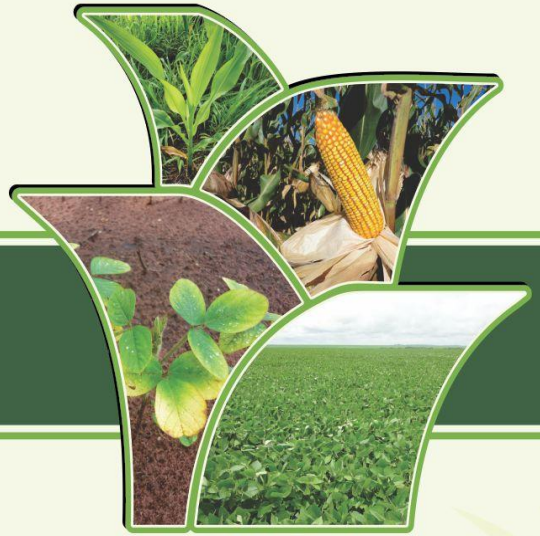


VIII Simpósio Regional • IPNI Brasil

BOAS PRÁTICAS PARA
USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES

Vilhena - RO • 26 e 27/MAIO/2015

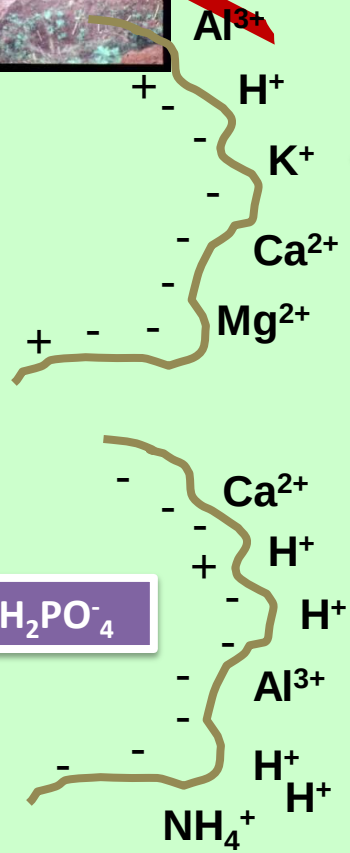
Dinâmica de Nutrientes no Sistema Solo-Planta Visando as BPUFs

Dr. Eros Francisco
IPNI Brasil
Diretor Adjunto

INTRODUÇÃO

ASPECTOS BÁSICOS DE QUÍMICA DO SOLO:

Fase Sólida → ← **Fase Solução**



Formação de P – Ca, Fe e/ou Al

EQUILÍBRIO

Cl^- Fe^{3+} H^+ SO_4^{2-} Al^{3+} K^+ H^+ H^+ Ca^{2+}

CONSEQÜÊNCIAS:

⇓⇓ [P] na solução

Transporte até superfície da raiz por difusão

⇓⇓ Disponibilidade de P às plantas

SOLO	FASE SÓLIDA
De forma simples	ORGÂNICA INORGÂNICA
	POROS
	AR ÁGUA
	ORGANISMOS
	MACRO MICRO

CARGAS:
Constantes
Variáveis (principalmente pH)

PCZ ou PESN:
pH onde –S = +S
Efeito de profundidade

ADSORÇÃO:
Ligação iônica = Pratic/te todos os cátions
Ligação covalente = H+

Equação de Kerr

$$\frac{(K^+)}{(Na^+)} = K_{ex} \frac{[K^+]}{[Na^+]}$$

SB = K + Ca + Mg (+Na)
CTC pH 7,0 = SB + (H+Al)
$V\% = \frac{SB \times 100}{CTC\ pH\ 7,0}$

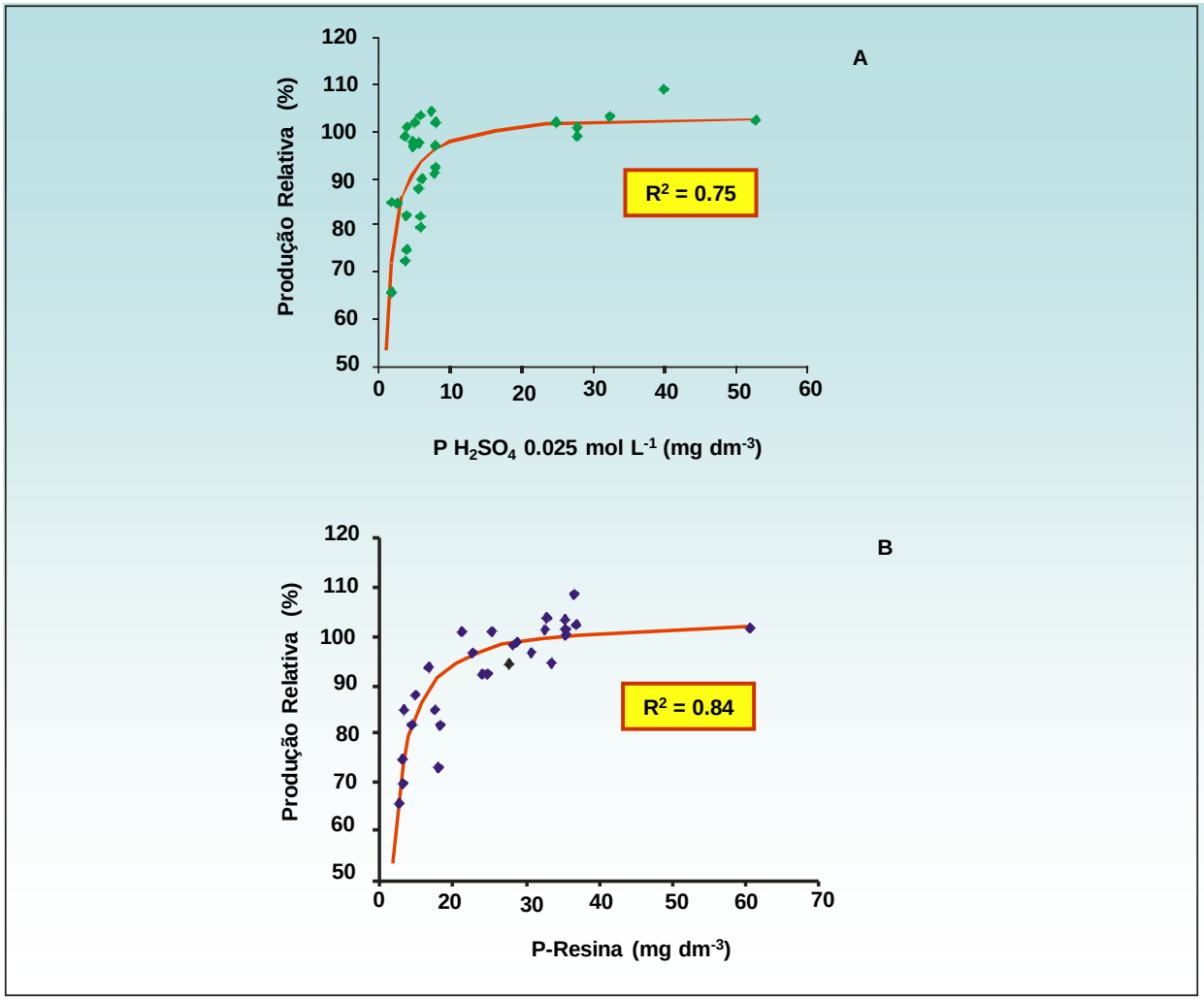
IPNI

AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

AJUSTES NECESSÁRIOS PARA A AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO ATRAVÉS DE MÉTODOS ANALÍTICOS

- ✓ Estudos de correlação (Qual metodologia ?)
- ✓ Estudos de calibração (Como interpretar ?)
- ✓ Curvas de resposta (Quanto adicionar ?)

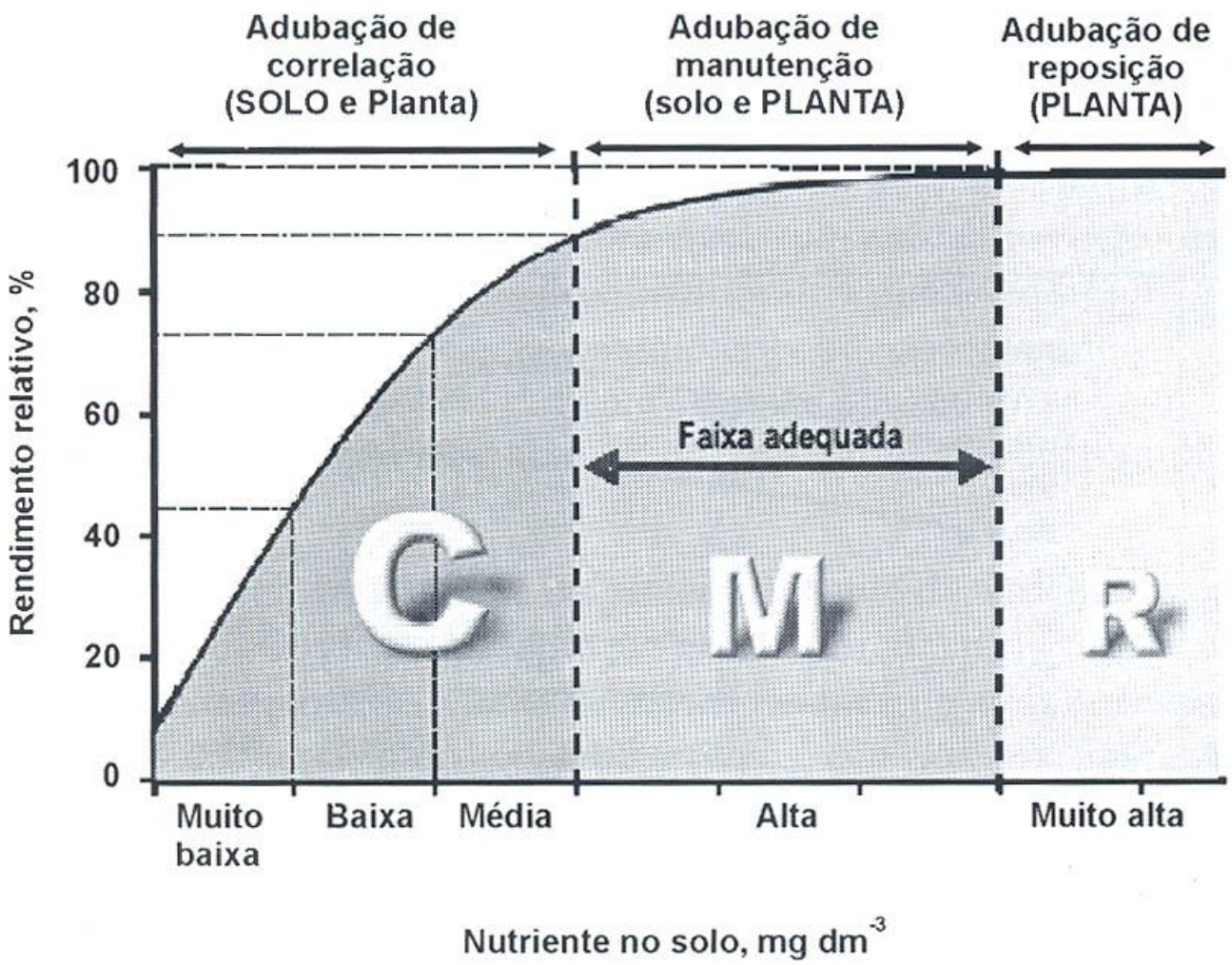
Estudos de Correlação



Fonte: Raij et al.

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Estudos de Calibração



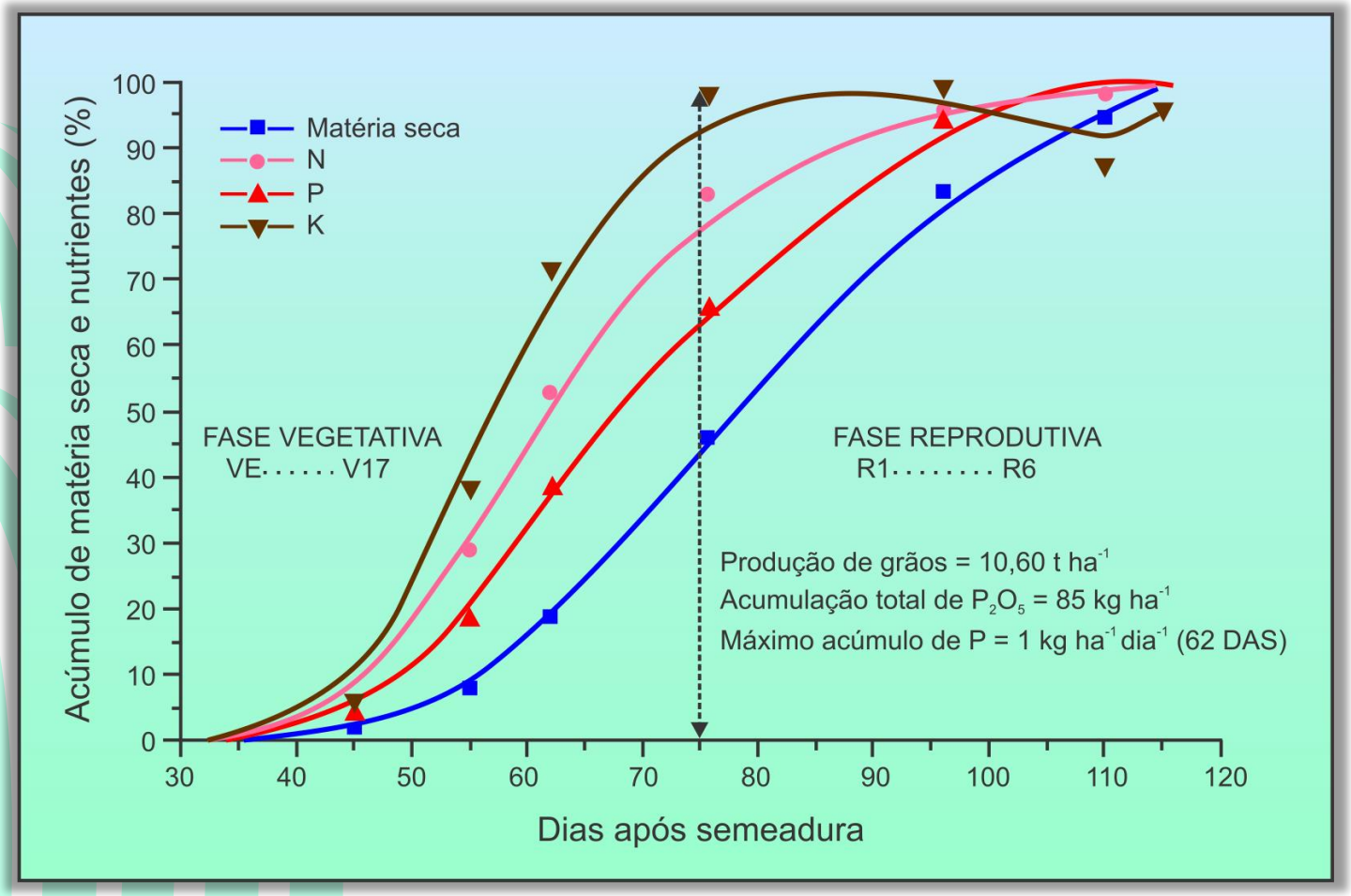
Limites de interpretação de teores de potássio e de fósforo em solos

