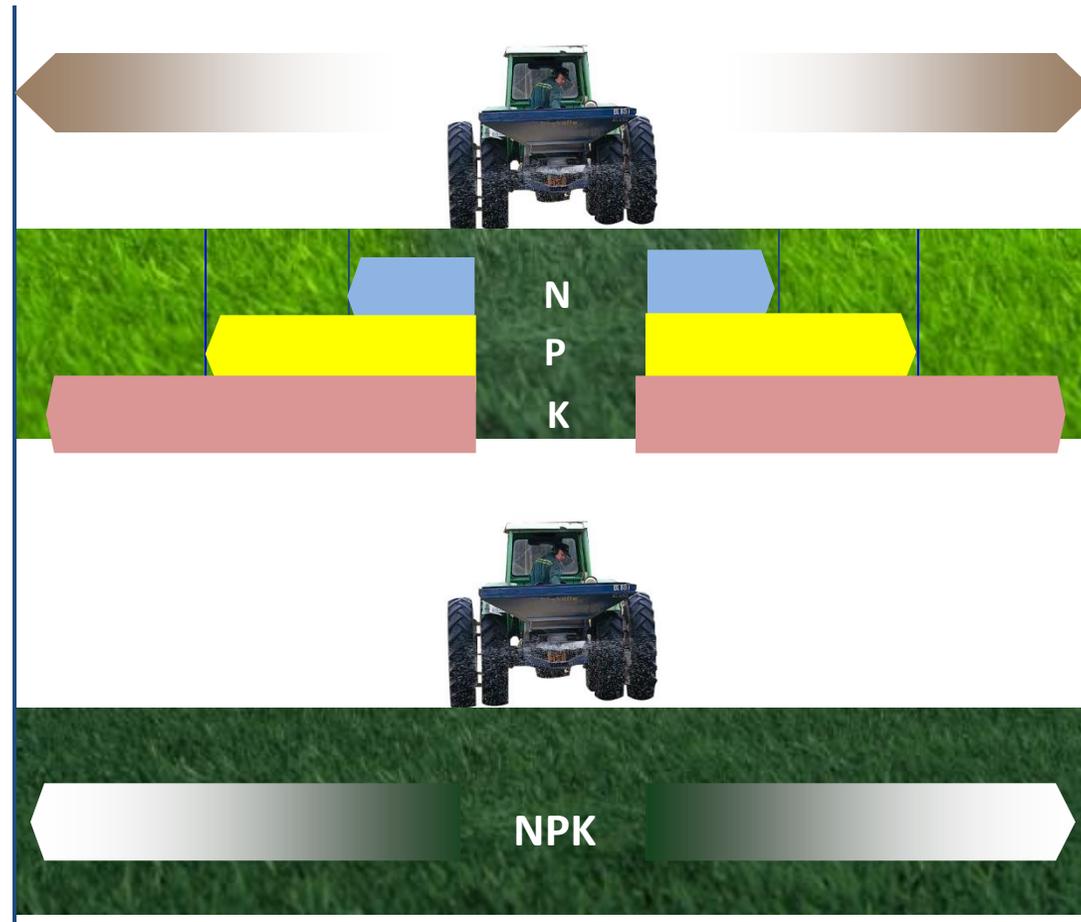
20-00-20

20-00-20

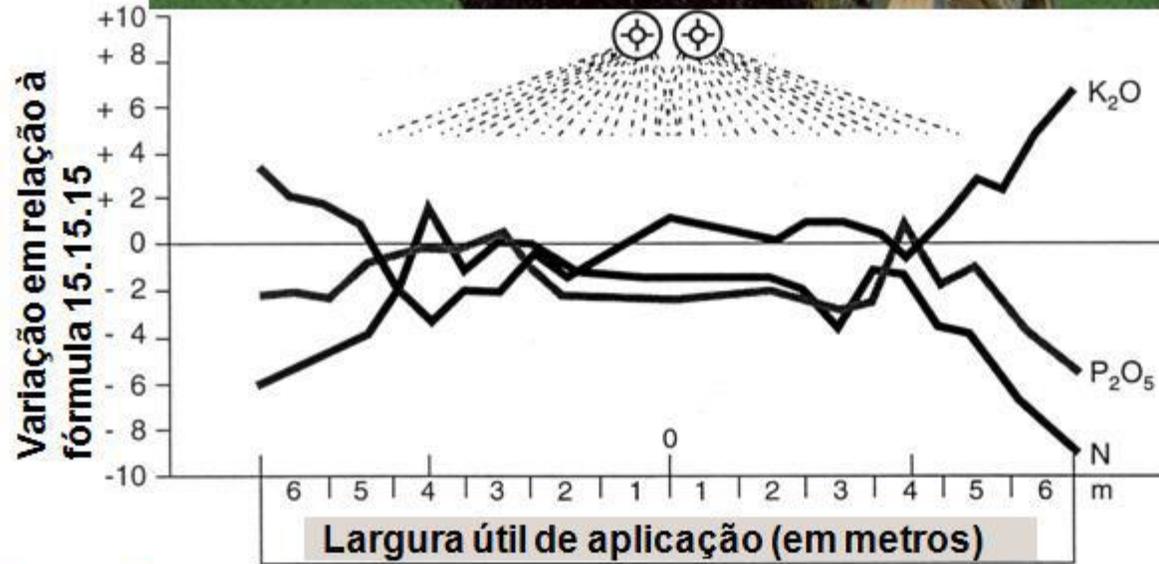
00-00-60

00-00-60

# SEGREGAÇÃO



# SEGREGAÇÃO

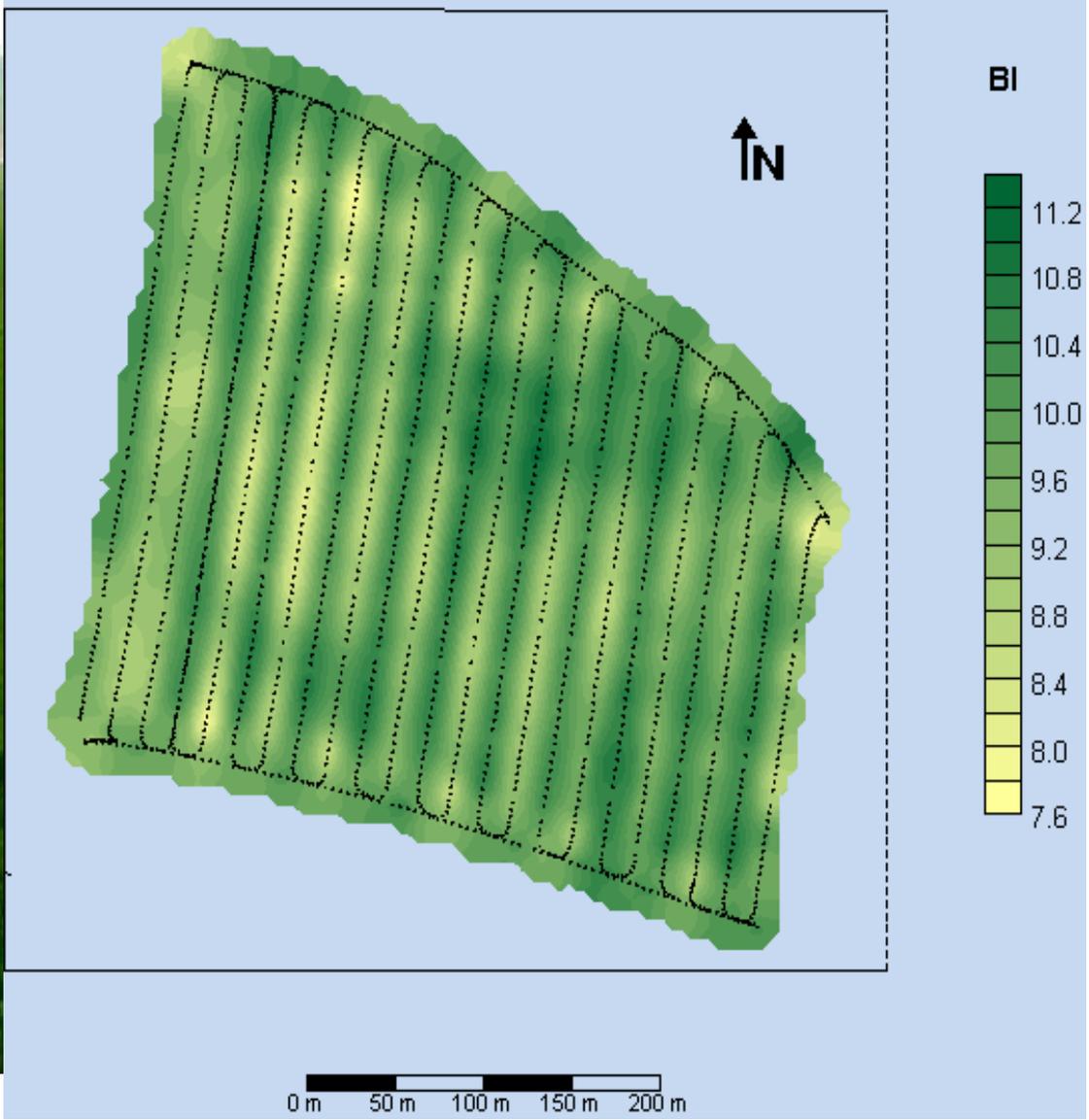


FÓRMULAS RESULTANTES



9.13.18 17.15.12 16.13.16 14.16.15 6.10.22

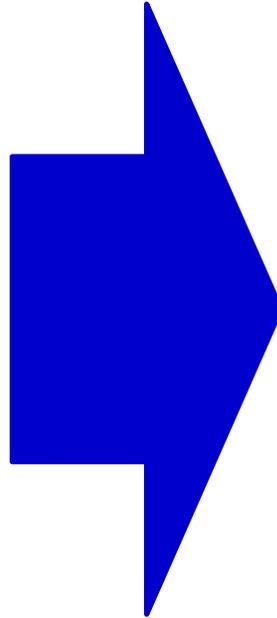
Fonte: Levington Agriculture, UK (1999)



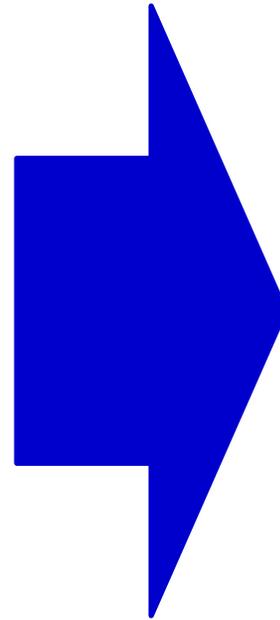
# O QUE É FERTILIZANTE? O QUE É CARGA?



# Agricultura de precisão



# Agricultura de precisão



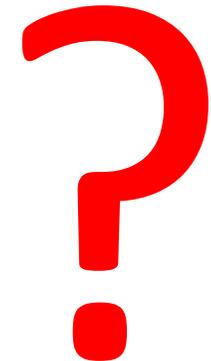
## **Melhor manejo de K inclui:**

- a) Recomendações ajustadas por análise de solo e uso de agricultura de precisão;**
- b) Aplicações localizadas e mais profundas em áreas mais secas, com alto teor de argila e com altos teores de Ca (Ex: Serra da Bodoquena);**
- c) Incremento de resíduos culturais nos solos**
- d) Não utilizar Potássio em sulcos de plantio ou “covas” de culturas perenes**



| Composição (Total) |    |
|--------------------|----|
| -----%-----        |    |
| K <sub>2</sub> O   | 10 |
| Si                 | 25 |
| Mg                 | 3  |

- Contém mais de 60 elementos
- Diminui fixação do Fósforo no solo sem alteração do pH
- Diminui perdas de Nitrogênio por volatilização e lixiviação
- 1 tonelada do produto retém 1075 L de água (Glauconita)
- Reduz lixiviação de potássio com efeito residual
- Enquanto KCl é químico, K Forte é o que?



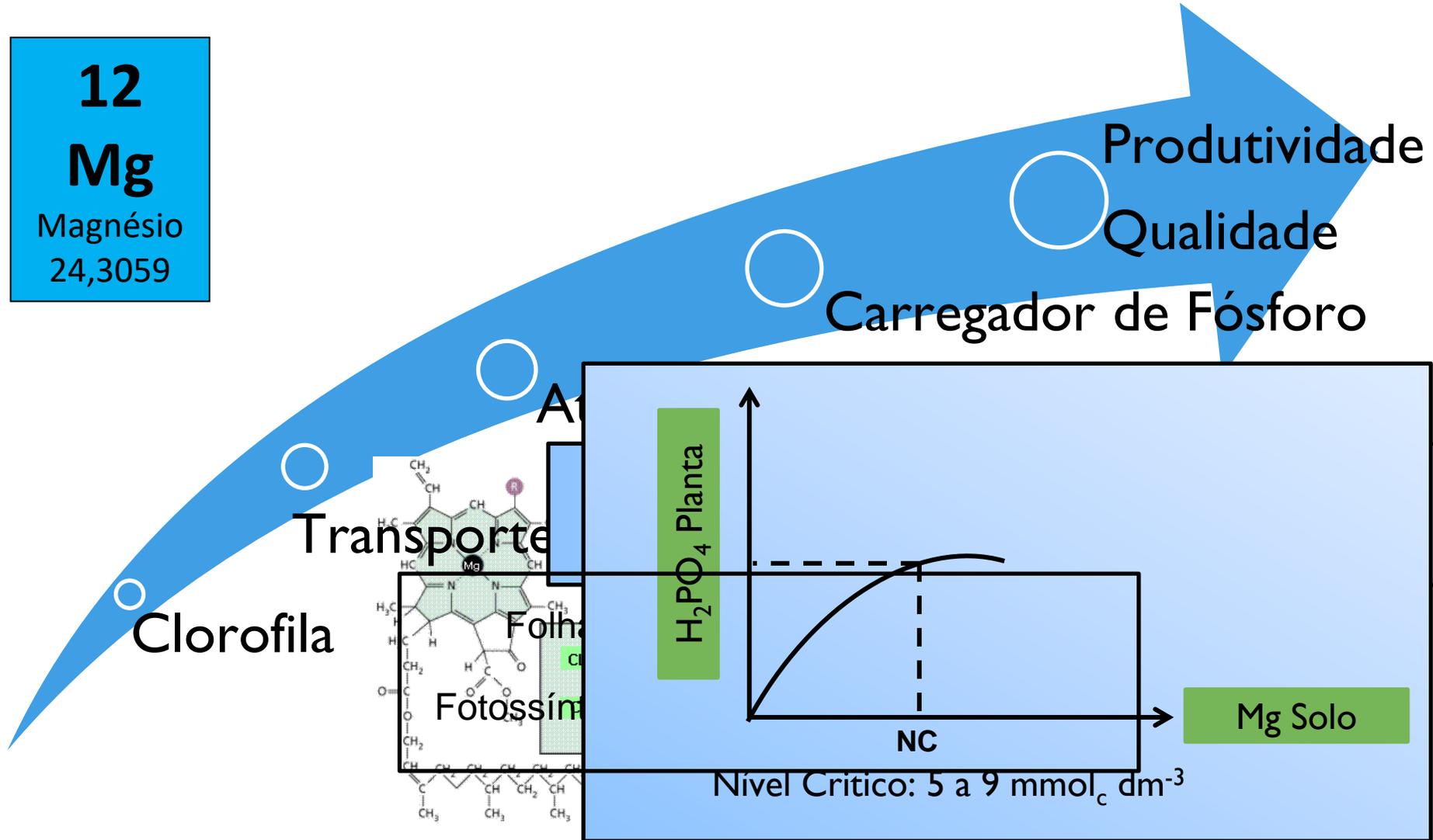
# “FERTILIZANTES MAGNESIANOS”

