



**Sociedade Brasileira de  
Ciência do Solo**  
**Núcleo Regional Centro-Oeste**



**16 a 20  
outubro  
2016**

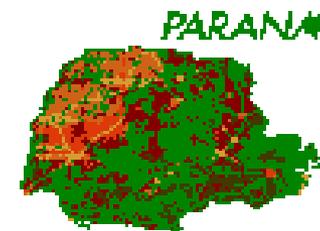
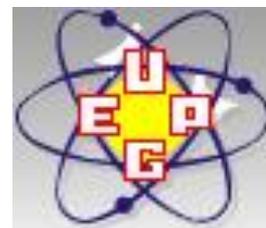
Centro de  
Convenções de  
GOIÂNIA - GO

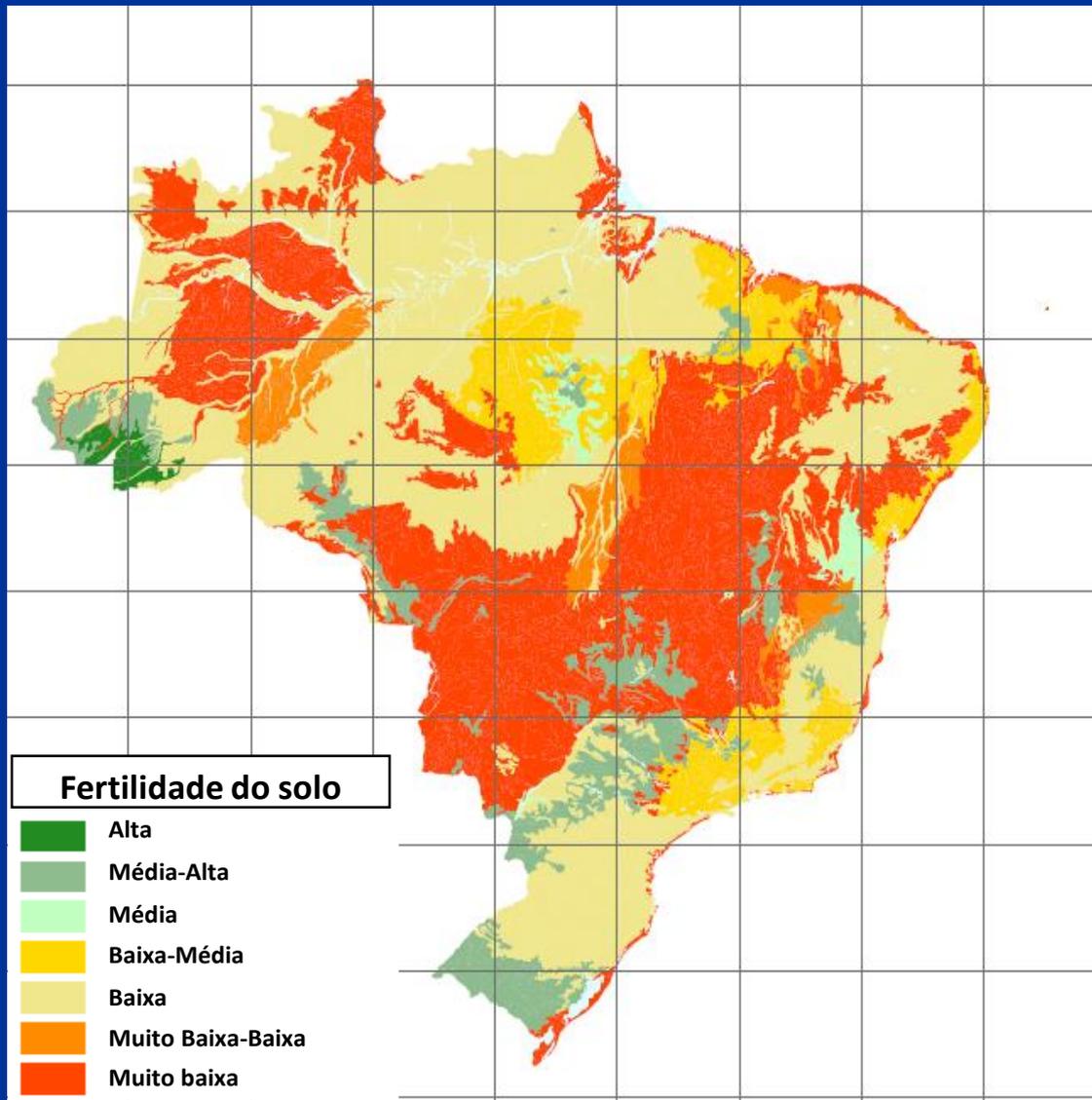
## *Gargalos Tecnológicos para Produção Agrícola*

# Construção de Perfil do Solo

**Eduardo Fávero Caires**

**Universidade Estadual de Ponta Grossa**





**Mapa de fertilidade dos solos do Brasil**

FONTE: Embrapa (1980)

**Solos com Fertilidade Baixa ou Muito Baixa**

**Acidez Excessiva**

**Teor tóxico de Al  
Deficiência de Ca**

**Avanço da Agricultura Cerrado**

**Área cultivada – grãos  
58 milhões ha  
210 milhões ton grãos**

**Sistema Plantio Direto  
60% da área de grãos**

Maior sustentabilidade da agricultura em regiões tropicais e subtropicais

# Crescimento de Raízes

Clima

Planta

Solo

Água

Acidez

Deficiência Hídrica

+

Deficiência de Cálcio  
Excesso de Alumínio

**COMPROMETE SEVERAMENTE O CRESCIMENTO DAS RAÍZES**

# A Acidez do Solo e o Crescimento do Sistema Radicular das Plantas



AS RAÍZES NÃO SE DESENVOLVEM BEM EM SOLOS ÁCIDOS

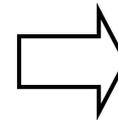
## **Falta de Ca**

Severas restrições ao crescimento radicular

## **Excesso de Al**

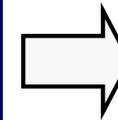
As raízes se tornam mais lentas em alongar, engrossam e não se ramificam normalmente. Prejudica a absorção de N, P, Ca e Mg pelas plantas

**Comprimento do Sistema Radicular**



**IMPORTANTE**

**Distribuição do Sistema Radicular**

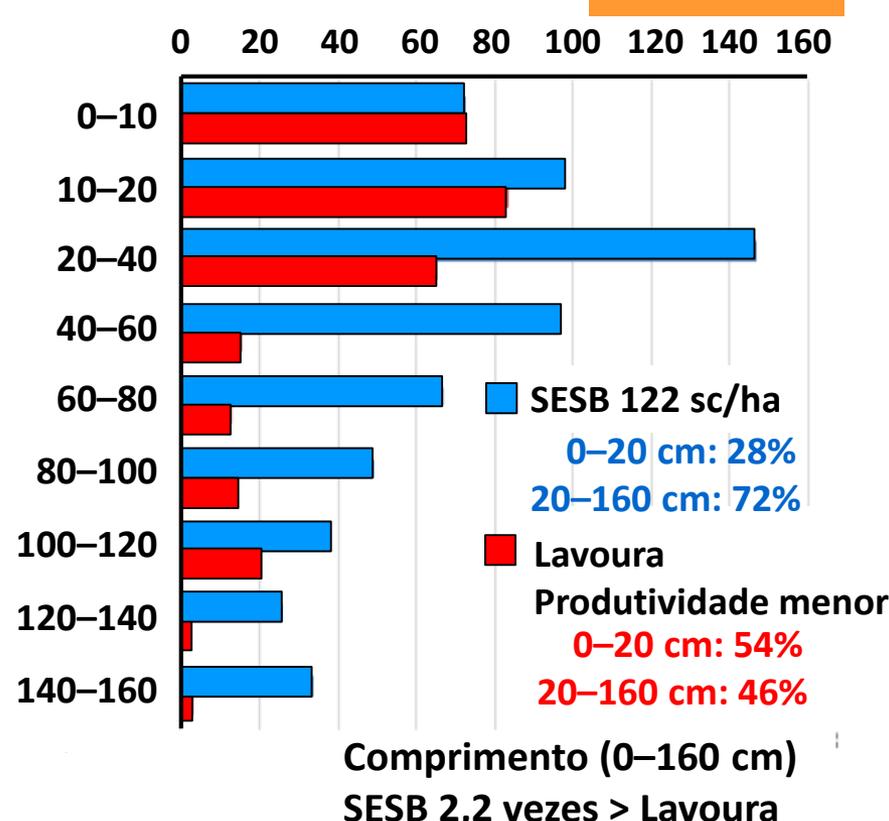
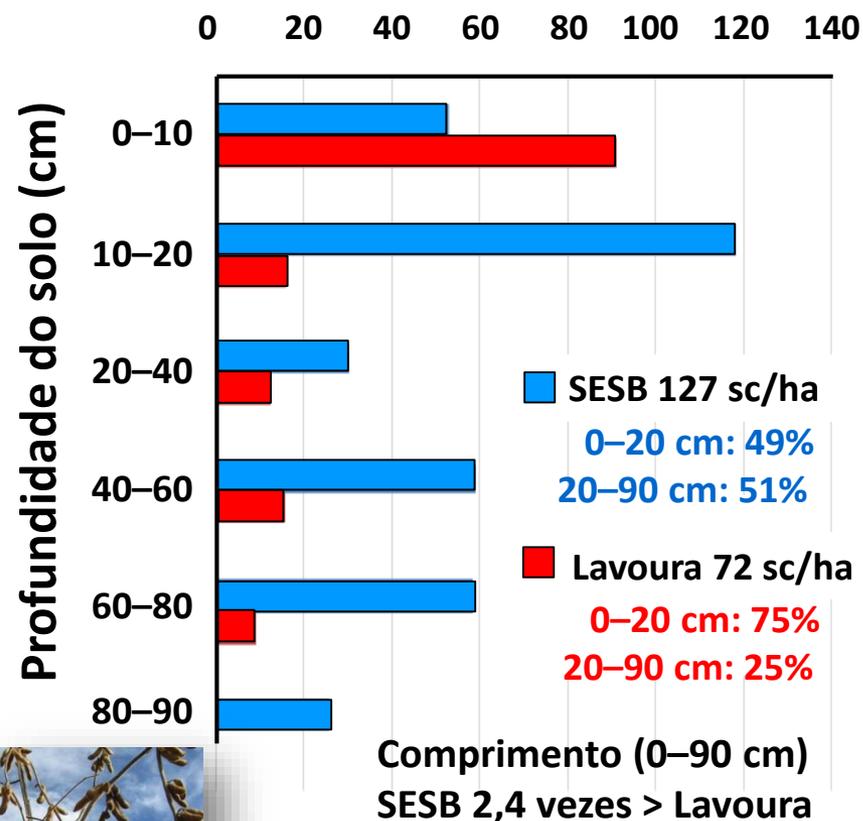