Teor	Produção relativa	K^+ trocável	P resina			
			Florestais	Perenes	Anuais	Hortaliças
	%	$Mmol_c/dm^3$	mg/dm			
Muito baixo	0-70	0,0-0,7	0-2	0-5	0-6	0-10
Baixo	71-90	0,8-1,5	3-5	6-12	7-15	11-25
Médio	91-100	1,6-3,0	6-8	13-30	16-40	26-60
Alto	>100	3,1-6,0	9-16	31-60	41-80	61-120
Muito alto	>100	>6,0	>16	>60	>80	>120

Fonte: Boletim Técnico 100 - IAC, 1996.

NUTRIÇÃO DE PLANTAS

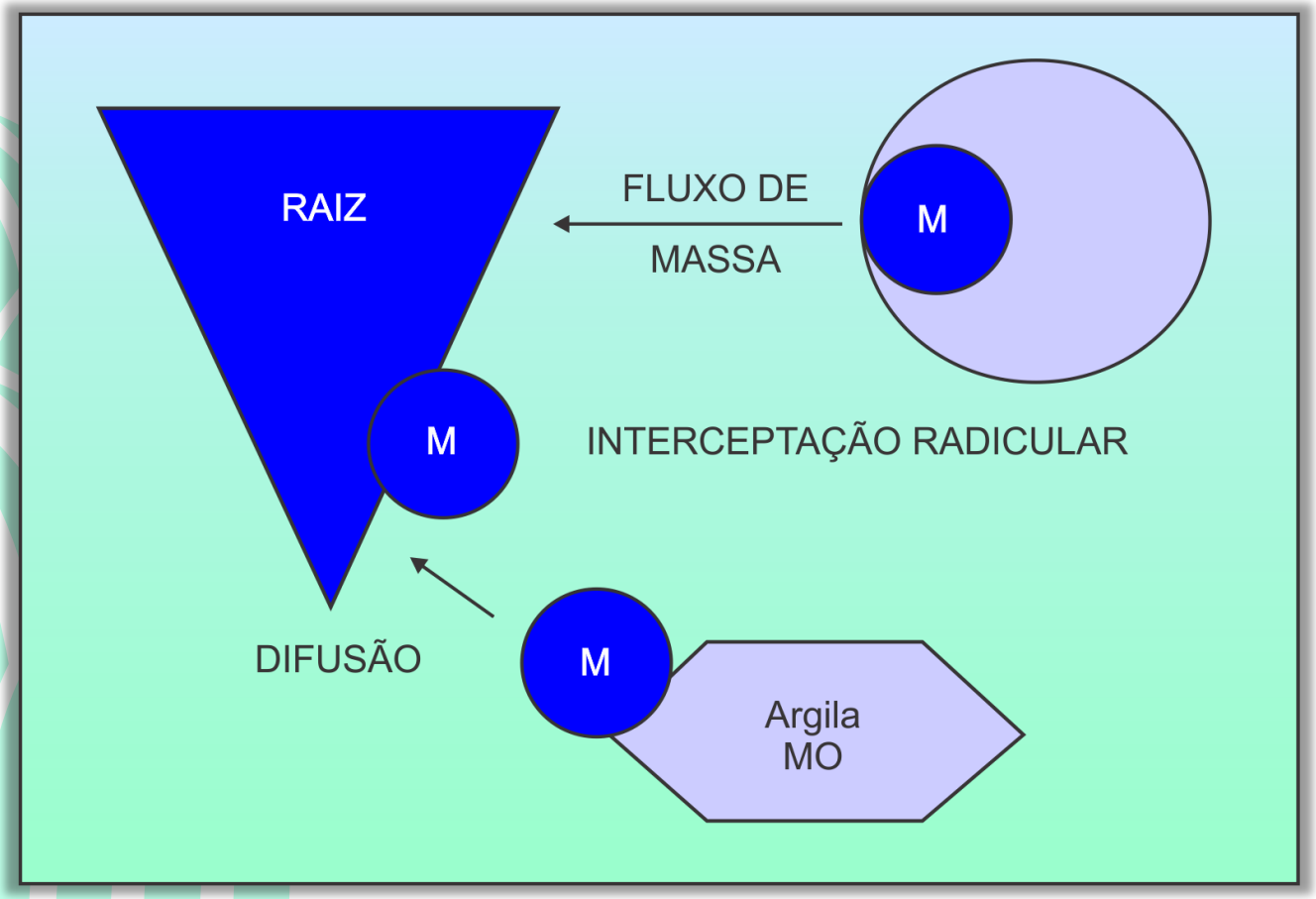
Acúmulo de matéria seca, nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea de plantas de milho



Fonte: Modificada de Karlen et al. (1987).

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Representação esquemática dos mecanismos de contato íon-raiz



Fonte: Malavolta (1976).

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Relação entre o processo de contato e a localização dos fertilizantes

Elemento	Processo de contato (% do total)			Aplicação do fertilizante
	Interceptação radicular	Fluxo de massa	Difusão	
Nitrogênio	1	99	0	Distante, em cobertura (parte)
Fósforo	2	4	94	Próximo das raízes
Potássio	3	25	72	Próximo das raízes, em cobertura
Cálcio	27	73	0	A lanço
Magnésio	13	87	0	A lanço
Enxofre	5	95	0	Distante, em cobertura (parte)
Boro	3	97	0	Distante, em cobertura (parte)
Cobre[1]	15	5	80	Próximo das raízes
Ferro[1]	40	10	50	Próximo das raízes
Manganês[1]	15	5	80	Próximo das raízes
Zinco[1]	20	20	60	Próximo das raízes
Molibdênio[2]	5	95	0	Em cobertura (parte)

(1) Complementação com aplicação foliar.
(2) Aplicação via semente e/ou foliar.

Fonte: Modificada de Malavolta (1976).

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

ACIDEZ SUPERFICIAL E CALAGEM

Reações envolvidas na correção da acidez do solo

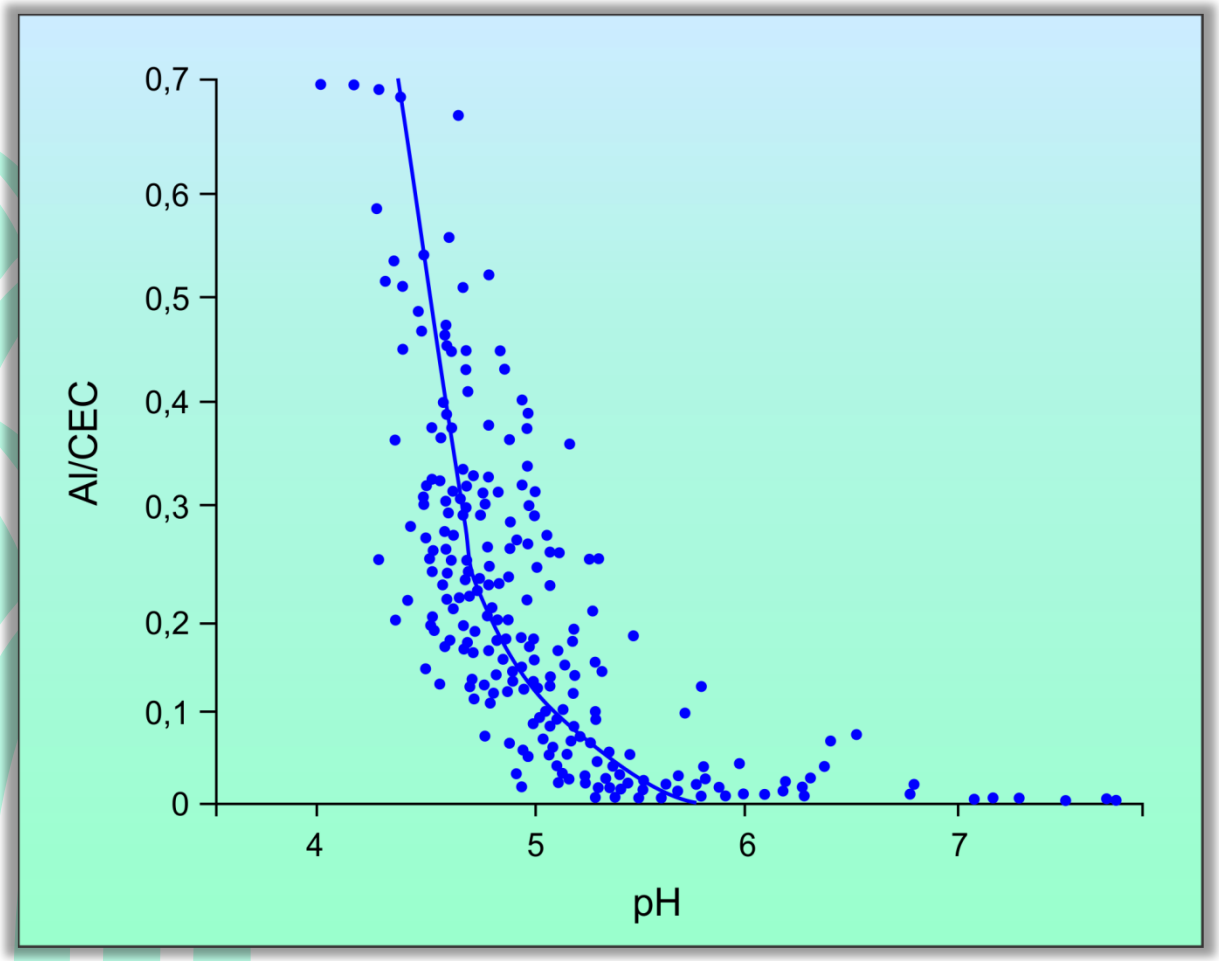
$$CaCO_3 + H_2O + H^+ \rightleftharpoons Ca^{2+} + H_2CO_3^- + OH^-$$

$$Al^{3+} + 3\ H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3\ H^+$$

(1) Neutralização da acidez (H^+)
(2) Hidrólise do Al^{3+} gera acidez
(3) Imobilização do Al^{3+}
(4) Necessitamos de uma base forte