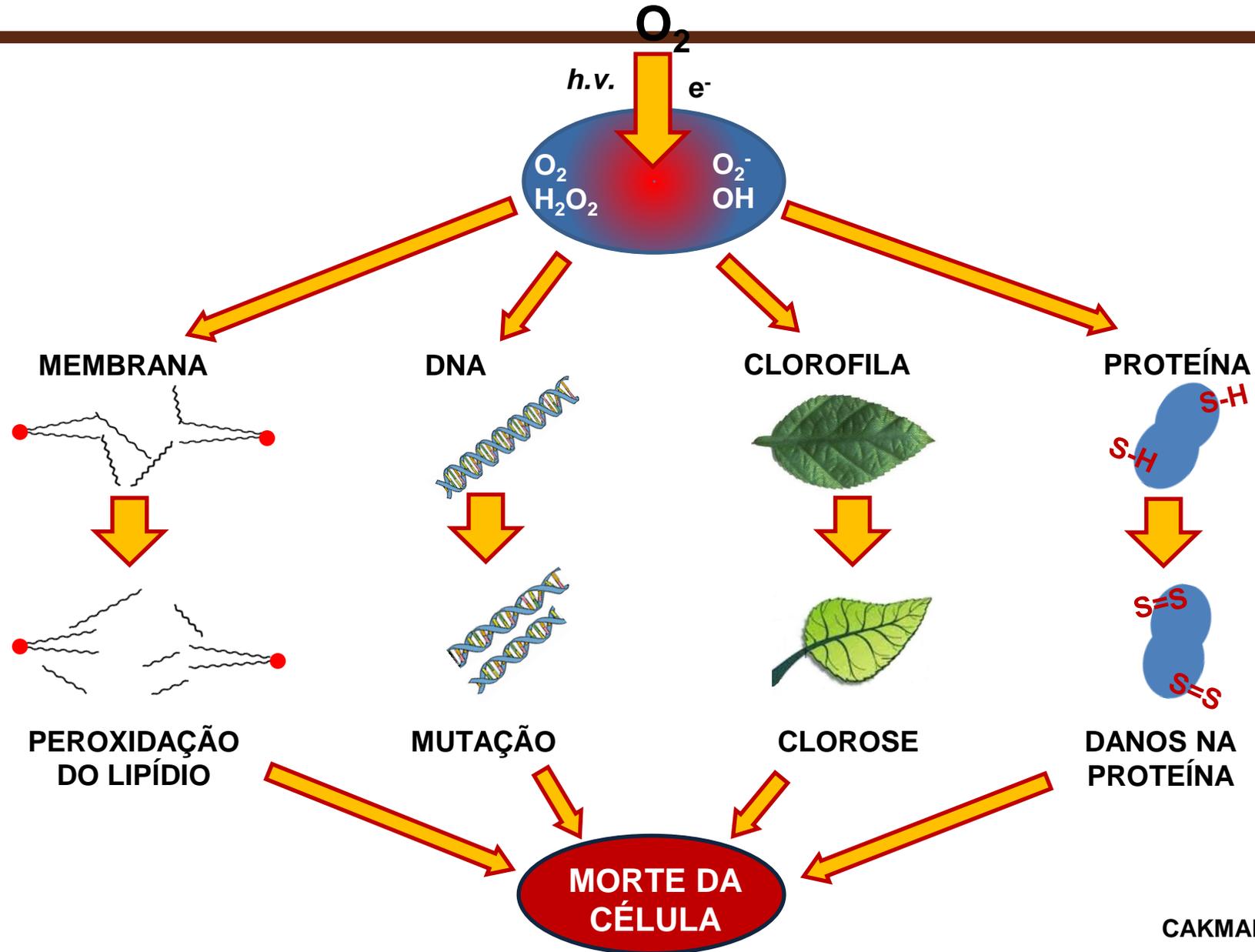


**Dolomita**

# Função do Mg

**12**  
**Mg**  
Magnésio  
24,3059





# Mg na planta



# Introdução - Classificação do Mg na Tabela Periódica

**TABELA PERIÓDICA** ( ) = ESTIMATIVA

|                           |                      |                        |                      |                       |                      |                      |                      |                       |                      |                         |                      |                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                     |                       |                    |                      |                    |                     |                    |                       |                     |                       |                     |                       |                    |                     |
|---------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|
| 1                         | 2                    | 3                      | 4                    | 5                     | 6                    | 7                    | 8                    | 9                     | 10                   | 11                      | 12                   | 13                   | 14                    | 15                    | 16                    | 17                    | 18                    |                       |                       |                       |                     |                       |                    |                      |                    |                     |                    |                       |                     |                       |                     |                       |                    |                     |
| 1<br>H<br>1.00794         |                      |                        |                      |                       |                      |                      |                      |                       |                      |                         |                      |                      |                       |                       |                       |                       | 2                     |                       |                       |                       |                     |                       |                    |                      |                    |                     |                    |                       |                     |                       |                     |                       |                    |                     |
| 3<br>Li<br>6.941          |                      |                        |                      |                       |                      |                      |                      |                       |                      |                         |                      |                      |                       |                       |                       |                       | 4                     |                       |                       |                       |                     |                       |                    |                      |                    |                     |                    |                       |                     |                       |                     |                       |                    |                     |
| FAMÍLIA                   |                      |                        |                      |                       |                      |                      |                      |                       |                      |                         |                      |                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                     |                       |                    |                      |                    |                     |                    |                       |                     |                       |                     |                       |                    |                     |
| 1 Metal Alcalino          |                      |                        |                      |                       |                      |                      |                      |                       |                      |                         |                      | 17 Halogênios        |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                     |                       |                    |                      |                    |                     |                    |                       |                     |                       |                     |                       |                    |                     |
| 2 Metal Alcalino Terroso  |                      |                        |                      |                       |                      |                      |                      |                       |                      |                         |                      | 18 Gases Nobres      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                     |                       |                    |                      |                    |                     |                    |                       |                     |                       |                     |                       |                    |                     |
| 3 a 10 Metal de Transição |                      |                        |                      |                       |                      |                      |                      |                       |                      |                         |                      |                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                     |                       |                    |                      |                    |                     |                    |                       |                     |                       |                     |                       |                    |                     |
| 11<br>Na<br>22.98976928   | 12<br>Mg<br>24.3050  | 13<br>Al<br>26.9815386 | 14<br>Si<br>28.0855  | 15<br>P<br>30.973761  | 16<br>S<br>32.065    | 17<br>Cl<br>35.453   | 18<br>Ar<br>39.948   | 19<br>K<br>39.0983    | 20<br>Ca<br>40.078   | 21<br>Sc<br>(44.955912) | 22<br>Ti<br>47.867   | 23<br>V<br>50.9415   | 24<br>Cr<br>51.9961   | 25<br>Mn<br>54.938045 | 26<br>Fe<br>55.845    | 27<br>Co<br>58.933200 | 28<br>Ni<br>58.6934   | 29<br>Cu<br>63.546    | 30<br>Zn<br>65.409    | 31<br>Ga<br>69.723    | 32<br>Ge<br>72.64   | 33<br>As<br>74.92160  | 34<br>Se<br>78.96  | 35<br>Br<br>79.904   | 36<br>Kr<br>83.798 |                     |                    |                       |                     |                       |                     |                       |                    |                     |
| 37<br>Rb<br>85.4678       | 38<br>Sr<br>87.62    | 39<br>Y<br>88.90585    | 40<br>Zr<br>91.224   | 41<br>Nb<br>92.90638  | 42<br>Mo<br>95.94    | 43<br>Tc<br>97.9072  | 44<br>Ru<br>101.07   | 45<br>Rh<br>102.90550 | 46<br>Pd<br>106.42   | 47<br>Ag<br>107.8682    | 48<br>Cd<br>112.411  | 49<br>In<br>114.818  | 50<br>Sn<br>118.710   | 51<br>Sb<br>121.760   | 52<br>Te<br>127.60    | 53<br>I<br>126.90447  | 54<br>Xe<br>131.293   | 55<br>Cs<br>132.90545 | 56<br>Ba<br>137.327   | 57<br>La<br>138.90547 | 58<br>Ce<br>140.116 | 59<br>Pr<br>140.90765 | 60<br>Nd<br>144.24 | 61<br>Pm<br>144.9127 | 62<br>Sm<br>150.36 | 63<br>Eu<br>151.964 | 64<br>Gd<br>157.25 | 65<br>Tb<br>158.92534 | 66<br>Dy<br>162.500 | 67<br>Ho<br>164.93032 | 68<br>Er<br>167.259 | 69<br>Tm<br>168.93421 | 70<br>Yb<br>173.04 | 71<br>Lu<br>174.967 |
| 87<br>Fr<br>223.847       | 88<br>Ra<br>226.0254 | 89<br>Ac<br>227.0277   | 90<br>Th<br>232.0377 | 91<br>Pa<br>231.03688 | 92<br>U<br>238.02891 | 93<br>Np<br>237.0482 | 94<br>Pu<br>244.0642 | 95<br>Am<br>243.0614  | 96<br>Cm<br>247.0704 | 97<br>Bk<br>247.0703    | 98<br>Cf<br>251.0796 | 99<br>Es<br>252.0830 | 100<br>Fm<br>257.0951 | 101<br>Md<br>258.0984 | 102<br>No<br>259.1010 | 103<br>Lr<br>262.1097 | 104<br>Rf<br>261.1088 | 105<br>Db<br>262.1141 | 106<br>Sg<br>266.1219 | 107<br>Bh<br>264.12   | 108<br>Hs<br>(277)  | 109<br>Mt<br>268.1388 | 110<br>Ds<br>(271) | 111<br>Rg<br>(272)   |                    |                     |                    |                       |                     |                       |                     |                       |                    |                     |

**12**  
**Mg**  
Magnésio  
24,3059

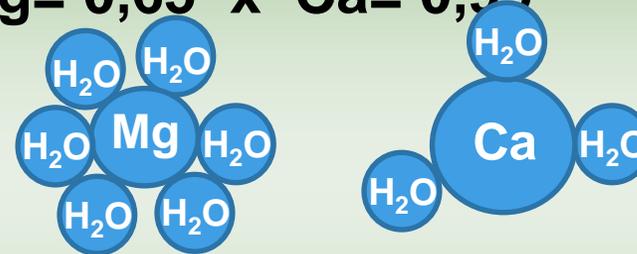
➔ Número atômico

➔ Peso atômico

# Características Químicas do Mg

**12**  
**Mg**  
Magnésio  
24,3059

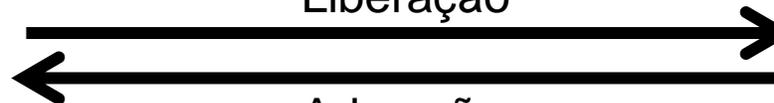
- Alcalino terroso
- Carga iônica bivalente ( $Mg^{2+}$  e  $Ca^{2+}$ )
- Raio iônico (A) -  $Mg = 0,65$  x  $Ca = 0,99$



- Energia de hidratação ( $J mol^{-1}$ ):  
Mg = 1908  
Ca = 1577



Liberação



Adsorção

Mais de 60 minerais contendo magnésio



**Grupos:**

Silicatos

Carbonatos

Óxidos

Hidróxidos

Sulfatos

Cloretos



**Serpentina**  
 $(\text{Mg, Fe})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$



**Talco**  
 $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$



**Hidromagnesita**  
 $4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$



**Periclásio**  
 $\text{MgO}$



**Brucita**  
 $\text{Mg}(\text{OH})_2$



**Dolomita**  
 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$



**Magnesita**  
 $\text{MgCO}_3$



**Nesquehonita**  
 $\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$



**Lansfordita**  
 $\text{MgCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$



**Kieserita**  
 $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$



**Epsomita**  
 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$



**Carnalita**  
 $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

# Formação e Extração do Mg

Formação de magnesita ( $\text{MgCO}_3$ ), brucita ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ), e dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )

Pode ocorrer de duas formas

## 1-Formação de magnesita

ambientes de água doce e lacustres

magnésio derivados de magma

## 2-Formação de magnesita

intemperismo de rocha ultrabásica

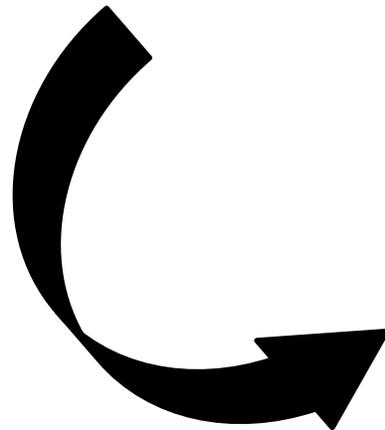
ou serpentinitos  
( $\text{Mg, Fe}$ )<sub>3</sub> $\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$

## Reação de formação da magnesita

Precipitação do Mg como hidróxido  $[Mg(OH)_2]$

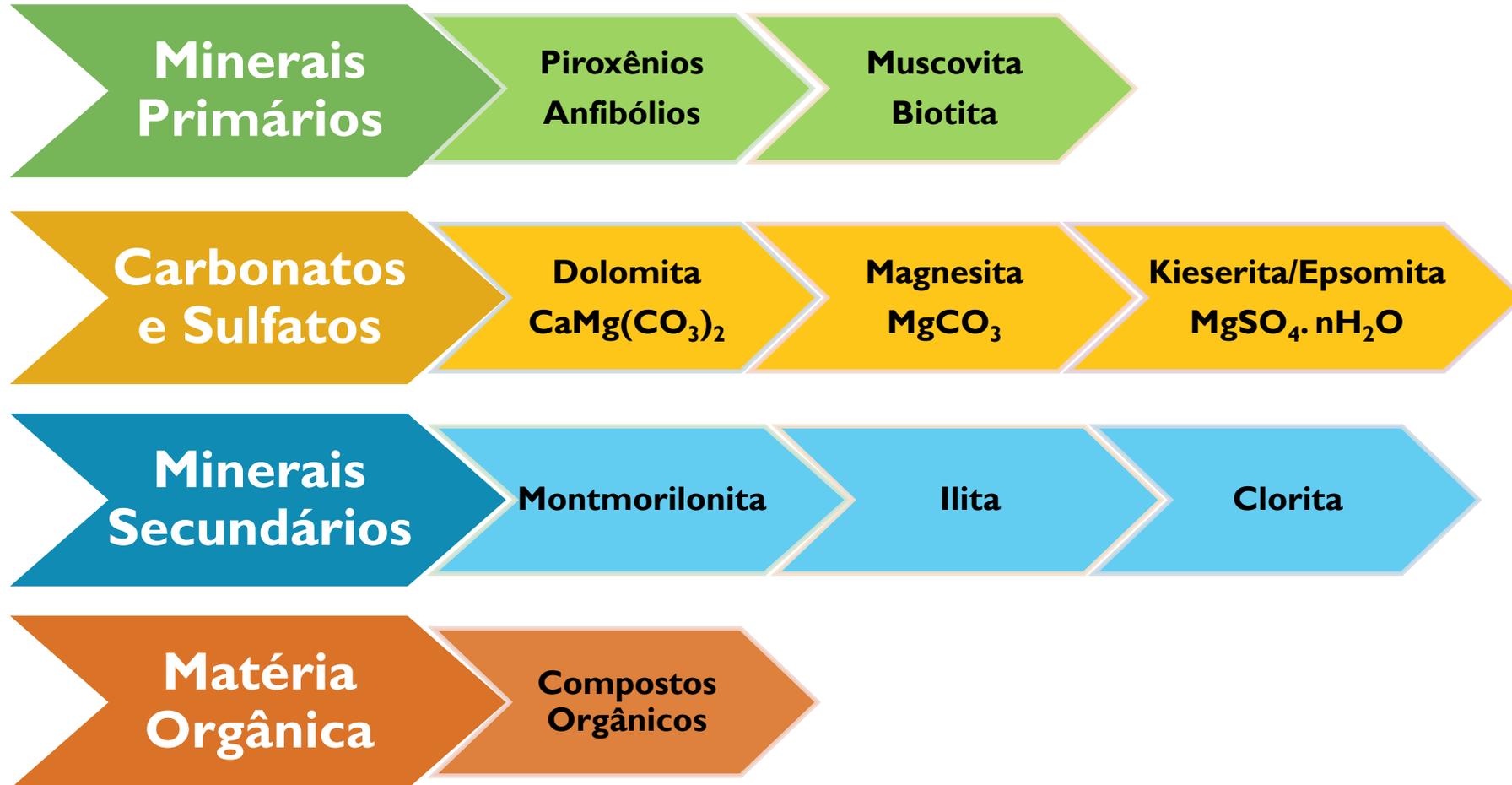
Alteração por reação com íons carbonato formou  $MgCO_3 \cdot xH_2O$

Desidratação formando  $MgCO_3$



Ocorre de forma semelhante para brucita  $Mg(OH)_2$  e dolomita  $CaMg(CO_3)_2$

# Formas de Mg que aparecem no solo



# Extração e processamento da dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$



- Calcário Agrícola
- Cal virgem
- Cal hidratada
- Calcário calcinado



# Reservas de Dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) Brasileira

| Estado                     | Reserva (mil toneladas) |
|----------------------------|-------------------------|
| <b>Mato Grosso*</b>        | <b>1.023.587</b>        |
| <b>Mato Grosso do Sul*</b> | <b>913.666</b>          |
| <b>Minas Gerais*</b>       | <b>216.583</b>          |
| <b>Paraná</b>              | <b>129.864</b>          |
| <b>Goiás*</b>              | <b>87.097</b>           |
| <b>Rio de Janeiro</b>      | <b>27.011</b>           |
| <b>Paraíba</b>             | <b>16.665</b>           |
| <b>Bahia*</b>              | <b>7.831</b>            |
| <b>Outros Estados</b>      | <b>13.843</b>           |
| <b>Total</b>               | <b>2.436.147</b>        |

Fonte: Departamento Nacional de Produção Mineral: Anuário Mineral Brasileiro, 2010.

**\*As reservas estão localizadas nas regiões de produção, no cerrado.**

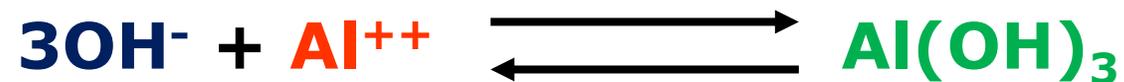
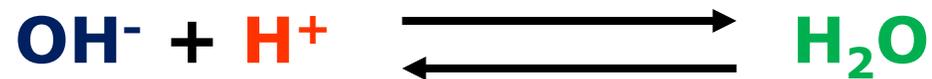
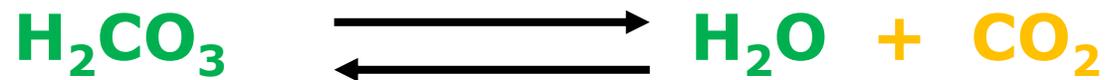
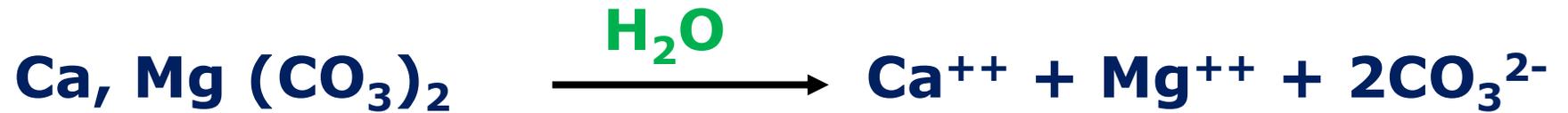
| Material corretivo de Acidez   | PN (Eq $\text{CaCO}_3$ )<br>mínimo | Soma<br><b>CaO+MgO</b><br>mínimo | PRNT<br>mínimo |
|--|------------------------------------|----------------------------------|----------------|
| <b>Calcário agrícola</b>   | <b>67</b>                          | <b>38</b>                        | <b>45</b>      |
| <b>Calcário calcinado agrícola</b>                                   | <b>80</b>                          | <b>43</b>                        | <b>54</b>      |
| <b>Cal hidratada agrícola</b>  | <b>94</b>                          | <b>50</b>                        | <b>90</b>      |
| <b>Cal virgem agrícola</b>   | <b>125</b>                         | <b>68</b>                        | <b>120</b>     |
| <b>Parâmetros de referência para<br/>outros corretivos de acidez</b> | <b>67</b>                          | <b>38</b>                        | <b>45</b>      |

# Capacidade de neutralização de diferentes materiais neutralizantes (Alcarde, 1992).

| Material Neutralizante | Poder de Neutralização ou Equivalente ao $\text{CaCO}_3$ (%) |
|------------------------|--|
| $\text{CaCO}_3$        | 100  |
| $\text{MgCO}_3$        | 119  |
| $\text{CaO}$           | 179  |
| $\text{MgO}$           | 248  |
| $\text{Ca(OH)}_2$      | 135  |
| $\text{Mg(OH)}_2$      | 172  |
| $\text{CaSiO}_3$       | 86   |
| $\text{MgSiO}_3$       | 100  |



- ❖  $\text{CO}_3^{2-} \rightarrow$  Base fraca  $\rightarrow$  reação lenta
- ❖  $\text{H}_2\text{O}^*$
- ❖ Liberação de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$





- ✓ **CaO e MgO → base forte → reação rápida**
  - ✓ **Cal virgem:**
    - ✓ **Ação imediata**
    - ✓ **Elevada higroscopicidade**
    - ✓ **Libera muito calor**
    - ✓ **Quantidades reduzidas**
    - ✓ **Cáustica**
- ✓ **Calcário calcinado: calcinação parcial**



**Cal hidratada ou cal extinta → difícil manuseio**



$\text{SiO}_3^{2-} \rightarrow$  base fraca  $\rightarrow$  reação lenta

# Extração e processamento da magnesita ( $\text{MgCO}_3$ ) para $\text{MgO}$



Rocha dinamitada



Carregamento para  
processamento



Britagem e  
peneiramento

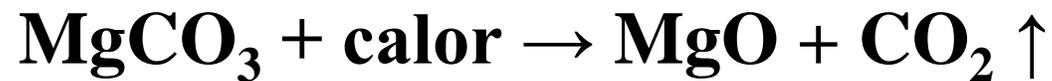
# Extração e processamento da magnesita ( $\text{MgCO}_3$ ) para $\text{MgO}$



Produto acabado

Produto acabado – Industria de refratários

Resíduos  $\text{MgO}$  pó – Agricultura

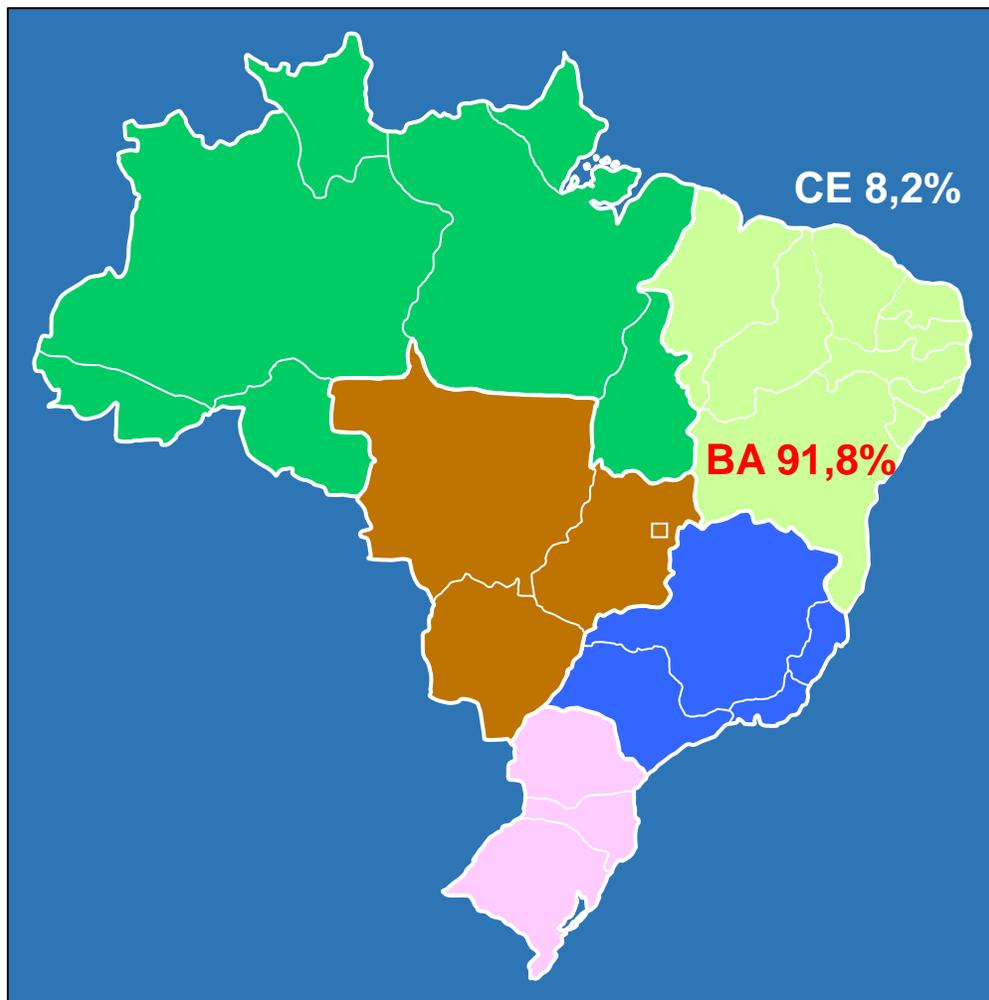


# Produção e Reserva Mundial de Magnesita ( $MgCO_3$ ) (mil toneladas)

| País            | Produção        |            | Reservas            |
|-----------------|-----------------|------------|---------------------|
|                 | 2010            | 2011       |                     |
| Rússia          | 346             | 350        | 650.000             |
| China           | 4.100           | 4.100      | 550.000             |
| Coréia do Norte | 43              | 45         | 450.000             |
| <b>Brasil</b>   | <b>115 (6°)</b> | <b>115</b> | <b>160.000 (4°)</b> |
| Austrália       | 86              | 90         | 95.000              |
| Turquia         | 288             | 300        | 49.000              |
| Eslováquia      | 187             | 190        | 35.000              |
| Grécia          | 86              | 90         | 30.000              |
| Outros países   | 509             | 620        | 481.000             |
| Total           | 5.760           | 5.900      | 2.500.000           |

Fonte: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2012/mcs2012.pdf>

# Produção Brasileira de Magnesita ( $MgCO_3$ )



Minas de magnesita Brumado - BA



Industria de Refratários Magnesita S.A. - Brumado - BA

- O principal produtor do país é a Magnesita Refratários S.A.
- Principais concorrentes no cenário global: belga Vesúvius e a austríaca RHI.

