

Manejo de Nutrientes para Sistemas de Produção de Alta Produtividade

Dr. Eros Francisco
IPNI Brasil



IPNI - informação

<http://brasil.ipni.net>

The screenshot shows the IPNI website interface for Brazil. At the top, there is a navigation bar with links for 'Publicações', 'Pesquisas', 'Notícias', 'Tópicos', and 'Programas Regionais'. The main content area features a large article titled 'Jornal Informações Agronômicas' dated 31 Mar 2010. The article's introduction states: 'O Jornal de Informações Agronômicas é um informativo que enfoca, de forma prática, temas de importância para o manejo adequado dos nutrientes das plantas e das culturas. O Jornal é publicado trimestralmente e direcionado a profissionais das áreas de nutrição de plantas, fertilidade do solo e adubação.' A sidebar on the left contains a menu with items like 'Página Inicial', 'Sobre o IPNI', 'Estatísticas', 'Eventos', 'Materiais Educativos e Informação', 'Premiação', 'Projetos de Pesquisa', 'Publicações', and 'Recomendações Agronômicas'.

The cover of the 'INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS' journal, issue N° 130, JUNHO 2010. The main title is 'BALANÇO DE NUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA'. The authors listed are José Francisco de Castro, Walter Casarin, and Luiz Spanghero. The cover includes a table of contents:

1. INTRODUÇÃO	
Vizje também neste número	
Introdução	22
IPNI em Destaque	23
Plano de Ação	24
Curiosidades e outros eventos	26
Publicações Recentes	27
Ponto de Vista	28



<http://media.ipni.net/>

Crop nutrient deficiency photo library



IPNI - ferramentas

FertRec

BRASIL

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

USUARIO:

SENHA:

Entrar Registrar Fechar

Esqueceu senha ou username

Para obter mais informações, escolha uma das opções abaixo:

DRIS FERTIGRAMAS

Modelo do DRIS Modelo de FERTIGRAMA

Descrição do Modelo de FERTIGRAMA

BALANÇO DE NUTRIENTES NAS CULTURAS

DRIS

Etapa 01 (Exportação) Etapa 02 (Adubação) Etapa 03 (Balanco)

<http://ipni.info/balanco>

	Exportação	Adubação	Balanco	Desfrute	FBN
		kg/ha		%	
N:	90.4	100	9.5	90.4	0
P205:	31.9	100	68.1	31.9	
K20:	86.4	150	63.6	57.6	
Ca:	31	20	-11	155.2	
Mg:	18	20	2	90	
S:	36	60	24	60	
		g/ha		%	
B:	179.6	1000	820.4	18	
Cu:	38.7	0	-38.7		
Fe:	850	0	-850		
Mn:	59.8	500	440.2	12	
Mo:	-	0	0		
Zn:	49.5	500	450.5	9.9	

HISTORICO DA FERTILIDADE DO SOLO

Versão Beta 1.0 - Experimental

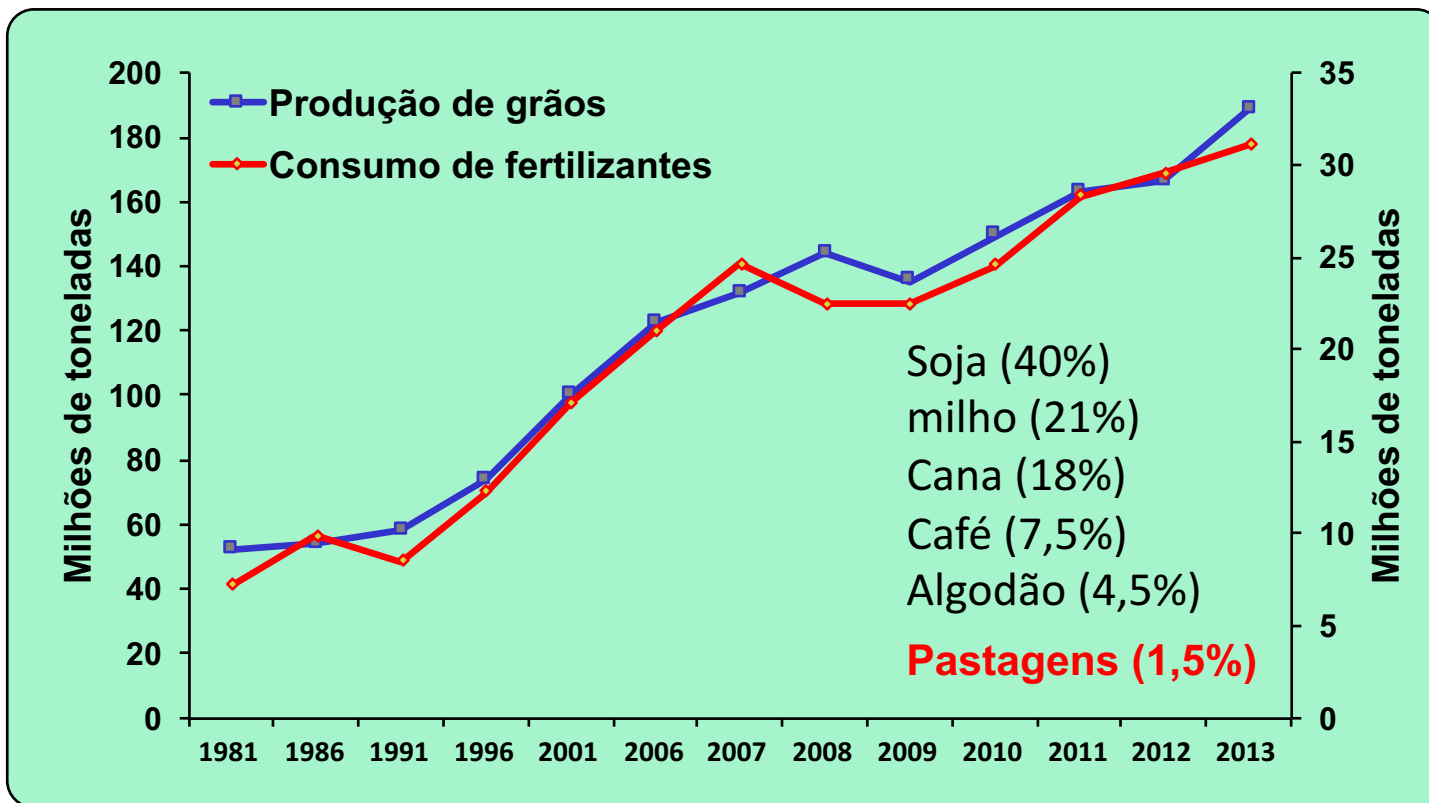
Nome: Júlio De Almeida Soares Estado: Campus Verde Erechon - MG

Faixa: Estrada 23 Propriedade: Angicos

FERTIGRAMA

DRIS

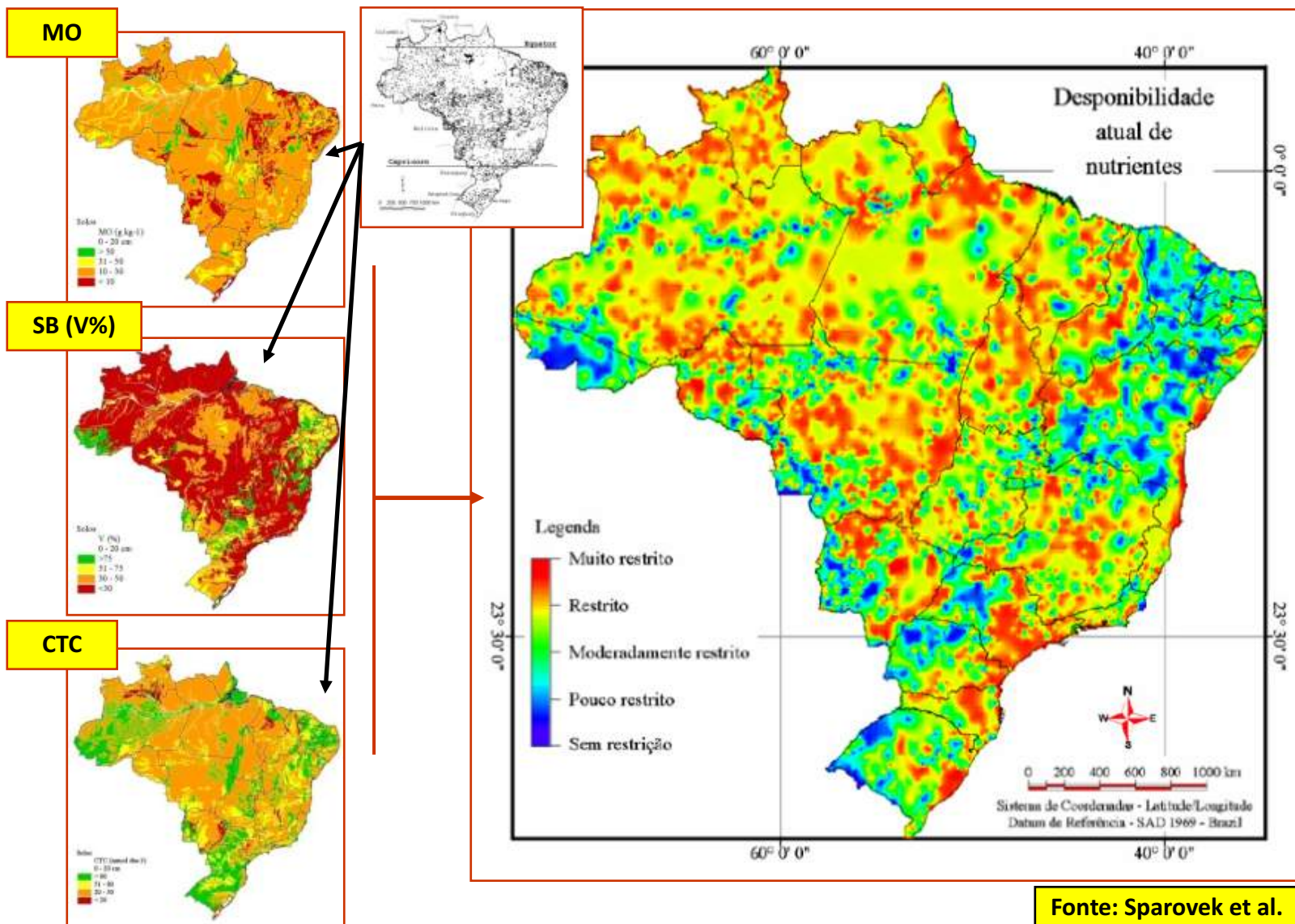
Histórico de produção de grãos e consumo de fertilizantes no Brasil



Fontes: ANDA e CONAB (2014),

Algodão em caroço, amendoim, arroz, cevada, canola, centeio, cevada, feijão, girassol, mamona, milho, soja, sorgo, trigo e triticale

Classes de restrição dos solos brasileiros em relação à fertilidade química



Balço de nutrientes na agricultura brasileira (2009-2012): *média anual*

Balço de Nutrientes	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	(t)		
Exportação total das culturas (t)	6.551.280	1.853.162	3.286.358
Dedução das exportações (t)	4.706.923	4.428.250	193.566
Exportação líquida de nutrientes (I)	1.844.357	1.848.734	3.092.792
Total de entradas de nutrientes (II)	2.836.820	3.467.034	3.790.569
Balço de nutrientes (II - I)	992.463	1.618.300	697.777
Desfrute médio obtido com o uso de fertilizantes (I/II x 100)	65%	53%	82%
Fator de consumo (II/I)	1,5	1,9	1,2

Fonte: Cunha et al. – Informações Agronômicas, março/2014



Balanco de nutrientes na agricultura brasileira (2009-2012): *por cultura*

Cultura	Desfrute médio (%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Soja	-	50	99
Milho	79	96	65
Cana de açúcar	80	70	67
Café	20	11	45
Algodão	44	16	58
Arroz	103	74	91
Feijão	67	35	115
Laranja	51	28	67
Trigo	58	48	35



Fonte: Cunha et al. – Informações Agronômicas, março/2014

Os sistemas de produção estão cada vez mais complexos ...