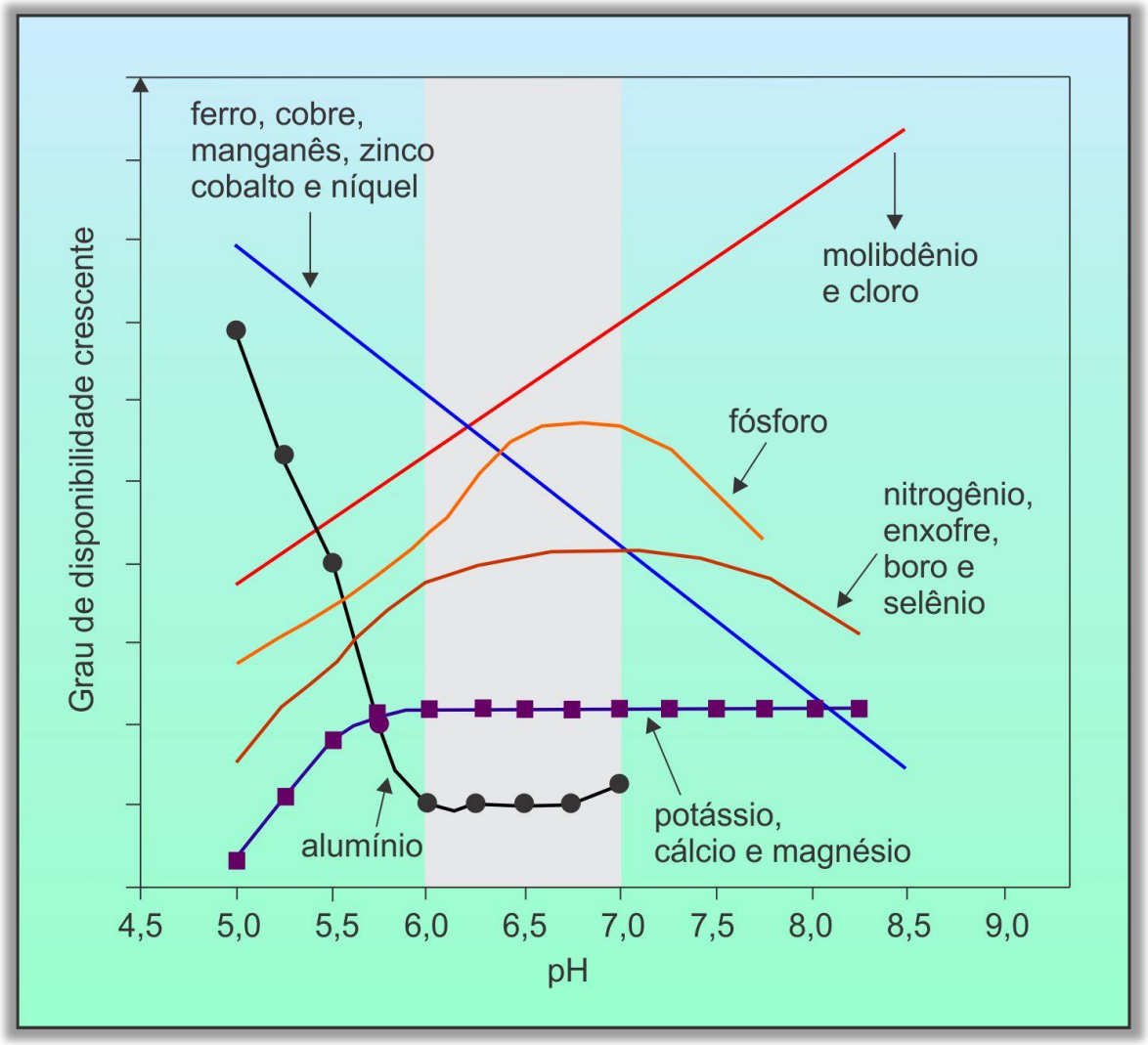
Fonte: Preparado por Prochnow.

Com o aumento do pH do solo, a saturação por Al3+ diminui. Na maioria dos solos, pouco ou nenhum efeito de toxicidade de Al3+ no crescimento das plantas é observado acima de pH 5,0-5,5



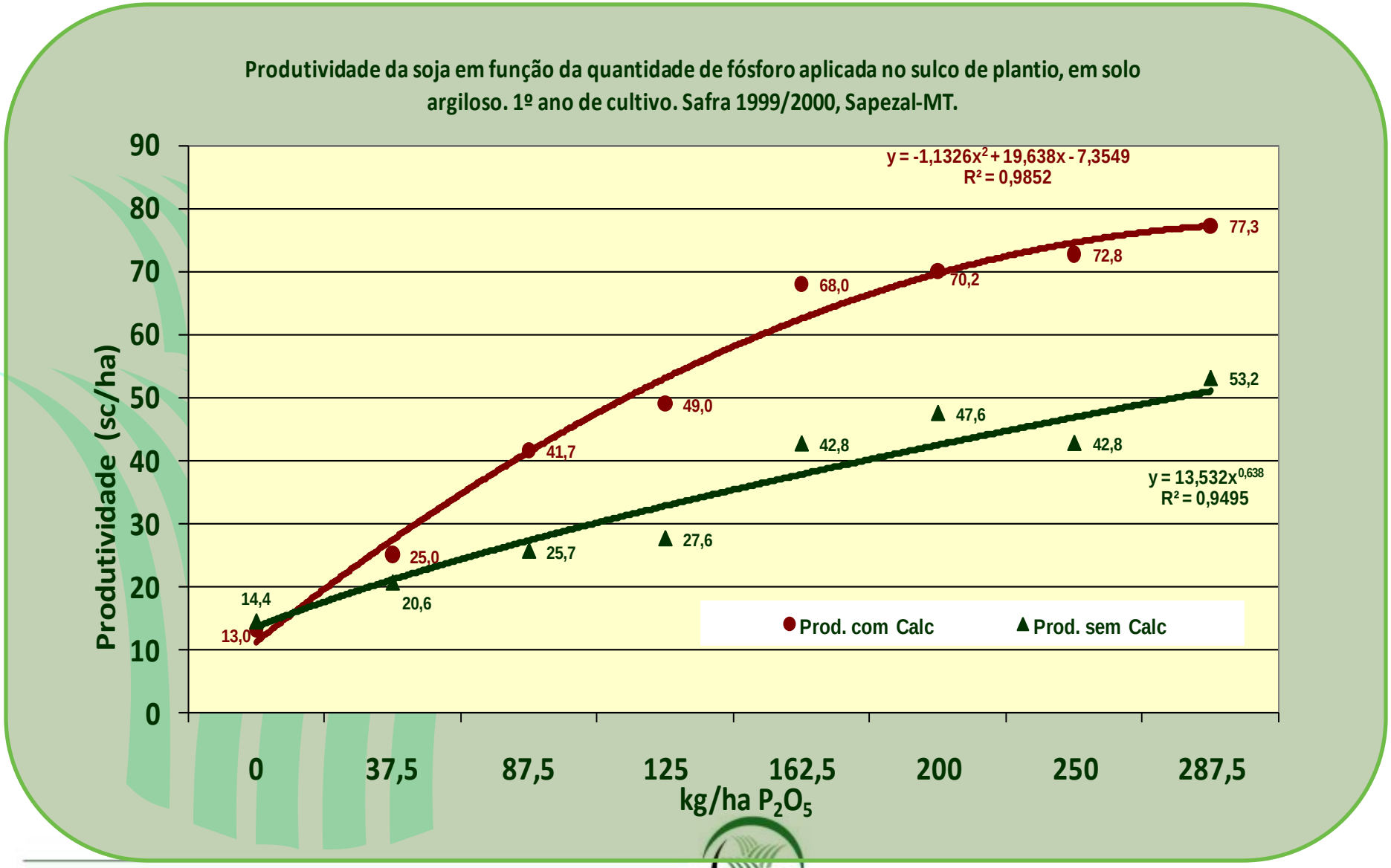
IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

pH X Disponibilidade de Nutrientes



IPNI International Plant Nutrition Institute

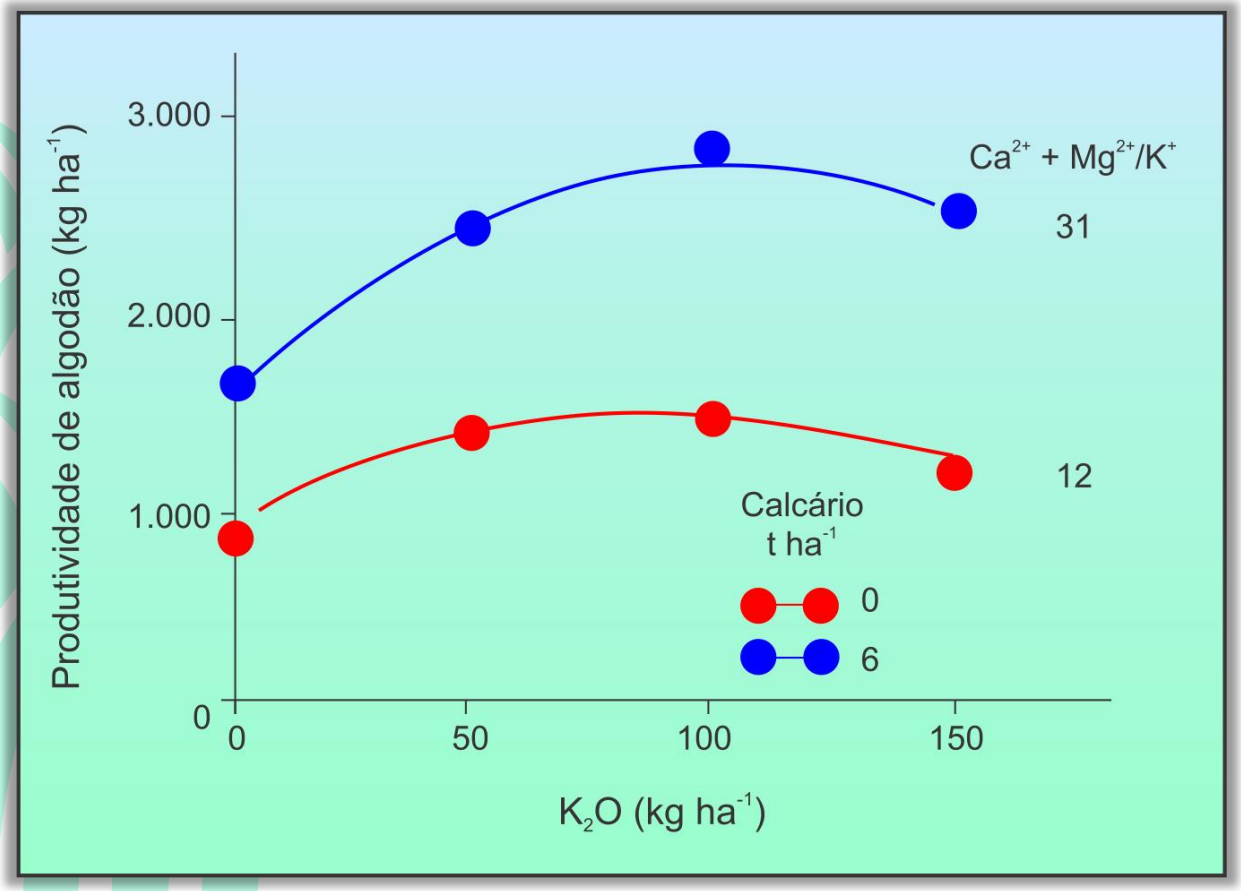
Efeito da correção da acidez na produtividade das culturas



Fonte: Fundação MT/PMA

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

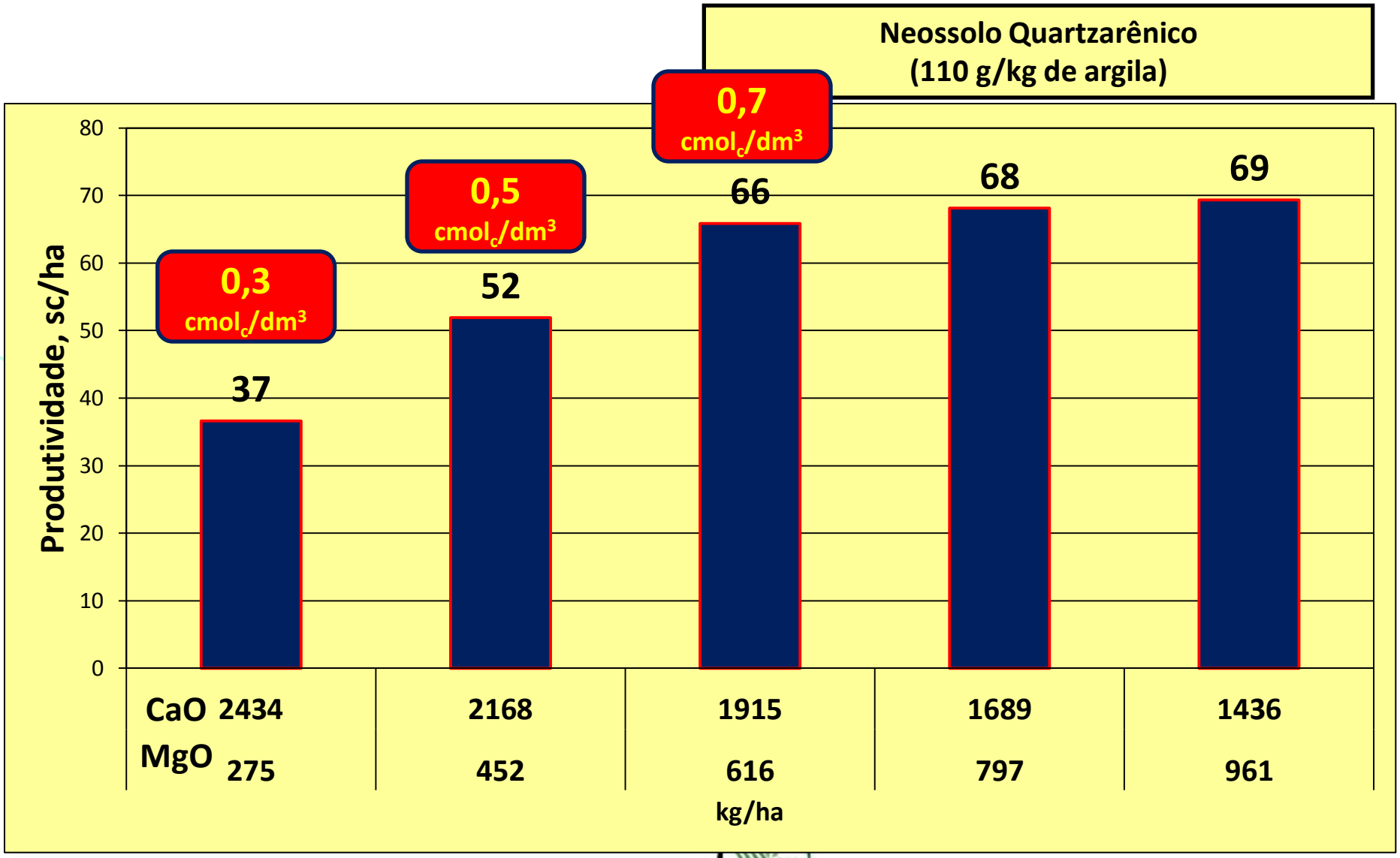
Influência da adubação potássica na produtividade de algodão, de acordo com o equilíbrio de bases do solo, sem e com calagem



Fonte: Silva e outros (1984).