# Kieserita ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ): processo de obtenção

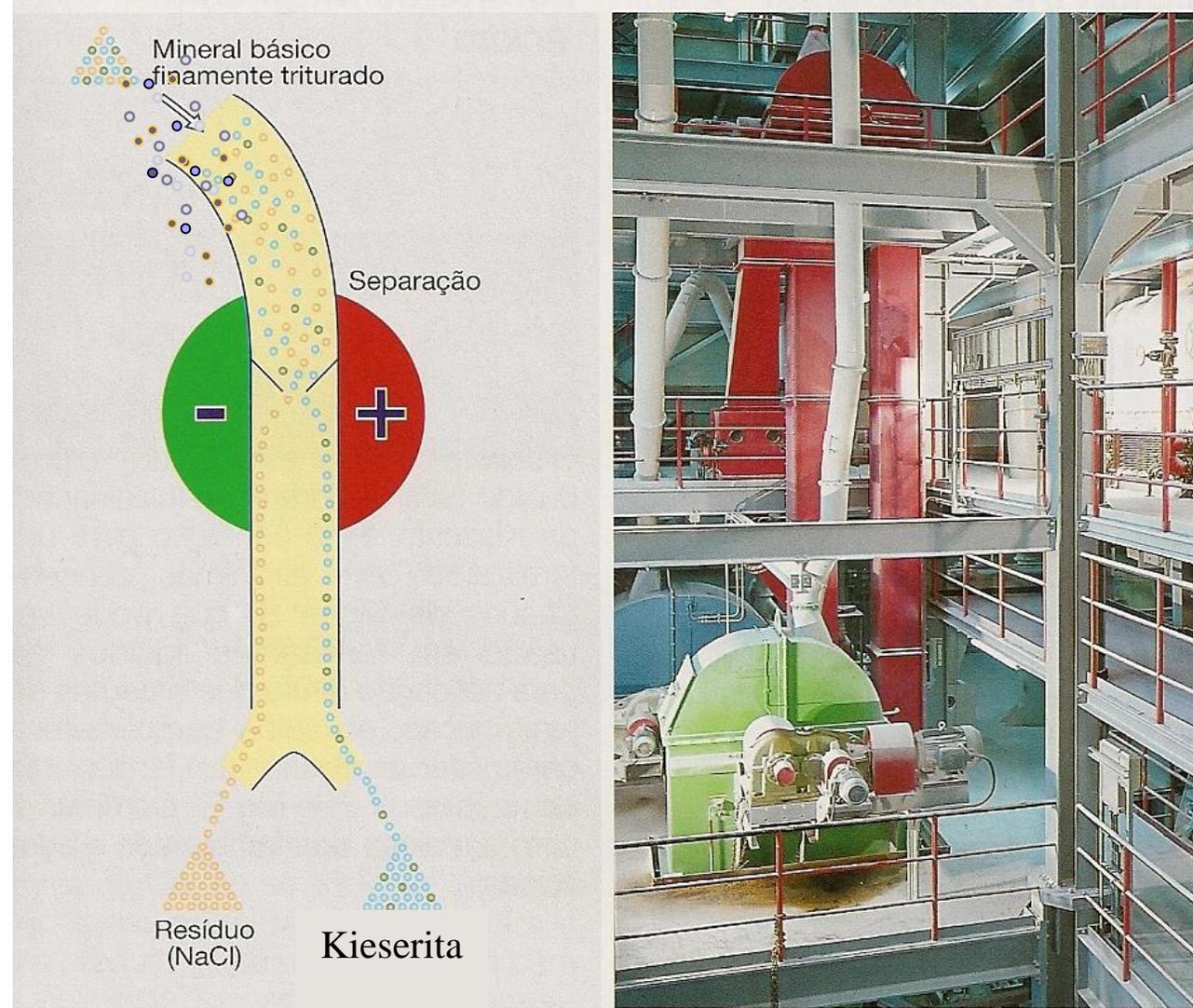
Legislação: 15% Mg e 20% S em água

O mineral  
extraído

Triturado

Separador  
eletrostático

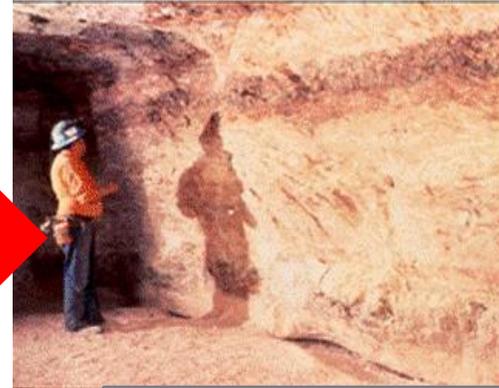
Kieserita  
( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) e  
outros produtos



# Formação das jazidas e extração de langbeinita ( $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$ ) no Estado do Novo México - USA



Jazidas de Langbeinita  
(deposição marinha)  
Única mina comercial



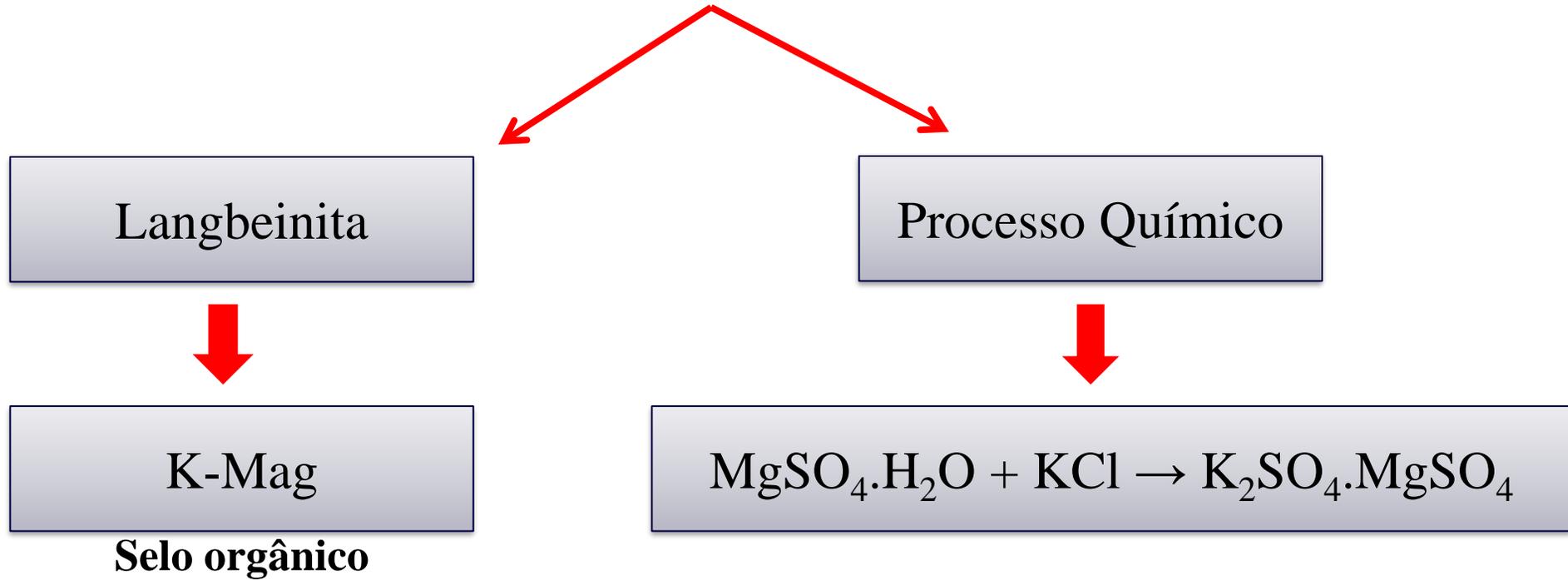
Encontram-se à:  
Profundidade de 300 m  
Túneis de 1000 km de mineral

Langbeinita  
(rocha natural)



Langbeinita  
K-Mag

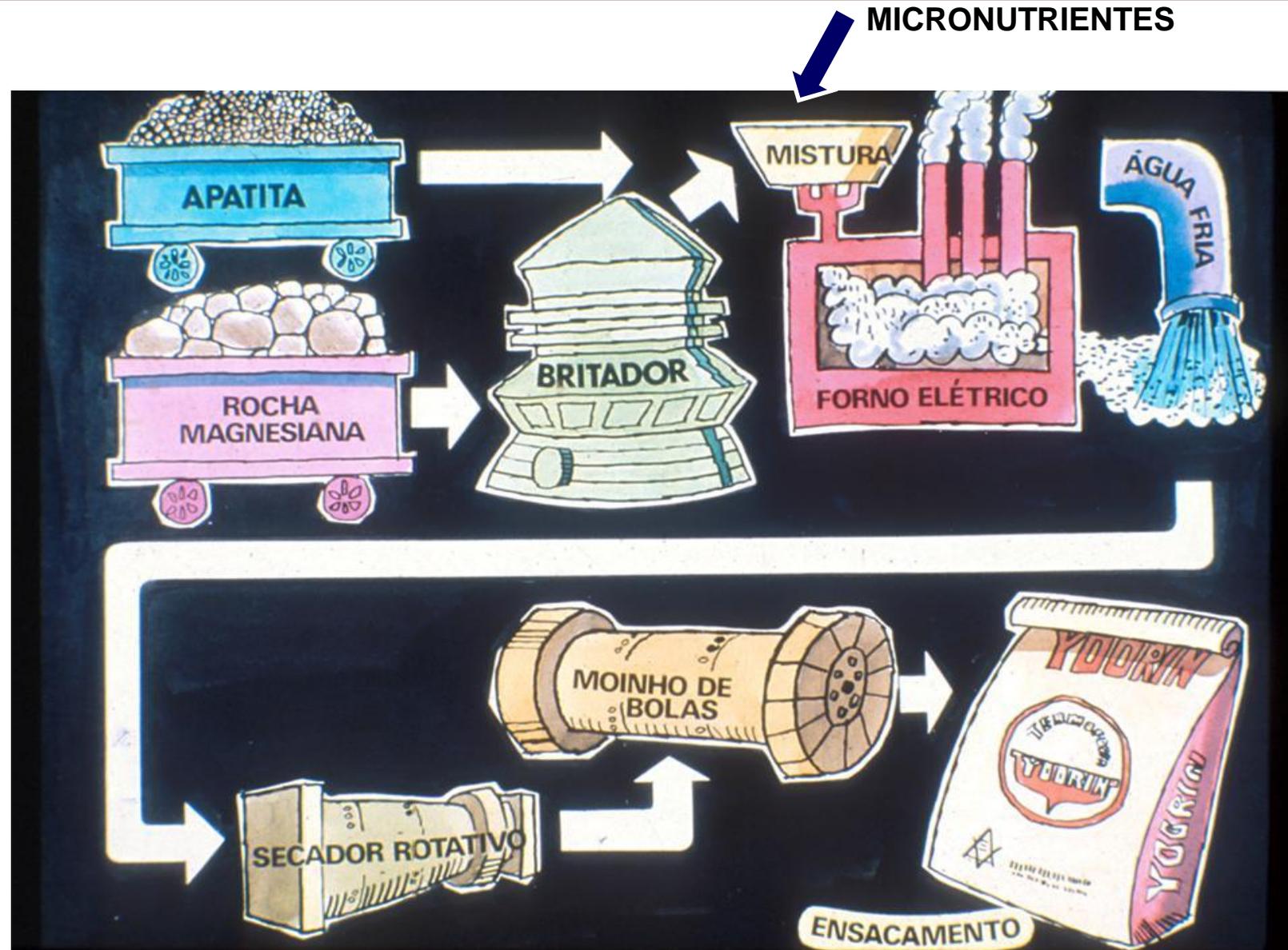
# Sulfato duplo de K e Mg



| Mg                | K <sub>2</sub> O | S  |
|-------------------|------------------|----|
| % solúvel em água |                  |    |
| 10                | 20               | 20 |

**MgO = 16,5%**

# Processo de obtenção do Termofosfato Yoorin



| Fertilizantes                  | Garantias mínimas  | Características   | Obtenção  |
|--------------------------------|--|---|---|
| <b>Termofosfato Magnésiano</b> | 17% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br><b>4% Mg</b><br>16% Ca<br>8% Si | Fósforo determinado como P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total e mínimo de 11% do teor total solúvel em <b>Ácido Cítrico a 2%</b> na relação 1:100. Granulometria: partículas deverão passar 75% na peneira de 0,15mm (ABNT nº 100) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamento térmico da rocha fosfática, concentrado apatítico ou outras fontes de fósforo com adição de compostos magnesianos e silícicos.</li> <li>• Apresenta também característica de corretivos de acidez.</li> </ul> |

**Índice de Basicidade → Kg de Carbonato de Calcio (calcário: PRNT=100%), que exercem a mesma ação neutralizadora de 100 Kg do Fertilizante!**

**I.B. Termofosfato = 50 : Interpretação: 50 Kg Calcário( PRNT 100%) equivale á 100Kg Termofosfato!**

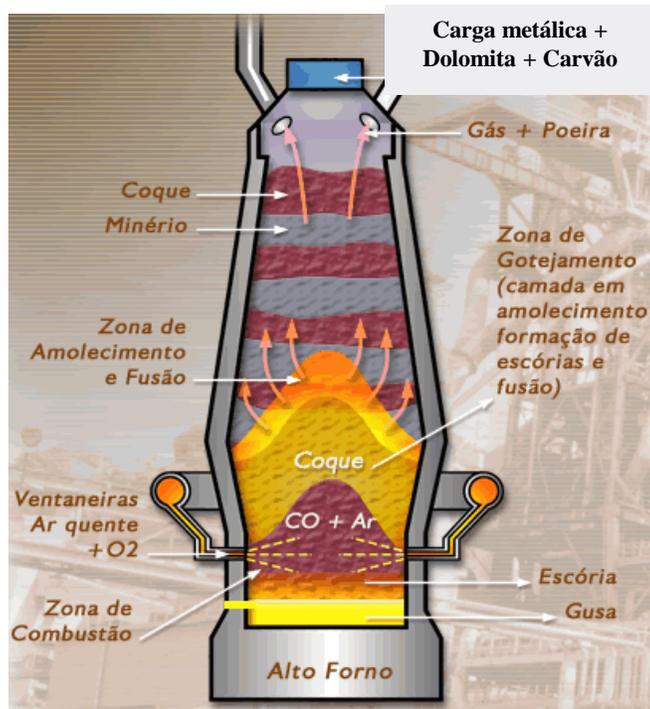
- Resíduo produção de ferro-gusa e aço inox;
- Processamento 1400°C, reação Calcário X SiO<sub>2</sub> presente no minério de Fe:



Legislação: **1% Mg; 7%Ca e 10% Si (teores totais)**

RESFRIADO → SECADO → MOÍDO

4 t de ferro-gusa → 1 t de escória



**Brasil : 6° maior produtor mundial de ferro-gusa = 6,25 milhões de toneladas de escória por ano.**

**Minas Gerais: maior produtor nacional de ferro-gusa e aço = maior produtor de escórias**



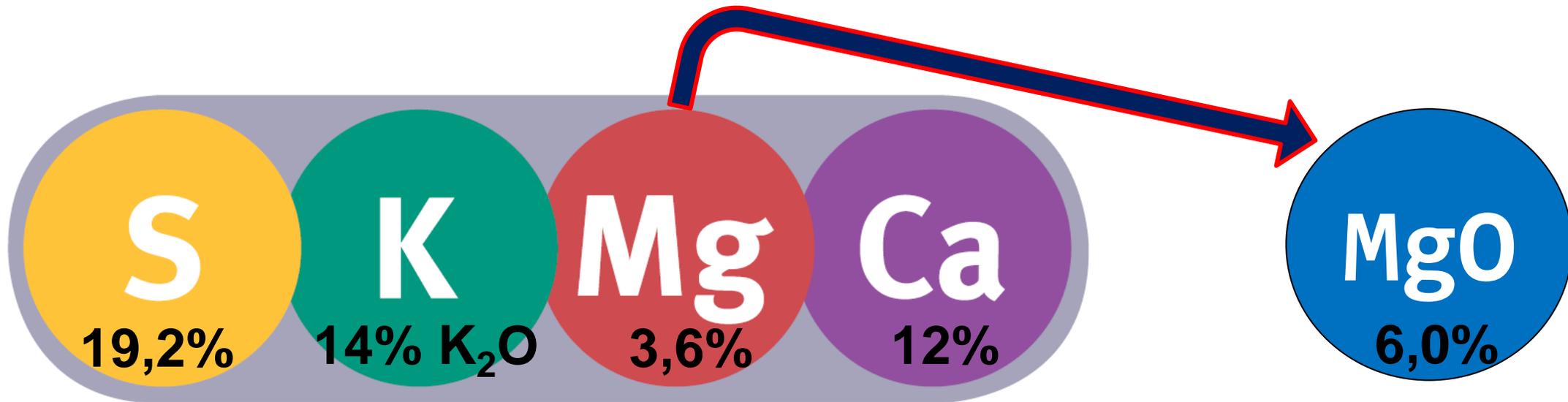
**DEPÓSITO DE ESCÓRIA DE SIDERURGIA**

**Polysulphate** é a marca comercial para o fertilizante extraído da polyhalita, um mineral natural, cuja fórmula química é:



Legislação: **3% Mg**; 11% Ca, 18% S (**teores totais**) e 13% K (**solúvel em água**)

Formação durante evaporação de mares pré históricos



- Quatro macronutrientes = 49% em concentração
- Produto natural, baixa salinidade
- Solubilidade em água, com liberação gradual e disponibilidade total
- Aplicações superficiais ou incorporadas
- À lanço ou localizada
- Ca e Mg com mobilidade no perfil do solo

**Rocha ígnea: >90% Olivina  $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$**

**Dunito CMAG Fertilizantes**

| Mg                | MgO | Si | SiO <sub>2</sub> |
|-------------------|-----|----|------------------|
| % (teores totais) |     |    |                  |
| 24                | 40  | 16 | 34               |
| <b>Legislação</b> |     |    |                  |
| % (teores totais) |     |    |                  |
| 24                | -   | 16 | -                |

## Rochas naturais

**Dolomita:  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$**

- ✓ Calcário agrícola
- ✓ Cal virgem
- ✓ Cal hidratada
- ✓ Calcário Calcinado

**Magnesita:  $\text{MgCO}_3$  (mínimo 25% Mg)**

- ✓ Óxido de magnésio



**Dunito: 90% olivina ( $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ )**

## Rochas processadas

**Termofosfato magnesiano**

**Silicatos ou escórias de alto forno**

# Resumo: Fontes de Mg com características fertilizantes (solúveis) - Aplicação Via solo

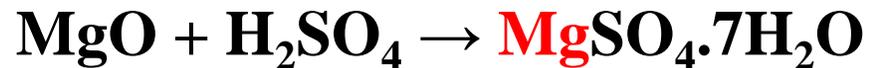
**Kieserita:**  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (15% Mg solúvel em água)

**Langbeinita/K-Mag:**  $\text{K}_2\text{SO}_4 \text{MgSO}_4$  (mínimo 10% Mg solúvel em água)

**Polyhalita:**  $\text{K}_2\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$  (mínimo 3% Mg total)

# Resumo: Fontes de Mg com características fertilizantes (solúveis) - Aplicação via foliar

Epsomita: Sulfato de Mg: **MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O** (mínimo 8% Mg; 11% S solúvel em água)



Nitrato de Mg: **Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>** (mínimo 8% Mg; 10% N solúvel em água)



Cloreto de Mg: **MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O** (mínimo 10% Mg; 26% Cl solúvel em água)



Acetato de Mg: **Mg(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub>** (mínimo 13% Mg; solúvel em água)



Fosfito de Mg: (mínimo 3% Mg; solúvel em água 17,6% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fosforoso)



# Constantes do Produto de solubilidade de algumas fontes de Magnésio

| Composto                                  | Kps                    |
|---|------------------------|
| $\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ | $2,38 \times 10^{-6}$  |
| $\text{MgCO}_3$                           | $6,82 \times 10^{-6}$  |
| $\text{Mg}(\text{OH})_2$                  | $5,61 \times 10^{-12}$ |
| $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2^*$            | $2,00 \times 10^{-17}$ |
| $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$              | $1.04 \times 10^{-24}$ |

Fonte: *Solubility Data Series, International Union of Pure and Applied Chemistry, Pergamon Press, Oxford, 1979–1992.*

\* Adaptado de Stumm and Morgan (1981).