**FUNDAMENTAL**

# Importância da Formação de Perfil de Solo no Rendimento das Culturas

**RAÍZES**

Comprimento radicular (cm camada<sup>-1</sup>)



**SOJA (Ponta Porã – MS)**

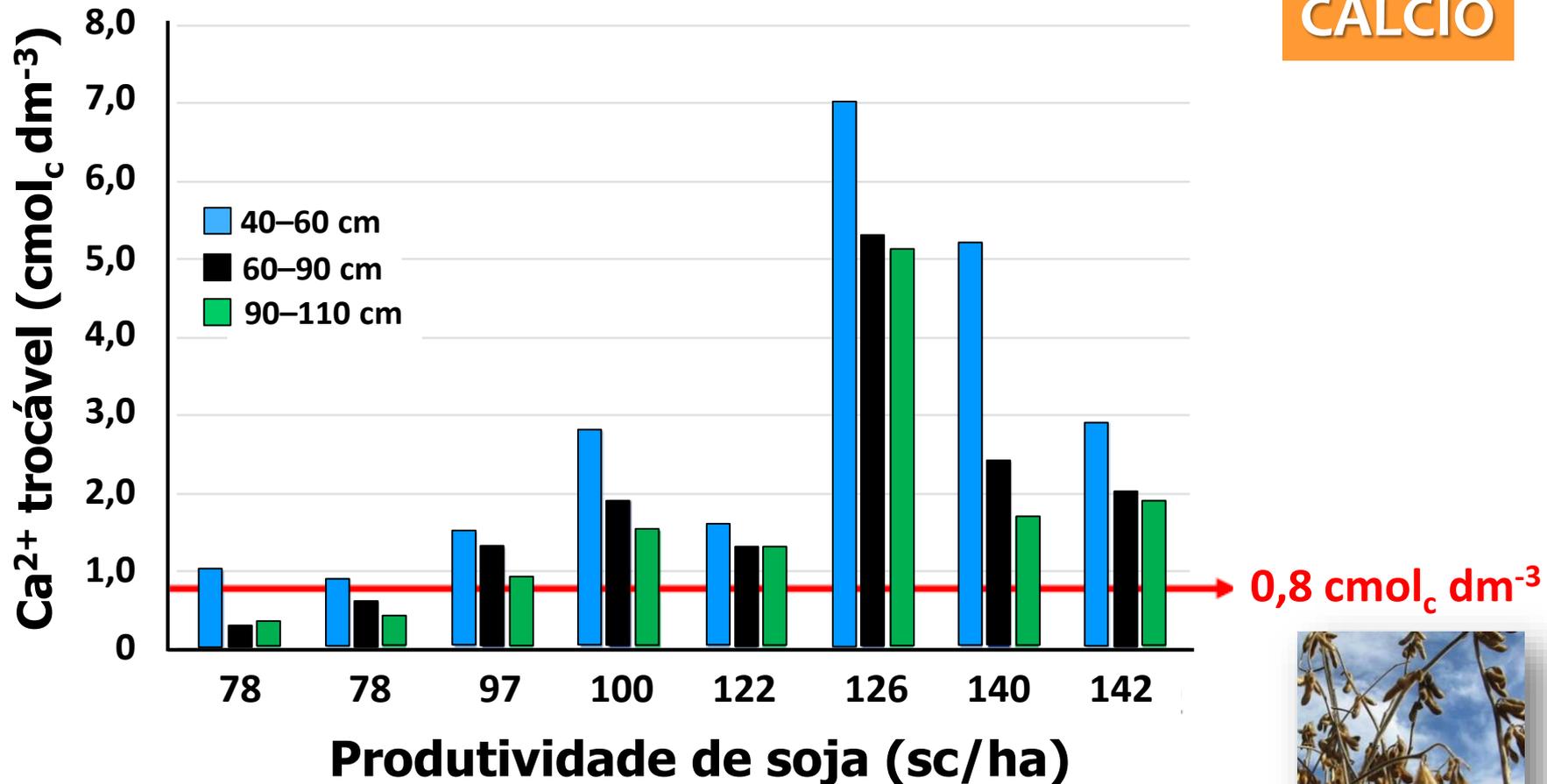
**SOJA (Capão Bonito – SP)**

FONTE: Adaptado de Sako et al. (2015) – CESB (Boletim Técnico 1)



# Importância da Formação de Perfil de Solo no Rendimento das Culturas

CÁLCIO



FONTE: Adaptado de Sako et al. (2015) – CESB (Boletim Técnico 1)

# Correção do Perfil do Solo para o Adequado Crescimento Radicular

## CALAGEM



**Melhoria das condições químicas nas camadas superficiais do solo**

Antes da Adoção do Sistema Plantio Direto

Incorporação Mecânica do Corretivo na Camada Arável

Sistema Plantio Direto Estabelecido

Aplicação Superficial do Corretivo sem Incorporação

## GESSO



**Melhoria das condições químicas nas camadas do subsolo**

Redução da toxicidade por Al  
Aumento do teor de Ca

# Sistema Plantio Direto

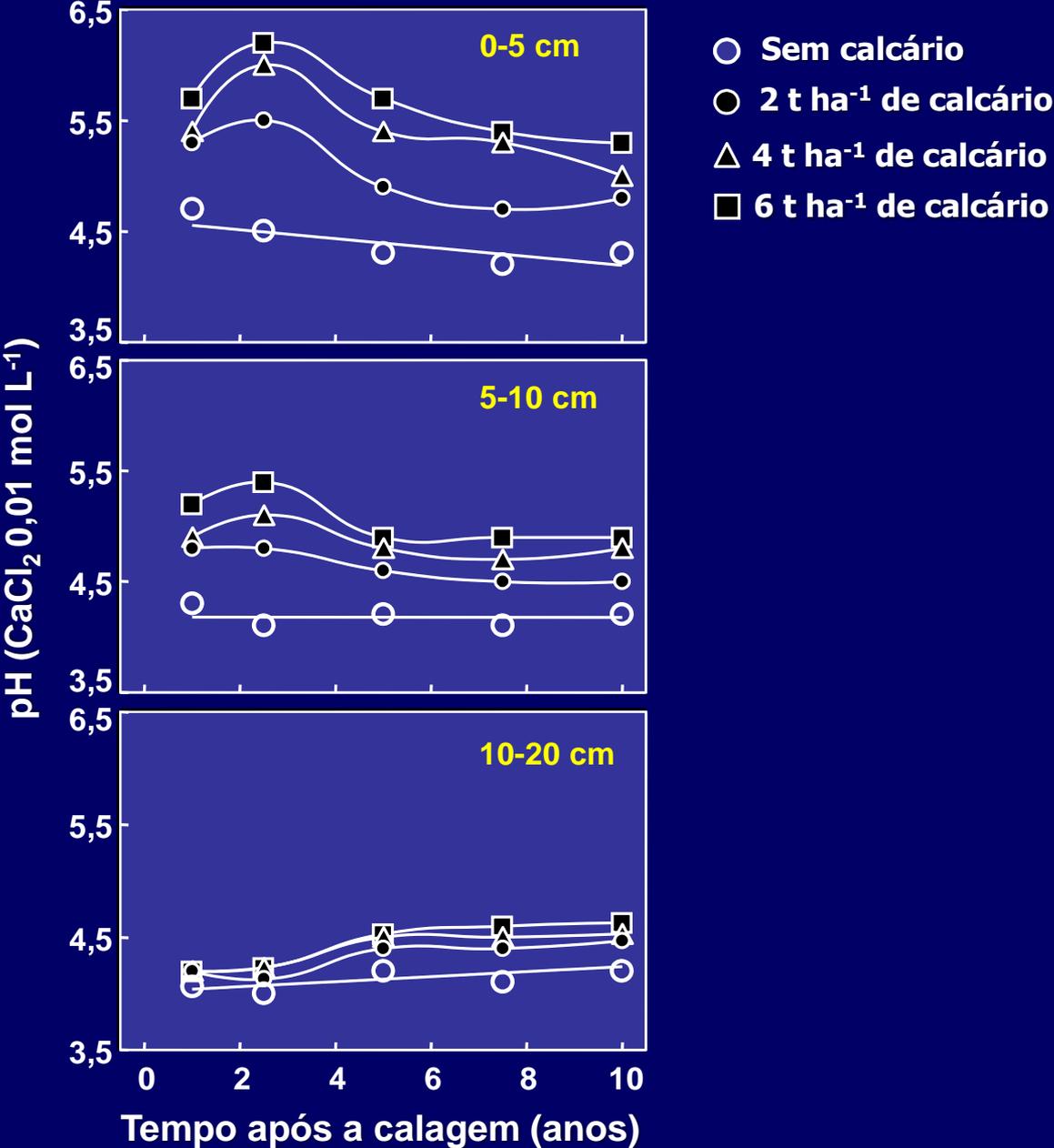


Produção de palha sobre a superfície com plantas de cobertura e rotação de culturas