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Impacto do tipo de calcário na produtividade de soja

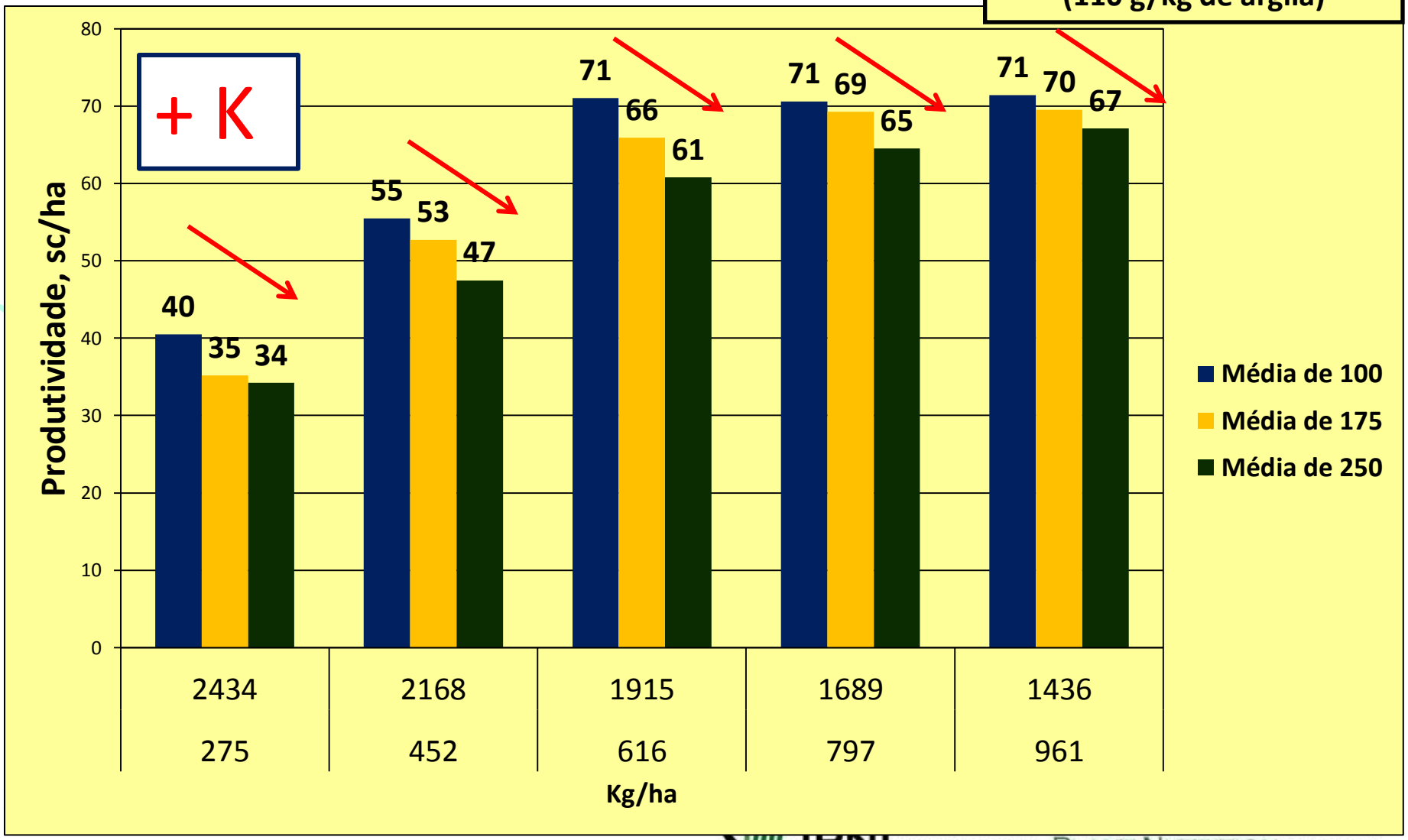


Fonte: Fundação MT/PMA – Safra 2009/2010

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Impacto do tipo de calcário na produtividade de soja

Neossolo Quartzarênico (110 g/kg de argila)



Fonte: Fundação MT/PMA – Safra 2009/2010

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Importância da qualidade operacional

Imagenes: Márcio Veronese, Fundação MT/PMA (2012)

IPNI International Plant Nutrition Institute

2 10 2008

27 10 2008

27 10 2008

Efeito direto da qualidade operacional no cultivo

Fuente: Haroldo Hoogerheide, Fundação MT (2010).

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Importância da correção da acidez para a fixação simbiótica de nitrogênio

ACIDEZ SUBSUPERFICIAL E GESSAGEM

Reações envolvidas na gessagem do solo

$CaSO_4.2H_2O \rightleftharpoons Ca^{2+} + SO_4^{2-}$

$SO_4^{2-} + X^{n+} \rightleftharpoons X^{n+}SO_4$

$X^{n+}SO_4^{2-} \rightleftharpoons X^{n+} + SO_4^{2-}$

$SO_4^{2-} + Al^{3+} \rightleftharpoons AlSO_4^{-}$

(1) Aumento de Ca em superfície
(2) Lixiviação de SO_4^{2-} e cátions acompanhantes
(3) Diminuição da atividade do Al^{3+}
(4) Cuidados são necessários
(5) Gesso é mais solúvel que calcário
(6) Gesso tem base fraca que leva a formação de ácido forte, não sendo portanto corretivo da acidez

Fonte: Preparado por Prochnow.

Desenvolvimento das raízes do algodoeiro em profundidade, em ausência e em presença de gesso (cada quadrícula mede 15 cm x 15 xm), por ocasião da floração plena, em 22 de março de 2006

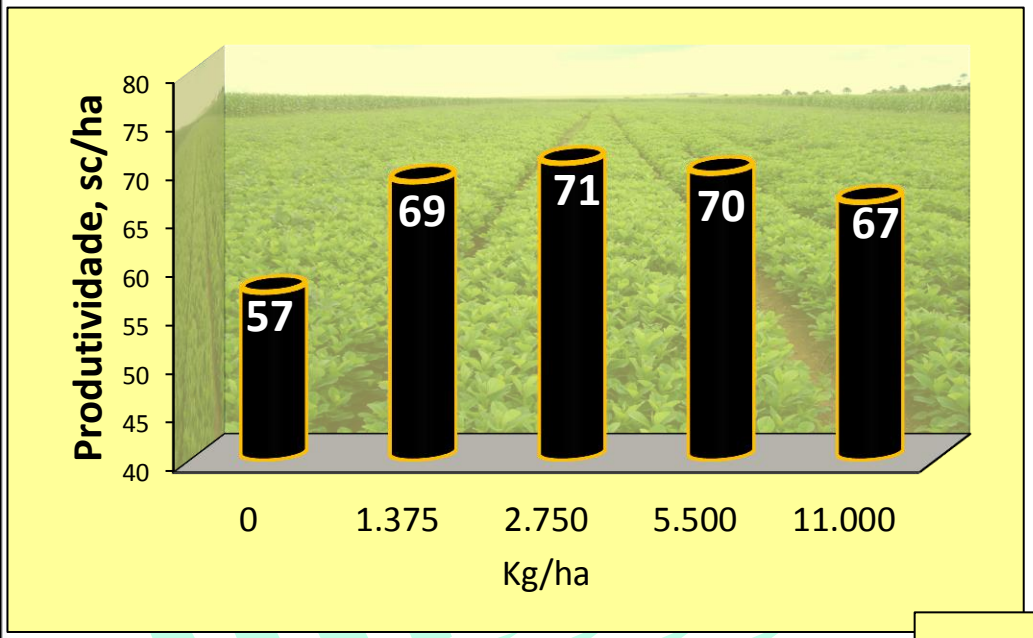
Sem gesso

3 t ha^{-1} de gesso

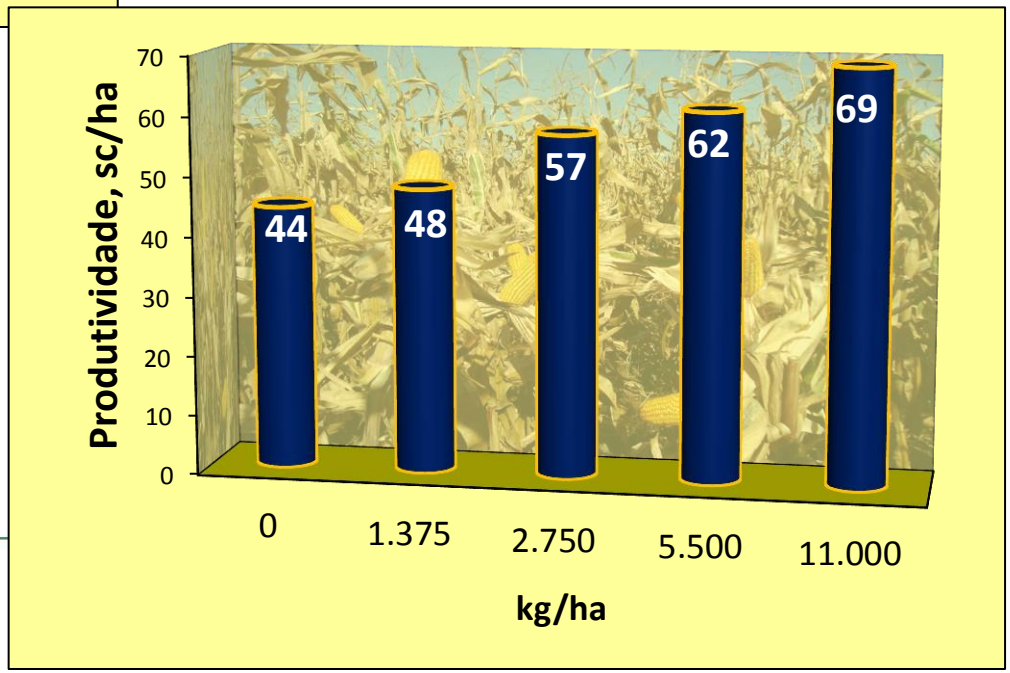
Fonte: Sousa, Rein e Albrech (2008).

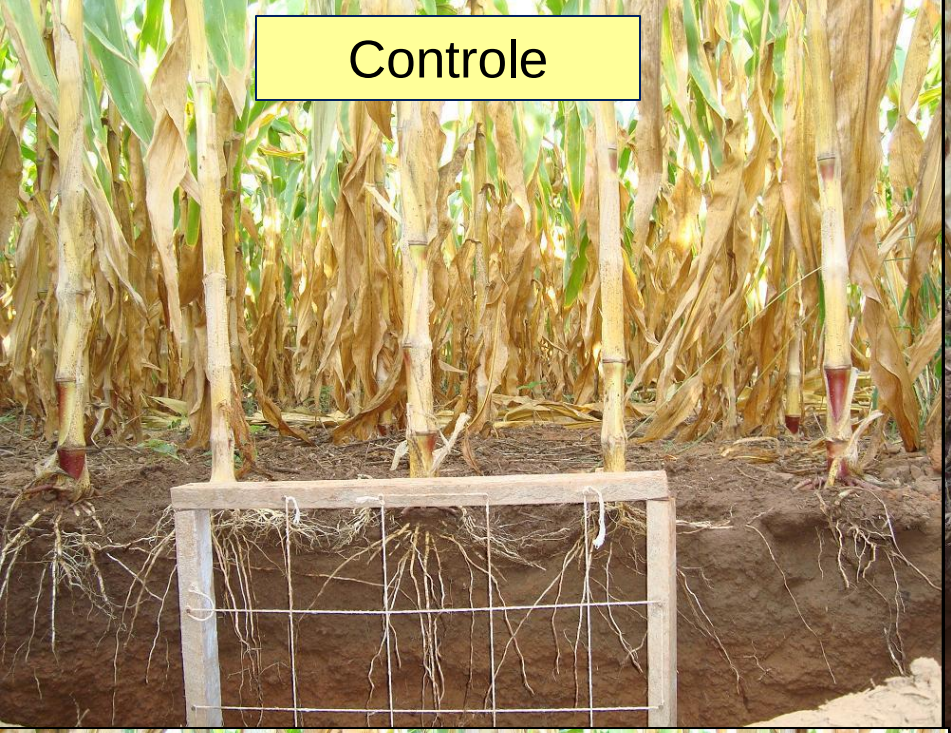
IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

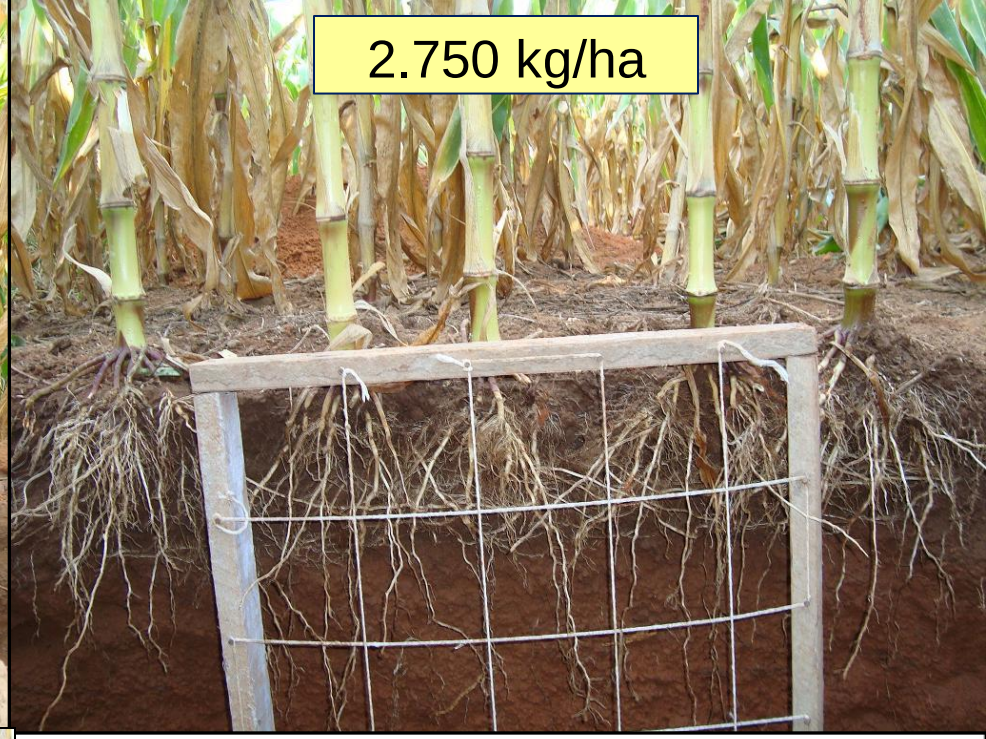
Efeito da gessagem na produtividade de soja e milho