↑ Kps

↓ Solubilidade

| Fontes de Mg    | Fórmula   | Solubilidade em água<br>(g/100 ml H <sub>2</sub> O) |
|-----------------|---|---|
| Hidróxido de Mg | Mg(OH) <sub>2</sub>                                 | 0,0009  |
| Óxido de Mg     | MgO   | 0,0006  |
| Carbonato de Mg | MgCO <sub>3</sub>                                   | 0,0106  |
| Cloreto de Mg   | MgCl <sub>2</sub>                                   | 54,2500   |
| Sulfato de Mg   | MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O                | 71,0000   |
| K-Mag           | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> – 2MgSO <sub>4</sub> | 28,0000   |
| Fosfito         | MgHPO <sub>3</sub>                                  | 50,0000 (100%)                                      |

Adaptado de Cakmak, I. Fonte: [http://en.wikipedia.org/wiki/Solubility\\_table\\_Kmag.com](http://en.wikipedia.org/wiki/Solubility_table_Kmag.com)

# Fontes de Mg Utilizadas na Agricultura

|   |                   | Processo de Obtenção |                     |   | Fonte de Mg                          | % Mg   |
|---|-------------------|----------------------|---------------------|---|--------------------------------------|--------|
| 1 | Magnesita         | +                    | Calcinação          | = | Óxido de Magnésio<br>(Q-Mag)         | 45 (T) |
|   | $MgCO_3$          | +                    |                     | = | $MgO$                                |        |
| 2 | Óxido de Mg       | +                    | Ác. Sulfúrico       | = | Produmag (Oxisulfato)                | 30 (T) |
|   | $MgO$             | +                    | $1/n H_2SO_4$       | = | $MgO.MgSO_4$                         |        |
| 3 | Sal solúvel de Mg | +                    | Hidróxido de amônio | = | Hidróxido de Magnésio                | 35 (T) |
|   | X                 | +                    | $NH_4OH$            | = | $Mg(OH)_2$                           |        |
| 4 | Magnesita         | +                    | Moagem              | = | Carbonato de<br>Magnésio (Magnesita) | 25 (T) |
|   | $MgCO_3$          | +                    |                     | = | $MgCO_3$                             |        |

Legislação (2010).

\*Fertilizante que não esta na legislação.

**T = teor total**

**A = teor solúvel em água**

| Processo de Obtenção |                     | Fonte de Mg |                | % Mg |                           |          |
|----------------------|---------------------|-------------|----------------|------|---------------------------|----------|
| 5                    | Magnesita           | +           | Ácido fórmico  | =    | Formiato de Magnésio      | 16 (A)   |
|                      | $MgCO_3$            | +           | $CH_2O_2$      | =    | $Mg(HCO_2)_2$             |          |
| 6                    | Kieserita           | +           | Beneficiamento | =    | Kieserita (sulfato de Mg) | 16 (A)   |
|                      | $MgSO_4 \cdot H_2O$ | +           |                | =    | $MgSO_4 \cdot H_2O$       |          |
| 7                    | Magnesita           | +           | Ácido Acético  | =    | Acetato de Magnésio       | 13 (A)   |
|                      | $MgCO_3$            | +           | $C_2H_4O_2$    | =    | $Mg(C_2H_3O_2)_2$         |          |
| 8                    | Magnésio            | +           | Ác. Fosforoso  | =    | Fosfito de Mg (sal)*      | 11,5 (A) |
|                      | $MgX$               | +           | $H_3PO_3$      | =    | $MgHPO_3$                 |          |

Legislação (2010).

\*Fertilizante que não esta na legislação.

**T = teor total**

**A = teor solúvel em água**

# Fontes de Mg Utilizadas na Agricultura

| Processo de Obtenção |                   | Fonte de Mg |                        | % Mg |                                  |        |
|----------------------|-------------------|-------------|------------------------|------|----------------------------------|--------|
| 9                    | Sais de Mg        | +           | Cloreto de potássio    | =    | Sulfato de Potássio e Magnésio   | 10 (A) |
|                      | $MgSO_4$          | +           | $KCl$                  | =    | $KMg(SO_4)$                      |        |
| 10                   | Óxido de Magnésio | +           | Ácido Clorídrico       | =    | Cloreto de Magnésio              | 10 (A) |
|                      | $MgO$             | +           | $HCl$                  | =    | $MgCl_2 \cdot 6H_2O$             |        |
| 11                   | Langbeinita       | +           | Processamento (moagem) | =    | Sulfato duplo de K e Mg (K-Mag)* | 10 (A) |
|                      | $K_2Mg_2(SO_4)_3$ | +           |                        | =    | $K_2Mg_2(SO_4)_3$                |        |
| 12                   | Óxido de Magnésio | +           | Ácido Sulfúrico        | =    | Sulfato de Magnésio              | 9 (A)  |
|                      | $MgO$             | +           | $H_2SO_4$              | =    | $MgSO_4 \cdot 7H_2O$             |        |
| 13                   | Óxido de Magnésio | +           | Ácido Nítrico          | =    | Nitrato de Magnésio              | 8 (A)  |
|                      | $MgO$             | +           | $HNO_3$                | =    | $MgNO_3$                         |        |

Legislação (2010).

\*Fertilizante que não esta na legislação.

**T = teor total**

**A = teor solúvel em água**

|    |   | Processo de Obtenção |  |   | Fonte de Mg                       | % Mg  |
|----|---|----------------------|--|---|-----------------------------------|-------|
| 14 | Tratamento térmico do fosfato natural (apatita) | +                    | Compostos magnesianos (Serpentina)             | = | Termofosfato Magnésiano (Yoorin)  | 7 (T) |
|    |   |                      | $Ca_3(PO_4)_2(OH, F, Cl)$                      | + | $((Mg, Fe)_3Si_2O_5(OH)_4)$       | =     |
| 15 | Tratamento térmico do fosfato natural (apatita) | +                    | Compostos magnesianos (Serpentina)             | = | Termofosfato Magnésiano Grosso    | 7 (T) |
|    |   |                      | $Ca_3(PO_4)_2(OH, F, Cl)$                      | + | $((Mg, Fe)_3Si_2O_5(OH)_4)$       | =     |
| 16 | Tratamento térmico do fosfato natural (apatita) | +                    | Compostos magnesianos, potássicos ou silícicos | = | Termofosfato Magnésiano Potássico | 7 (T) |
|    |   |                      | $Ca_3(PO_4)_2(OH, F, Cl)$                      | + | X                                 | =     |

Legislação (2010).

\*Fertilizante que não esta na legislação.

T = teor total

A = teor solúvel em água

# Fontes de Mg Utilizadas na Agricultura

|    |   | Processo de Obtenção |   | Fonte de Mg |                                      | % Mg    |
|----|---|----------------------|---|-------------|--------------------------------------|---------|
| 17 | Carbonato de Ca e Mg + calor<br>= Óxidos + água | =                    | Hidróxidos +<br>Cloreto de potássio + Ác. sulfúrico | =           | Equilibrium<br>(PRNT 80-85)          | 6-9 (T) |
|    | $CaMg(CO_3)_2 + calor$<br>$= CaO.MgO + H_2O$    | =                    | $Ca(OH) Mg(OH) + KCl + H_2SO_4$                     | =           | X                                    |         |
| 18 | Dolomita  | +                    | Processamento                                       | =           | Óxido de Cálcio e<br>Magnésio        | 6 (T)   |
|    | $CaMg(CO_3)_2$                                  | +                    |   | =           | $CaO.MgO$                            |         |
| 19 | Dolomita  | +                    | Calcinação total,<br>hidratação, moagem e tamização | =           | Hidróxido de Cálcio e<br>Magnésio    | 4 (T)   |
|    | $CaMg(CO_3)_2$                                  | +                    |   | =           | $Ca(OH)_2.Mg(OH)_2$                  |         |
| 20 | Ác. Sulfúrico +<br>Ác. Nitríco                  | +                    | Amoníaco +<br>Composto de Mg                        | =           | Sulfonitrato de<br>Amônio e Magnésio | 3,5 (A) |
|    | $H_2SO_4 + HNO_3$                               | +                    | $NH_3 + X$  | =           | X                                    |         |

Legislação (2010).

\*Fertilizante que não esta na legislação.

**T = teor total**

**A = teor solúvel em água**

# Fontes de Mg Utilizadas na Agricultura

| Processo de Obtenção |   | Fonte de Mg |                            | % Mg |                                      |       |
|----------------------|---|-------------|----------------------------|------|--------------------------------------|-------|
| 21                   | Dolomita                                | +           | Moagem a pó e<br>tamização | =    | Carbonato de Cálcio e<br>Magnésio    | 3 (T) |
|                      | $CaMg(CO_3)_2$                          | +           |                            | =    | $CaMg(CO_3)_2$                       |       |
| 22                   | Sulfato de Mg                           | +           | Ácido Fosforoso            | =    | Solução de Fosfito de<br>Magnésio    | 3 (A) |
|                      | $MgSO_4$                                | +           | $H_2PO_3$                  | =    | $MgH_2PO_3$                          |       |
| 23                   | Concentrado apatítico<br>+MgO           | +           | Ácido sulfúrico            | =    | Multifostato<br>Magnesiano (Fosmag)  | 3 (T) |
|                      | $Ca_3(PO_4)_2(OH,F,Cl)+MgO$             | +           | $H_2SO_4$                  | =    | X                                    |       |
| 24                   | Depósitos naturais de<br>algas marinhas | +           | Extração e<br>moagem a pó  | =    | Alga Marinha<br><i>Lithothamnium</i> | 2 (T) |
|                      | X                                       | +           |                            | =    | X                                    |       |

Legislação (2010).

\*Fertilizante que não esta na legislação.

**T = teor total**

**A = teor solúvel em água**

|    |                         | Processo de Obtenção |                                      |          | Fonte de Mg                   | % Mg  |
|----|-------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------|-------------------------------|-------|
| 25 | Sal inorgânico de Mg    | +                    | Agente quelante                      | =        | Quelato de Mg                 | 2 (T) |
|    | <i>X</i>                | <i>+</i>             | <i>X</i>                             | <i>=</i> | <i>X</i>                      |       |
| 26 | Dolomita                | +                    | Nitrato de amônio                    | =        | Nitromag (Yara)*              | 2 (T) |
|    | $CaMg(CO_3)_2$          | <i>+</i>             | $NH_4NO_3$                           | <i>=</i> | <i>Granulo</i>                |       |
| 27 | Escórias silicatadas    | +                    | Resfriado, secado e moído            | =        | Silicato de Cálcio e Magnésio | 1 (T) |
|    | $CaSiO_3 \cdot MgSiO_3$ | <i>+</i>             |                                      | <i>=</i> | $CaSiO_3 \cdot MgSiO_3$       |       |
| 28 | Termofosfato de Mg      | +                    | Superfosfato simples + Ác. Sulfúrico | =        | Termo-Superfosfato            | 1 (T) |
|    | <i>X</i>                | <i>+</i>             | $Ca(H_2PO_4) + H_2SO_4$              | <i>=</i> | <i>X</i>                      |       |

Legislação (2010).

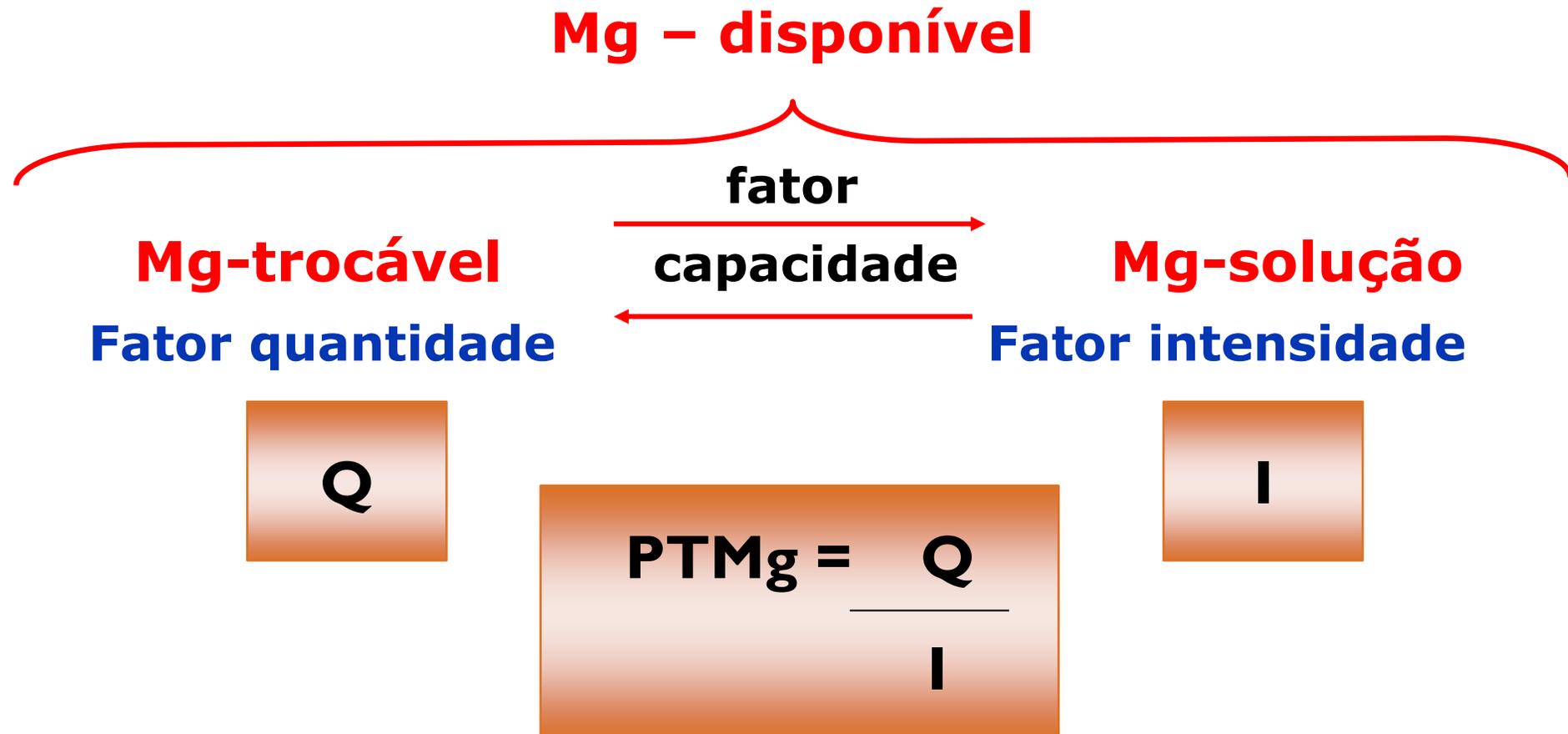
\*Fertilizante que não esta na legislação.