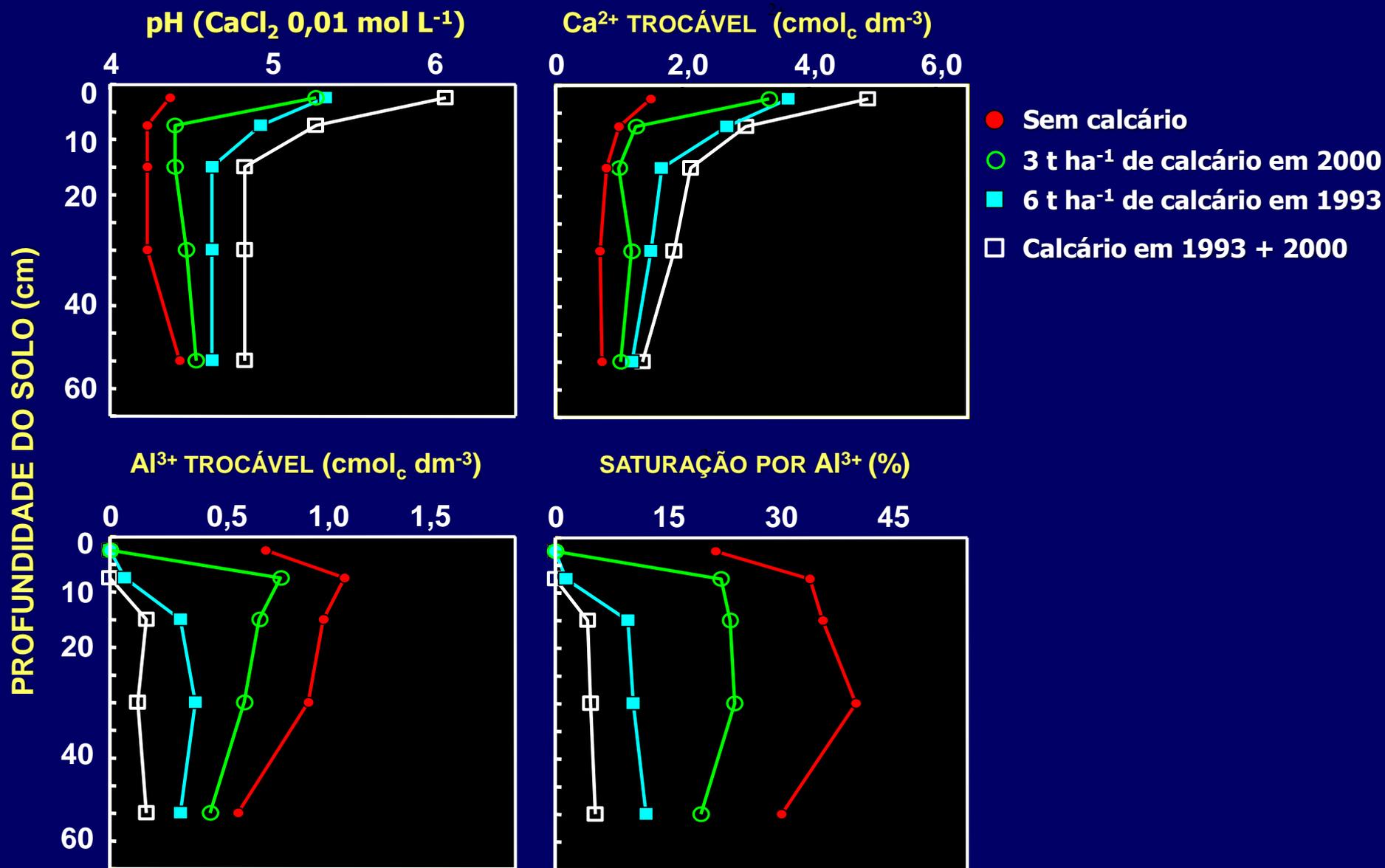


Base de sustentação do sistema

# Sistema Plantio Direto Estabelecido



FONTE: Caires et al. (2005) - Agronomy Journal



Acidez ativa, Ca<sup>2+</sup> trocável, Al<sup>3+</sup> trocável e saturação por alumínio no perfil do solo. Calcário aplicado na superfície em sistema plantio direto. Solo amostrado em 2003.

# Mecanismos Envolvidos na Correção da Acidez do Subsolo pela Calagem Superficial

- ❑ **Formação e migração de  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  e  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$**
- ❑ **Deslocamento mecânico de partículas de calcário (canais de raízes mortas - intactos - ausência de preparo)**
- ❑ **Adição de calcário e fertilizantes nitrogenados**
- ❑ **Manejo de resíduos orgânicos**

**$\text{ML}^0$  ou  $\text{ML}^-$  (M = Ca ou Mg) → mobilidade no solo**

**Subsolo: M - complexos orgânicos é deslocado pelo  $\text{Al}^{3+}$ :  
complexos mais estáveis → redução acidez trocável**

# Necessidade de Calagem para Aplicação em Superfície

Amostragem de solo: 0–20 cm

Calcular a dose de calcário pelo método da elevação da saturação por bases para 70%:

$$\text{NC (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{(70 - V) \times \text{CTC}_{\text{pH}7,0} \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}\text{)}}{\text{PRNT}}$$

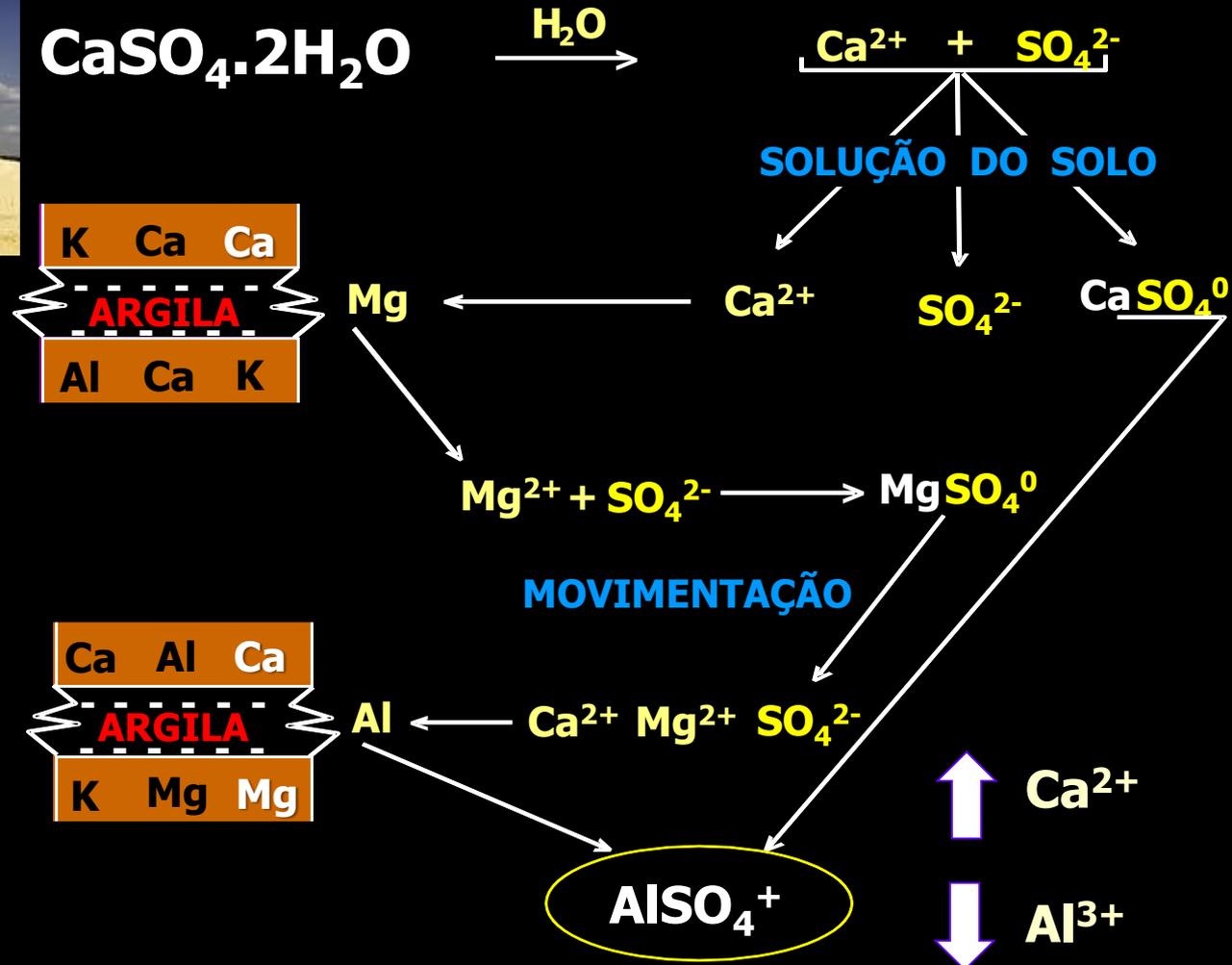
Distribuir a dose de calcário calculada sobre a superfície do solo em uma única aplicação ou de forma parcelada durante até 3 anos