Falhas no sistema: *baixa eficiência no uso dos nutrientes*



Desafios atuais para o aumento da produtividade da soja

Francisco & Câmara (2013)
Informações Agrônômicas, n.143

- Semeadura antecipada x cultivares mais precoces
- Eficiência da nodulação para fornecimento de N via FBN
- Eficiência da adubação fosfatada em superfície
- Cultivo em solos arenosos
- Dessecação antecipada em pré-colheita

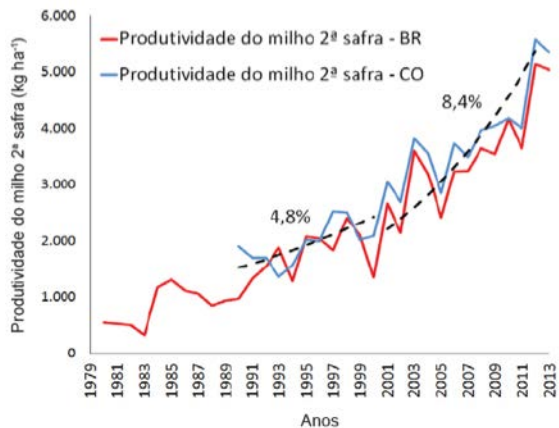
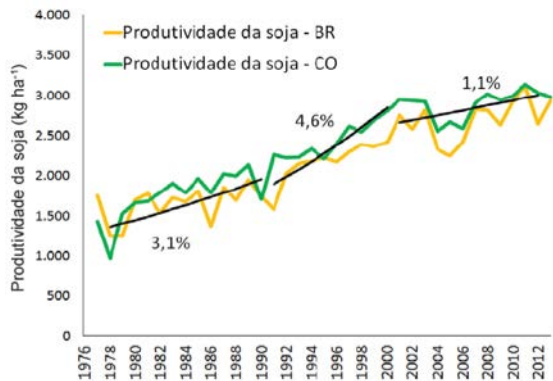


Figura 2. Produtividade da soja (A) e do milho 2ª safra (B) na região Centro-Oeste (CO) e no Brasil (BR) de 1977 a 2013.

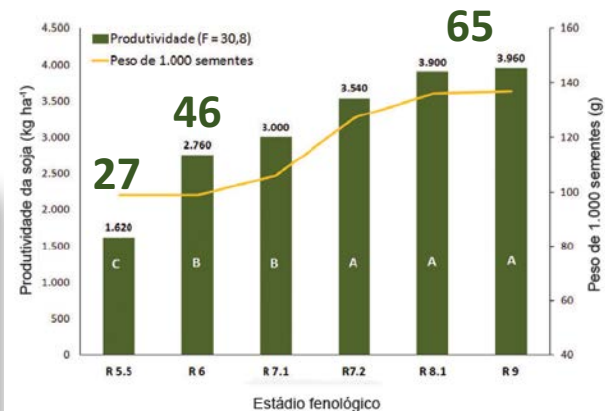


Figura 8. Produtividade e peso de mil sementes de soja (cultivar TMG1176) em função da época de dessecação em pré-colheita. Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,10$).
 Fonte: Kappes et al. (2012).



Figura 7. Lavoura de soja submetida à dessecação em pré-colheita antes do momento recomendado.
 Foto: Claudinei Kappes.

Manejo da acidez do solo para potencializar o aproveitamento de nutrientes ...



Estratificação química do perfil: avaliação da “real” fertilidade do solo

Prof	pH CaCl ₂	P	K	Ca	Mg	Al	CTC	V
cm		mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³				%
0-20	5,0	19	29	1,8	0,7	0,0	5,8	44
20-40	4,4	2	14	0,6	0,2	0,5	4,0	21

Fonte: Fundação MT/PMA (2010)

Eficiência da correção da acidez do solo

Quantidade de calcário calculada pelo método da saturação por bases (t/ha) para alcançar V% de 40, 50 e 60%, e a quantidade real de calcário (utilizando o método de saturação de bases + fator de correção) para alcançar o V% desejado, em área de primeiro ano de cultivo no Cerrado.

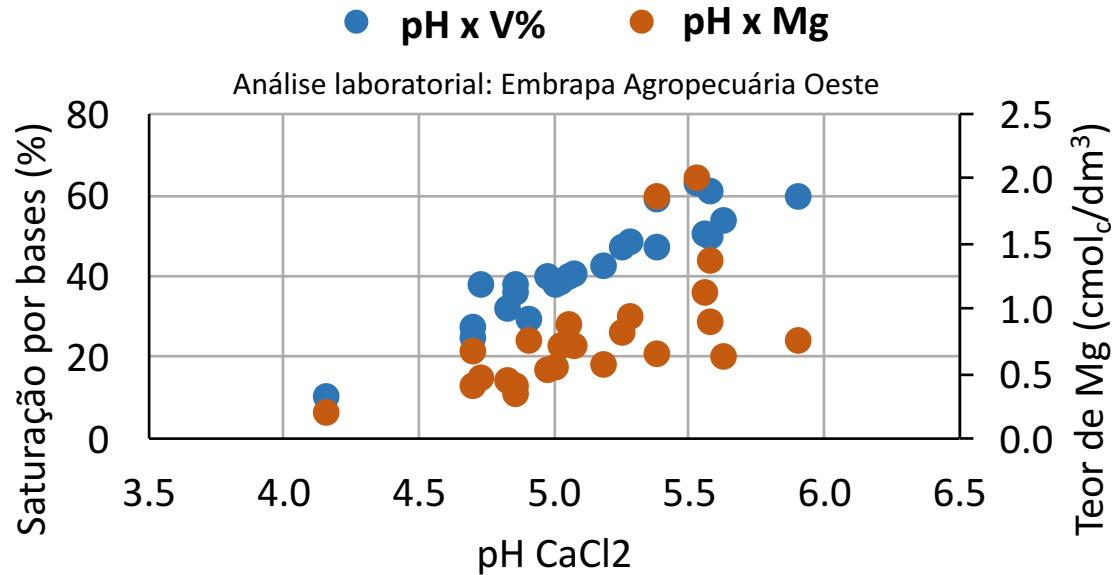
Local	V% inicial	V% almejada	Cal (t/ha) PRNT 80%	V% obtida	Calcário necessário (t/ha)
Campo Novo Parecis - MT	8,3	40	2,5	24,6	4,6
	8,3	50	3,3	30,6	5,8
	8,3	60	4,1	36,7	6,9
Nova Mutum - MT	9,0	40	2,8	26,8	4,1
	9,0	50	3,7	33,8	5,6
	9,0	60	4,7	39,4	7,4

Fonte: Fundação MT/PMA – Dados não publicados

Recomendação: calcular para V de 70% (Caires, 2016)

Valores de pH CaCl₂, saturação por bases e teor de Mg em 24 amostras representativas de áreas agrícolas em vários municípios do MT

Estudo comparativo laboratorial da análise de solo no Estado de Mato Grosso.
 Monografia do curso de especialização em manejo do solo.
 Douglas Coradini (2016).



Distribuição percentual dos valores das 24 amostras

pH CaCl ₂		
< 5,0	8	33%
5,0-5,5	11	46%
> 5,5	6	25%
Mg (cmol _c /dm ³)		
< 0,5	7	29%
0,6-0,7	7	29%
0,8-1,0	6	25%
>1,0	4	17%
V (%)		
< 40	10	42%
40-50	8	33%
> 50	6	25%

Tabela 16 – Demonstrativo da variabilidade na classificação dos teores de P e K¹ e na definição da recomendação de calagem², nas duas etapas do estudo.

	Etapa-A			Etapa-B		
	P_Class	K_Class	N.C.	P_Class	K_Class	N.C.
	% Acerto		C.V. %	% Acerto		C.V. %
Média	51,0	63,5	134,0	46,0	68,6	185,9
Mínimo	8,3	0,0	26,4	8,3	0,0	13,1
Máximo	100,0	100,0	468,5	100,0	100,0	1146,1

¹ Classificação de P e K de acordo com Sousa, Lobato e Rein (2004) e Vilela, Sousa e Silva (2004), respectivamente.

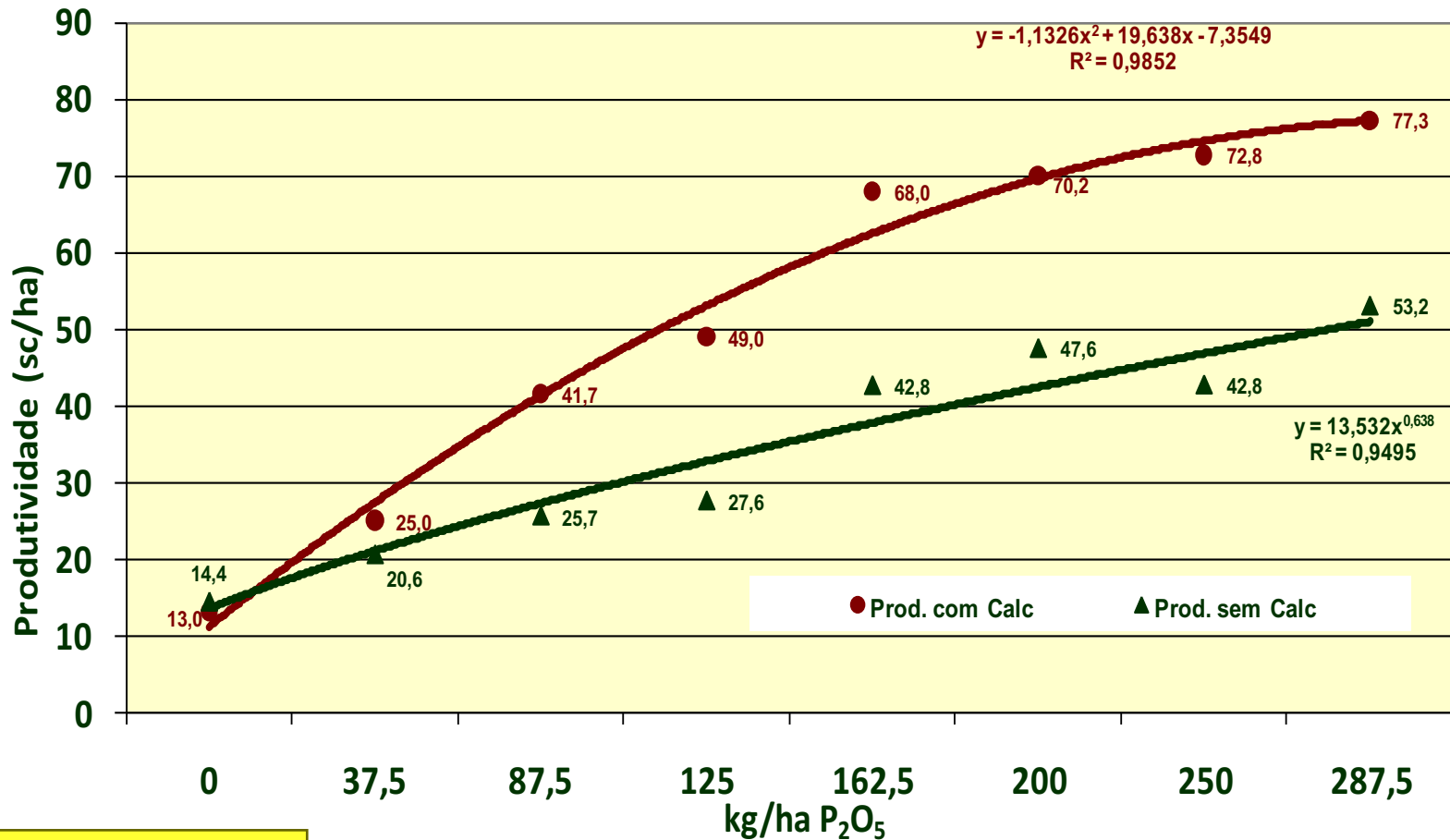
Efeito da acidez do solo na nodulação da soja