Fonte: Fundação MT/PMA/Nutrion (safras 2008/09 e 2009/10)

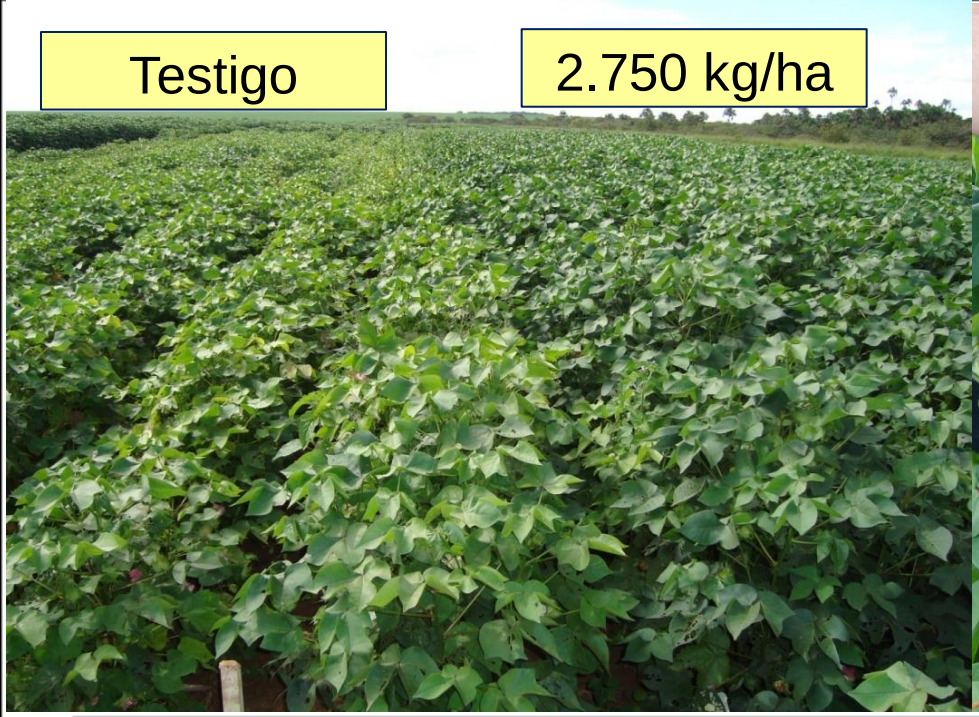


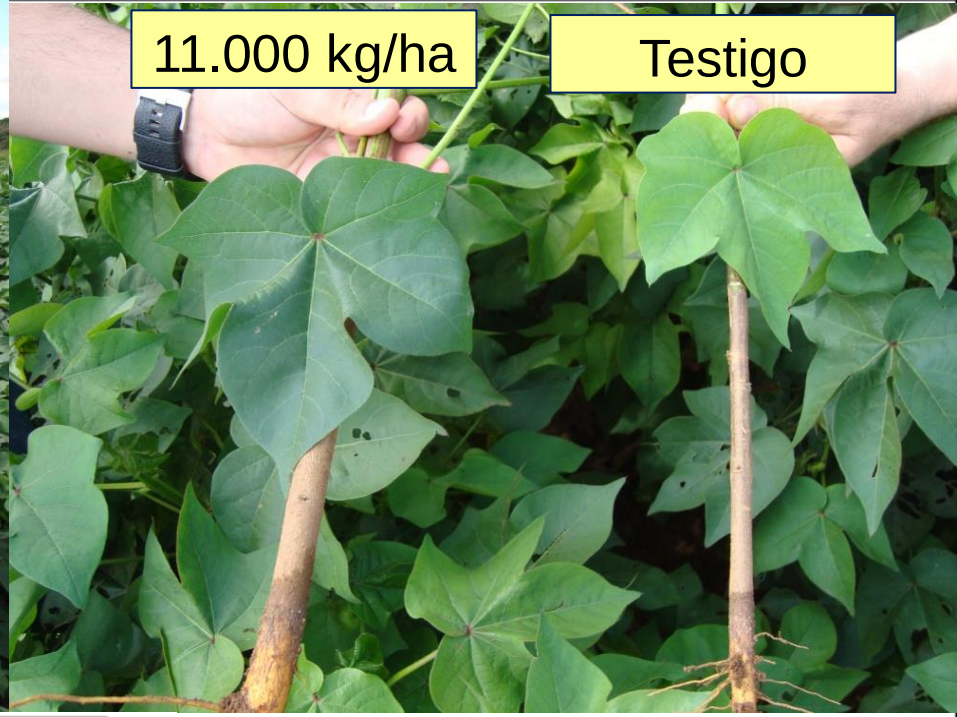




Fonte: Fundação MT/PMA/Nutrion (safra 2009/10)

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE





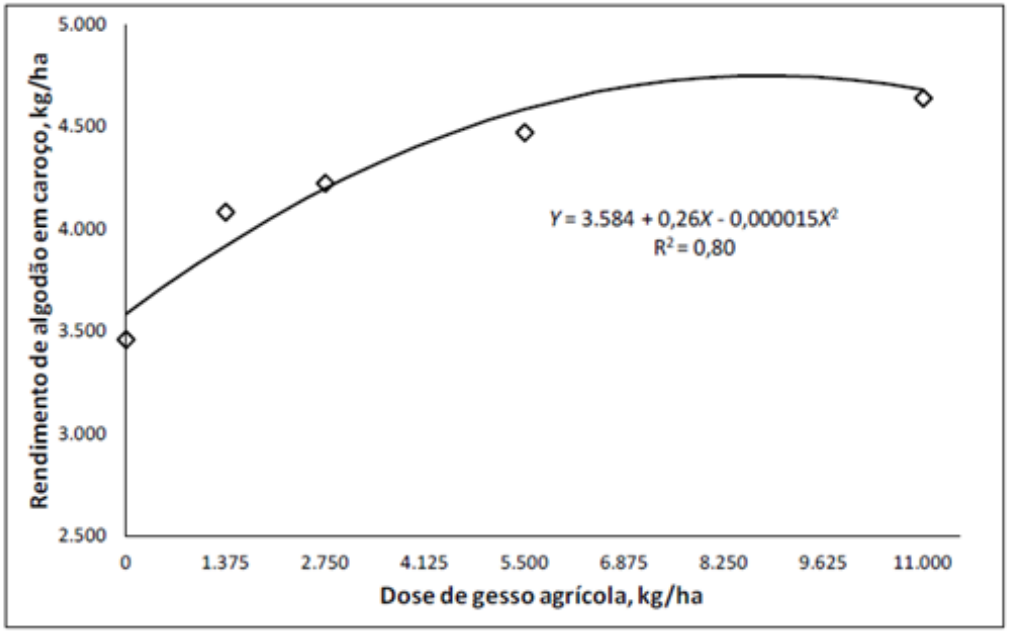


Figura 1. Rendimento de algodão em caroço em função da dose de gesso agrícola com a cultivar FB 993, na Fazenda Água Quente, safra agrícola 2010/2011.

Fonte: Fundação MT/PMA/Nutrion (safra 2009/10)

PNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

MATÉRICA ORGÂNICA

Contribuição da matéria orgânica do solo na CTC de solos de diferentes ambientes do território brasileiro

Região	Classes de solos avaliadas (nº)	% da CTC devida à matéria orgânica do solo	Fonte
Estado de São Paulo	16	70 a 74	Raij (1969)
Estado do Paraná	12	75 a 90	Pavan, Bingham e Pratt (1985)
Cerrados	14	75 a 85	Resck (1998)

Contribuição da matéria orgânica do solo na CTC de solos

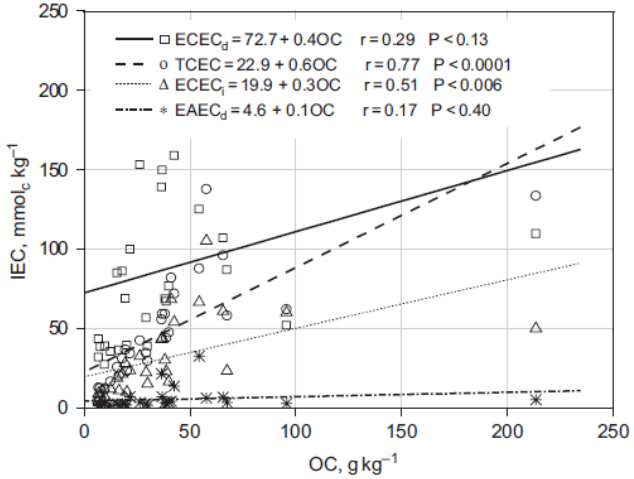
Soares MR, Alleoni LRF. Contribuition of soil organic carbon to the ion exchange capacity of tropical soils . **Journal of Sustainable Agriculture**, v.32(3), 2008.

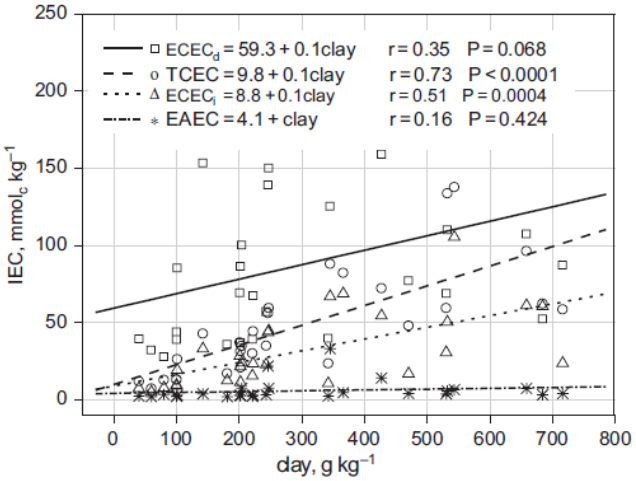
Estudo realizado com 30 solos diferentes de SP:

- ✓ Conteúdo de argila: 40 a 716 g/kg
- ✓ $pH_{água}$: 4,0 a 7,3
- ✓ Carbono orgânico (CO): 1,3 a 210 g/kg
- ✓ CTC_{total}: 0,7 a 13,8 $cmol_c$/kg

Resultados:

- ✓ Em média: 1 g CO (0,16 $cmol_c$), enquanto 100 g argila (0,37 $cmol_c$)
- ✓ Em média, CO contribuiu **40 vezes mais** com a CTC do que a fração argila
- ✓ Em Latossolos, a densidade de carga estimada de CO foi de 153 $cmol_c$/kg
- ✓ Em Latossolos, a contribuição de CO na CTC foi **60 vezes maior** que da fração argila
- ✓ CO forneceu de **50 a 95%** das cargas da CTC em Latossolos





IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Recuperação de P
LA muito argiloso, 22 anos

S.simples aplicado	Fósforo recuperado	
	anuais[1]	anuais e capim[2]
kg/ha de P_2O_5	---------- % ----------	
100	44	85
200	40	82
400	35	70
800	40	62

[1] A área foi cultivada por dez anos com soja, seguida de um plantio com milho e quatro ciclos da seqüência milho-soja, dois cultivos de milho e um de soja.

[2] A área foi cultivada por dois anos com soja, seguida de nove anos com braquiária mais dois anos com soja e dois ciclos da seqüência milho-soja, e cinco anos com braquiária.

Extraído de Djalma Martinhão.

Fonte: Sousa et al., 2007.