Reaplicar calcário na superfície quando o solo apresentar saturação por bases ( $V$ ) < 60% na camada de 0–10 cm

# Mecanismos de Ação do Gesso



Gesso Agrícola



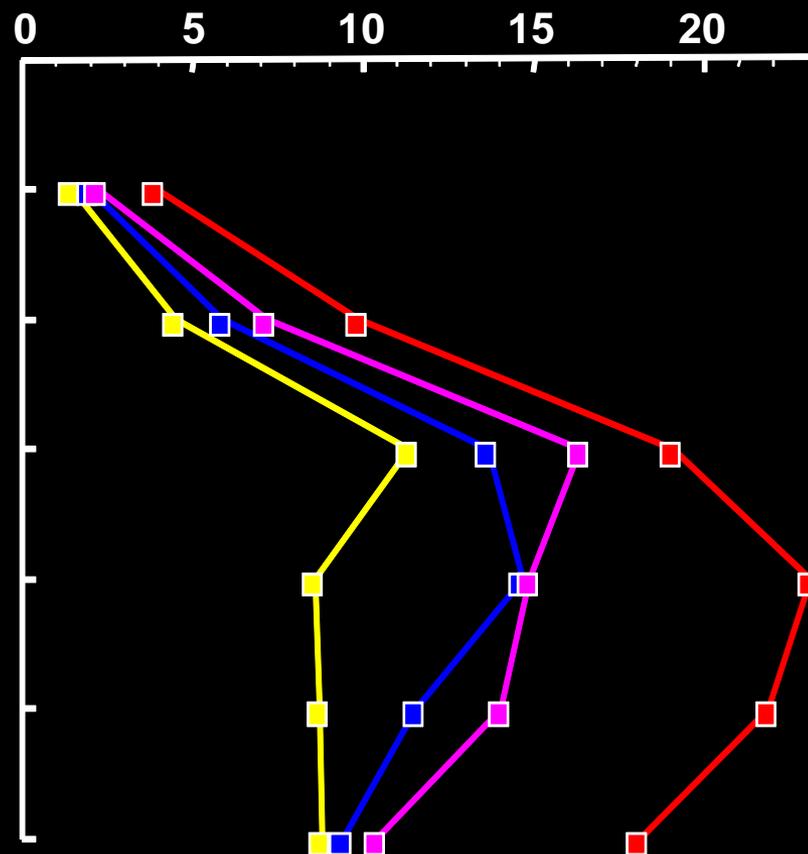
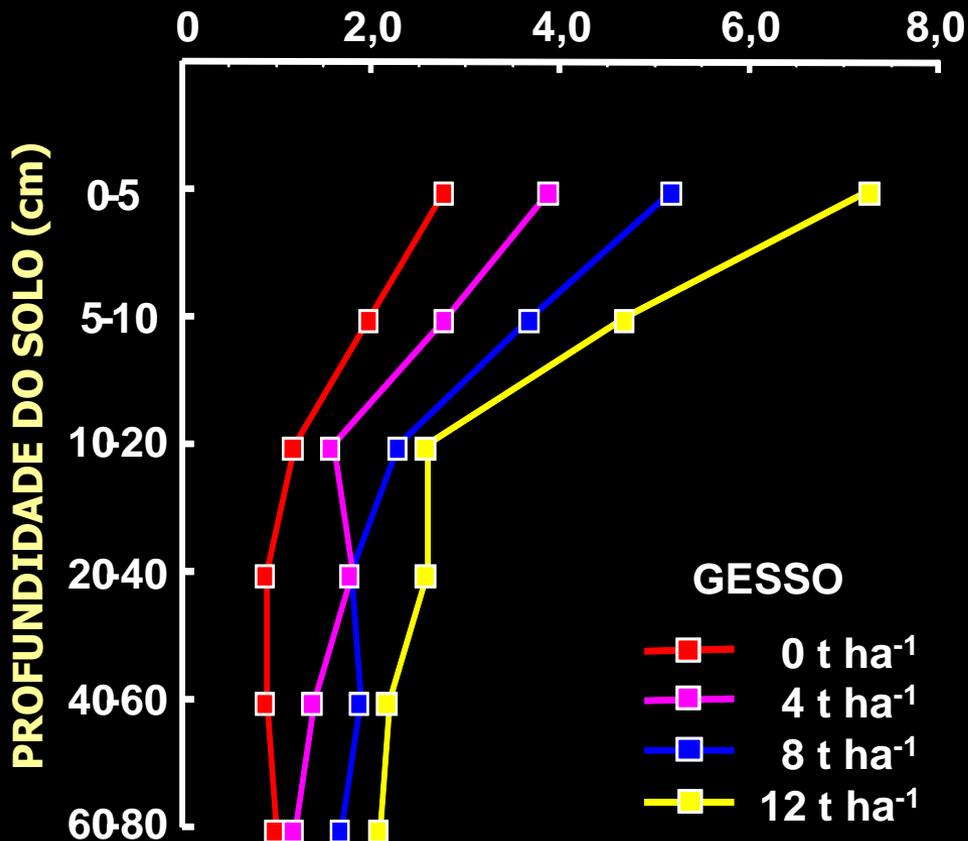
# Efeito de superfosfato triplo (ST) e superfosfato simples (SS) em atributos químicos no perfil do solo e no aprofundamento do sistema radicular do milho em um Latossolo no Cerrado

Profundidade do solo (cm)	pH		Ca + Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )		Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )		Saturação por Al (%)		Presença de raízes	
	ST	SS	ST	SS	ST	SS	ST	SS	ST	SS
0–15	5,4	5,1	3,4	1,9	0,03	0,31	1	14	Sim	Sim
15–30	5,0	4,7	2,1	1,3	0,29	0,56	12	30	Sim	Sim
30–45	4,6	4,7	0,8	1,4	0,71	0,37	47	21	Sim	Sim
45–60	4,1	4,8	0,5	1,5	0,78	0,20	61	12	Não	Sim
60–75	4,0	4,5	0,4	1,1	0,65	0,23	62	17	Não	Sim
75–90	4,2	4,6	0,2	0,8	0,54	0,18	73	18	Não	Sim
90–105	4,2	4,3	0,1	0,5	0,40	0,14	80	22	Não	Sim
105–120	4,2	4,4	0,1	0,5	0,28	0,04	74	8	Não	Sim