Foto: cortesia de Leandro Zancanaro

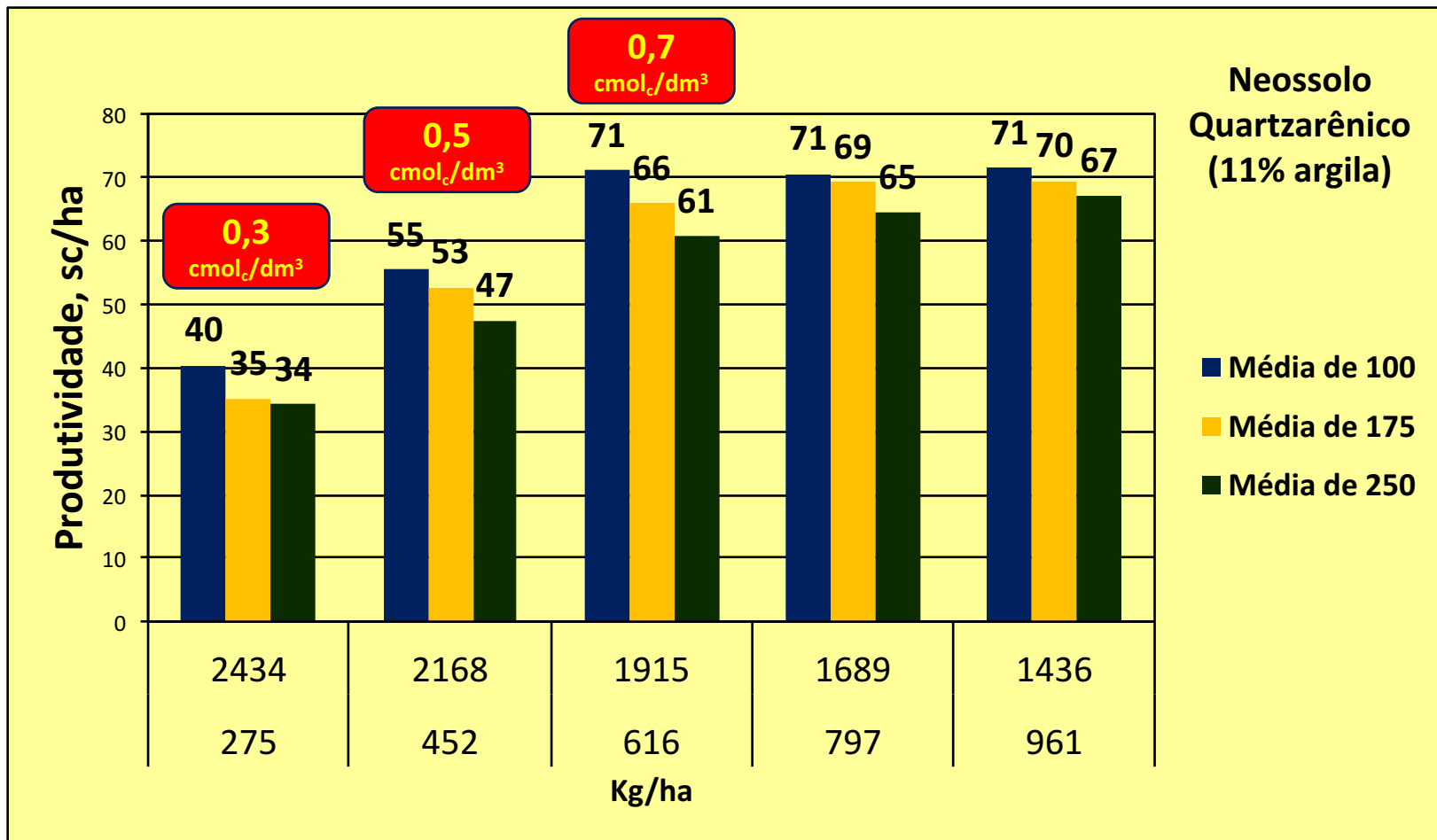
Efeito da acidez do solo na eficiência de uso de P

Produtividade da soja em função da quantidade de fósforo aplicada no sulco de plantio, em solo argiloso. 1º ano de cultivo. Safra 1999/2000, Sapezal-MT.



Fonte: Fundação MT/PMA.

Influência do tipo de calcário na produtividade da soja e na disponibilidade de Mg no solo



Fonte: Fundação MT/PMA (2010).

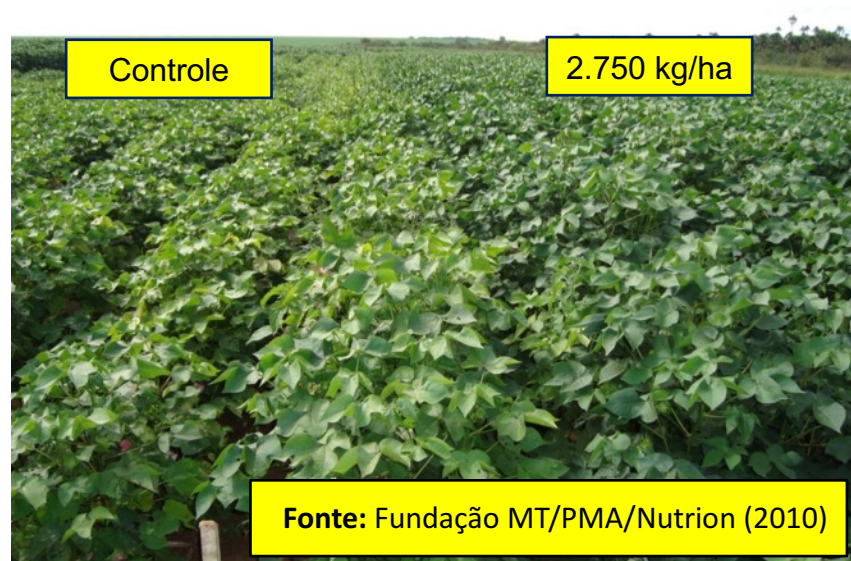
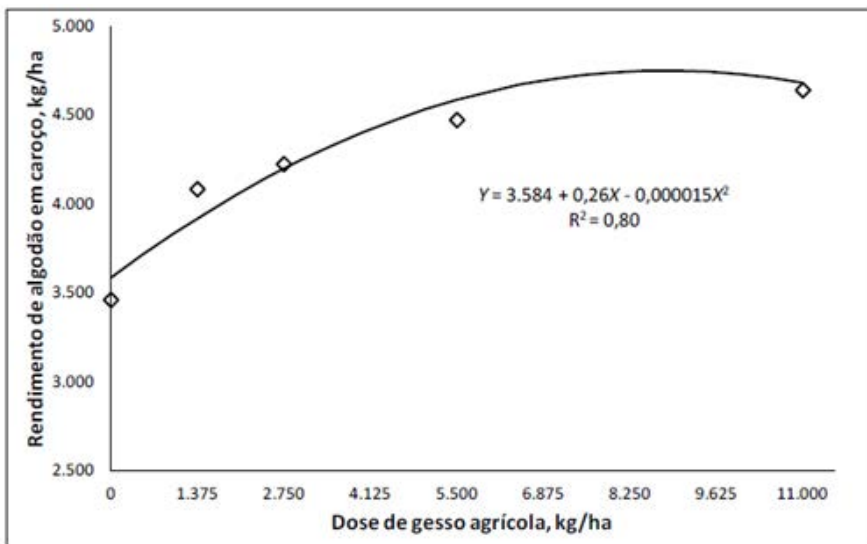
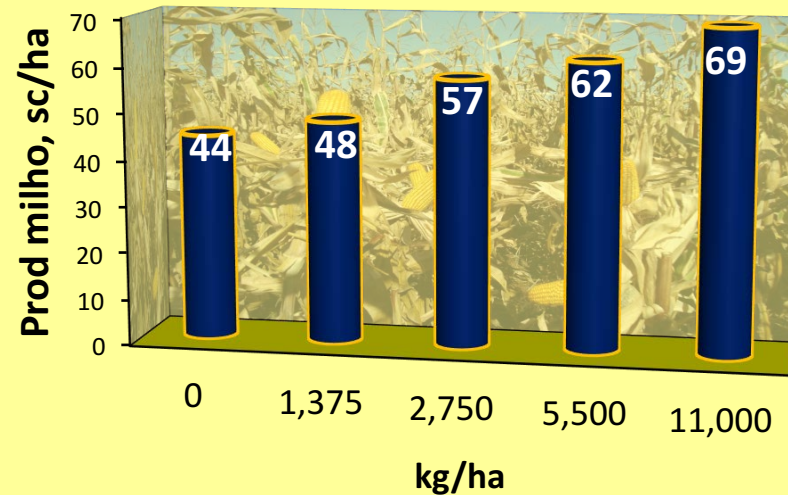
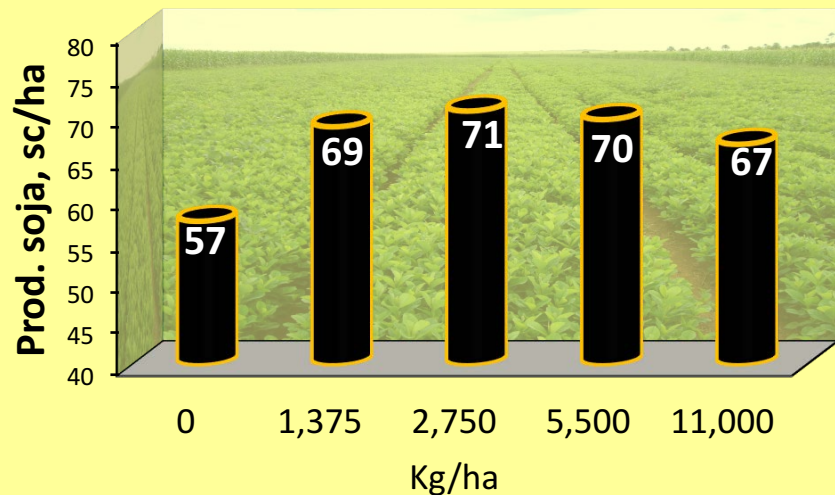
Efeito do uso de gesso na produtividade da soja, do milho e do algodão

Latossolo Vermelho Amarelo (50% de argila)
Condição original do solo

Prof.	pH	P	K	S	Ca	Mg	Al	CTC	m	V
cm			mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³			%	%
0-10	5,4	15	33	15	3,2	1,7	0,0	8,2	0	60
10-20	4,7	7	29	17	1,4	0,8	0,2	6,3	8	36
20-30	4,3	1	27	26	0,4	0,2	0,3	5,3	33	12
30-40	4,3	1	20	36	0,3	0,2	0,3	4,3	38	12
40-50	4,5	1	17	27	0,3	0,2	0,3	3,4	38	16
50-60	4,7	1	17	10	0,2	0,2	0,2	3,1	33	15

Fonte: Fundação MT/PMA/Nutrien

Efeito do uso de gesso na produtividade da soja, do milho e do algodão



Fonte: Fundação MT/PMA/Nutrien (2010)