**T = teor total**

**A = teor solúvel em água**

# Fatores que afetam a disponibilidade do Mg para as plantas

## Equilíbrio entre as Formas de Magnésio no Solo





# Troca de Cátions

## Fatores que afetam a troca catiônica

### - Valência dos Cátions

Trivalente > Divalente > Monovalente



### - Grau de Hidratação

| Cátion                       | Ø A  | N: moles H <sub>2</sub> O/ÍON |
|------------------------------|------|-------------------------------|
| Na <sup>+</sup>              | 1,96 | 4                             |
| K <sup>+</sup>               | 2,66 | 2,5                           |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 2,86 | 1                             |
| Mg <sup>++</sup>             | 1,56 | 9,0 a 13,0                    |
| Ca <sup>++</sup>             | 2,12 | 8,0 a 10,0                    |

## Série liotrópica ou Série de Hofmeister

Adsorção (Floculação/Agregação)



Lixiviação (Dispersão, compactação)

## Troca de Cátions

**b)** Fatores que afetam a troca cationica

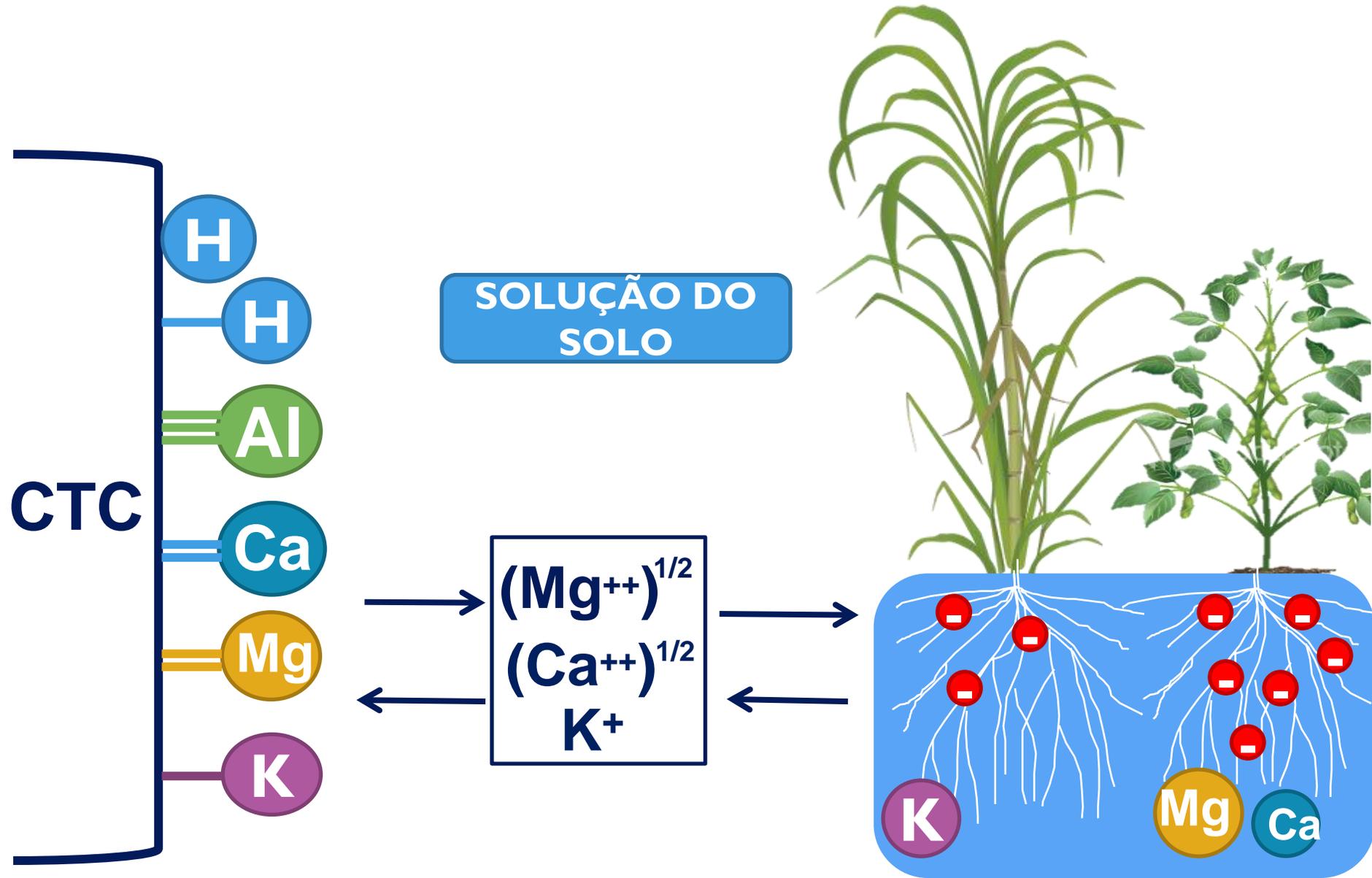
**b<sub>1</sub>)** Valência dos Cátions

Trivalente > Divalente > Monovalente

$Al^{3+}$        $Ca^{++}$   $Mg^{++}$        $NH_4^+$   $K^+$   $Na^+$

**b<sub>2</sub>)** Grau de Hidratação

| Cátion    | Ø A  | N: moles H <sub>2</sub> O/ÍON |
|-----------|------|-------------------------------|
| $Na^+$    | 1,96 | 4                             |
| $K^+$     | 2,66 | 2,5                           |
| $NH_4^+$  | 2,86 | 1                             |
| $Mg^{++}$ | 1,56 | 9,0 a 13,0                    |
| $Ca^{++}$ | 2,12 | 8,0 a 10,0                    |



SOLUÇÃO DO SOLO

Mg<sup>++</sup>

$T = f(\text{M.O.} + \text{ARGILA})$

$\text{CTC}_{\text{efetiva}} = f(\text{pH})$

| Nutriente | % T                     |
|-----------|-------------------------|
| Ca        | 40 a 45                 |
| Mg        | 15 a 20                 |
|           | leguminosas - gramíneas |
| K         | 3 a 5                   |

GRAMÍNEAS  $\begin{cases} < \text{CTC raiz} \\ \uparrow \end{cases}$

K<sup>+</sup>

LEGUMINOSAS  $\begin{cases} > \text{CTC}_{\text{raiz}} \\ \uparrow \end{cases}$

Ca<sup>++</sup> Mg<sup>++</sup>

## SOLOS ARGILOSOS (↑CTC )

- MAIOR DOSE DE CALCÁRIO
- CALCÁRIO COM MAIOR TEOR DE MAGNÉSIO (“DOLOMÍTICO”)

## CULTURA (PLANTA)

GRAMÍNEAS:   $K^+$  >   $Mg^{++}$

EQUILÍBRIO :   

PLANTAS MAIS EXIGENTES EM  $K_2O$ :

**CAFÉ**

**BANANA**

**CANA-DE-AÇÚCAR**

**ALGODÃO**

**DENDÊ**

**ABACAXI**

**BATATA**

**FUMO**

## DEFICIÊNCIA DE MAGNÉSIO INDUZIDA PELO K

CONSEQUÊNCIAS:

SINTOMA AVANÇADO DE DEFICIÊNCIA



## DEFICIÊNCIA DE MAGNÉSIO INDUZIDA PELO K

CONSEQUÊNCIAS:

DOENÇA AZUL DA BANANEIRA



## DEFICIÊNCIA DE MAGNÉSIO INDUZIDA PELO K

CONSEQUÊNCIAS:

VERMELHÃO DO ALGODOEIRO



## DEFICIÊNCIA DE MAGNÉSIO INDUZIDA PELO K ???

**CONSEQUÊNCIAS:** Podricion del Cogollo, Brasil – Amarelecimento Fatal.

**Hipóteses:** Deficiência nutricional de Mg ???; Doença provocada por fitoplasma (nunca identificado - não fecha o postulado de Koch);

## DEFICIÊNCIA DE MAGNÉSIO EM DENDÊ



**Dendezeiro com amarelecimento fatal (ou podridão do colo),  
se torna mais susceptível ao ataque por *R. palmarum*.**



## DEFICIÊNCIA DE MAGNÉSIO INDUZIDA PELO K

CONSEQUÊNCIAS:

TETANIA DAS PASTAGENS

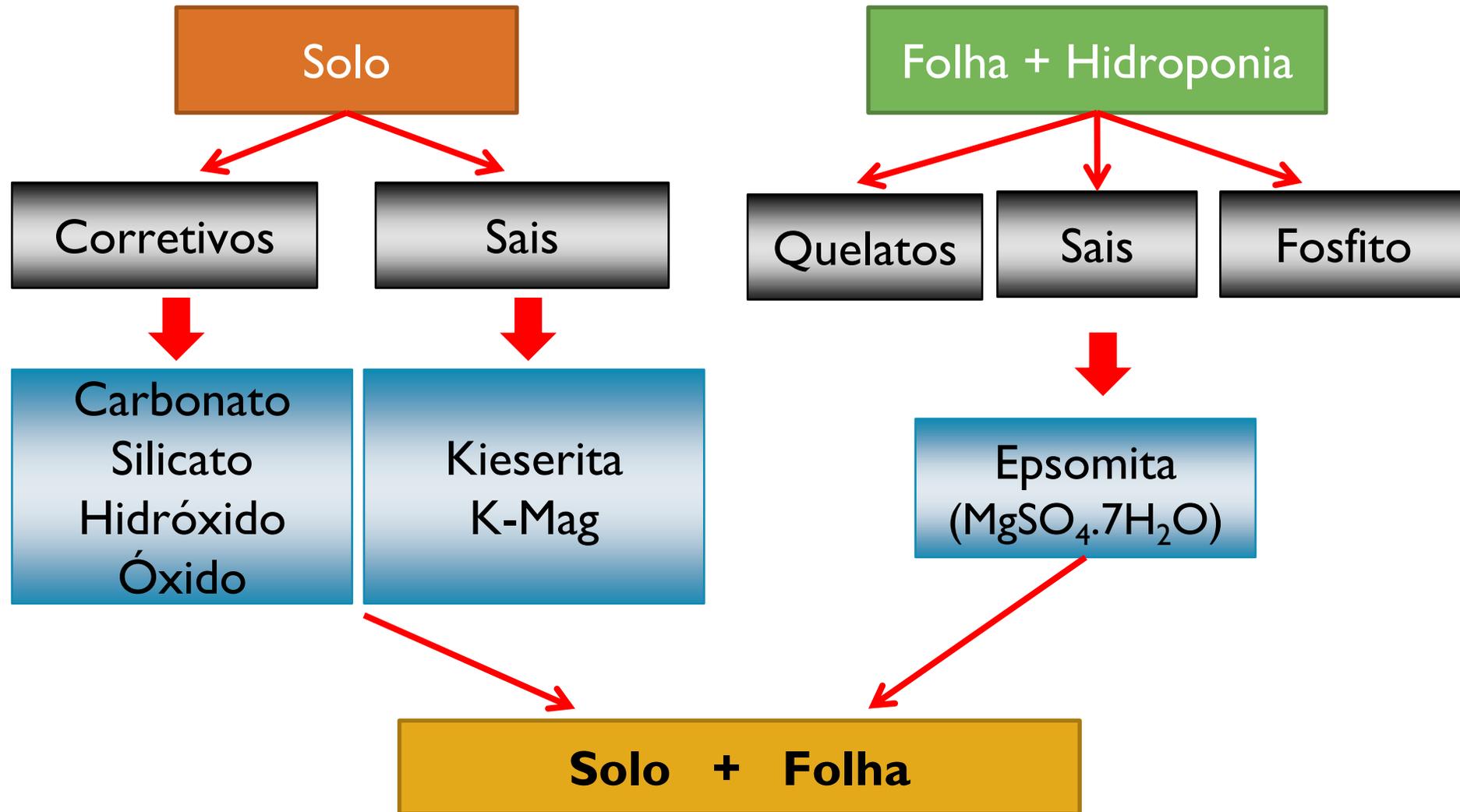


## DEFICIÊNCIA DE MAGNÉSIO INDUZIDA PELO K

CONSEQUÊNCIAS:

TRANSPORTE DE CARBOIDRATOS DEFICIENTE

- EXEMPLOS:
  - BEBIDA DO CAFÉ
  - ATR DA CANA-DE-AÇÚCAR
  - ACIDEZ DO ABACAXI



# MANEJO DO MAGNÉSIO

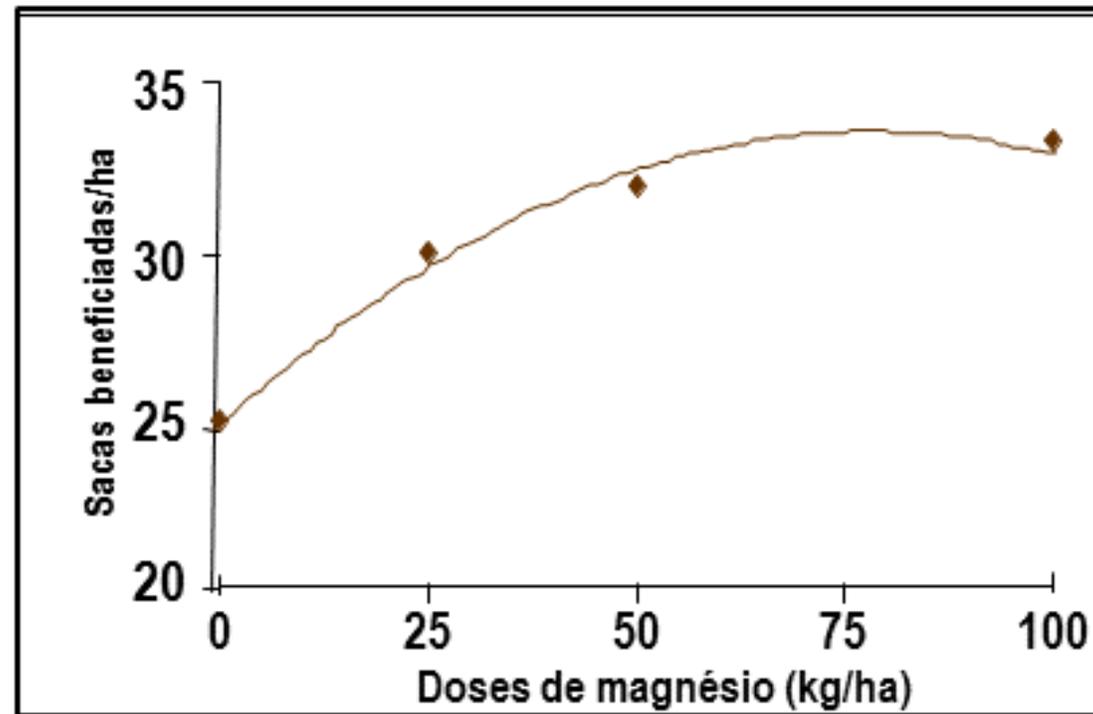
## Deficiência de Magnésio em café



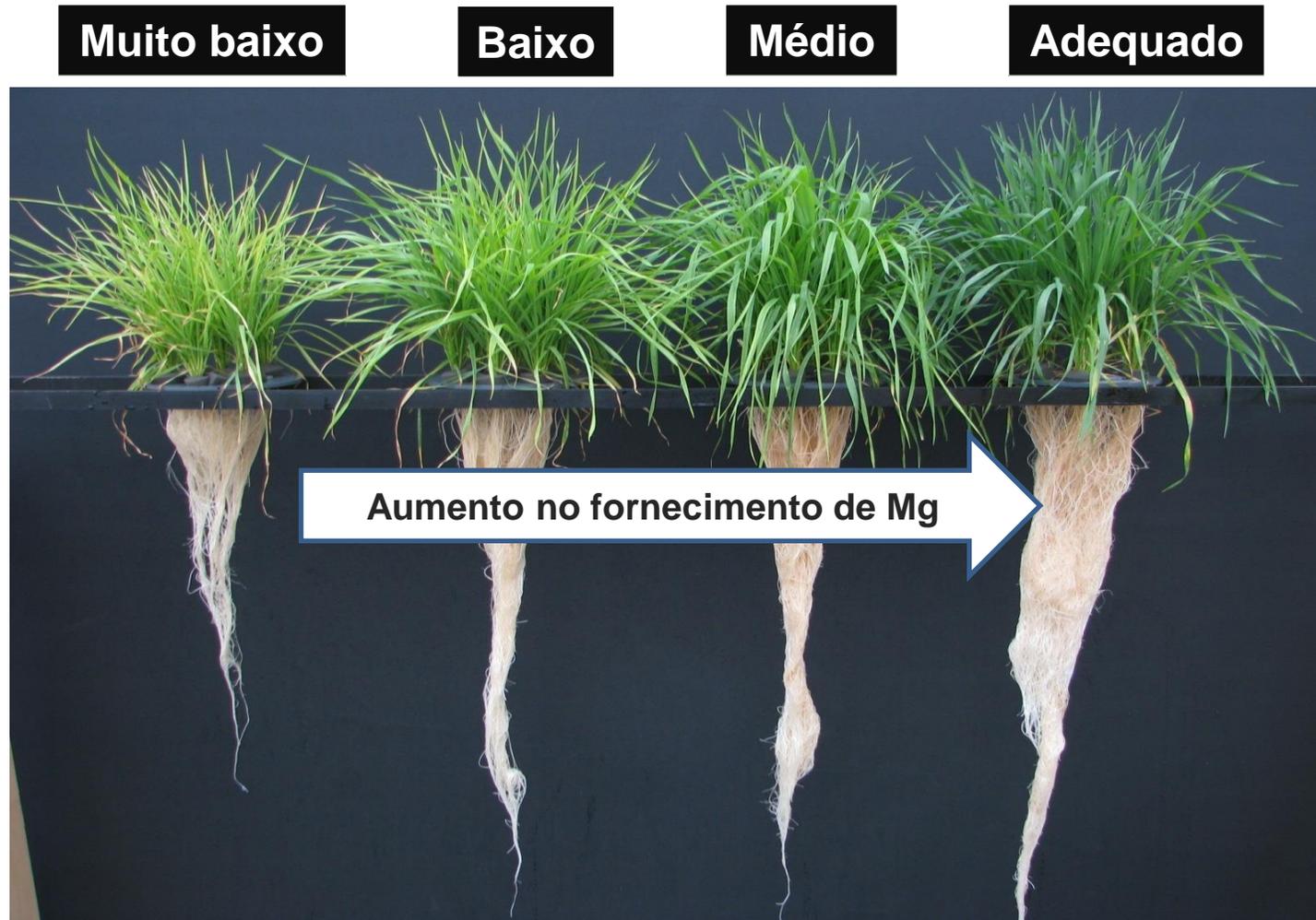
**Folhas mais velhas amarelas entre as nervuras, depois pardacentas e caem prematuramente.**

# Sacas de café em função das doses de K-Mag

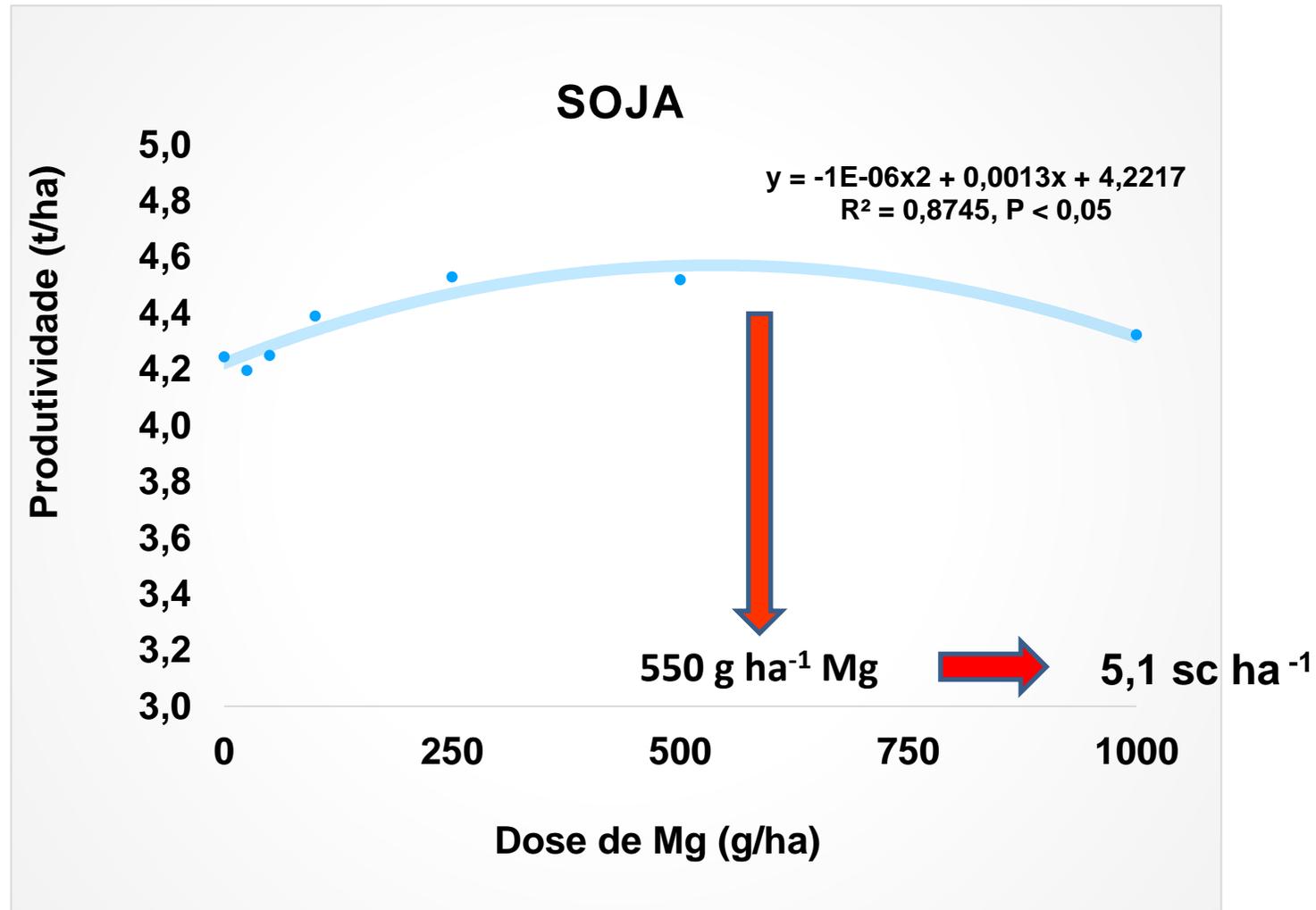
Varginha, Procafé, 2008



# Efeito no aumento do fornecimento de Mg em parte aérea e raiz no crescimento do trigo



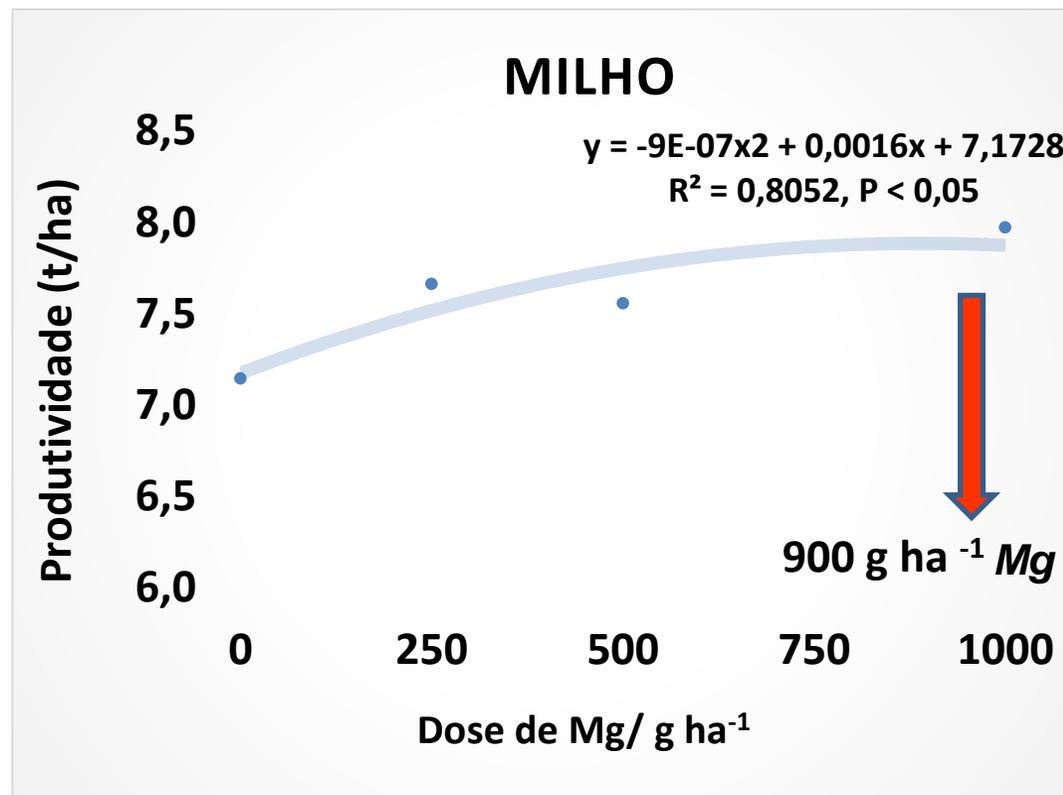
Epsomita  
 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (9% Mg)