FONTE: Ritchey et al. (1980) – Agronomy Journal

**Ca<sup>2+</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)**

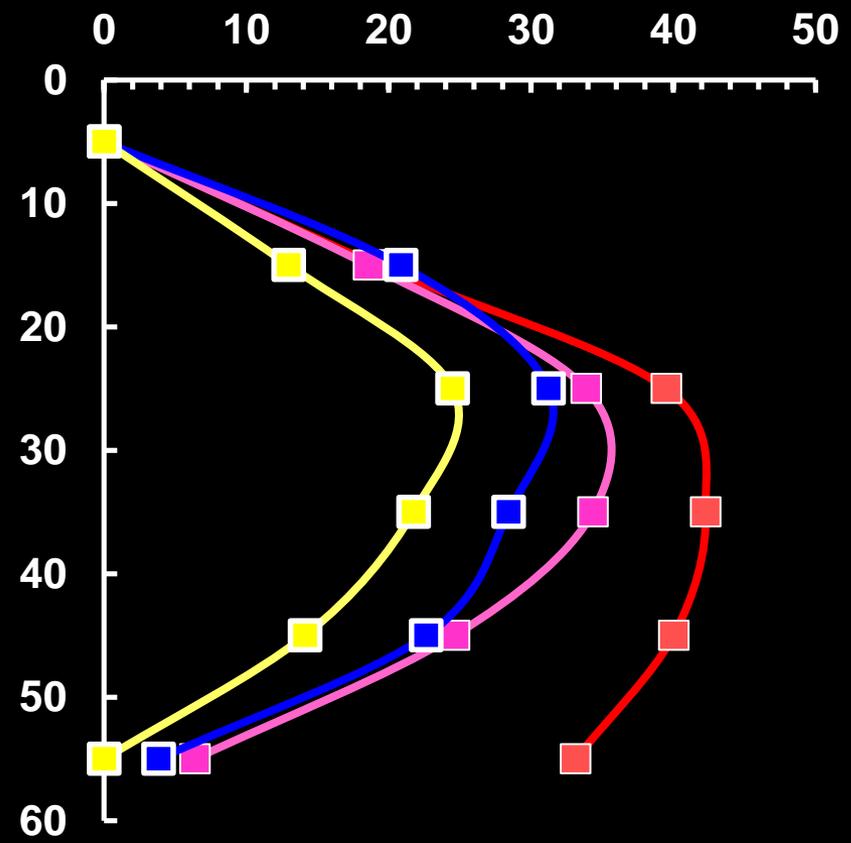
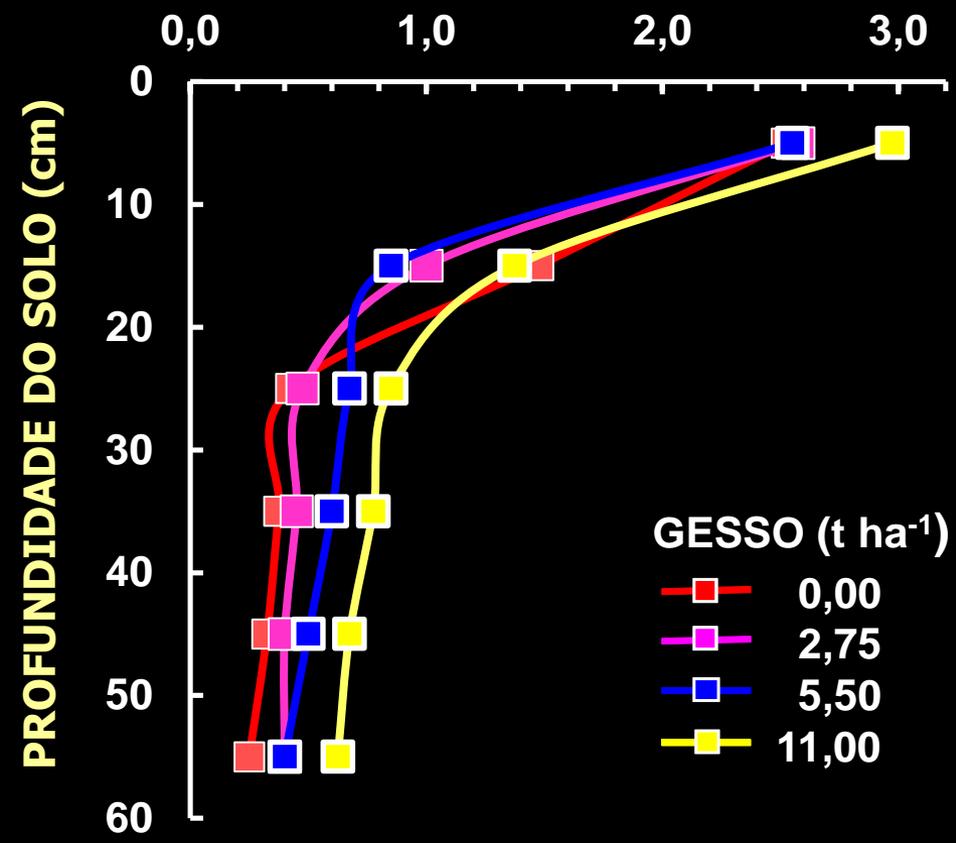
**SATURAÇÃO POR Al<sup>3+</sup> (%)**



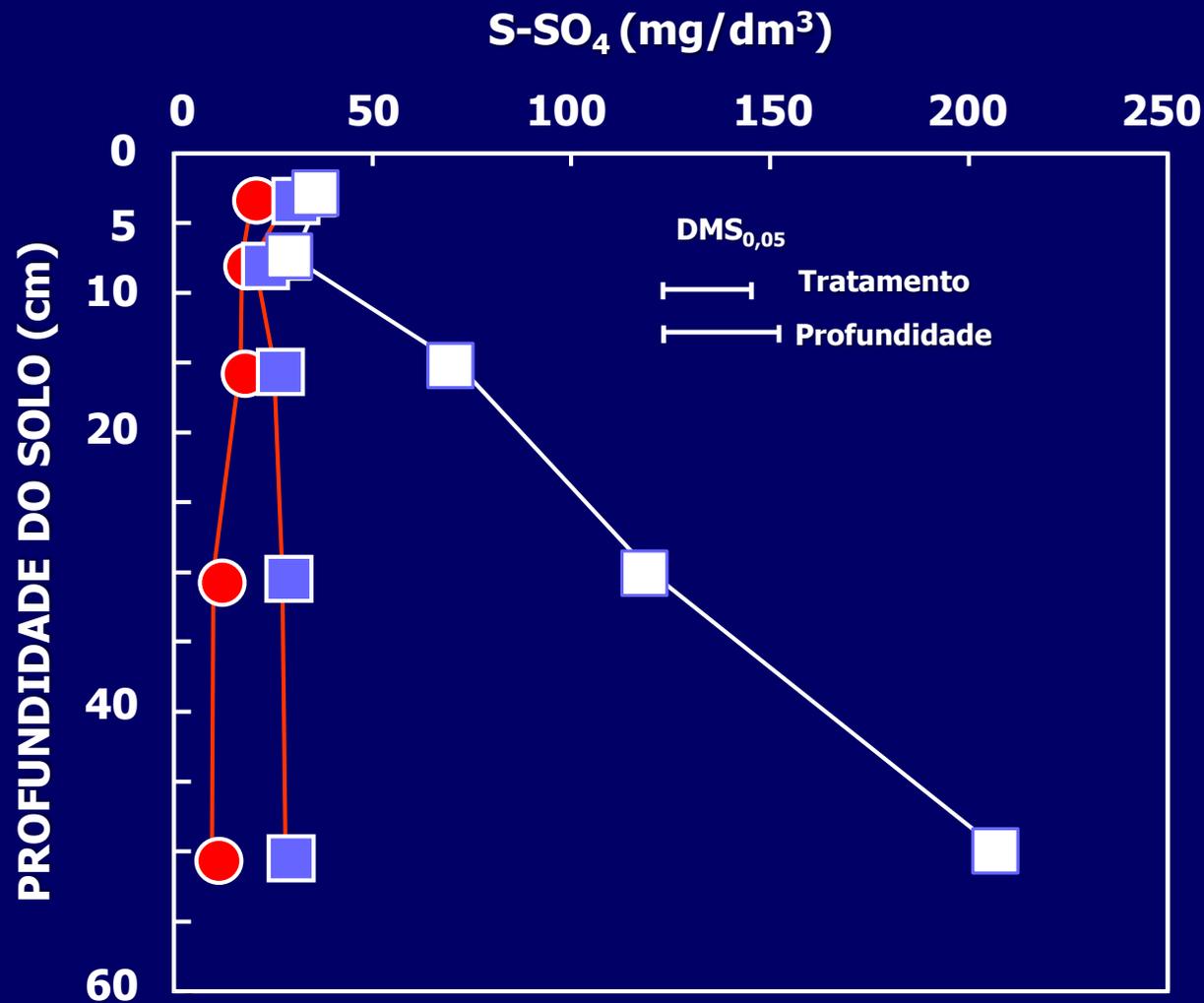
Efeito da aplicação de gesso, após 14 meses, sobre o teor de Ca<sup>2+</sup> trocável e a saturação por Al<sup>3+</sup> de um LV textura média manejado em plantio direto.

**Ca<sup>2+</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)**

**SATURAÇÃO POR Al<sup>3+</sup> (%)**



Efeito da aplicação de gesso, após 24 meses, sobre o Ca<sup>2+</sup> trocável e a saturação por Al<sup>3+</sup> de um LVA textura argilosa sob plantio direto no Cerrado.