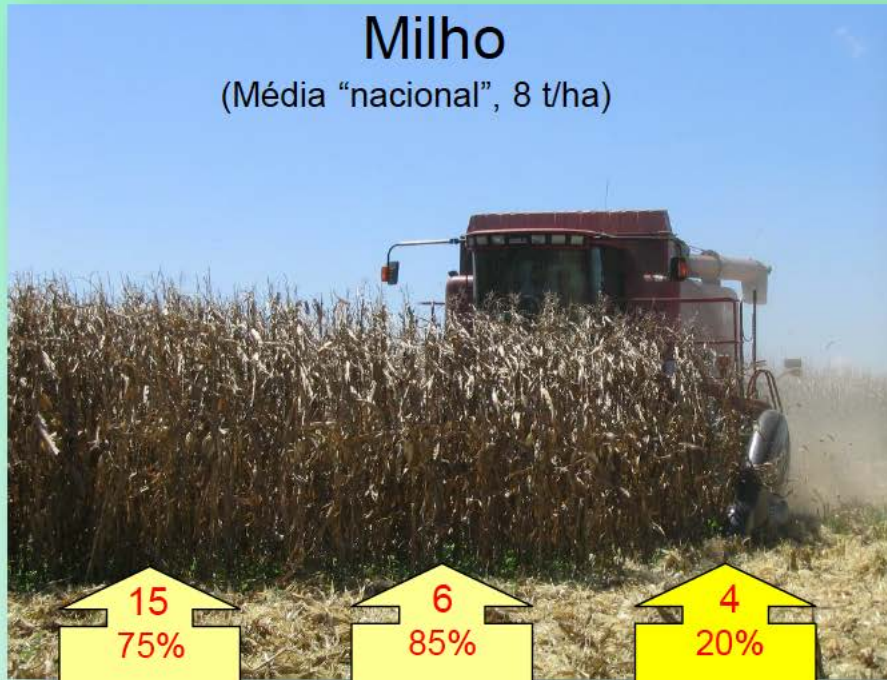
Em solo com fertilidade construída, a adubação é determinada conhecendo-se as taxas de extração e exportação de nutrientes



Conhecimento das quantidades de nutrientes extraídas e exportadas (kg/t grãos): atualizar dados para as condições locais

Milho

(Média "nacional", 8 t/ha)



N



P₂O₅



K₂O

Soja

(Média "nacional", 3 t/ha)



N



P₂O₅

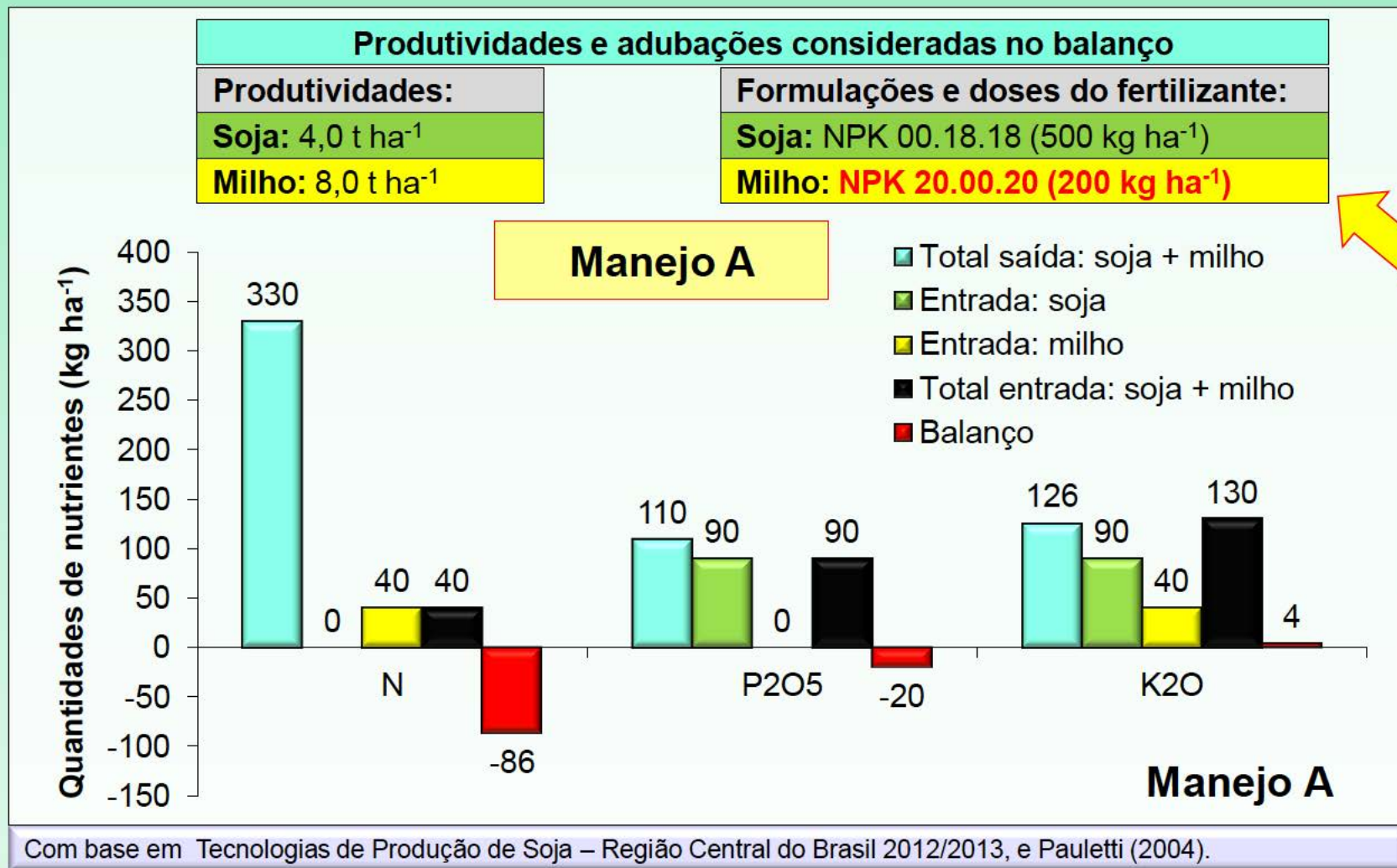


K₂O

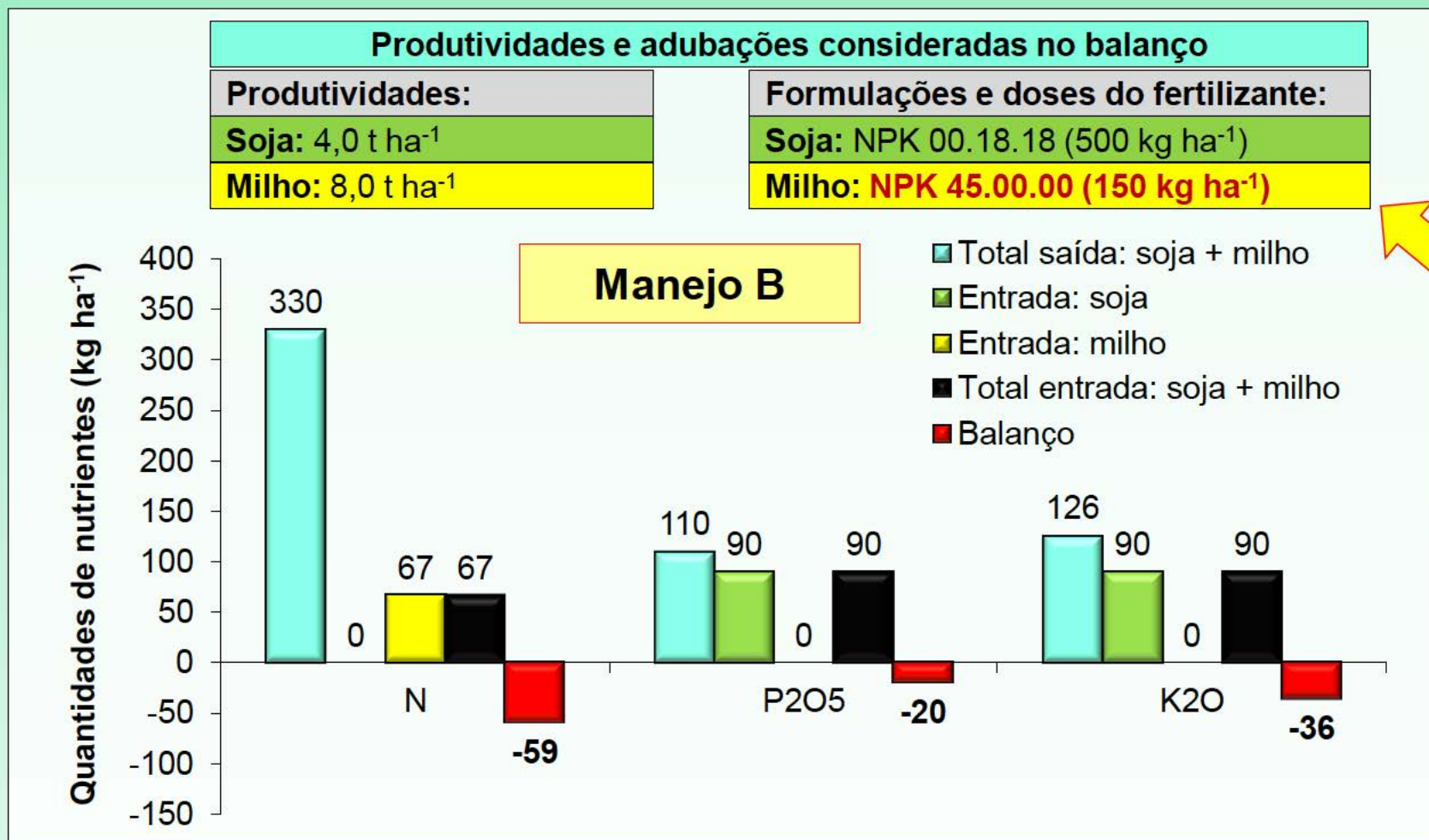
Fonte: Adaptado de Fancelli & Tsumanuma (2007);
Oliveira Jr et al. (2010) e Resende et al. (2012)

Fonte: Embrapa (2008)

Balanço: tendência de adubações deficitárias (MT)



Balanço: tendência de adubações deficitárias (MT)