# Pré-pendoamento



# APLICAÇÃO FOLIAR DE MAGNÉSIO EM MILHO



13,8 sc ha<sup>-1</sup>  
(14%)

# Magnésio

Epsomita  
 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (9% Mg)

*“Efeito do uso de magnésio foliar na cultura do milho”*

| Tratamentos              | Produtividade |        |        |
|--------------------------|---------------|--------|--------|
|                          | Média         | Épocas |        |
| Mg (g ha <sup>-1</sup> ) |               | V4     | R1     |
| 0                        | 7144,7        | 7144,7 | 7144,7 |
| 250                      | 7662,2        | 7446,6 | 7877,8 |
| 500                      | 7490,8        | 7331,1 | 7623,5 |
| 1000                     | 7972,0        | 7695,9 | 8248,0 |
| 1500                     | 7522,6        | 7635,5 | 7409,6 |
| CV %                     | 9,87          |        |        |
| p dose                   | 0,1189        |        |        |
| p época                  | 0,2811        |        |        |
| p dose x época           | 0,7006        |        |        |

14% →

13,8 sc ha<sup>-1</sup> →

# Análise de Solo: Interpretação Mg

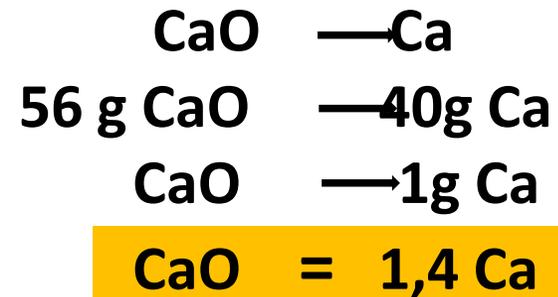
## Limites de classes de teores de Mg.

| Teor        | Mg <sup>(*)</sup>                  |
|-------------|------------------------------------|
|             | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |
| Muito Baixo | -                                  |
| Baixo       | 0 - 0,4                            |
| Médio       | 0,5 – 0,8                          |
| Alto        | > 0,8                              |

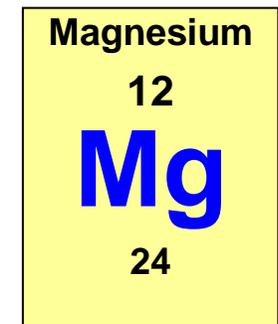
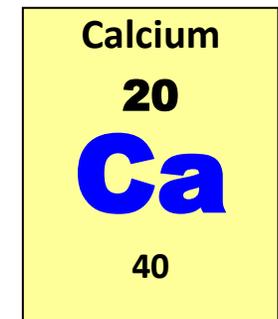
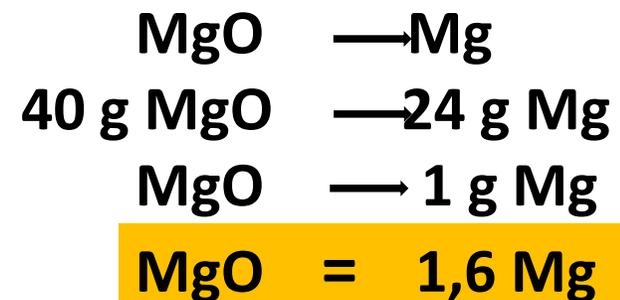
Obs: Sugere-se 0,8 a 1,2 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> Mg (Vitti, 2016)

# Transformação em Óxidos

✓ Ca para CaO



✓ Mg para MgO



## Fatores de conversão

|                           |                         |                         |                         |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| $P_2O_5 \times 0,437 = P$ | $K_2O \times 0,83 = K$  | $Ca \times 1,4 = CaO$   | $Mg \times 1,658 = MgO$ |
| $P \times 2,29 = P_2O_5$  | $K \times 1,205 = K_2O$ | $CaO \times 0,714 = Ca$ | $MgO \times 0,603 = Mg$ |

**\*1 hectare (ha) = 2.000.000 dm<sup>3</sup>**

# Equivalência de unidades

Camada 0 – 20cm (d solo = 1)

| meq 100 cm <sup>-3</sup><br>cmol <sub>c</sub> . dm <sup>-3</sup> | mmol <sub>c</sub> . dm <sup>-3</sup> | mg . dm <sup>-3</sup><br>(ppm) | Elemento<br>(kg . ha <sup>-1</sup> ) | Óxido<br>(kg . ha <sup>-1</sup> ) | Carbonatos<br>(kg . ha <sup>-1</sup> ) |
|--|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--|
| 1 Ca   | 10                                   | 200                            | 400                                  | 560*                              | 1000**                                 |
| 1 Mg   | 10                                   | 120                            | 240                                  | 400*                              | 840**                                  |
| 1 K  | 10                                   | 400                            | 800                                  | 960*                              | -                                      |
| 1 Al   | 10                                   | 90                             | 180                                  | -                                 | -                                      |
| 1 P  | -                                    | 100                            | 200                                  | 460*                              | -                                      |

\* - CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente.

\*\* - CaCO<sub>3</sub>, e MgCO<sub>3</sub>, respectivamente.

**1 t ha<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub> (PRNT 100%) = 10 mmolc dm<sup>-3</sup> Ca = 1 cmolc dm<sup>-3</sup> Ca**

**1,0 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> K → 96 kg.ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O**

**10 mg.dm<sup>-3</sup> P → 46 kg.ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**

*Camada 0 – 20cm (d solo = 1)*

**1,0 meq.100cm<sup>-3</sup> Mg → 1,0 meq.100cm<sup>-3</sup> Al**

**24/2 = 12mg Mg → 39/3= 13mg Al**

# “FERTILIZANTES CÁLCICOS”



# FUNÇÕES E EXIGÊNCIA DE CÁLCIO

## FUNÇÃO

- **Constituinte da parede celular**
- **Rigidez da membrana**
- **Crescimento das raízes**
- **Diminuição da toxidez de outros íons**
- **Neutralização de alguns ácidos orgânicos**
- **Estimula a ação do ADP**
- **Germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico**

**Portanto;**

**Crescimento das raízes**  
**Vigor da planta**  
**Nodulação das leguminosas**  
**Formação de frutos (Ex.: amendoim)**

**EXIGÊNCIAS**

Maioria das plantas: 25 kg/ha Ca

Leguminosas: 4 x mais: 100 kg/ha Ca

**Tomateiro: "Fundo Preto"  $\Rightarrow$  Ca < 3,0 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> TFSA**

**Macieira: "Bitter Pit"**

**Manga: "Soft Nose"**



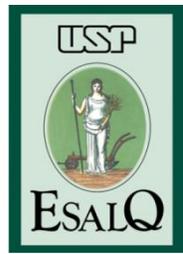
## Al x Sistema Radicular Citros

Fonte: Mazza & Vitti, 1982.



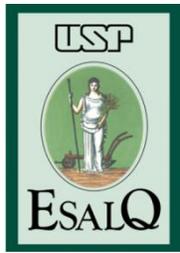
## Ca x Sistema radicular Citros

Fonte: Mazza & Vitti, 1982.



# Emprego do gesso agrícola

- **Efeito fertilizante: Fonte de Ca e S**
- **Condicionador de subsuperfície**
- **Correção de solos sódicos**
- **Condicionador de esterco**
- **“Preventivo” de enfermidade de plantas**



# Conceitos de Sulfato de Cálcio

**O sulfato de cálcio pode se apresentar, ou ocorrer sob três formas principais:**

- ✓ *Anidrita*
- ✓ *Gipsita (gesso natural)*
- ✓ *Gesso agrícola (fosfogesso)*

# Anidrita - $\text{CaSO}_4$

Composição química e garantias da anidrita ( $\text{CaSO}_4$ ).

| Composição química |  | Garantias (%) |  |
|--------------------|--|---------------|--|
| CaO                |  | 41,2          |  |
| Ca                 |  | 29,4          |  |
| SO <sub>3</sub>    |  | 58,8          |  |
| S                  |  | 23,5          |  |

Fonte: Vitti (2000)

**Jazidas** → Piauí, Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte,  
Pernambuco e Rio de Janeiro.

**Uso** → Indústria cimenteira.

# Gesso Natural (Gipsita $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

Composição química e garantias do gesso natural.

| Composição química | Garantias (%) |
|--------------------|---------------|
|--------------------|---------------|

|   |      |
|---|------|
| CaO   | 32,5 |
| Ca  | 23,2 |
| SO <sub>3</sub>   | 46,6 |
| S   | 18,6 |
| $\text{R}_2\text{O}_3(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ | 0,5  |

Fonte: Vitti (2000)

## Ocorrência:

**Natural** → Jazidas no Brasil 980 milhões t: produção 9 milhões t ano<sup>-1</sup>: Piauí, Pernambuco, Ceará e Maranhão.

**Extração do sal marinho** → 70kg Gipsita/Tonelada de sal.

# Gesso Natural (Gipsita $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

**Pernambuco:** 700 milhões toneladas Gipsita:

**1,1 milhão t/ano de gesso** – Chapada do Araripe.



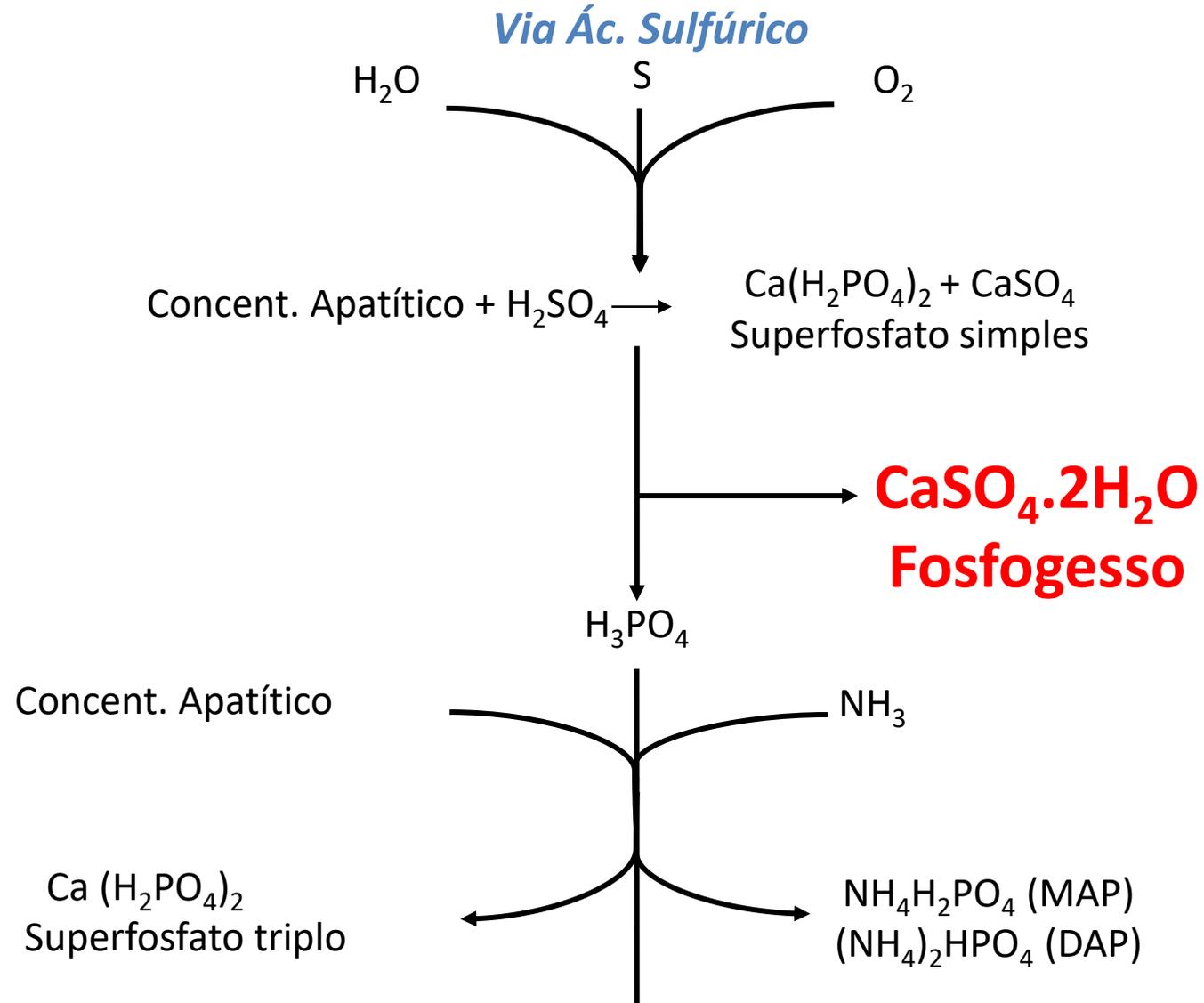
Vale do São Francisco (Pernambuco e Bahia),

Vale do AÇU (Rio Grande do Norte),

Vale do Jaguaribe (Ceará).

# Gesso agrícola (Fosfogesso)

## Obtenção dos Adubos Fosfatados Acidulados



# Conceituações

a) Legislação Brasileira Instrução Normativa SDA n.º 35 (04/julho/2006). Artigo 5º, Seção IV, Capítulo II: garantias mínimas de produtos classificados como **corretivos de sodicidade**.

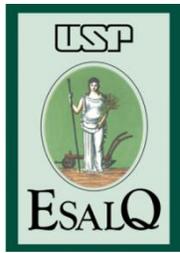
## Garantias e especificações do sulfato de cálcio.

| Material corretivo de sodicidade | Garantia mínima | Características   | Obtenção  | Observação  |
|----------------------------------|-----------------|---|---|---|
| Sulfato de cálcio                | 16% de Ca       | Cálcio determinado na forma elementar.                                    | 1) Produto resultante da fabricação do ácido fosfórico; | O produto anidrita de sulfato de cálcio (CaSO <sub>4</sub> ) não poderá ser registrado por não apresentar características corretivas de sodicidade do solo. |
|                                  | 22% de CaO      | Ou de óxido e enxofre na forma elementar.                                 | 2) Beneficiamento da gipsita.                           |   |
|                                  | 13% de S        |   |   |   |
| Outros                           |                 | Demais produtos que apresentem característica de corretivo de sodicidade. |   |   |

# Conceituações

*b)* Legislação Brasileira Instrução normativa n.º 5 de 23/02/2007, Anexo II: Especificações dos fertilizantes minerais simples.

| FERTILIZANTE      | GARANTIA MÍNIMA/<br>CARACTERÍSTICAS |   | OBTENÇÃO  | OBSERVAÇÃO   |
|-------------------|-------------------------------------|---|---|--|
| Sulfato de Cálcio | 16%<br>de Ca                        | Cálcio e enxofre<br>determinados na<br>forma elementar. | 1) Produto<br>resultante da<br>fabricação do<br>Ácido<br>Fosfórico. | Apresenta<br>também<br>características de<br>corretivo de<br>sodicidade. |
|                   | 13%<br>de S                         |   | 2)<br>Beneficiamen<br>to de gipsita.                                |  |



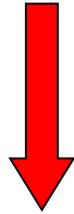
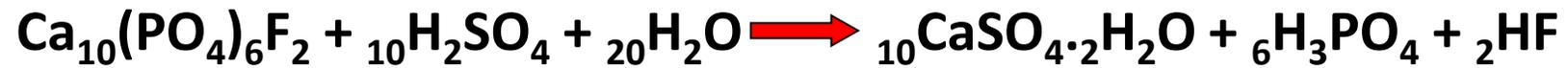
# Conceituações

## *c) Legislação Brasileira*

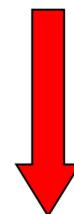
§ 5, Artigo 7, Seção V, Capítulo II da SDA/n.º 35: **“O produto sulfato de cálcio poderá ser registrado como condicionador de solo classe “E” (produto que em sua fabricação utiliza exclusivamente matéria-prima de origem mineral ou química), cumprindo as exigências da Tabela 1.**

# Gesso agrícola (Fosfogesso)

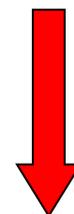
## a) Origem



Concentrado fosfático



**Gesso Agrícola**



Ac. Fosfórico

**1 t P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> → 4 a 5 t de Fosfogesso**

**BRASIL: 1.843.000t H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>/ano**

**(56% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) → 4.500.000 t gesso/ano**

# Gesso Agrícola (Fosfogesso) / Gesso Natural (Gypsita)

## Composição:

|   |                  |
|---|------------------|
| CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O.....   | 96,50%           |
| CaHPO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O.....  | 0,31%            |
| [Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ].3CaF <sub>2</sub> .....                          | 0,25%            |
| Umidade livre.....  | 17%              |
| <b>CaO.....</b>   | <b>26 - 28 %</b> |
| <b>S.....</b>   | <b>15%</b>       |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....   | 0,75%            |
| SiO <sub>2</sub> (insolúveis em ácidos).....  | 1,26%            |
| Fluoretos (F).....  | 0,63%            |
| R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )..... | 0,37%            |