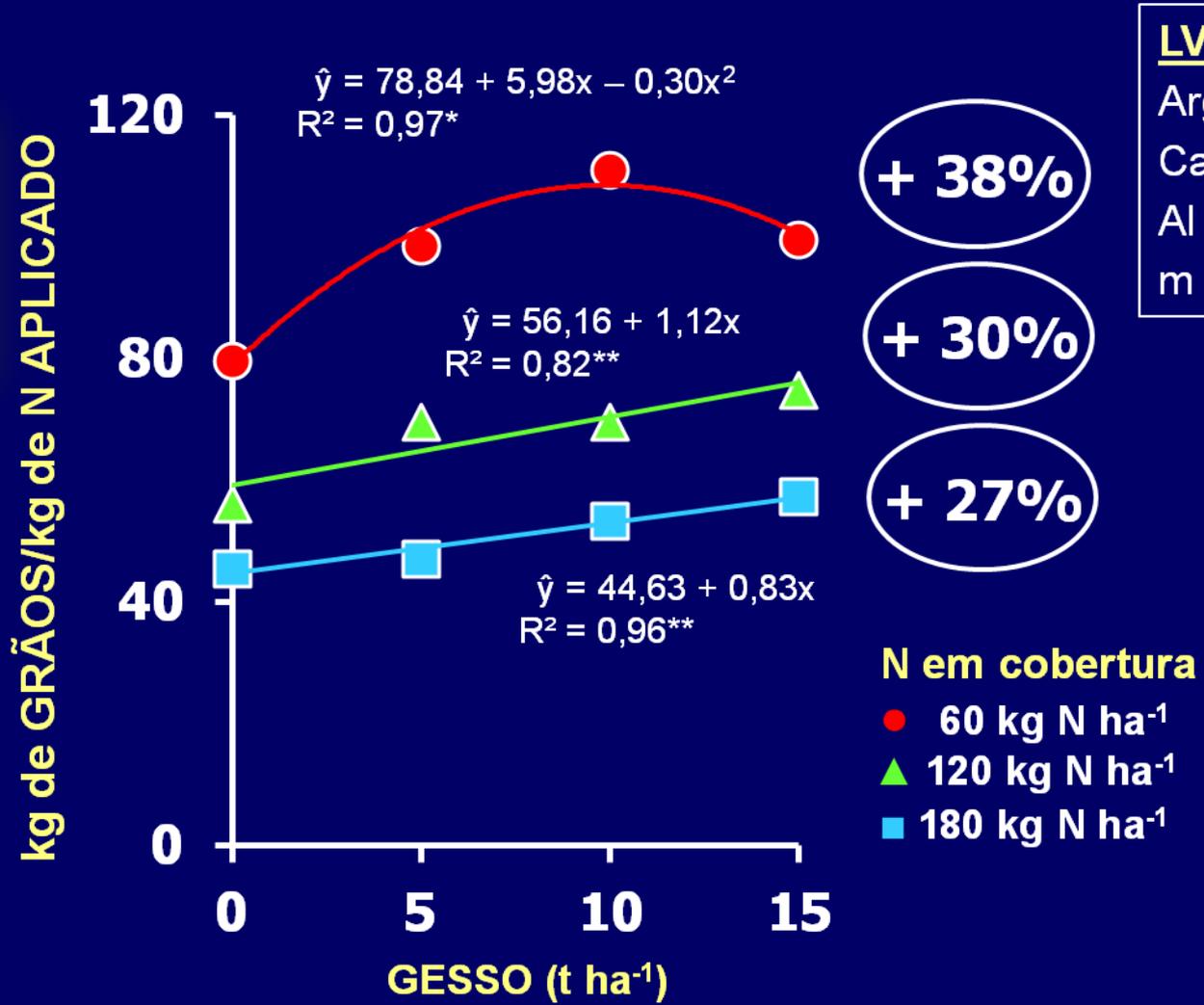
Teor de S-SO<sub>4</sub> no perfil do solo nos tratamentos sem gesso em 1999 (●) e 2006 (□) e após aplicação de gesso (9 t ha<sup>-1</sup>, ■) em plantio direto. Gesso aplicado em 1998 e solo amostrado em 2006. Barras horizontais representam a DMS (teste de Tukey a 5%).

# FATOR PARCIAL DE PRODUTIVIDADE DE N DA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE GESSO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO

Gesso: 2009



2009/10



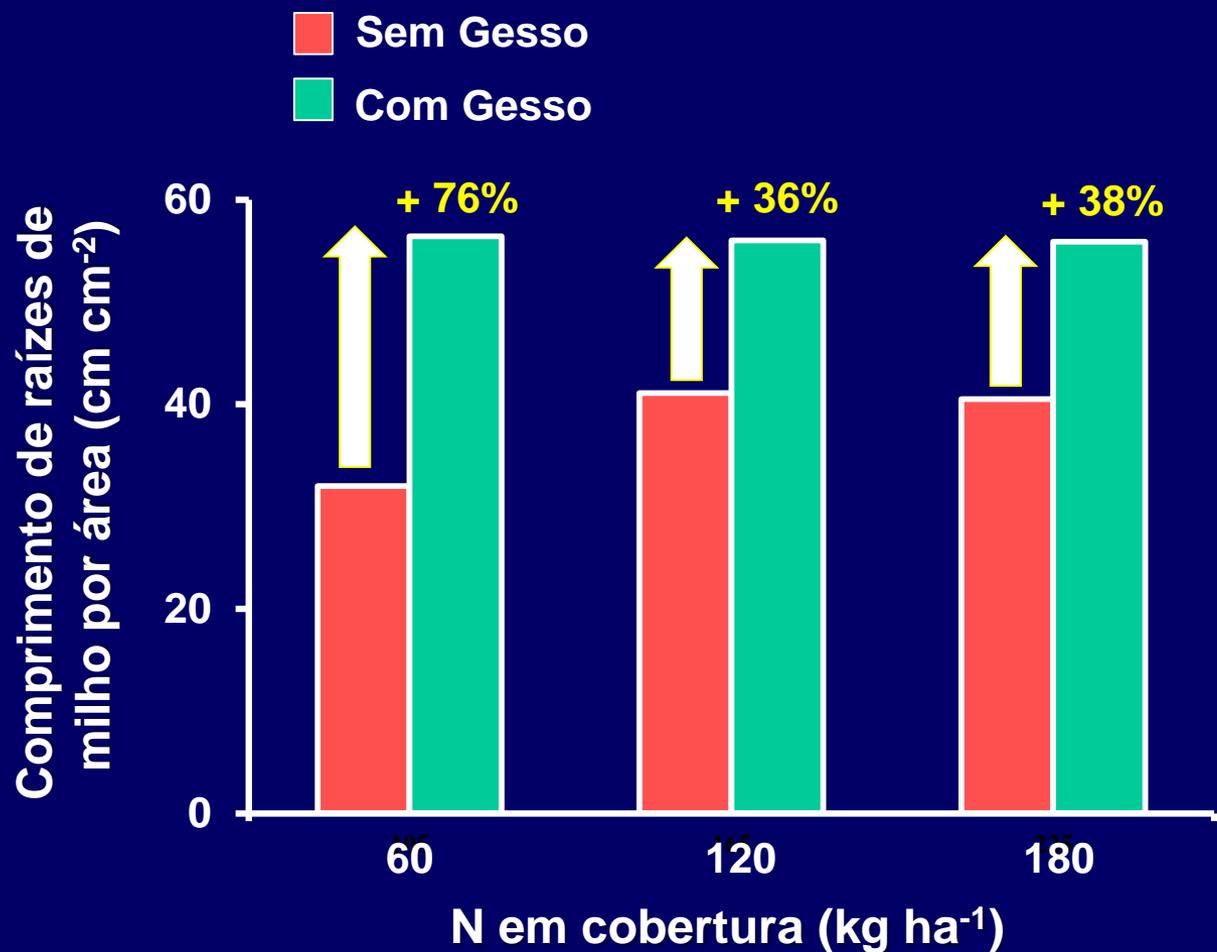
**LV (40–60 cm)**

Argila = 76%

Ca = 1,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>

Al = 1,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>

m = 39%



Comprimento de raízes de milho por área, até a profundidade de 60 cm, em função da aplicação de gesso, considerando as doses de 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura.