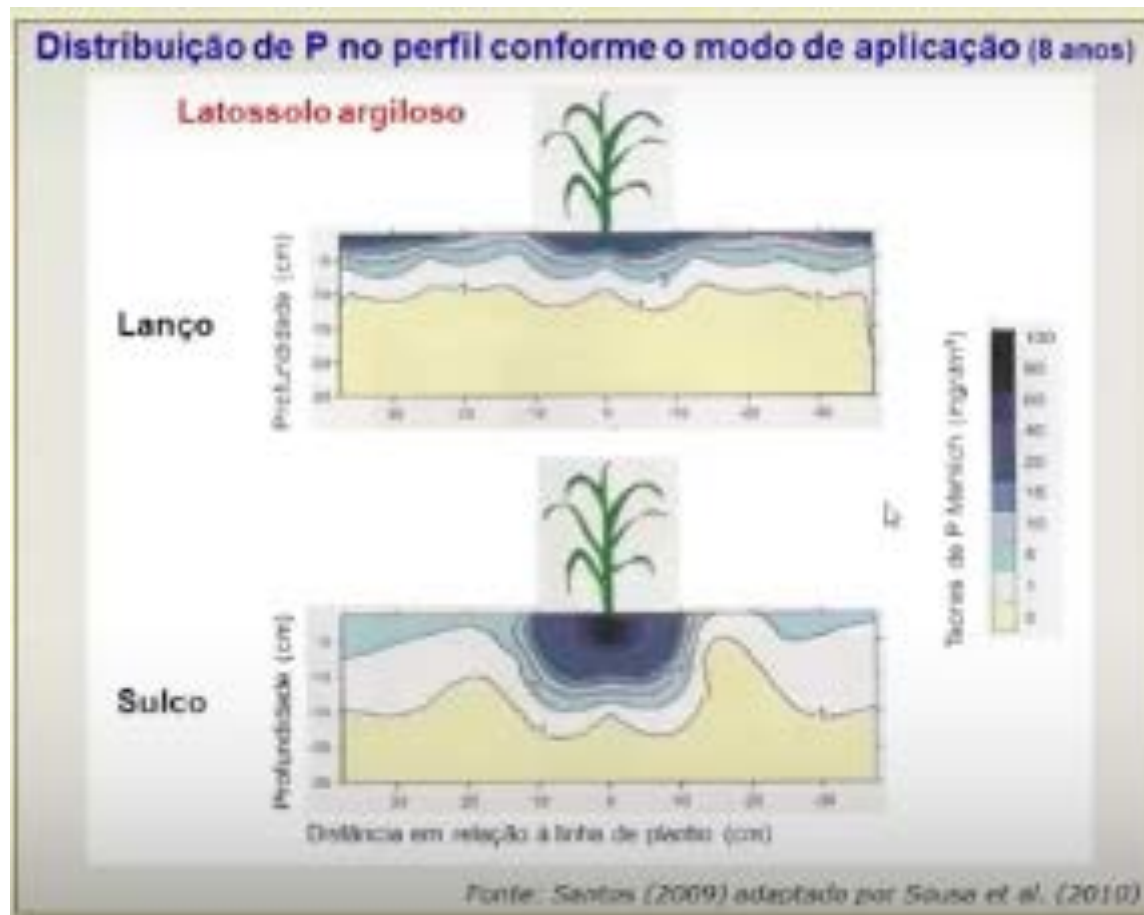
Com base em Tecnologias de Produção de Soja – Região Central do Brasil 2012/2013, e Pauletti (2004).

Fonte: Kappes & Zancanaro (2014)

Adubação fosfatada em superfície: *como decidir?*

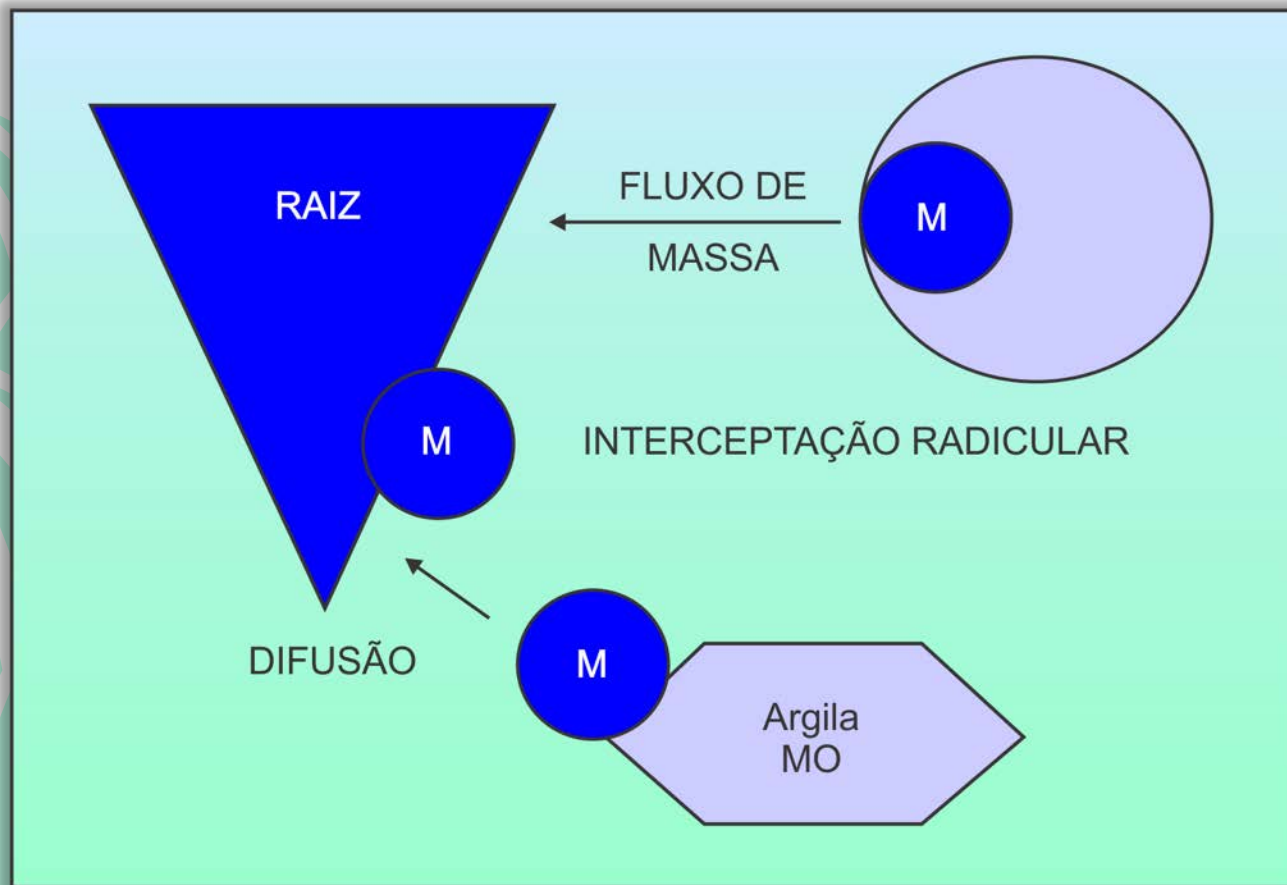


Adubação fosfatada em superfície: *como decidir?*



Fonte: Vilela (2013). <http://brasil.ipni.net/article/BRS-3228>

Representação esquemática dos mecanismos de contato íon-raiz



Relação entre o processo de contato e a localização dos fertilizantes

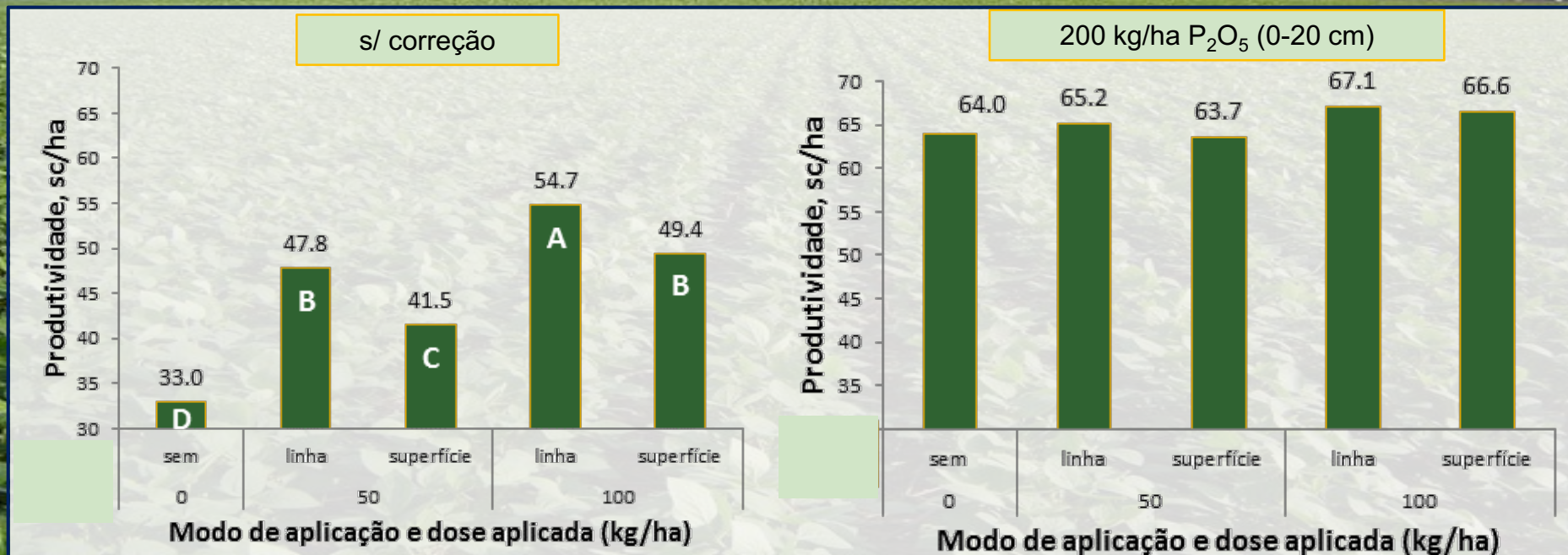
Elemento	Processo de contato (% do total)			Aplicação do fertilizante
	Interceptação radicular	Fluxo de massa	Difusão	
Nitrogênio	1	99	0	Distante, em cobertura (parte)
Fósforo	2	4	94	Próximo das raízes
Potássio	3	25	72	Próximo das raízes, em cobertura
Cálcio	27	73	0	A lanço
Magnésio	13	87	0	A lanço
Enxofre	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.

Adubação fosfatada em superfície: *como decidir?*

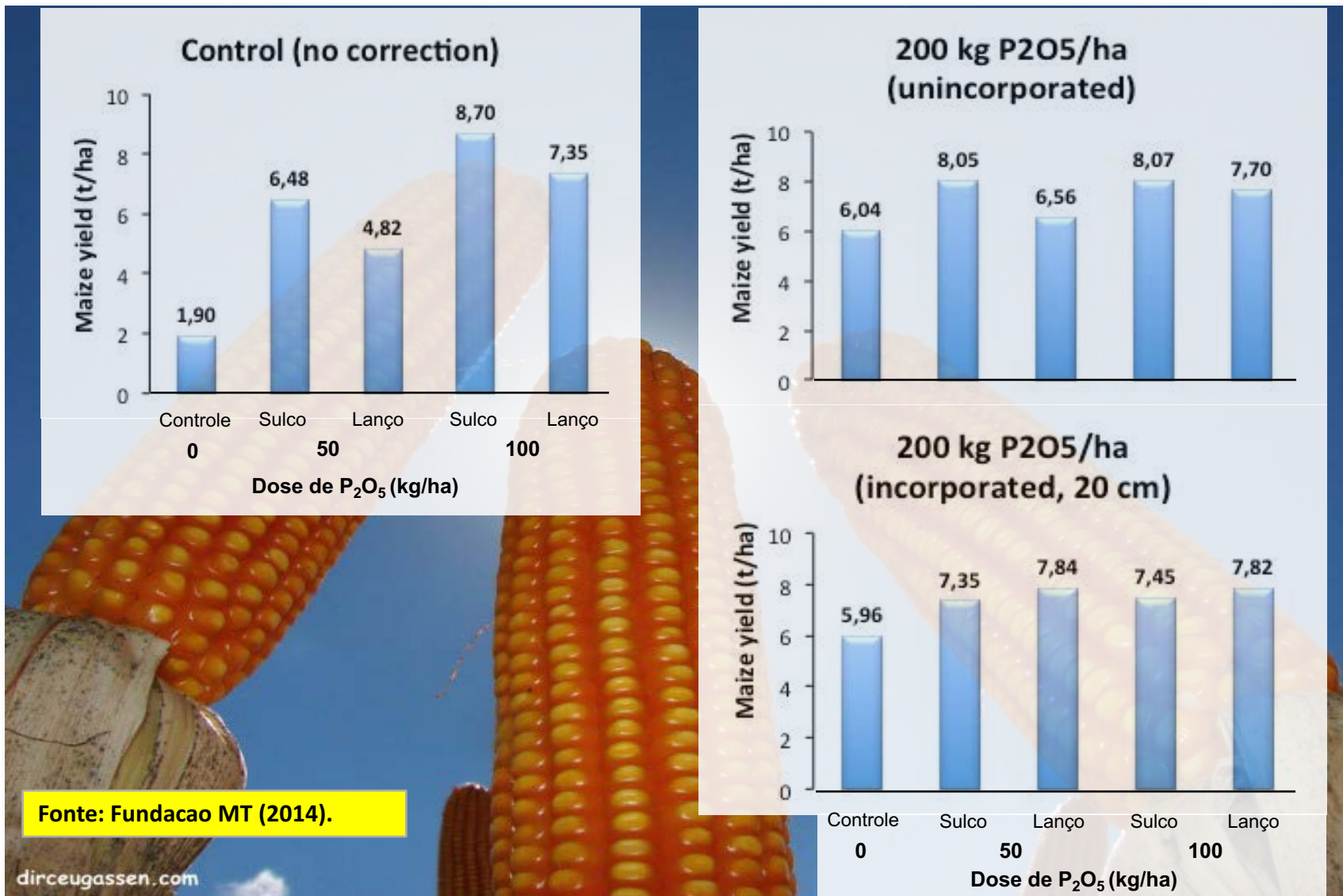
Dose e modo de aplicação de P em diferentes níveis de correção do solo (teor original de P: 3 mg/dm³)