IPNI International Plant Nutrition Institute

NITROGÊNIO

Reações

$$NH_4^+ + 2O_2 \longrightarrow NO_3^- + H_2O + 2H^+$$

$$\text{N orgânico} \underset{}{\overset{\text{Mineralização/imobilização}}{\rightleftarrows}} NH_4^+ \longrightarrow NO_3^-$$

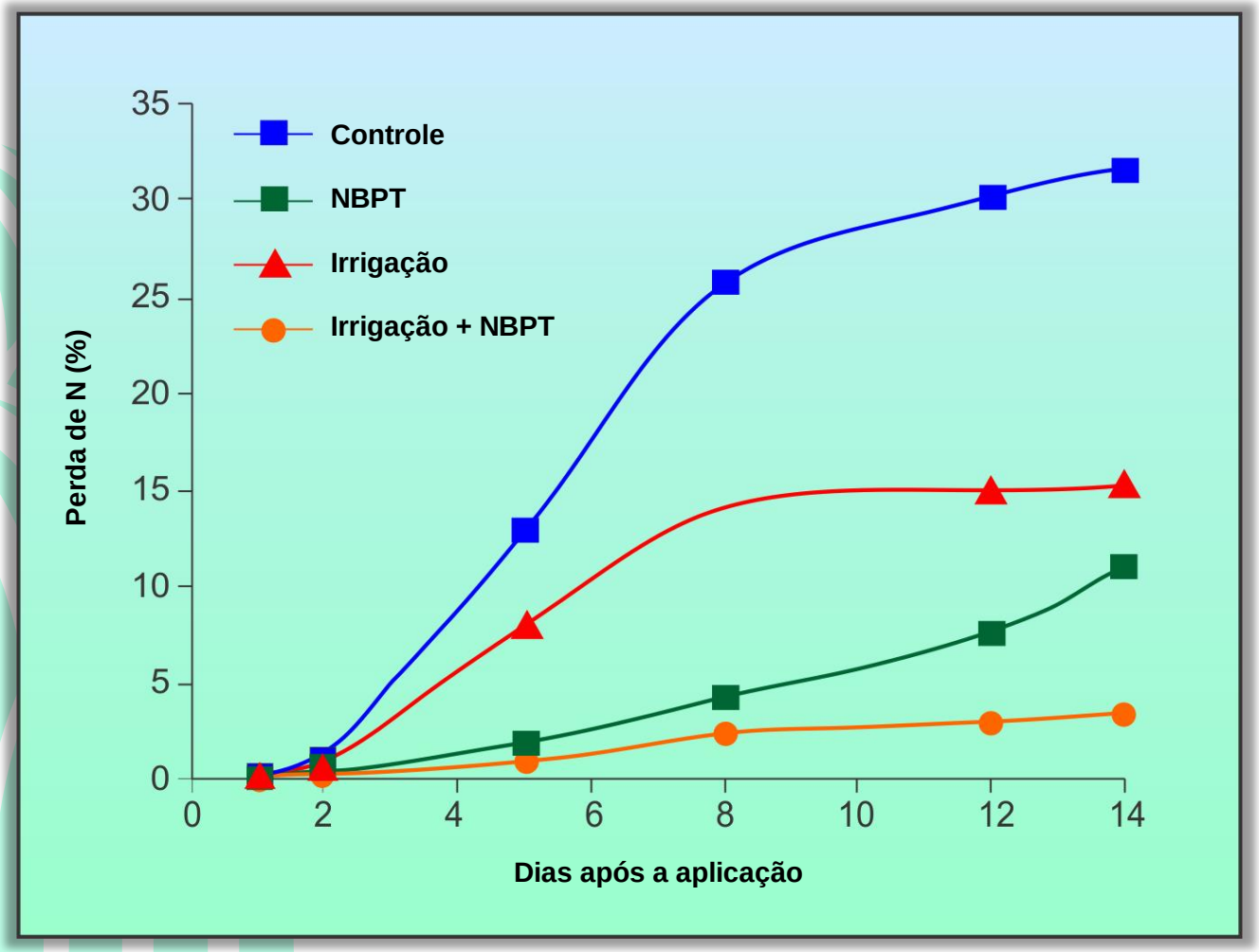
$$NH_4^+ \rightleftarrows NH_3 + H^+$$

$$CO(NH_2)_2 + 2H^+ + 2H_2O \rightleftarrows 2NH_4^+ + H_2CO_3$$

Fonte: Cantarella & Montezano (2010).

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Efeito do N-(*n*-butyl) triamida tiofosfórico (NBPT) e chuva simulada (2,0 cm no dia 4 e no dia 7) sobre as perdas de volatilização da superfície aplicada ureia



Fonte: Rawluk, Grant e Racz (2000).

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Resultados recentes da eficiência de proteção da uréia

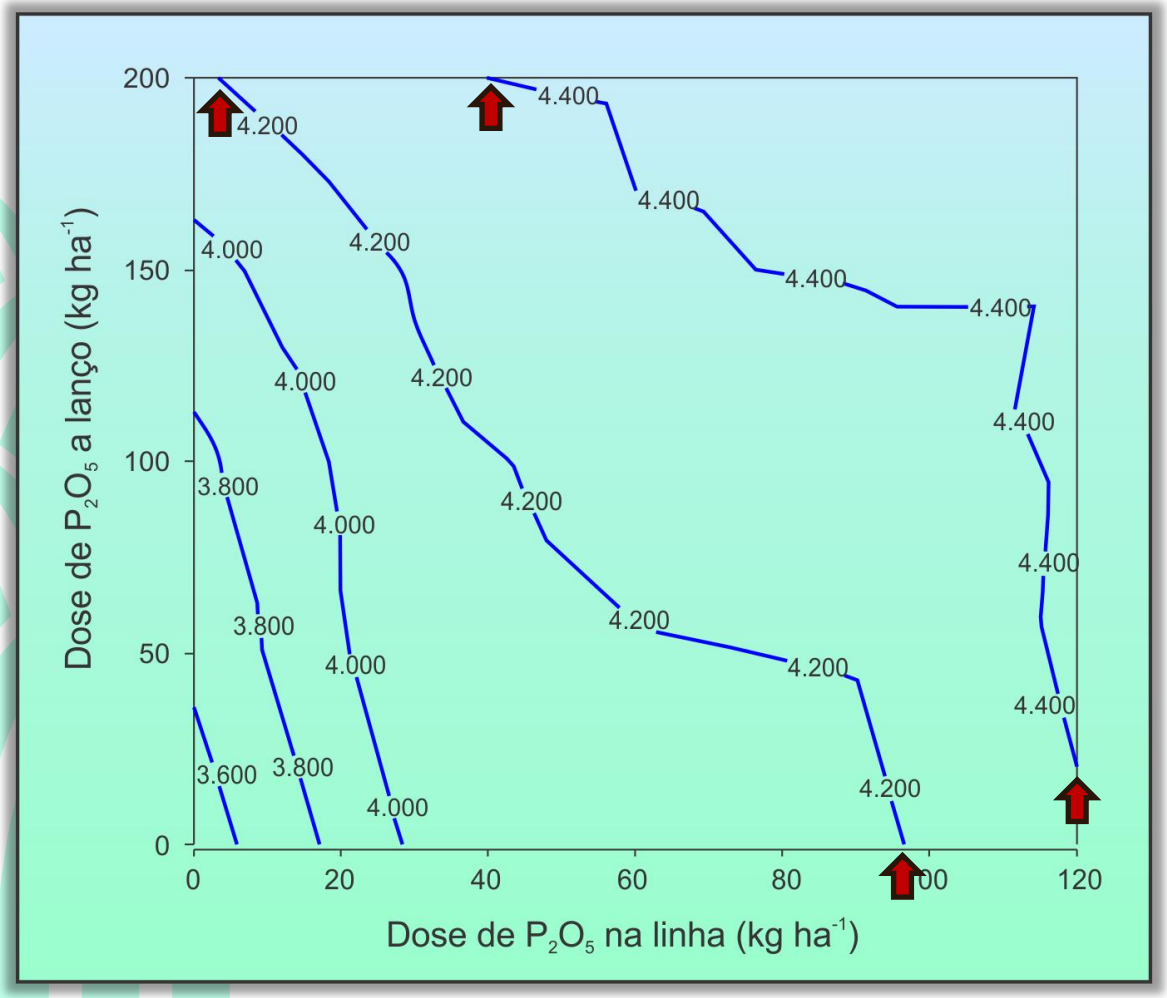
Eficiência agronômica relativa das fontes de nitrogênio para o rendimento de algodão em caroço. Fonte: Zancanaro et al. (2013) – 34º CBCS				
Fonte N	Dose de N (kg ha^{-1})			Média
	60	90	120	
	%			
	Safra 2010/11			
Uréia	100	100	100	100
Uréia + NBPT	101	103	106	103
Uréia + Polímero	103	102	104	103
Uréia + S	105	104	106	105
Uréia + C e B	104	102	105	104
	Safra 2011/12			
Uréia	100	100	100	100
Uréia + NBPT	96	97	116	103
Uréia + Polímero	100	97	110	102
Uréia + S	95	99	110	101
Uréia + C e B	98	88	111	99

FÓSFORO

Adubação Fosfatada

IPNI
INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

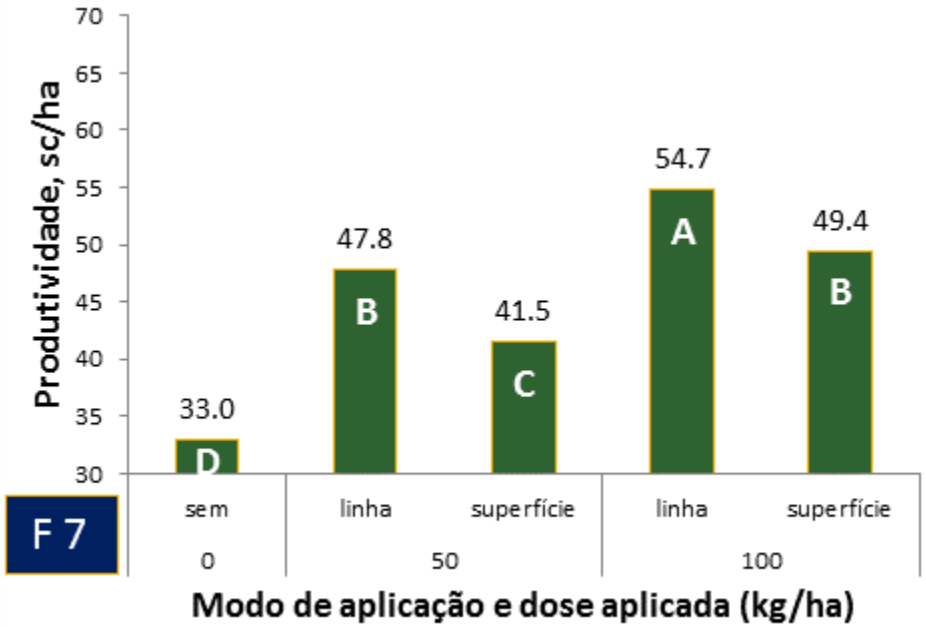
Isolinhas de produtividade de algodão obtidas em experimento em Mato Grosso, em solo com 710 g kg^{-1} de argila e 10 mg dm^{-3} de fósforo extraído por $mehlich^{-1}$



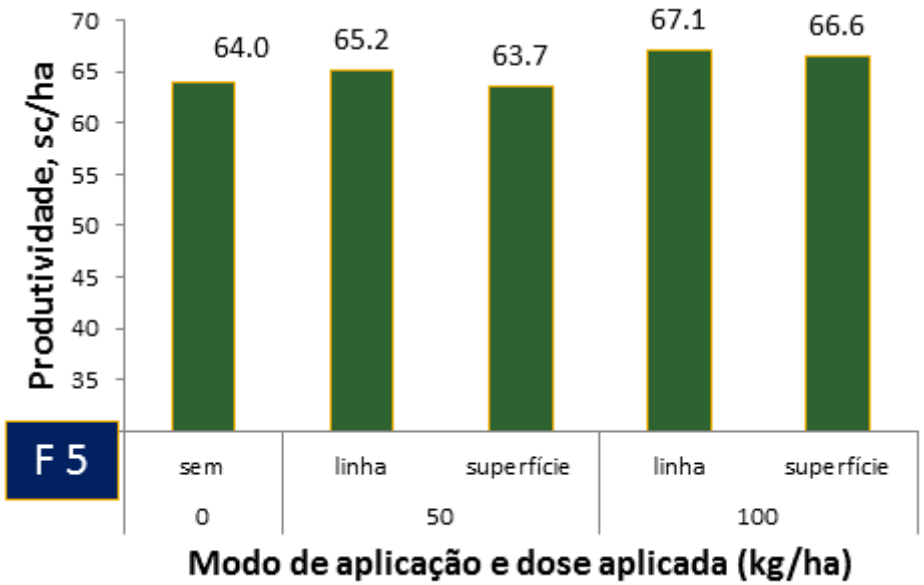
Fonte: Adaptado de dados de Fundação MT (2001).