# Crescimento radicular do milho até 50 cm aos 40 dias após a emergência

**SEM GESSO**

**COM GESSO**

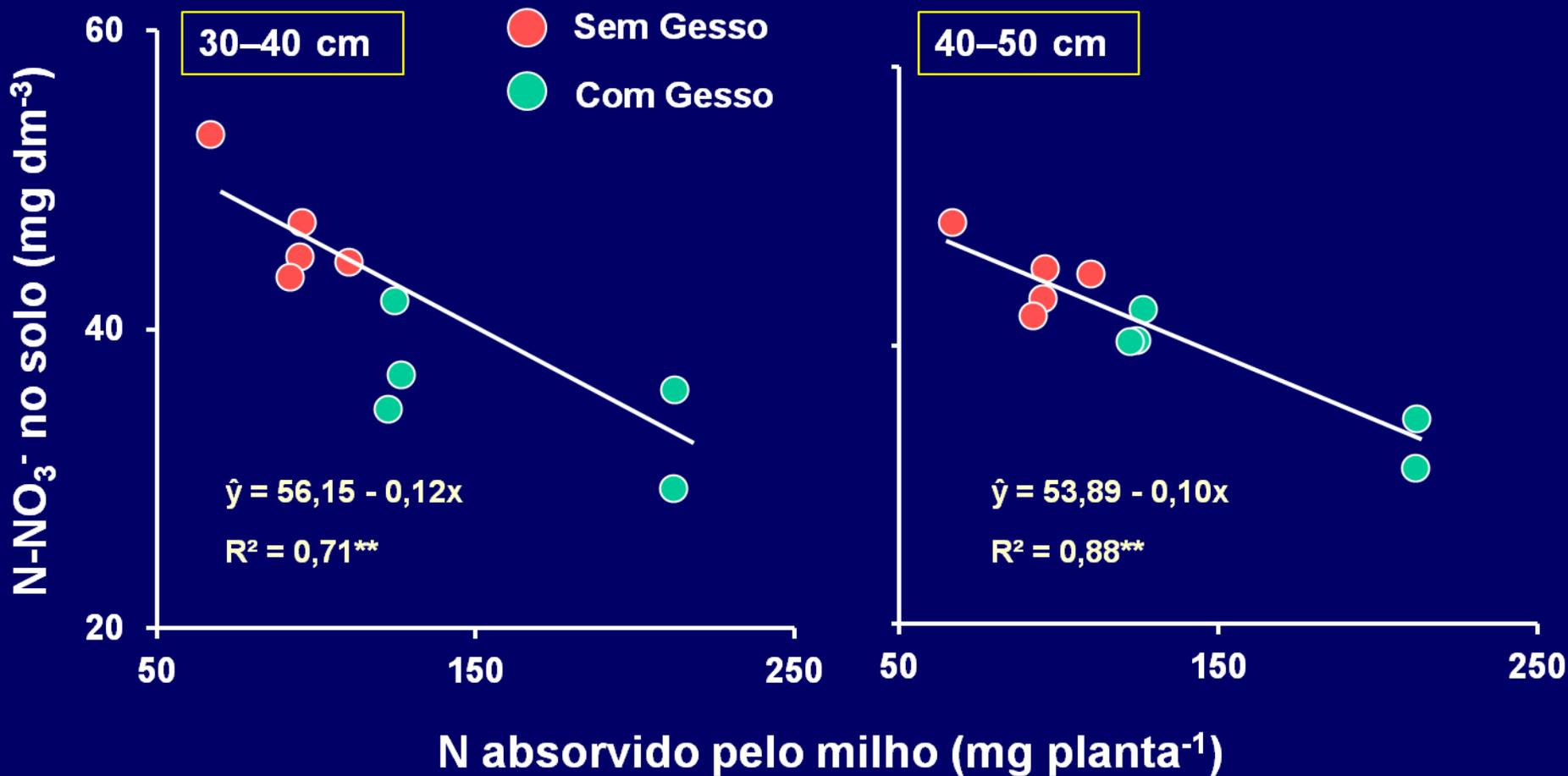


**Sem N em cobertura**

**180 kg N ha<sup>-1</sup>**

**Sem N em cobertura**

**180 kg N ha<sup>-1</sup>**



Relações entre o teor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo, nas profundidades de 30–40 cm e 40–50 cm, e a quantidade de N absorvida pela parte aérea do milho. \*\* P < 0,01.

- Calcário Incorporado
- Calcário na Superfície

Estoque de C no solo  
Tratamento Controle  
(2013)

164,6  
t ha<sup>-1</sup>

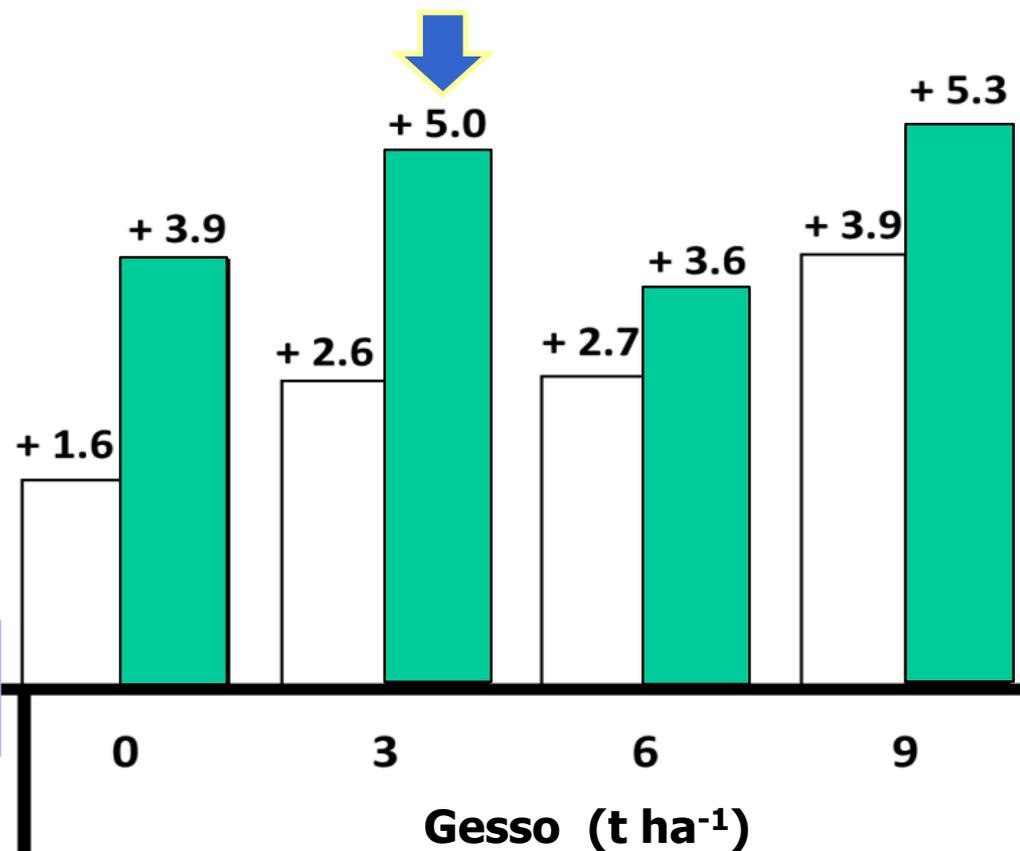


+ 6,2  
t ha<sup>-1</sup>

Estoque de C no solo  
Início do Experimento  
(1998)

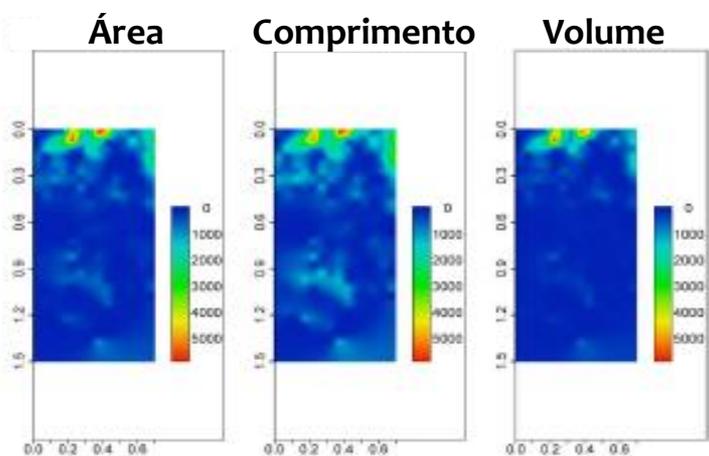
158,4  
t ha<sup>-1</sup>

Ganho de C no solo (t ha<sup>-1</sup>)

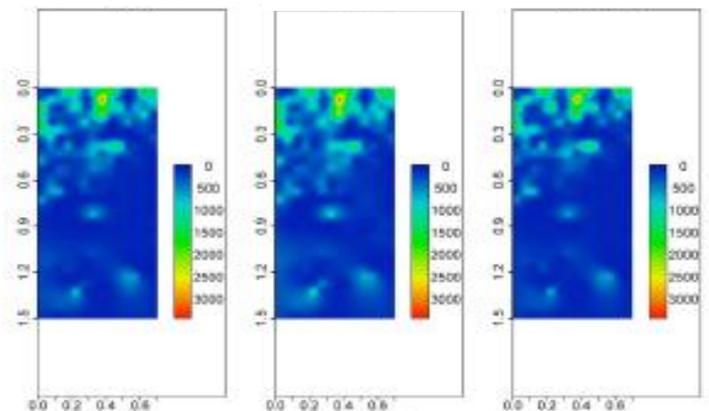


Estoque de C-orgânico no solo (0–60 cm) no início do experimento (1998), após 15 anos no tratamento controle (2013) e os ganhos de C-orgânico no solo de acordo com os tratamentos de calagem e gesso.

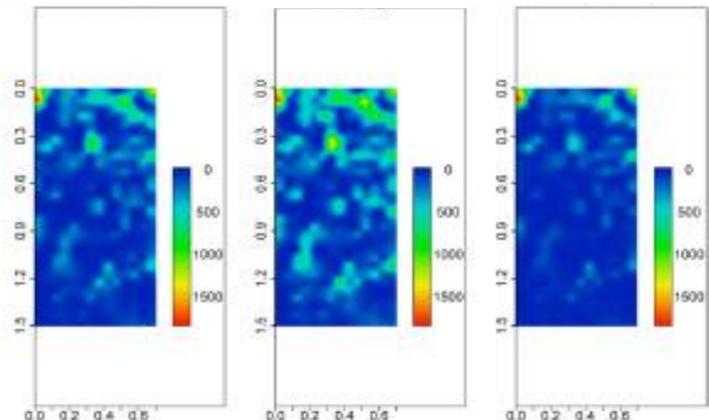
Sem Gesso



Gesso:  
7 t ha<sup>-1</sup>



Gesso:  
28 t ha<sup>-1</sup>



# Mapas de distribuição espacial do sistema radicular do CAFÉ em manejo conservacionista



Área de superfície (mm<sup>2</sup>)  
Comprimento radicular: mm  
Volume radicular (mm<sup>3</sup>)

Os mapas referem-se à dimensão de 0,70 m de largura × 1,5 m de profundidade, com a planta de café localizada no centro.