# Gesso agrícola (Fosfogesso)

## c) Solubilidade

| Produto                                       | Solubilidade<br>g / 100 ml |
|---|----------------------------|
| CaCO <sub>3</sub> (PRNT = 100%)               | 0,0014                     |
| CaSO <sub>4</sub> .2 H <sub>2</sub> O (gesso) | 0,204                      |

$$\frac{0,204}{0,0014} = 150 \text{ vezes mais solúvel o gesso agrícola}$$

# Gesso agrícola (Fosfogesso)

## d) Forma física

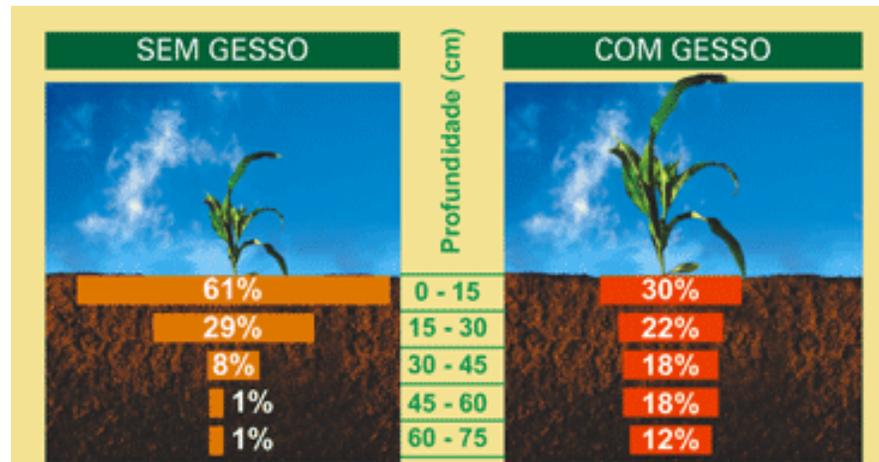
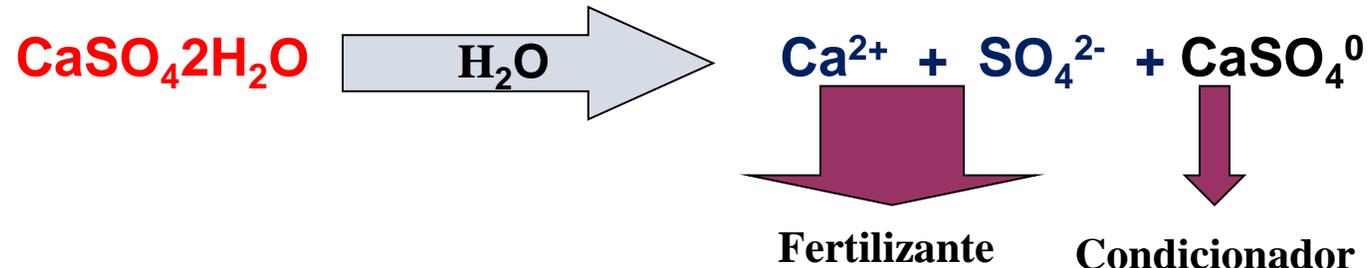
*Pó Branco (Farelado)*



# Gesso Agrícola (Fosfogesso) / Gesso Natural (Gypsita)

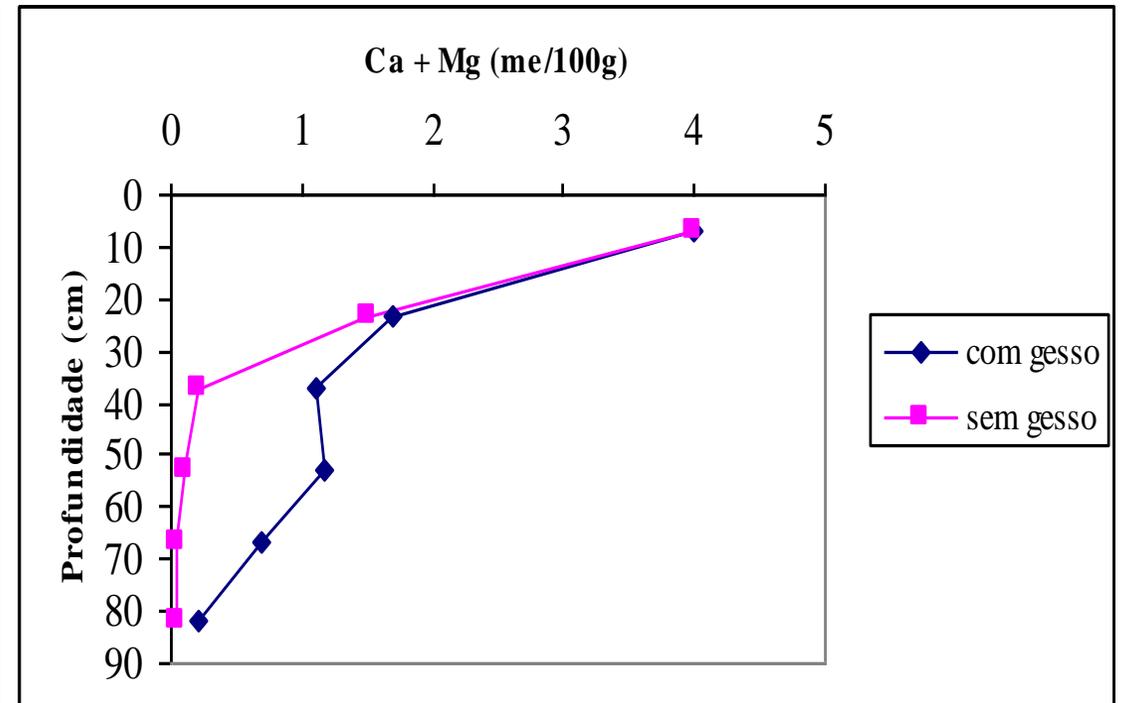
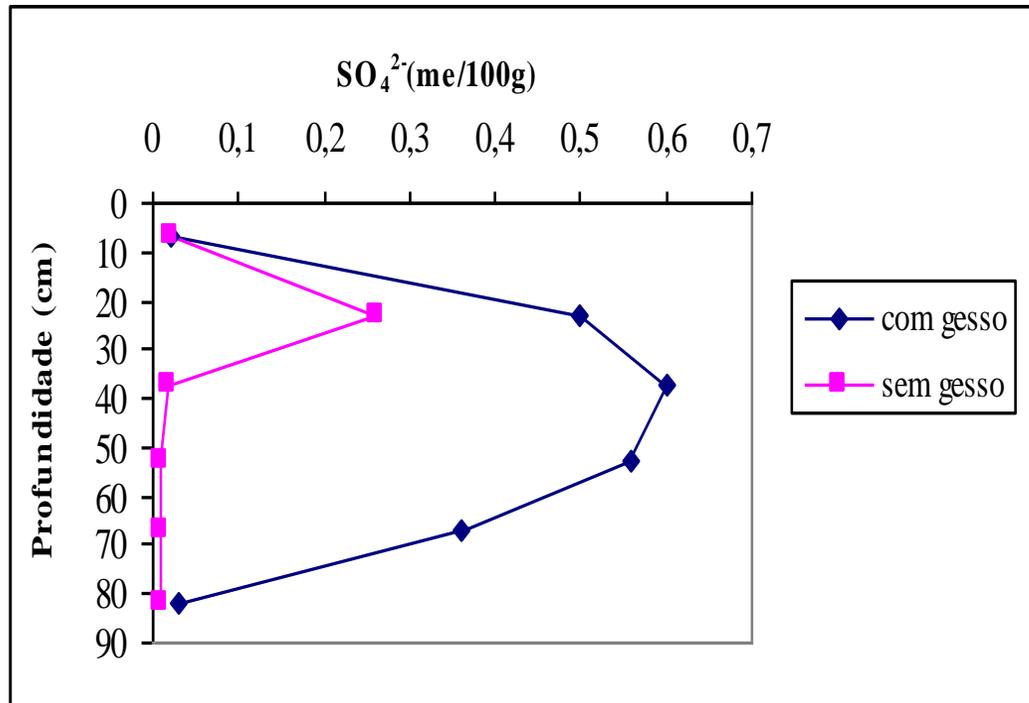
## Comportamento do gesso no solo

**Dissociação:**



# Gesso agrícola (Fosfogesso)

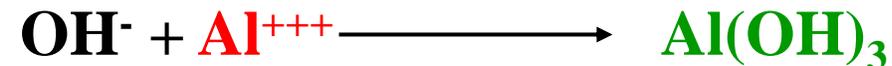
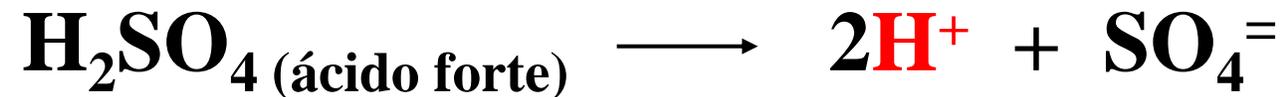
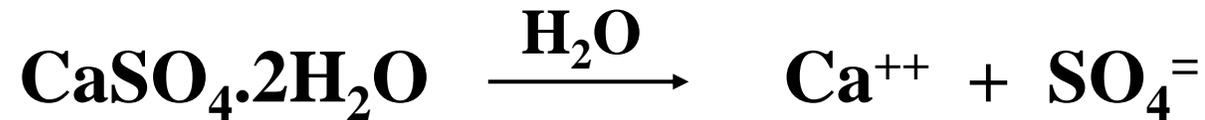
Distribuição de sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e de Ca + Mg trocáveis em diferentes profundidades de um latossolo argiloso, sem e com aplicação de gesso, após um período de 39 meses (Sousa et al., 1996).



# Gesso agrícola (Fosfogesso)

Gesso e pH →

Portanto, gesso agrícola não corrige pH do solo



# Gesso agrícola (Fosfogesso)

Correspondência entre o gesso aplicado e os teores de Ca no solo

**1 t ha<sup>-1</sup>**

**200 kg/ha de Ca = 260 kg/ha de CaO**

**150 kg/ha de S**

**5,0 mmol<sub>c</sub> Ca / dm<sup>-3</sup> ou 0,5 cmol<sub>c</sub> Ca / dm<sup>-3</sup>**

# Efeito fertilizante

- **Fonte de cálcio**

- **Principal fonte: Calcário**

- **Uso:**

- **Ca/Mg  $\leq$  2,0/1,0**

- **V% adequado**

- **pH adequado**

**Plantas calcífilas:**

**Algodão**

**Amendoim**

**Batata**

**Tomate**

**Maçã**

**Manga**

**Café**

**Citros**

**Eucalipto**

# CITROS: PLANTA CALCÍFILA

| Fonte                       | N             | P   | K   | Ca  | Mg |
|-----------------------------|---------------|-----|-----|-----|----|
|                             | ----- g ----- |     |     |     |    |
| Raízes                      | 33            | 2   | 20  | 50  | 2  |
| Tronco e ramos lignificados | 157           | 3   | 39  | 307 | 6  |
| Ramos não lignificados      | 10            | 0,5 | 4   | 44  | 2  |
| Folhas                      | 102           | 3   | 18  | 260 | 18 |
| Frutos                      | 156           | 12  | 188 | 100 | 16 |
| TOTAL                       | 457           | 19  | 267 | 760 | 42 |

Fonte: MARCHAL e LACOUVILLE (1969)

## Ca x Produção: Citrus

$$y = 108 + 120,3 x$$

$y = \text{kg frutos/4 plantas}$   
 $x = \% \text{ Ca foliar}$

**Para uma produção de 4 caixas/pé equivalente a 164kg o teor de cálcio foi de 4,5%.**

## Interpretações das relações Ca/Mg do solo para citros.

---

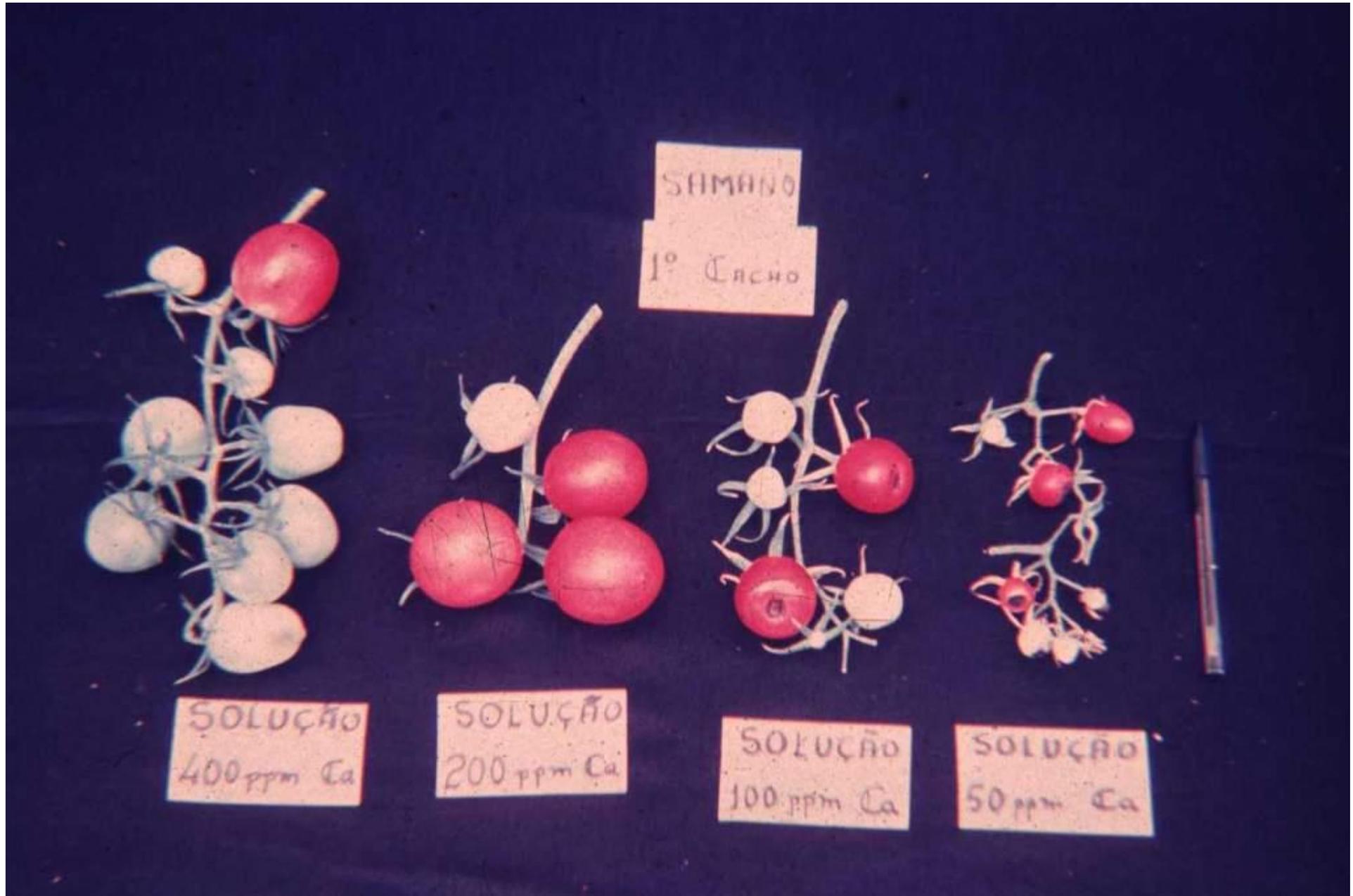
| <b>Ca / Mg</b> | <b>Interpretação</b> |
|----------------|----------------------|
| <b>1 a 3</b>   | <b>baixa</b>         |
| <b>4 a 6</b>   | <b>normal</b>        |
| <b>7 a 10</b>  | <b>alta</b>          |
| <b>&gt; 10</b> | <b>muito alta</b>    |

---

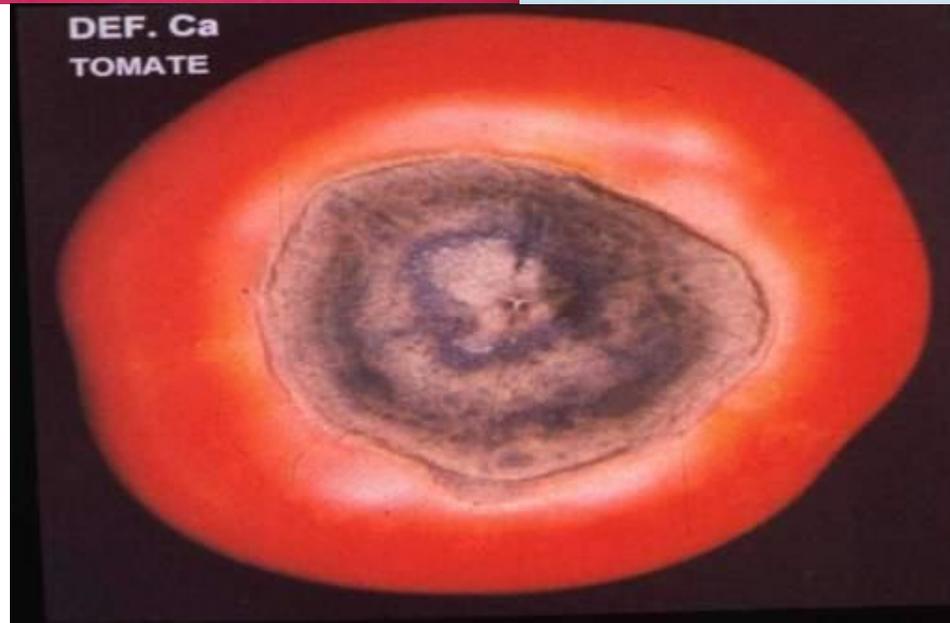
**(\*) GUARDIOLA (1992) - Comunicação em Palestra.**



# VISUALIZAÇÃO DE DEFICIÊNCIA (Ca)



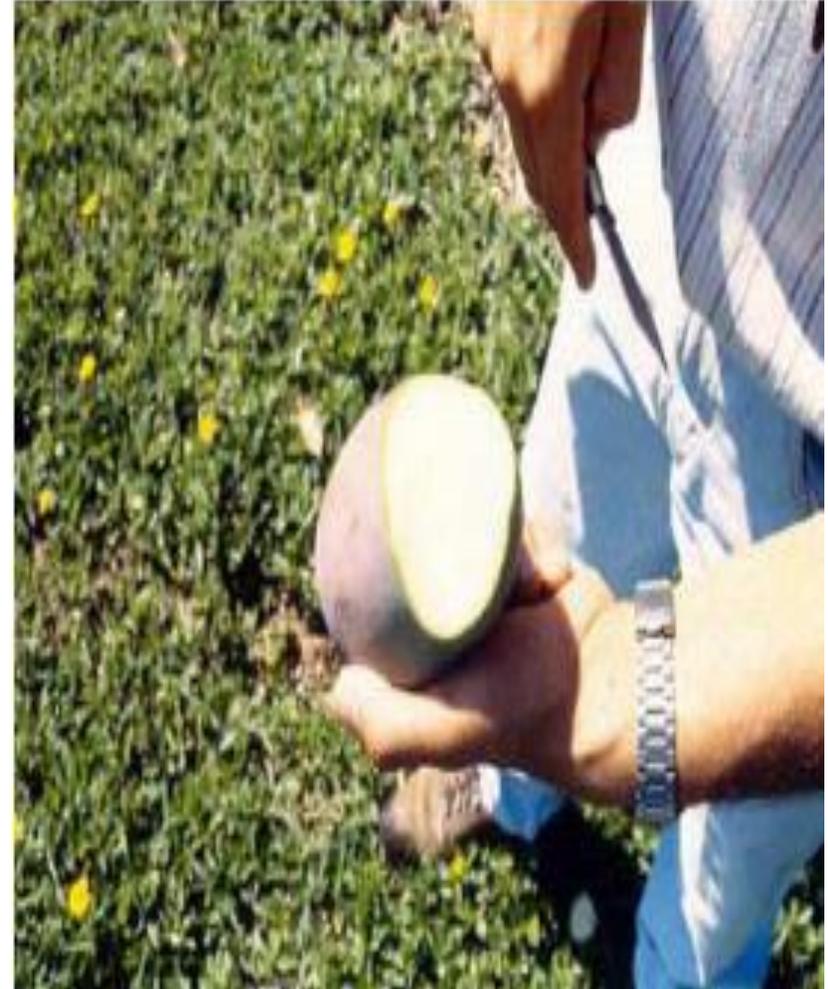
# VISUALIZAÇÃO DE DEFICIÊNCIA (Ca)



# Principais Variedades (Cultivares) - Manga

- Keitt
- Haden
- Palmer
- Tommy Atkins
- Van Dyke
- Kent

“Soft Nose”



Palmer



Tommy Atkins



Haden



**Figura.** Polpa de manga com *soft-nose*.  
**Fonte:** Santos Filho e Matos (2000).



**Figura.** *Soft-nose* ou apodrecimento da polpa em manga Tommy Atkins (município de Cândido Rodrigues, SP).



**Figura.** Detalhe de *soft-nose* em corte transversal de manga Tommy Atkins (município de Cândido Rodrigues, SP).

## Ocorrência:

$$\text{Relação N / Ca} > 0,5$$

Young & Miner (1961) concluíram que a incidência de "soft-nose" aumenta quando a relação N/Ca nas folhas da manga é superior a 0,5.

$$Y = - 127,2 + 148,8 N + 45,0 Ca - 51,3 N/Ca$$

⇒ explicou 64% da ocorrência da "Soft Nose"

### Exemplo:

Relação N / Ca = 0,6, ou seja:

1 kg de N para 1,66 kg de Ca

$$Y = - 127,2 + 148,8 (1,0) + 45,0 (1,66) - 51,3 (0,6)$$

$$Y = 65,5\%$$

## Influência da aplicação de fertilizantes N, P e K e gesso sobre a produção e qualidade dos frutos da mangueira.

| N          | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | gesso | Frutos<br>por<br>planta <sup>1</sup> | Ca no solo |      | N/Ca folhas |      | Frutos normais |      |
|------------|-------------------------------|------------------|-------|--------------------------------------|------------|------|-------------|------|----------------|------|
|            |                               |                  |       |                                      | 1988       | 1991 | 1988        | 1991 | 1988           | 1991 |
| g / planta |                               |                  |       | meq/100dm <sup>3</sup>               |            |      | %           |      |                |      |
| 0          | 0                             | 0                | 0     | 139                                  | 0,9        | 1,1  | 1,0         | 1,0  | 15             | 40   |
| 150        | 200 <sup>2</sup>              | 480              | 0     | 162                                  | 0,5        | 2,4  | 1,0         | 0,9  | 46             | 86   |
| 300        | 200 <sup>2</sup>              | 480              | 0     | 155                                  | 0,4        | 1,6  | 1,0         | 0,8  | 44             | 83   |
| 0          | 200 <sup>2</sup>              | 480              | 0     | 203                                  | 0,8        | 2,4  | 0,9         | 0,8  | 40             | 92   |
| 150        | 200 <sup>3</sup>              | 480              | 2,9   | 245                                  | 1,6        | 3,1  | 0,9         | 0,4  | 40             | 97   |
| 300        | 200 <sup>3</sup>              | 480              | 2,9   | 198                                  | 1,6        | 3,5  | 1,0         | 0,5  | 33             | 58   |
| 600        | 200 <sup>3</sup>              | 480              | 2,9   | 150                                  | 2,5        | 1,0  | 0,7         | 0,5  | 35             | 89   |

<sup>(1)</sup> Média de Quatro safras . <sup>(2)</sup>Superfosfato simples e <sup>(3)</sup>Superfosfato triplo.