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

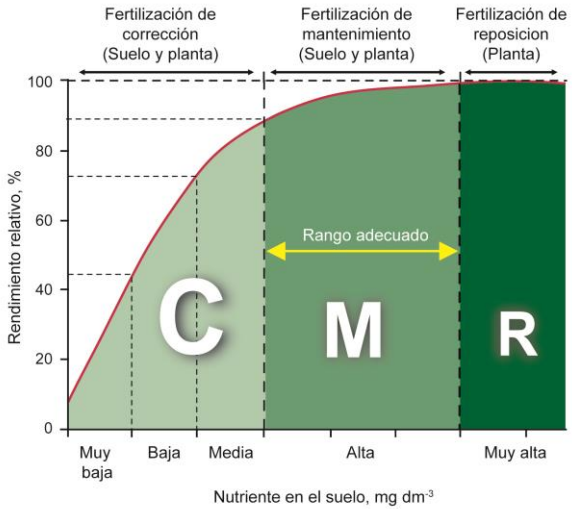
Adubação fosfatada a lanço



Sem correção de P (fosfatagem)



Com correção de P (200 kg/ha P_2O_5)

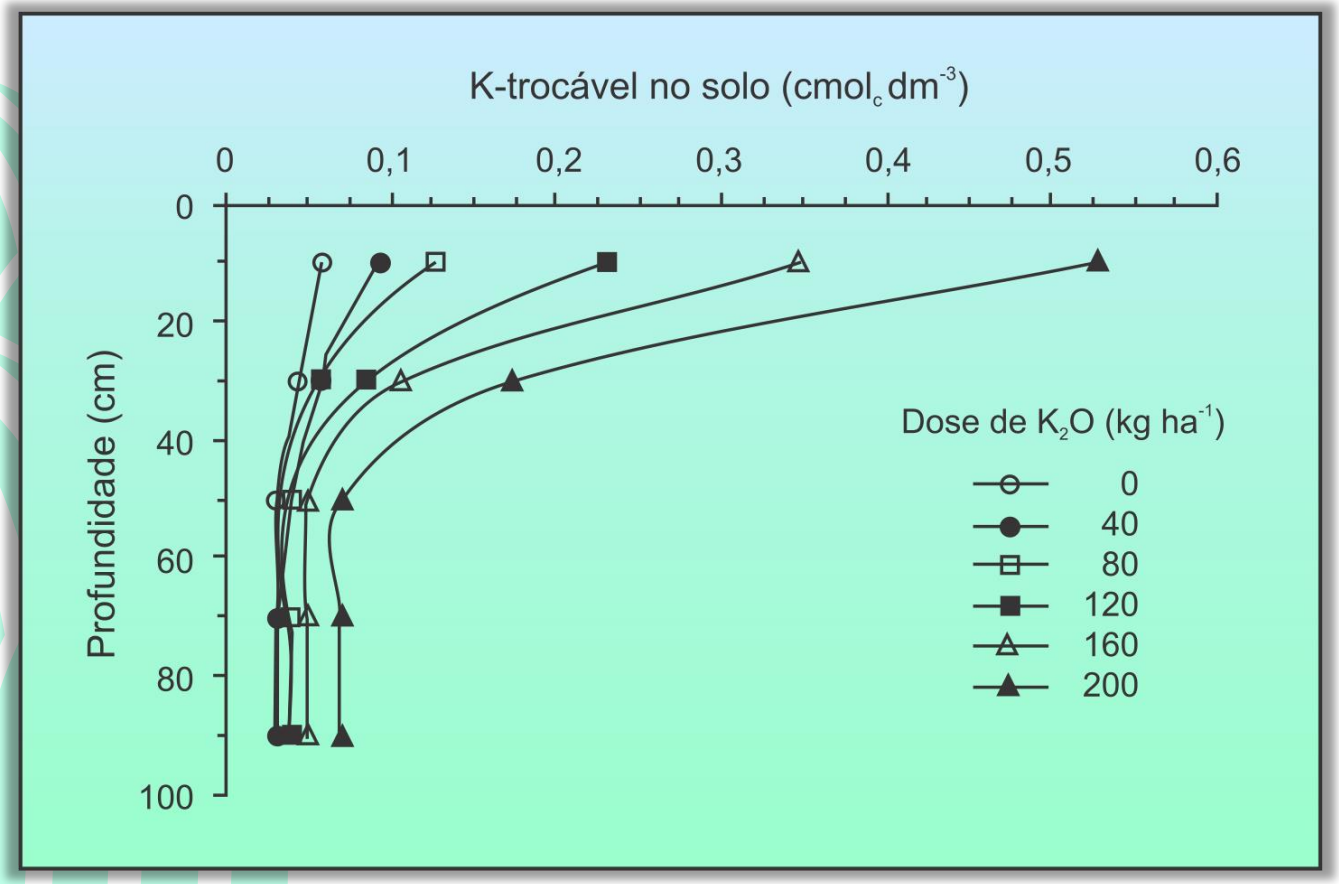


Fonte: Fundação MT/PMA – Safra 2010/2011

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

POTÁSSIO

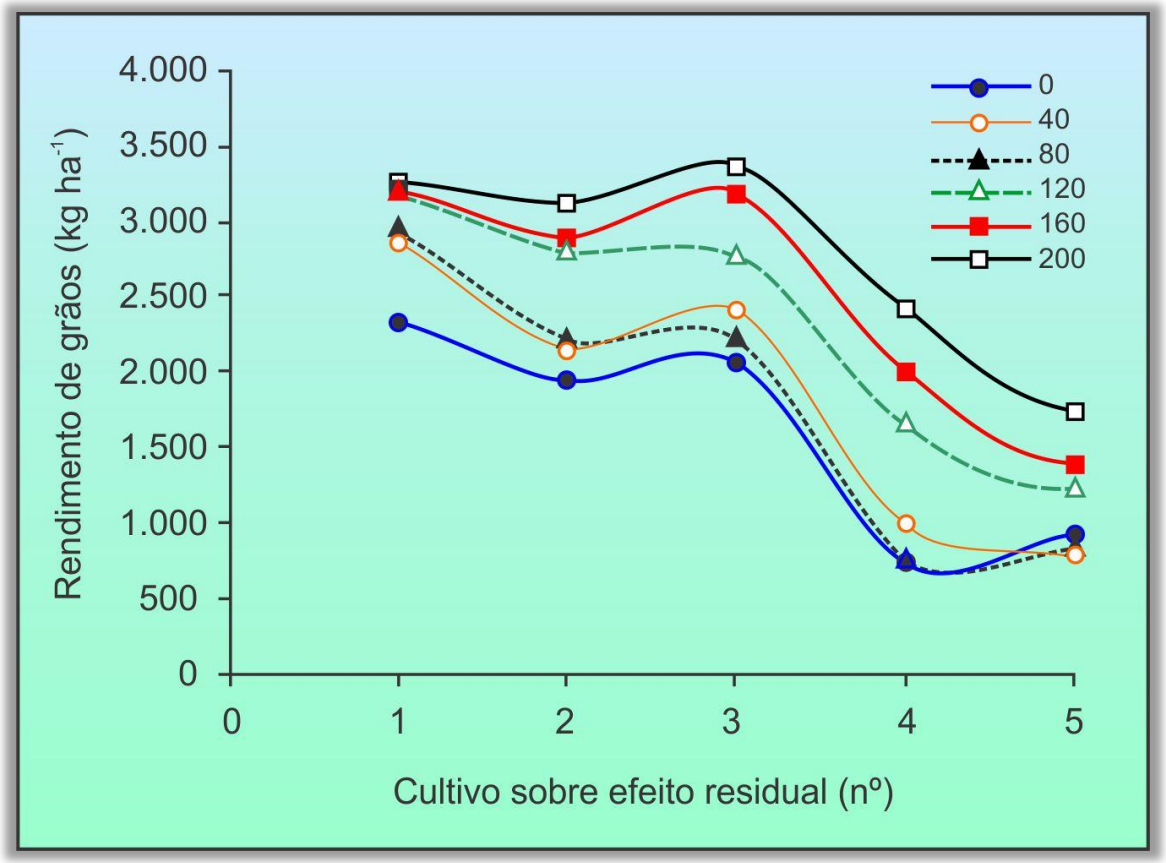
Teor de potássio trocável no solo em função de doses de K_2O aplicadas e da profundidade avaliada; médias da safra 2000/01, em Londrina-PR



Fonte: Embrapa Soja, Londrina-PR.

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

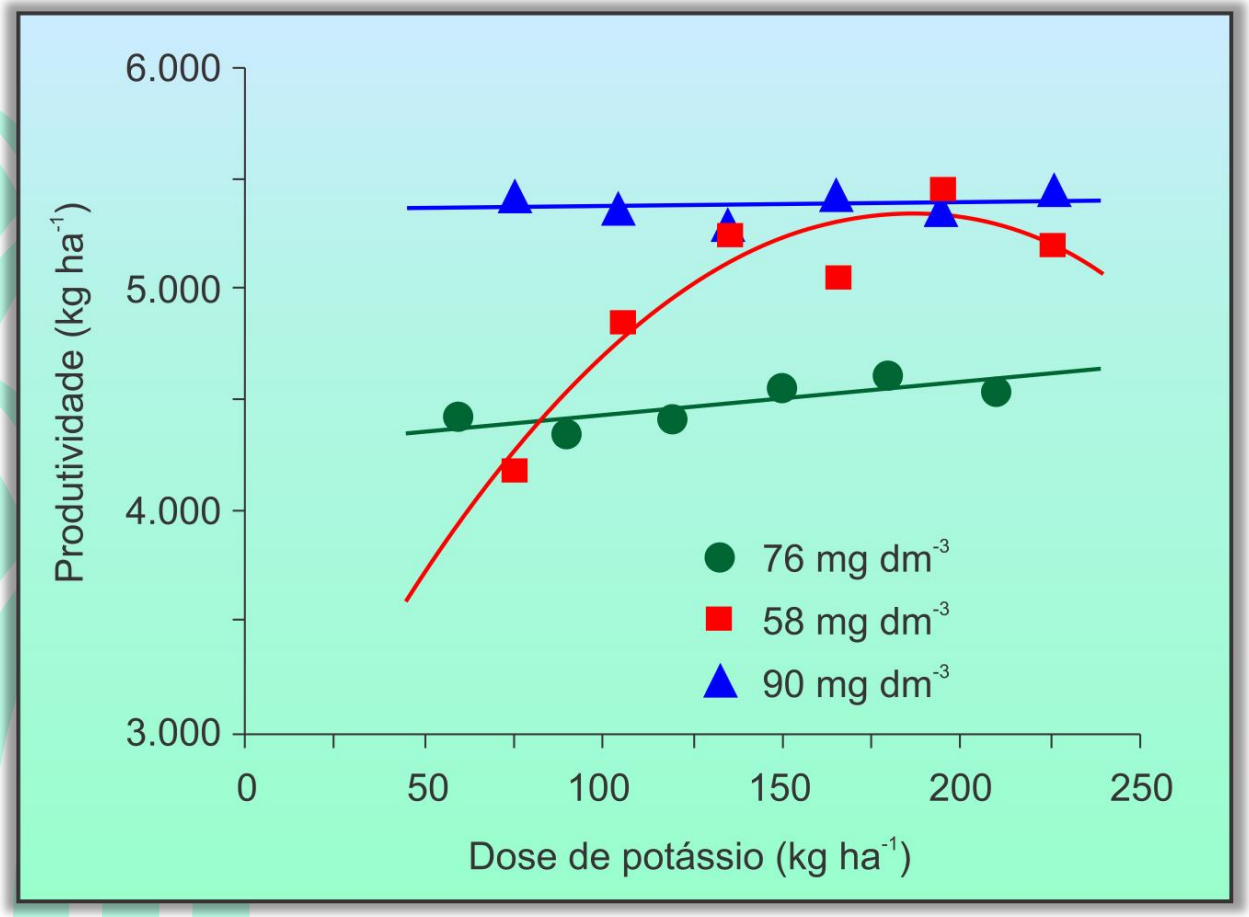
Rendimento de grãos de soja de cultivos sob efeito residual de cinco anos de aplicação de doses de K_2O; média das safras 1995/96 a 1999/00, com as cultivares BR-16 e BR-13, em Ponta Grossa-PR. Embrapa Soja, Londrina-PR.



Fonte: Borkert et al., 2004.

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

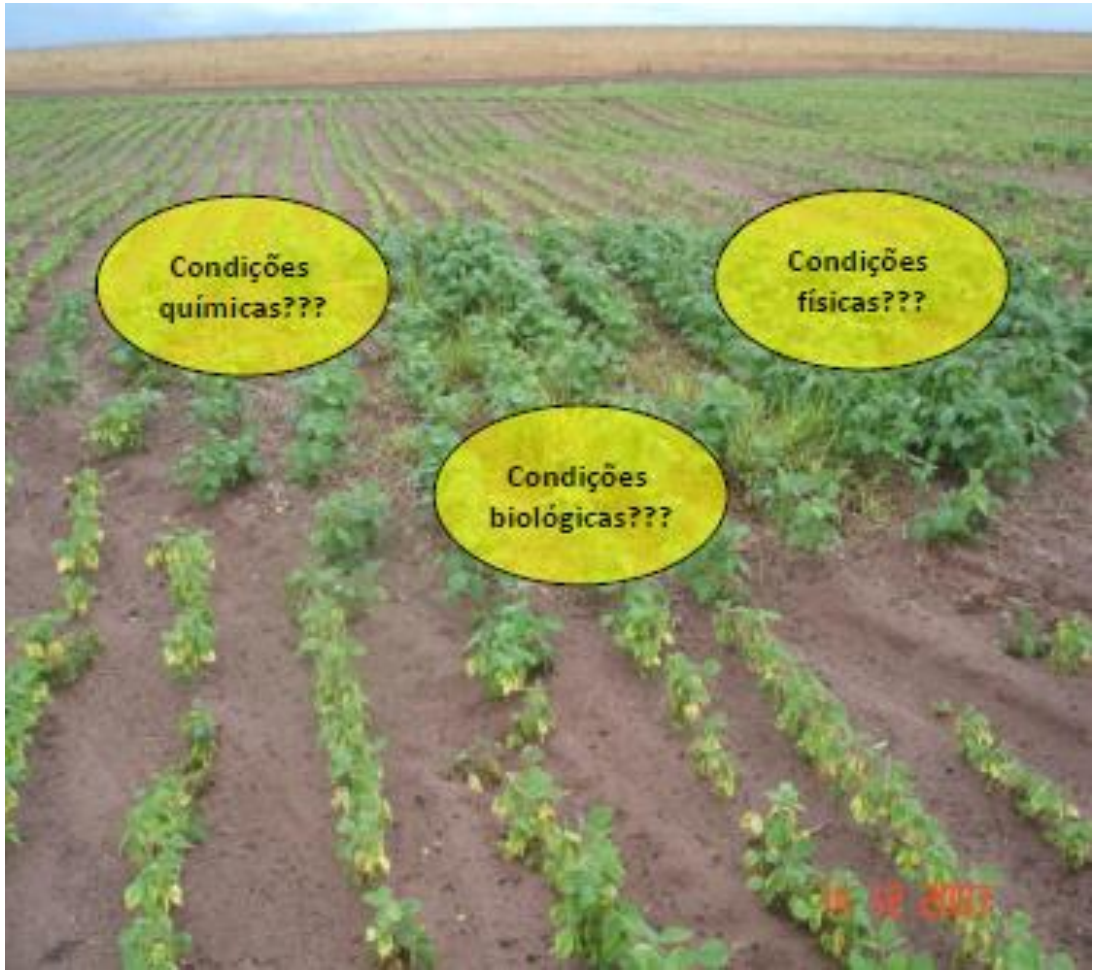
Resposta do algodoeiro ao potássio em experimentos realizados no Estado de Mato Grosso, em solos com 58 mg dm^{-3}, 76 mg dm^{-3} e 90 mg dm^{-3} de potássio



Fonte: Adaptado de Zancanaro e Tessaro (2006).