## Gesso

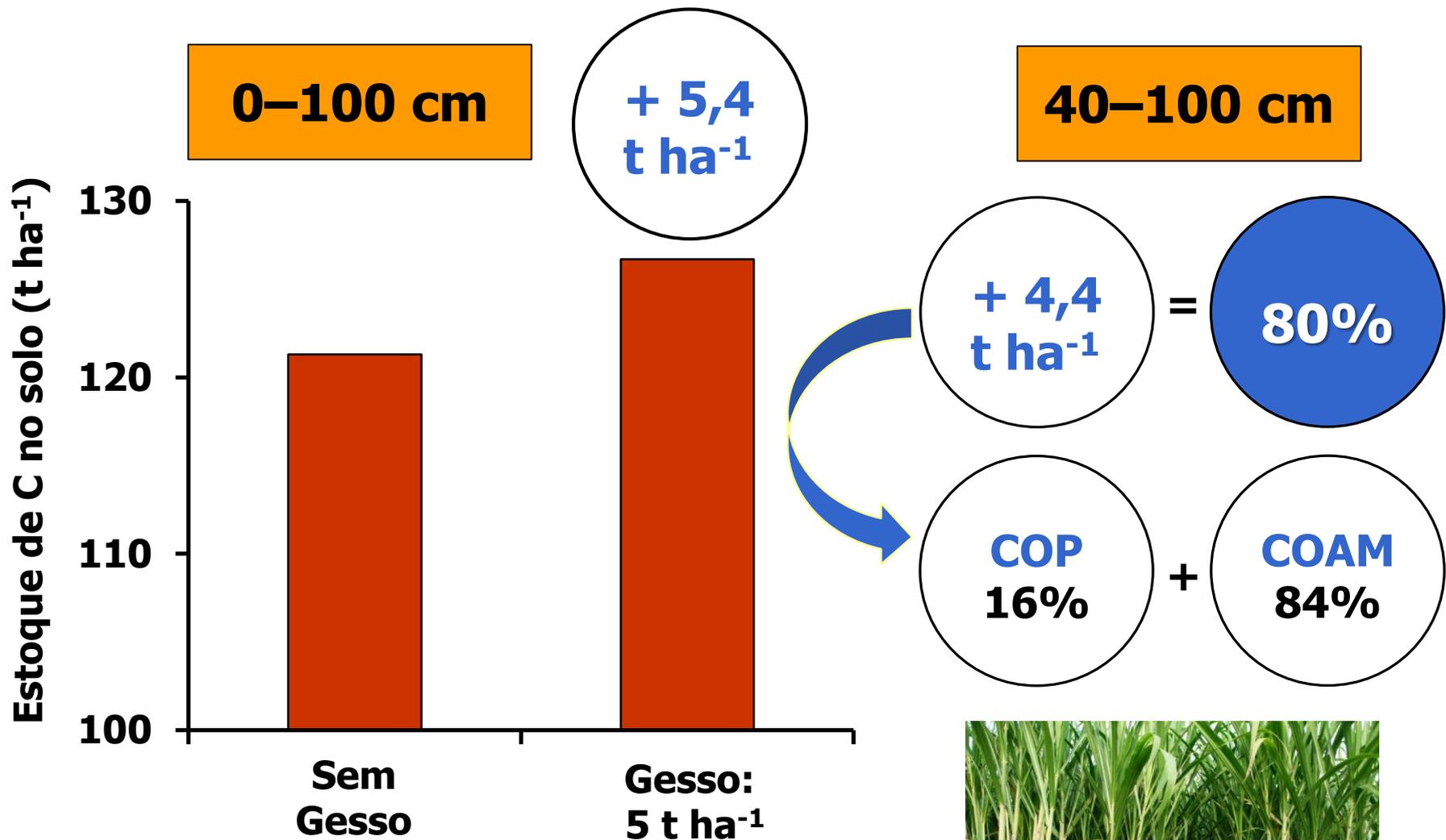
Melhoria na distribuição espacial do sistema radicular, com desenvolvimento de raízes finas eficientes na absorção de água

Melhoria na organização estrutural do perfil do solo, especialmente na profundidade de 20–34 cm

## Cálcio

Melhoria na distribuição do volume de poros

Melhoria na estabilidade de agregados: floculante das partículas de argila



Estoque de C total no solo (0–100 cm) após quatro cortes de cana-de-açúcar (cana planta e três socas) em resposta à aplicação de gesso.



**CANA-DE-AÇÚCAR**

# Métodos de Recomendação de Gesso

## Métodos de Recomendação em Uso no Brasil: CO e SE

**Camada diagnóstica: 20–40 ou 30–50 cm**

**$\text{Ca} \leq 0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (Raij et al., 1996; Ribeiro et al., 1999)**

**$\text{Ca} \leq 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (Sousa & Lobato, 2002)**

**$\text{Al} \geq 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (Ribeiro et al., 1999)**

**Saturação por Al (m)  $\geq 20\%$  (Sousa & Lobato, 2002)**

**Saturação por Al (m)  $\geq 30\%$  (Ribeiro et al., 1999)**

**Saturação por Al (m)  $\geq 40\%$  (Raij et al., 1996)**

## Teor de Argila

**$\text{NG (kg ha}^{-1}\text{)} = 50 \times \text{Argila (\%)} \rightarrow \text{Sousa \& Lobato (2002)}$**

**$\text{NG (kg ha}^{-1}\text{)} = 60 \times \text{Argila (\%)} \rightarrow \text{Raij et al. (1996)}$**

# Métodos de Recomendação de Gesso

## Método de Recomendação Proposto: Sul do Brasil Caires & Guimarães (2016)

Camada diagnóstica: 20–40 cm

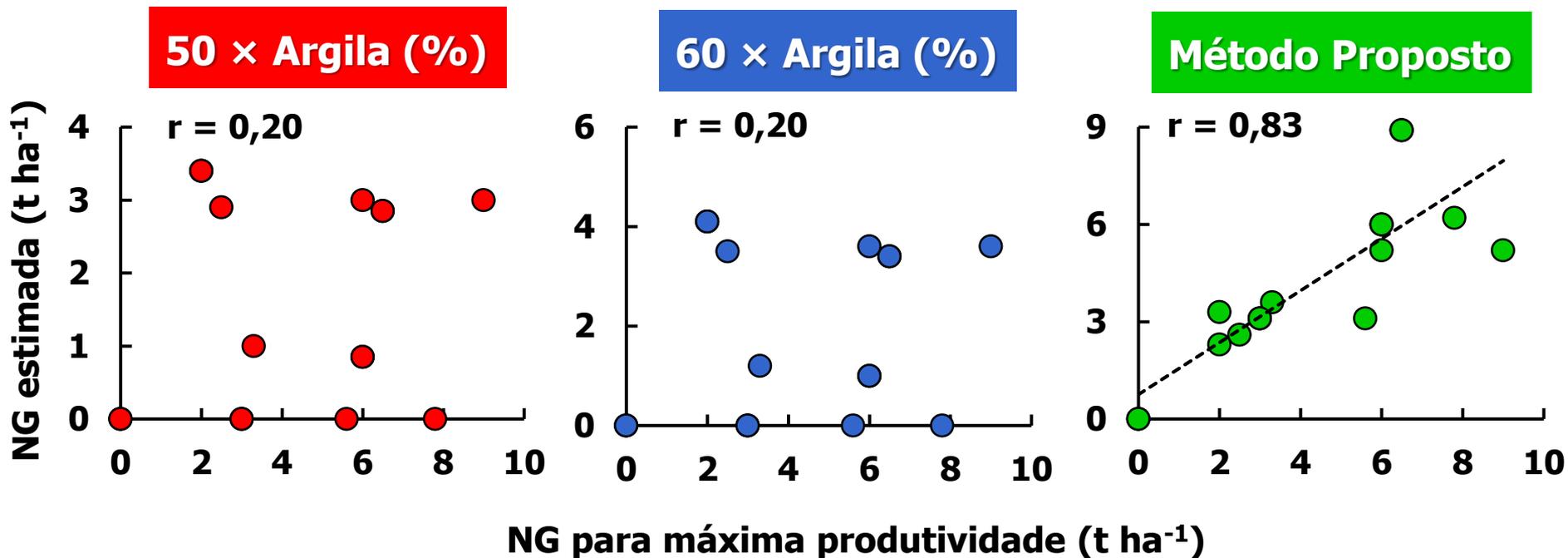
Aplicar gesso para solo com saturação por Ca na CTC efetiva (CTCe) < 50%

### Elevação da saturação por Ca na CTCe

O método se baseia em elevar a saturação por Ca na CTCe do subsolo (20–40 cm) a 60%

$$NG \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = (0,6 \times CTCe - \text{teor de Ca em cmol}_c \text{ dm}^{-3}\text{)} \times 6,4$$

# Confronto entre a necessidade de gesso (NG) estimada por diferentes métodos e as doses associadas com as produtividades máximas de milho, soja, trigo e cevada obtidas em experimentos realizados em solos sob plantio direto da região Sul do Brasil



FONTES usadas para a extração dos dados: Caires et al. (2001), Caires et al. (2002), Caires et al. (2011), Rampim et al. (2011), Dalla Nora & Amado (2013), Michalovicz et al. (2014), Pauletti et al. (2014), Zandoná et al. (2015) e Los Galetto (2016)

# MENSAGEM

---

A correção adequada do solo e a formação de perfil de enraizamento são primordiais para aumentar a produção agrícola brasileira. Para isso, é necessário que o sistema produtivo seja manejado com produção de palha e diversificação de culturas, e os corretivos sejam utilizados de forma adequada visando a construção de perfil do solo que garanta maior crescimento e distribuição espacial das raízes.

## MUITO OBRIGADO



Laboratório de Fertilidade do Solo

Eduardo Fávero Caires

Tel. (42) 3220-3091

E-mail: [efcaires@uepg.br](mailto:efcaires@uepg.br)