Fonte: Fundação MT/PMA (2011)

20/11/2008

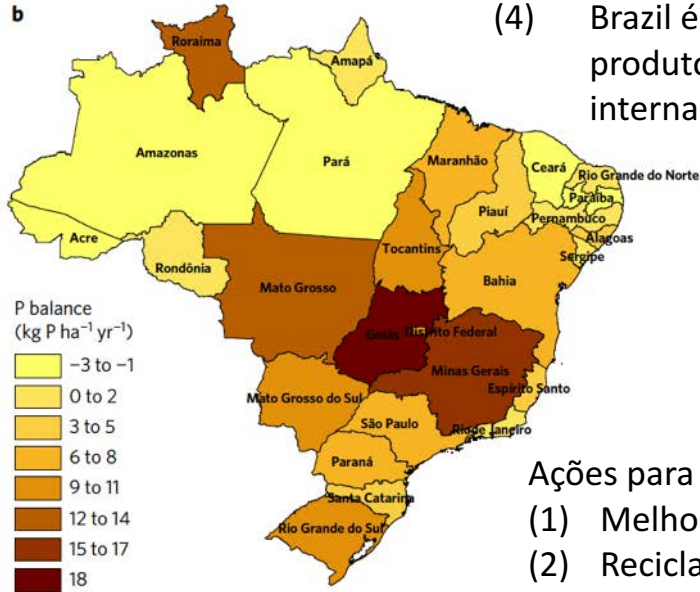
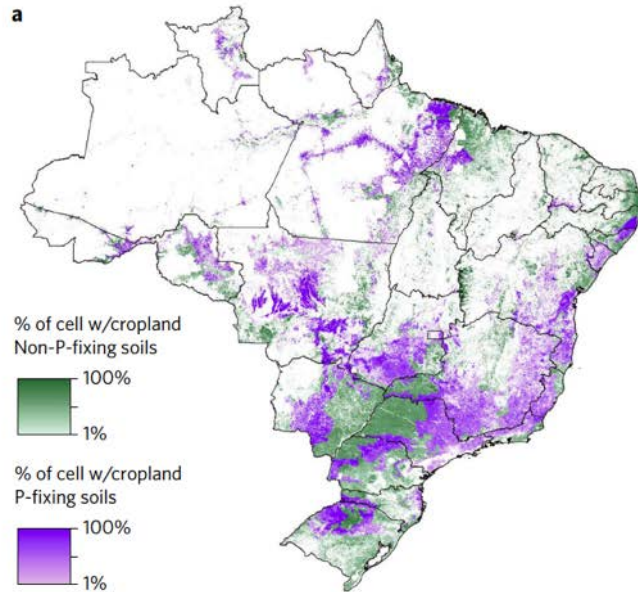
Adubação fosfatada em superfície: *como decidir?*



Fonte: Fundacao MT (2014).

The phosphorus cost of agricultural intensification in the tropics

Eric D. Roy^{1,2*}, Peter D. Richards^{1,3}, Luiz A. Martinelli⁴, Luciana Della Coletta⁴, Sílvia Rafaela Machado Lins⁴, Felipe Ferraz Vazquez⁵, Edwin Willig⁶, Stephanie A. Spera^{1,6}, Leah K. VanWey^{1,7} and Stephen Porder^{1,8}

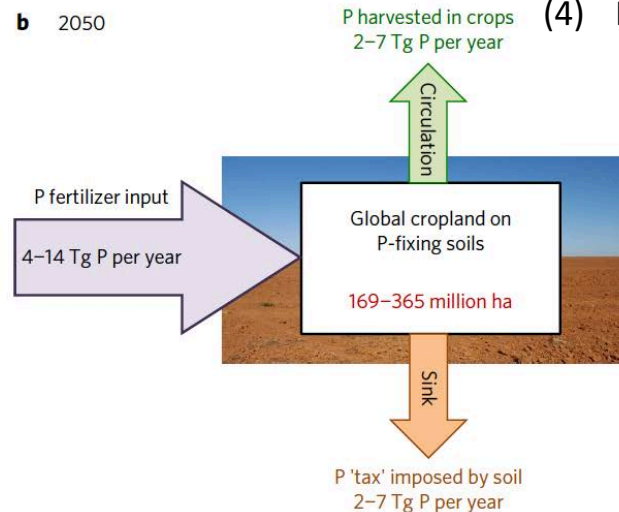
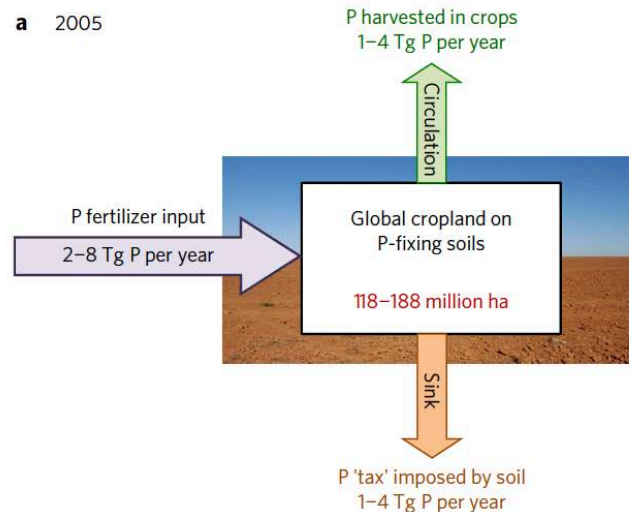


Sucesso do MT:

- (1) Grandes áreas e terras baratas
- (2) Clima favorável
- (3) Produtores capitalizados para comprar insumos
- (4) Brazil é uma força agrícola cujos produtos têm mercado doméstico e internacional

Ações para aliviar o custo do P-fixado:

- (1) Melhoria nas técnicas de adubação
- (2) Reciclagem do P via esterco em ILP
- (3) Variedades eficientes em usar P
- (4) Fechar o ciclo humano do P



Adubação fosfatada em superfície: *como decidir?*

S.simples aplicado	Fósforo recuperado	
	anuais ¹	anuais e capim ²
kg/ha de P ₂ O 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.

Adubação fosfatada em superfície: *como decidir?*

1. Solo com teor muito baixo ou baixo de P (0 – 20 cm) = Sulco.
2. Solo com elevado potencial para perda de P por erosão superficial = Sulco.
3. Solo com teor de P no mínimo médio de 0-20 cm e muito baixo/baixo de 20 – 40 cm = Outros fatores devem ser considerados (ex.: clima).
4. Solo com teor razoável de P ao longo do perfil, sem elevado risco de erosão superficial e desejo de alto rendimento operacional na semeadura = Lanço.

1. Intercalar a localização é uma possibilidade.
2. Antecipar a localização é uma possibilidade.

Exportação de nutrientes pelas culturas soja, milho e algodão

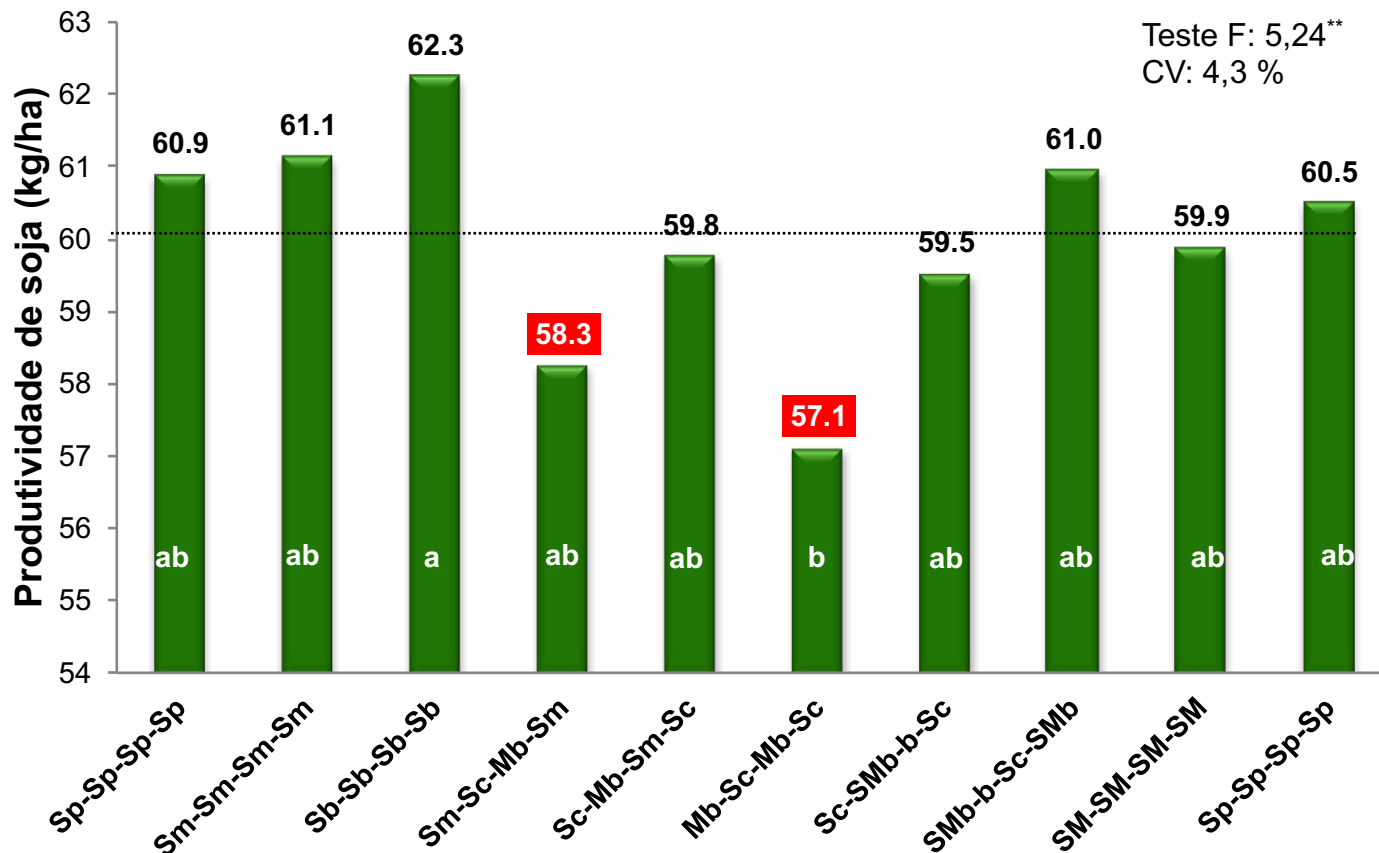
Estação Experimental Cachoeira da Fundação MT
Itiquira, MT - Brasil