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

MANEJO DE K EM SOLOS ARENOSOS: importância da quantidade aplicada, do parcelamento e da cultura de cobertura para reciclagem



Fotos: Leandro Zancanaro.

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Consórcio Braquiária+Crotalária

MANEJO DE K EM SOLOS ARENOSOS: importância da quantidade aplicada, do parcelamento e da cultura de cobertura para reciclagem

Fonte: Fundação MT/PMA (Safra 09/10)

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

ENXOFRE

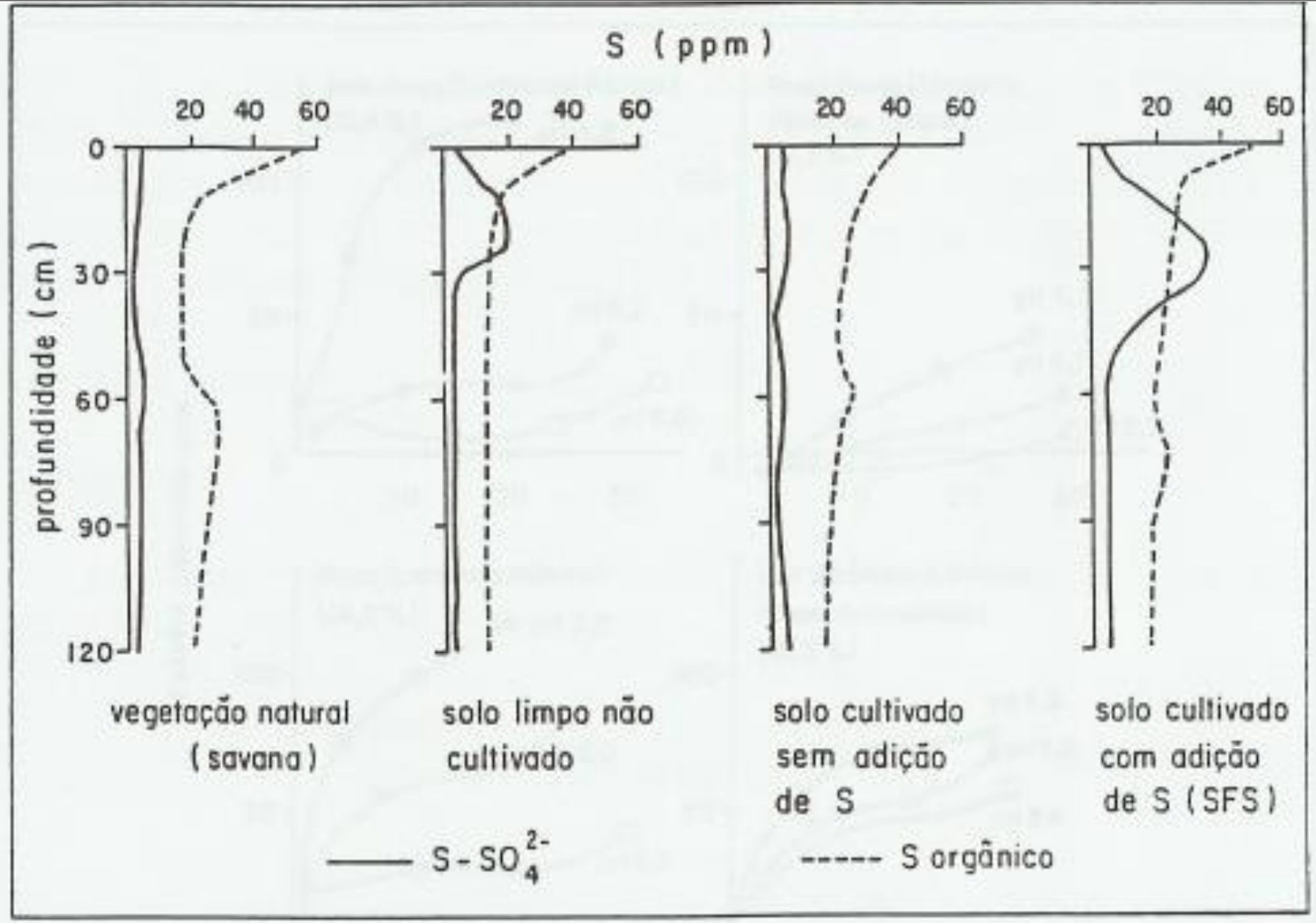
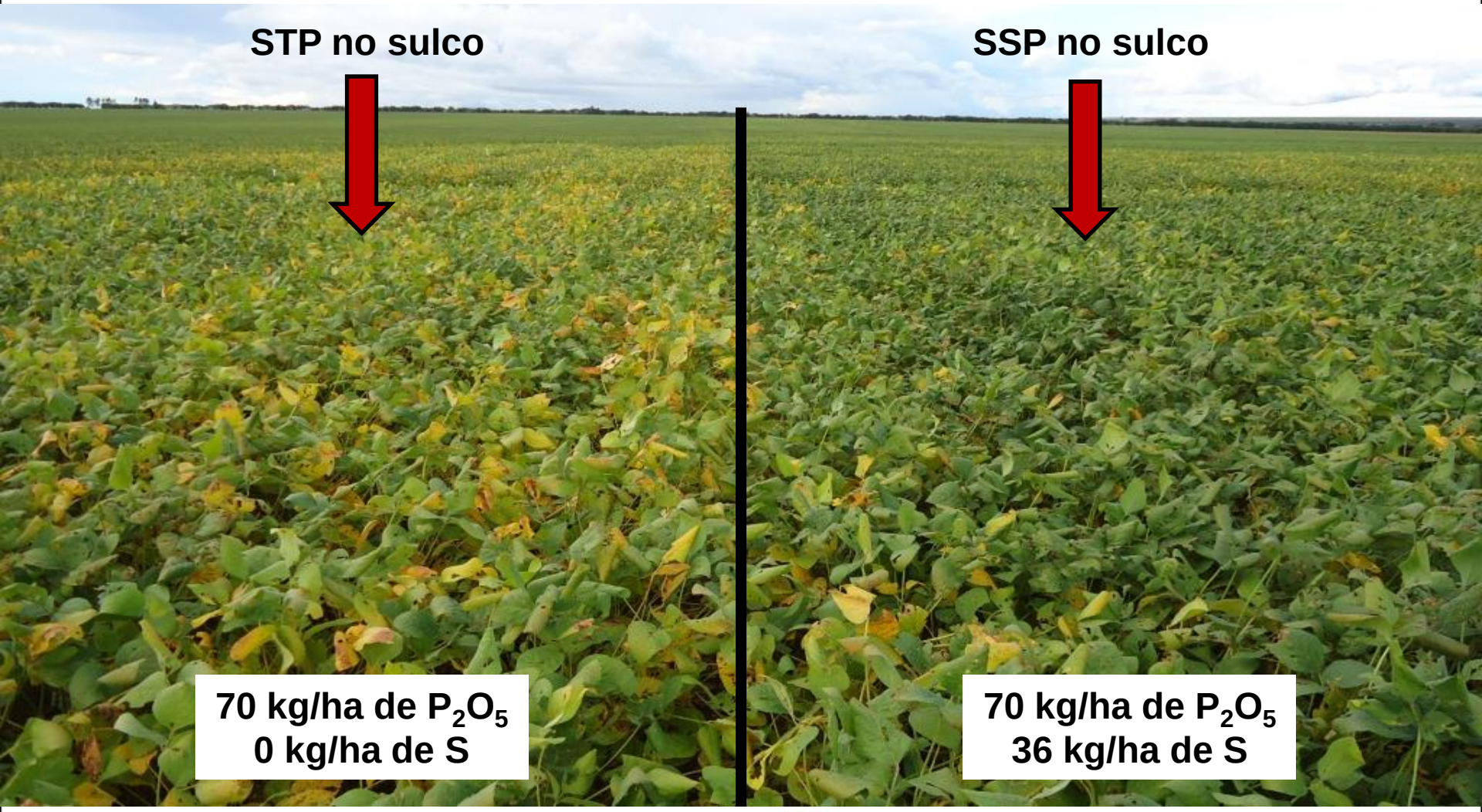


Figura 47. Distribuição do enxofre mineral e do enxofre orgânico no perfil de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo (citado por Bissani & Tedesco, 1988- Enxofre e Micronutrientes na Agricultura Brasileira)

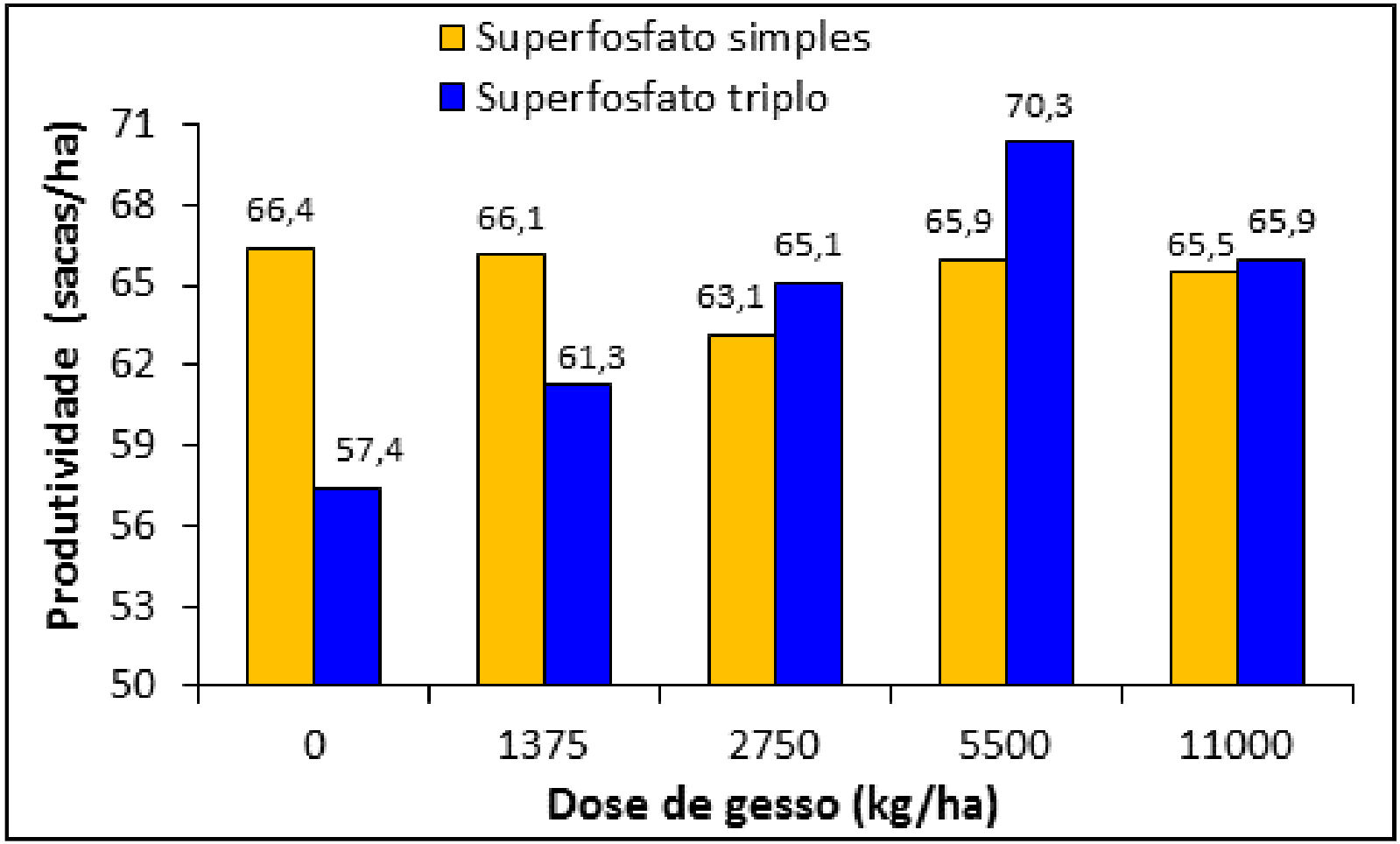
Efeito da fonte de fósforo no fornecimento de S para soja



Fonte: Fundação MT/PMA (Safra 10/11)

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Efeito da fonte de S e gessagem na produtividade de soja



Fonte: Fundação MT/PMA/Nutrion (safra 2011/12)

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

E O SISTEMA?

As áreas de alta produtividade tem em comum:

- **O manejo que prioriza a produção de material orgânico;**
- **Solos com matéria orgânica maior;**
- **E boa qualidade operacional de todas as atividades.**

Fonte: Leandro Zancanaro, Fundação MT

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

SUCESSO A TODOS, SUCESSO À ATIVIDADE AGRÍCOLA,

e

MUITO GRATO PELA ATENÇÃO!

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Website:

http://brasil.ipni.net

efrancisco@ipni.net

Telefone/fax:

(66) 3023-1517

(19) 98723-0699