Fonte : Pinto et al. (1994)

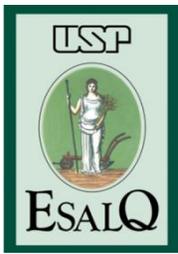
# Manga

*Recomendação de gessagem, de acordo com a classificação textural – Fonte de Ca.*

| <b>Textura do solo</b> | <b>Dose de gesso agrícola (cultura perene)<br/>kg.ha<sup>-1</sup></b> |
|------------------------|---|
| <b>Argila &lt; 30</b>  | <b>até 2000</b>   |
| <b>Argila &gt; 30</b>  | <b>até 3000</b>   |

Repetir aplicação após 3 anos dependendo do resultado da análise de solo 20 a 40 cm

# Efeitos do gesso agrícola na cultura da macieira



| Tratamento                             | Ano   |       |
|--|-------|-------|
|  | 1985  | 1986  |
| Cálcio nas folhas (%)                  |       |       |
| Sem gesso                              | 1,35  | 1,04  |
| Com gesso                              | 1,36  | 1,58  |
| Cálcio nos frutos (%)                  |       |       |
| Sem gesso                              | 0,029 | 0,029 |
| Com gesso                              | 0,030 | 0,035 |
| Frutos (kg planta <sup>-1</sup> )      |       |       |
| Sem gesso                              | 6,8   | 4,4   |
| Com gesso                              | 7,0   | 9,1   |
| Frutos (números planta <sup>-1</sup> ) |       |       |
| Sem gesso                              | 68    | 76    |
| Com gesso                              | 56    | 75    |



© Gilmar R. Nachtigall  
Embrapa Uva e Vinho



© Gilmar R. Nachtigall  
Embrapa Uva e Vinho

# NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DO EUCALIPTO

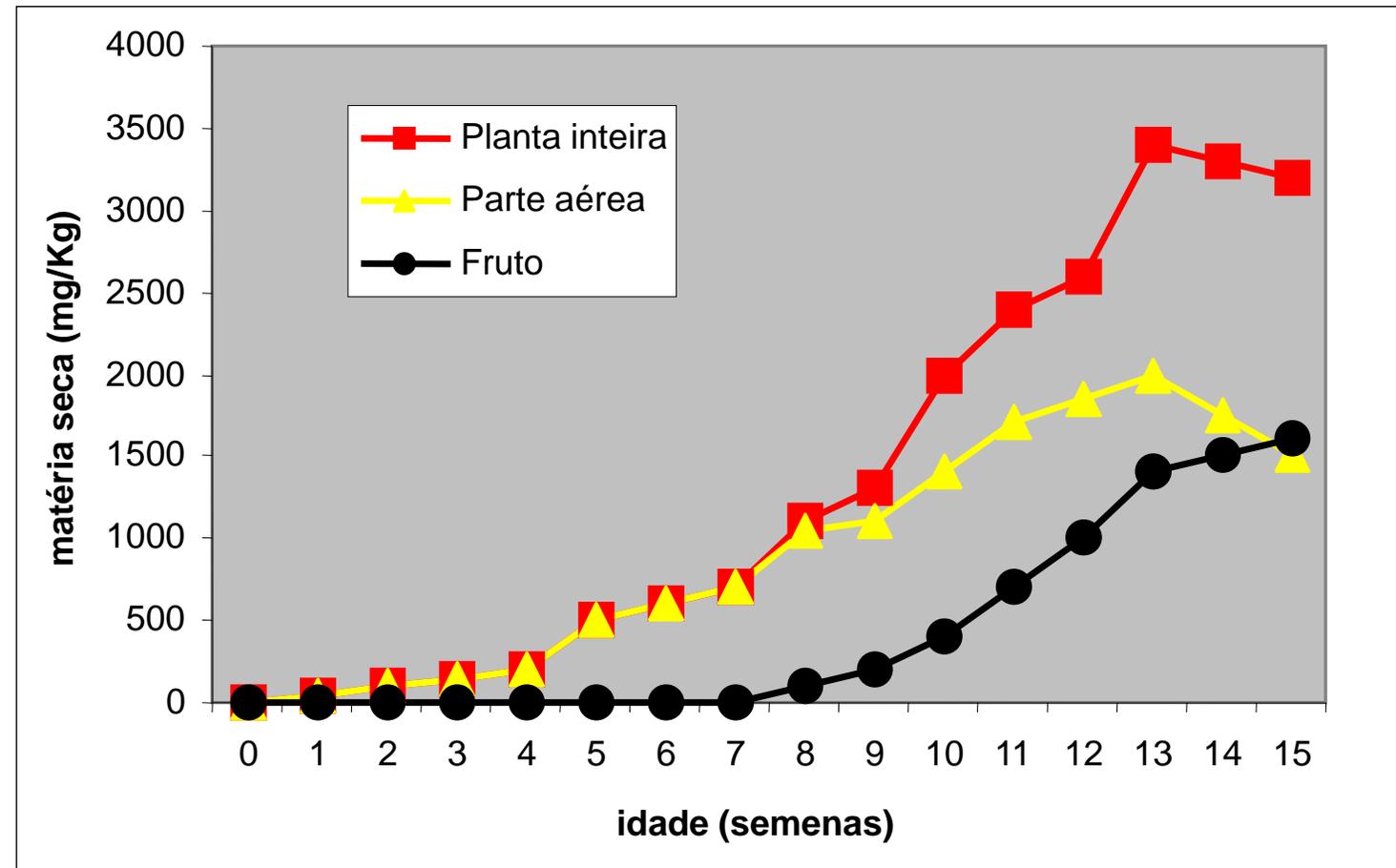
Quantidades nutrientes em florestas de eucalipto com 7 anos de idade para três produtividades

| Nut. | Prod.<br>m <sup>3</sup> /ha/ano | kg/ha  |       |        |        |        |       | Total  |
|------|---------------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
|      |                                 | Folha  | Galho | Casca  | Lenho  | Tronco | Raiz  |        |
| N    | 30                              | 97,39  | 41,74 | 27,93  | 62,22  | 90,15  | 71,33 | 300,61 |
|      | 40                              | 117,87 | 50,52 | 33,71  | 78,67  | 112,38 | 78,76 | 359,53 |
|      | 50                              | 136,68 | 58,58 | 39,00  | 94,37  | 133,37 | 85,07 | 413,70 |
| P    | 30                              | 4,51   | 4,34  | 3,89   | 4,42   | 8,32   | 2,93  | 19,92  |
|      | 40                              | 5,55   | 5,34  | 4,86   | 5,41   | 10,27  | 3,05  | 24,01  |
|      | 50                              | 6,62   | 6,27  | 5,77   | 6,33   | 11,11  | 3,15  | 27,80  |
| K    | 30                              | 25,98  | 25,98 | 29,44  | 37,86  | 67,30  | 23,79 | 159,59 |
|      | 40                              | 32,11  | 32,11 | 36,49  | 47,01  | 83,50  | 25,71 | 193,85 |
|      | 50                              | 37,84  | 37,84 | 43,10  | 55,61  | 98,71  | 27,30 | 225,75 |
| Ca   | 30                              | 28,81  | 43,21 | 144,27 | 66,71  | 210,98 | 39,69 | 322,68 |
|      | 40                              | 35,88  | 53,82 | 177,76 | 84,22  | 261,98 | 45,16 | 396,84 |
|      | 50                              | 42,54  | 63,81 | 209,00 | 100,91 | 309,92 | 49,93 | 466,20 |
| Mg   | 30                              | 11,20  | 11,20 | 23,86  | 12,33  | 36,19  | 9,39  | 67,97  |
|      | 40                              | 13,95  | 13,95 | 29,66  | 15,10  | 44,76  | 10,62 | 83,29  |
|      | 50                              | 16,54  | 16,54 | 35,11  | 17,65  | 52,78  | 11,71 | 97,58  |

# Amendoim

Exigência do amendoim **113 a 200 kg.ha<sup>-1</sup>** de Ca

Acúmulo de matéria seca

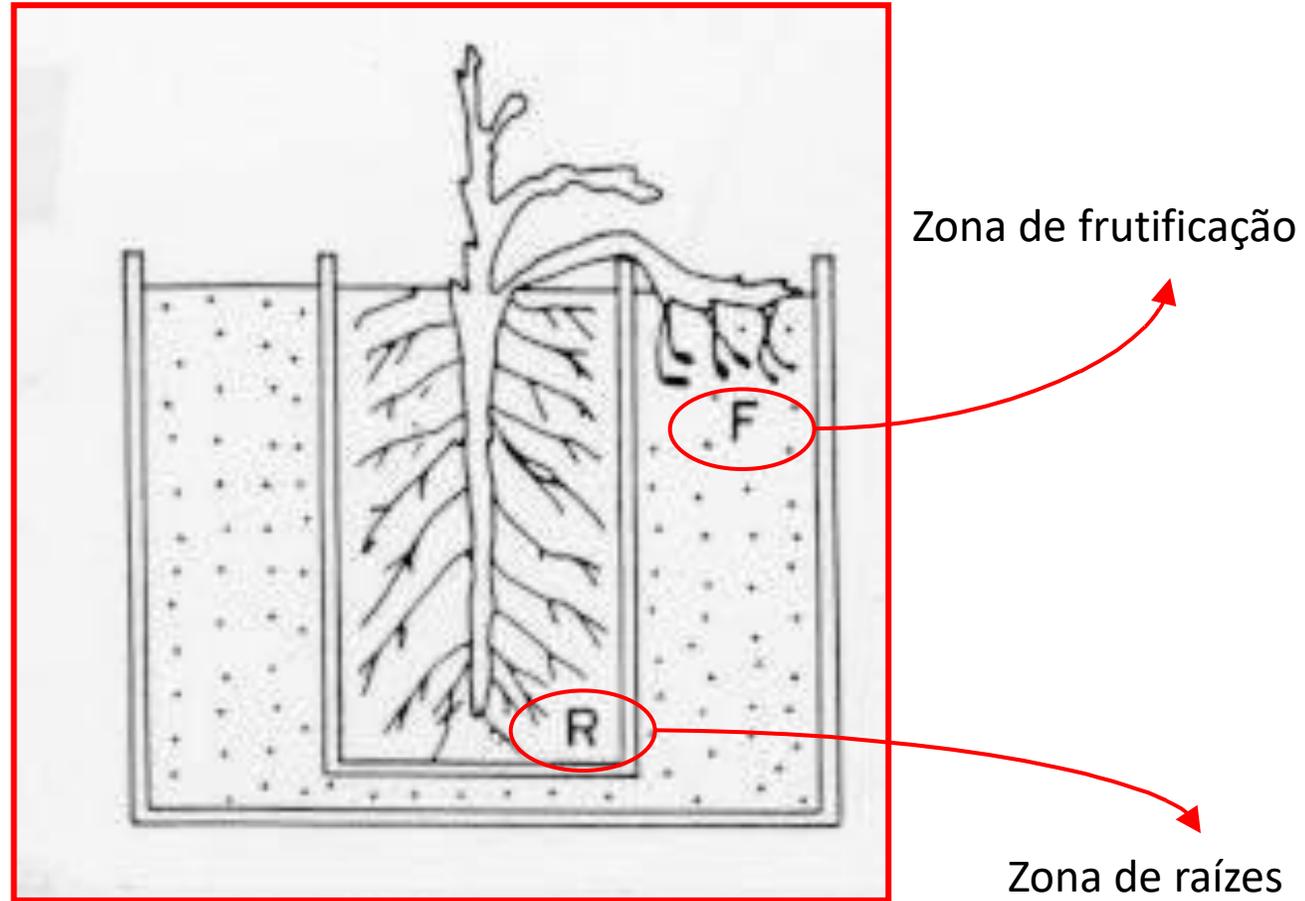


# Amendoim

## Funções do Ca

- Promove casca firme e sadia;
- Diminui vagens chochas;
- Melhor formação dos frutos;
- Maior fertilidade das flores;
- Maior número de ginóforos;
- Maior crescimento radicular;
- “Controla” doenças causadoras de podridões do solo.

# Amendoim



# EMPREGO DO GESSO AGRÍCOLA NO **AMENDOIM**

## Efeito fertilizante

Absorção:

| Partes da planta | Distribuição relativa |      |             |      |
|------------------|-----------------------|------|-------------|------|
|                  | F*                    |      | R*          |      |
|                  | Ca                    | S    | Ca          | S    |
| Folhas           | <b>3,9</b>            | 18,0 | <b>66,0</b> | 30,0 |
| Hastes           | <b>2,9</b>            | 6,4  | <b>17,2</b> | 27,1 |
| Casca            | <b>4,9</b>            | 17,3 | <b>3,0</b>  | 7,1  |
| Vagens           | <b>88,3</b>           | 58,3 | <b>13,6</b> | 35,8 |

\* F= zona de frutificação / R= zona de raízes

# EMPREGO DO GESSO AGRÍCOLA NO **AMENDOIM**

## Efeito do gesso agrícola na produção do amendoim

| Doses de gesso (kg/ha) | Produção (kg/ha) |              |
|------------------------|------------------|--------------|
|                        | Em casca         | Em grãos     |
| 0                      | 1.644            | 1.002        |
| 125                    | 1.712            | 1.122        |
| 250                    | 1.879            | 1.207        |
| <b>500</b>             | <b>1.927</b>     | <b>1.273</b> |

Fonte: Pivetta, 1978.

# EMPREGO DO GESSO AGRÍCOLA NO **AMENDOIM**

Efeito do gesso em amendoim Tatu V-53 em Latossolo textura média de Guariba SP

| Gesso (t/ha) | Grãos (kg/ha) | Sacos/ha | % Aumento |
|--------------|---------------|----------|-----------|
| <b>0</b>     | 3281          | 131      | <b>0</b>  |
| <b>500</b>   | 3510          | 140      | <b>7</b>  |
| <b>1000</b>  | 4114          | 164      | <b>25</b> |
| <b>1500</b>  | 3972          | 159      | <b>21</b> |

Fonte: Cruz & Vitti, 1988.

# EMPREGO DO GESSO AGRÍCOLA NO **AMENDOIM**

Resultados da aplicação de doses crescentes de calcário e gesso na produção de vagens de amendoim (Quaggio et al., 1988).

| Tratamentos  |       | Produções médias    |                |                     | Média dos três cultivos |
|--------------|-------|---------------------|----------------|---------------------|-------------------------|
| Calcário     | Gesso | Das águas (1979/80) | Da seca (1980) | Das águas (1980/81) |                         |
| --- t/ha --- |       | Kg/ha               |                |                     |                         |
| 0            | 0     | 3809                | 1640           | 1067                | 2162                    |
|              | 1L    | 1969                | 1369           | 1579                | 2305                    |
|              | 1C    | 1619                | 1499           | 2017                | 2378                    |
|              | 2L    | 4249                | 1304           | 1750                | 2434                    |
|              | 2C    | 3864                | 1511           | 1737                | 2370                    |
| 1,5          | 0     | 4185                | 1800           | 1750                | 2578                    |
|              | 1L    | 3862                | 1302           | 1612                | 2258                    |
|              | 1C    | 3986                | 1608           | 2008                | 2534                    |
|              | 2L    | 4339                | 1599           | 2062                | 2969                    |
|              | 2C    | 3708                | 1771           | 1975                | 2484                    |

L = aplicação a lanço; C = aplicação em cobertura

Aumento de 1,0 t de grãos/ha com adição de 1t de gesso/ha

# Amendoim

Usina Amália



# Amendoim



# Amendoim



# Amendoim



## Amendoim

Recomendações:

500 kg.ha (Localizado)

1000 kg.ha (Área total)

Época:

Dose total no início do florescimento

# Amendoim



**Época de aplicação: florescimento**

## Amendoim aos 42 dias após o plantio



Controle

1 t ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola + 500 g ha<sup>-1</sup> de B

# OUTRAS FONTES DE CÁLCIO

## Fontes de Cálcio

### a) Gesso Agrícola

- Usos:**
- Fontes de S: 15% S
  - Fontes de Ca\*: 26% CaO
  - Condicionador do solo
  - Corretivo de solos sódicos

\* **Fonte de Ca:** A melhor fonte é o calcário. Usar gesso quando a relação Ca: Mg do solo for baixa  $i, e., < 2,0:1,0$ .

**Lembrar sempre que:**

1,0 t gesso aumenta em  $5,0 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$  de Ca do solo

## b) Outras Fontes de Ca

### Aubos Fosfatados

% CaO

- **SPS** **20**
- **SPT** **10**
- **Termofosfato** **30**

### Aubos Nitrogenados

% CaO

- **Nitrato de Cálcio (Calcário +  $\text{HNO}_3$ )** **26**
- **Nitrocalcio (Calcário +  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )** **10**

Prof. Dr. Godofredo Cesar Vitti

[gcvitti@usp.br](mailto:gcvitti@usp.br)

[gape@usp.br](mailto:gape@usp.br)

Tel: (19) 3417-2108

Ms. Eduardo Sgarbiero

[sgarbiero@vittagro.agr.br](mailto:sgarbiero@vittagro.agr.br)



**“O HOMEM COME PLANTA, OU PLANTA TRANSFORMADA (ANIMAL), E SOMENTE ALIMENTANDO A PLANTA, SERÁ POSSÍVEL ALIMENTAR O HOMEM, BEM COMO PRODUZIR FIBRAS E ENERGIA”**