Cultura	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
	kg/t (grãos ou algodão em caroço)						g/t (grãos ou algodão em caroço)				
Algodão	24,5	9,2	9,3	1,3	2,4	1,9	24,3	5,8	95	12,0	19,8
Soja	57,7	11,7	21,3	2,2	2,2	2,7	35,6	11,8	168	22,7	37,6
Milho 1ª Safra	14,5	7,5	4,1	0,3	1,0	1,0	21,3	7,8	60	7,7	13,0
Milho 2ª Safra	14,3	4,6	3,1	0,3	0,8	1,1	21,7	5,3	87	8,0	11,2
	Kg/ha (S 60sc, M 100 sc, A 250 @)						g/ha ((S 60sc, M 100 sc, A 250 @)				
Soja/milho 2	294	70	95	10	13	16	258	74	1127	130	203
Soja/algodão	300	77	112	13	17	17	219	64	961	127	210

Fonte: Fundação MT (2013)

Adubação nitrogenada na soja: *é necessária?*

Produtividade média de soja nos quatro primeiros anos do estudo



Adubação anual:

Soja

50 kg/ha P₂O₅ (SSP)
120 kg/ha K₂O (KCl)
30 kg/ha S (SSP)
0,5 kg/ha B

Milho Safra

(180 sc/ha)
50 kg/ha P₂O₅ (MAP)
60 kg/ha K₂O (KCl)
120 kg/ha N (Ureia)
1,5 kg/ha Zn

Milho Safrinha

(113 sc/ha)
50 kg/ha P₂O₅ (MAP)
60 kg/ha N (Ureia)
1,5 kg/ha Zn

Fonte: Fundação MT (2013)

0 N

Efeito do N aplicado no milho safrinha anterior

30 N



62,6 sc/ha



63,6 sc/ha

Fonte: IPNI Brasil e Fundação MT/PMA - Safras 10/11



64,5 sc/ha



66,0 sc/ha

60 N

90 N

Adubação nitrogenada na soja: *é necessária?*

Tabela 1. Valores médios de massa seca de plantas de cobertura (MS) cultivadas na primavera, população final de plantas (PFP), altura final de planta (AFP) e produtividade da soja (PROD), cultivar TMG 1176 RR, após o manejo das coberturas. Fundação MT (2011/12).

Tratamento	Plantas de cobertura na primavera (2010)			
	MS — kg ha ⁻¹ —	Soja verão 2011/12		
		PFP — plantas ha ⁻¹ —	AFP — cm —	PROD — kg ha ⁻¹ —
<i>Crotalaria spectabilis</i>	4.880	438.889	57,7 b	4.183
<i>Crotalaria juncea</i>	15.040	400.000	64,2 b	4.107
Mucuna-preta	4.865	377.778	62,5 b	4.068
Feijão-guandu	19.875	394.444	65,8 b	3.946
<i>Crotalaria breviflora</i>	4.385	411.111	56,7 b	3.915
Feijão-caupi	5.750	383.333	60,8 b	3.839
Estilosante	4.775	444.444	60,8 b	3.822
Milheto	7.620	422.222	74,2 a	3.635
Capim-sudão	6.105	427.778	71,7 a	3.580
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	5.125	416.667	72,5 a	3.424
Teste F	—	2,06 ^{NS}	3,56 ^{**}	1,21 ^{NS}
CV (%)	—	5,4	12,5	8,2
Média geral	7.842	411.667	64,7	3.852

^{**} e ^{NS} – significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade. CV – coeficiente de variação experimental.

Adubação nitrogenada na soja: *é necessária?*

Demoplot na Fazenda GMC em Rondonópolis-MT:

- ✓ Área 1 (3,25 ha): 300 kg/ha de 00-20-10 (sulco) + 100 kg/ha de KCl (cobertura);
- ✓ Área 2 (3,25 ha): 350 kg/ha de 07-17-09 (sulco) + 100 kg/ha de KCl (cobertura);
- ✓ Variedade P98Y11, semeada em 25/out e colhida em 13/fev;

Tabela 1. Estande, altura final de plantas, número de grãos por vagem, peso de grãos e produtividade da soja em função dos tratamentos empregados na safra 2012/2013.

Trat.	Estande	Altura final	# vagens por planta					Peso grãos	Produ	
			0	1	2	3	4		g	kg/ha
Sem N	11,2	59	1,0	5,8	20,3	29,2	0,0	161,2	3,750	62,5
Com N	11,6	63	1,3	3,7	21,9	30,0	0,0	161,0	3,849	64,2

Estande e altura final de plantas: média de 3 amostragens

Número de grãos por planta: média de 9 amostragens

Produtividade: colheita mecanizada da área total

Fonte: IPNI/GMC (2013)

Adubação nitrogenada na soja: *é necessária?*

Tabela. Altura final de planta (AFP) e produtividade (PROD) de soja em função da inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e aplicação de nitrogênio. Fonte: Fundação MT/PMA (2011/12).

Tratamentos		AFP — cm —	PROD — sacas/ha —
Inoculação (I)			
Sem		95,7 b	52,5 b
Com		101,5 a	56,5 a
Modo de aplicação do N (M)			
Semeadura (lanço)		102,8	54,8
Cobertura (R1)		94,3	54,2
Dose de N (D)			
0 kg ha ⁻¹		95,9	53,3
80 kg ha ⁻¹		99,6	55,7
160 kg ha ⁻¹		100,1	53,8
240 kg ha ⁻¹		98,7	55,2
Teste F	I	36,66 **	16,36 **
	M	78,81 **	0,41
	D	3,81 *	1,29
	I x M	0,06	0,08
	I x D	0,66	0,30
	M x D	9,56 **	0,37
	I x M x D	0,01	0,06
CV (%)		3,86	7,39
Média geral		98,6	54,5

** e * – significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Manejo da adubação para o milho safrinha

Nitrato de amônio a
lanço – **sem P e S:**

N: 40 kg/ha

K₂O: 60 kg/ha

16.18.14 + 8% S no
sulco:

N: 40 kg/ha

P₂O₅: **44 kg/ha**

K₂O: **34 kg/ha**

S: **19 kg/ha**

13.33.00 + 15% S no
sulco:

N: 40 kg/ha

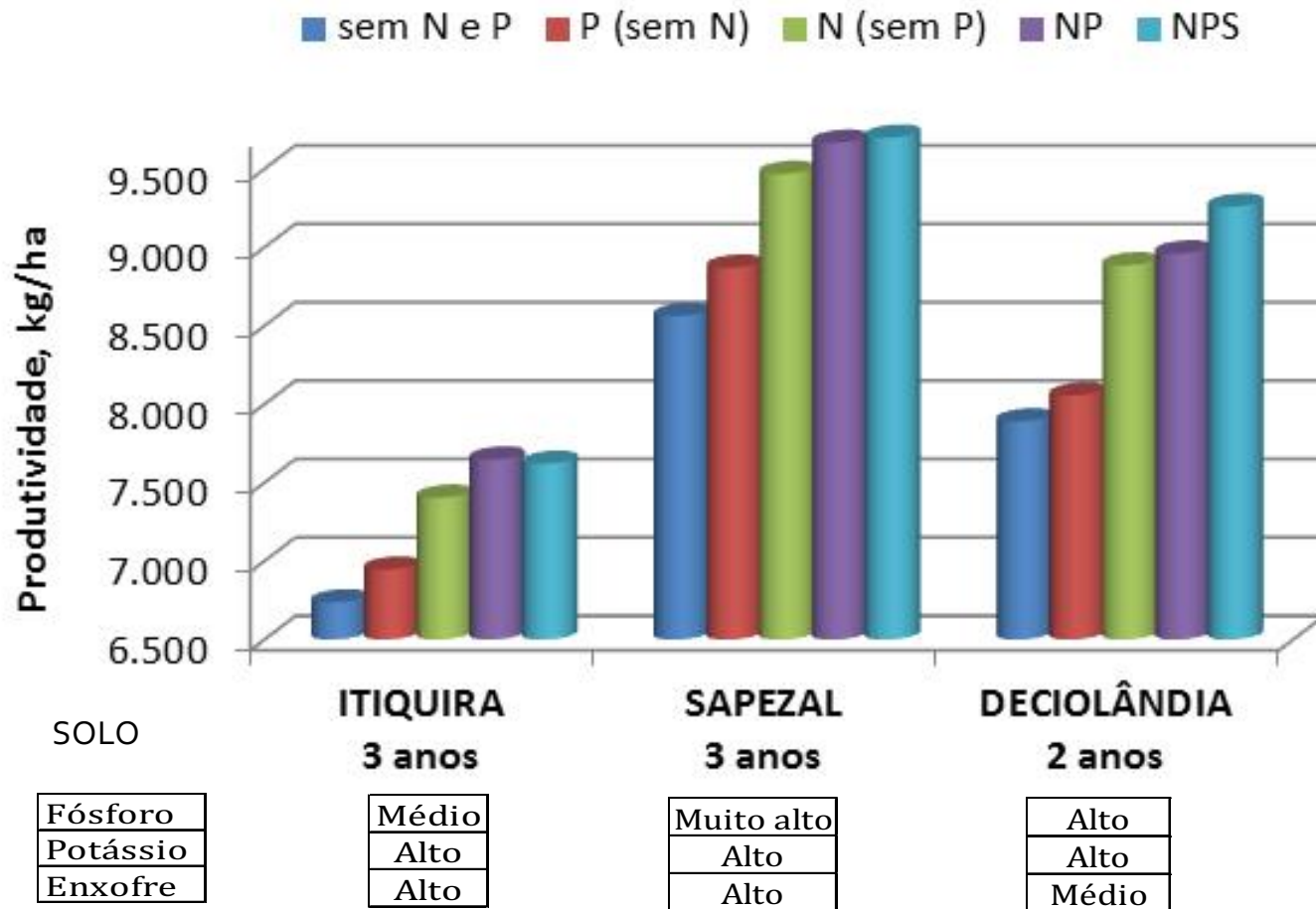
P₂O₅: **100 kg/ha**

K₂O: **60 kg/ha**

S: **45 kg/ha**



Manejo da adubação para o milho safrinha



SOLO

Fósforo
Potássio
Enxofre

3 anos

Médio
Alto
Alto

3 anos

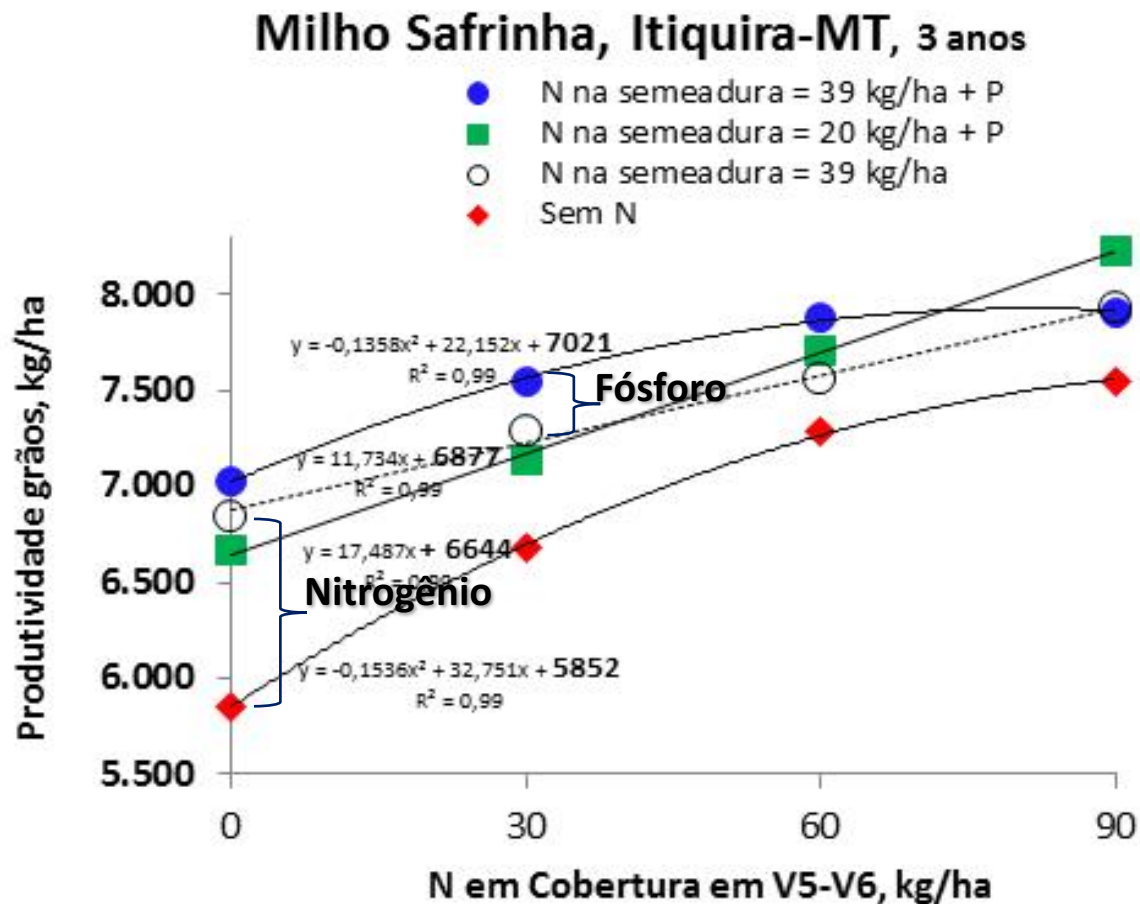
Muito alto
Alto
Alto

2 anos

Alto
Alto
Médio

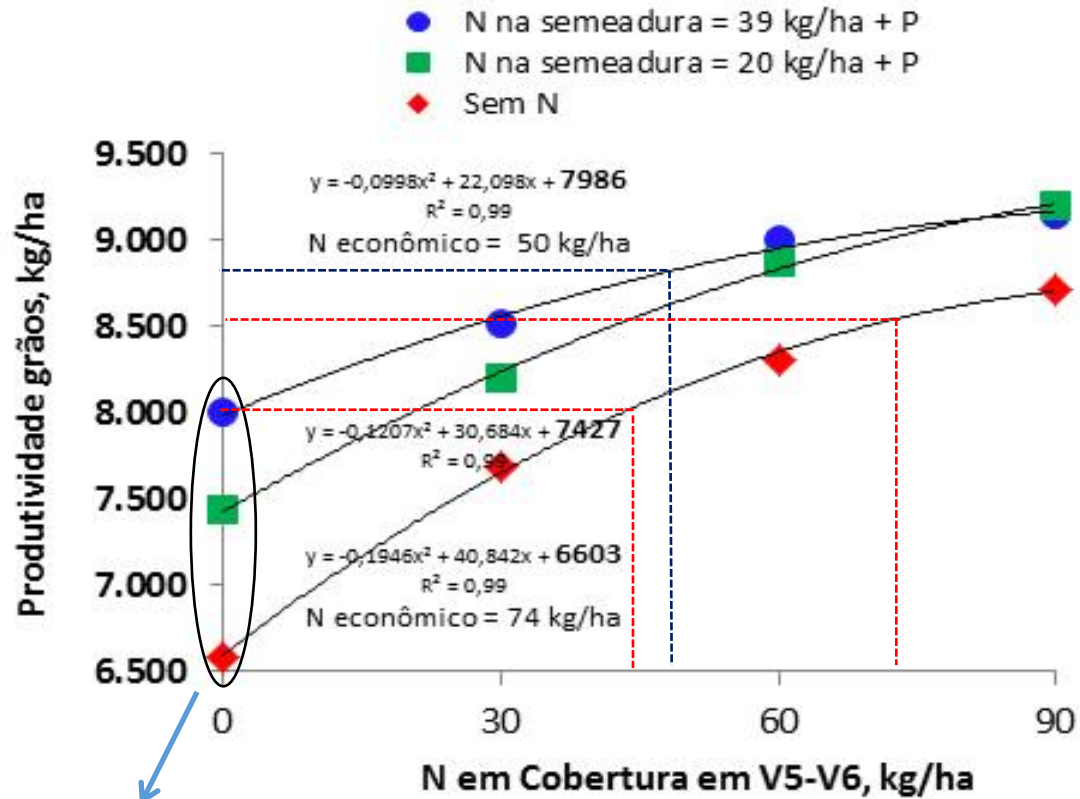
Fonte: Fundação MT/IAC/Mosaic (2013)

Manejo da adubação para o milho safrinha



Manejo da adubação para o milho safrinha

Milho Safrinha, Mato Grosso, 8 ambientes



39 kg/ha N na semeadura = 1,4 t/ha milho

Solos arenosos: *são sustentáveis?*

... Sim, os solos arenosos são sustentáveis.

... Dentro da realidade deles!

Dr. Paul Fixen

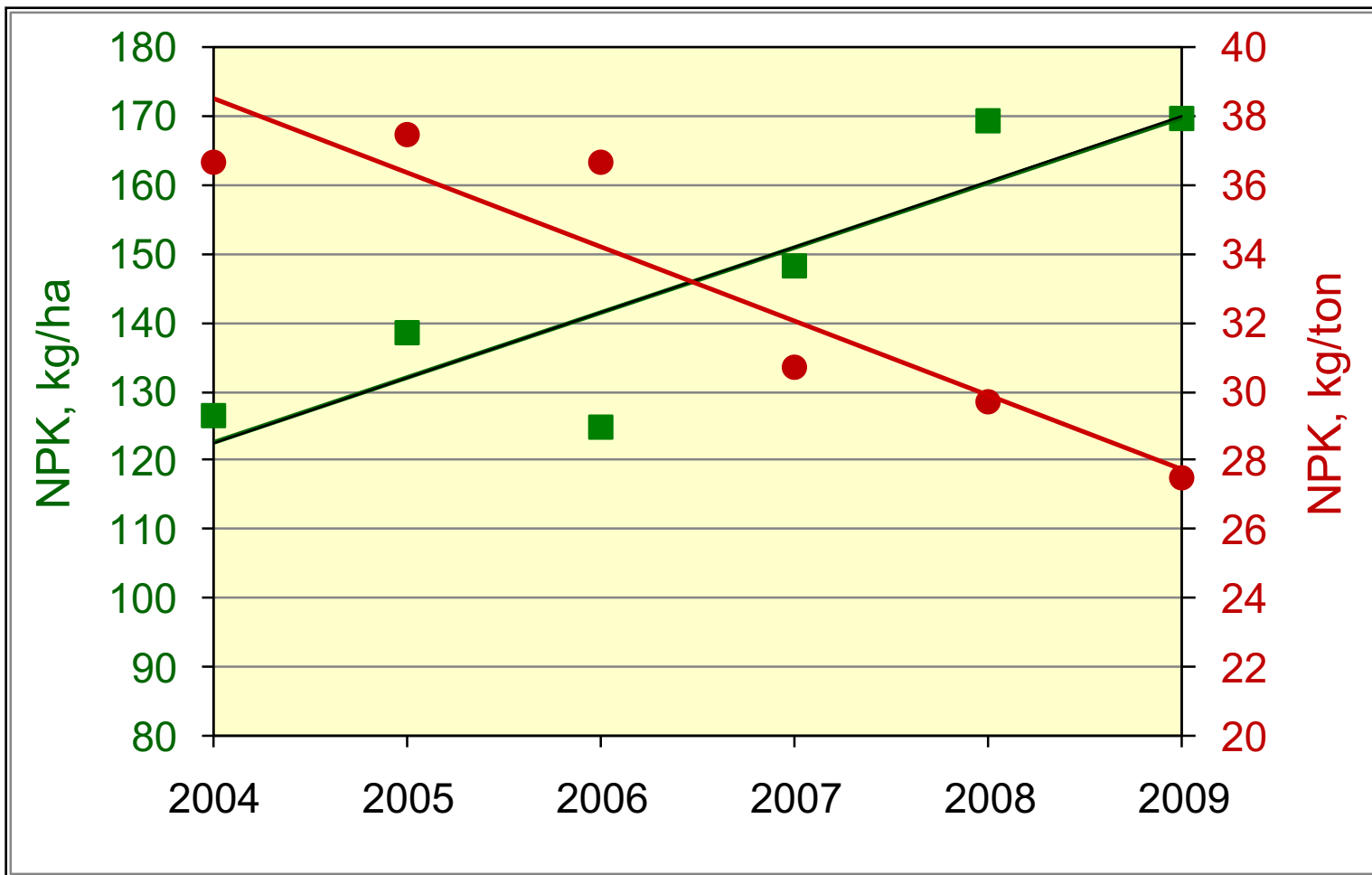
Vice-Presidente e Diretor de Pesquisa do IPNI



Solos arenosos: *são sustentáveis?*



O que se conquista com o bom manejo do solo: *maior eficiência no uso dos nutrientes*



Fonte: Cunha et al. (2011)

Muita atenção para a qualidade operacional da aplicação do corretivo



Fotos: cortesia Márcio Veronese.



Influência da qualidade operacional da aplicação de fertilizantes na lavoura de soja



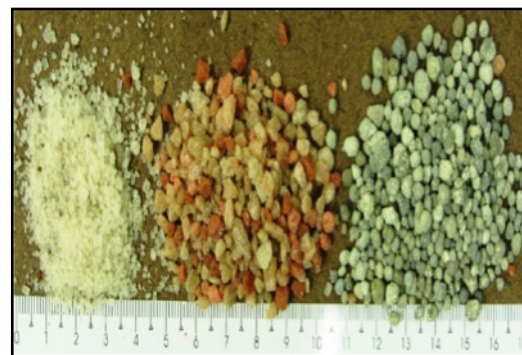
Fotos: cortesia Fundação MT

Avaliação da qualidade de aplicação de fertilizantes na propriedade

Caracterização do equipamento de distribuição de fertilizantes a lanço

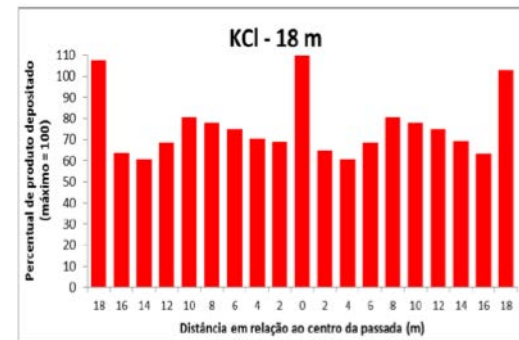
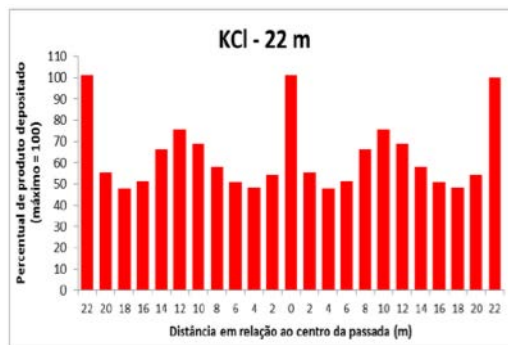
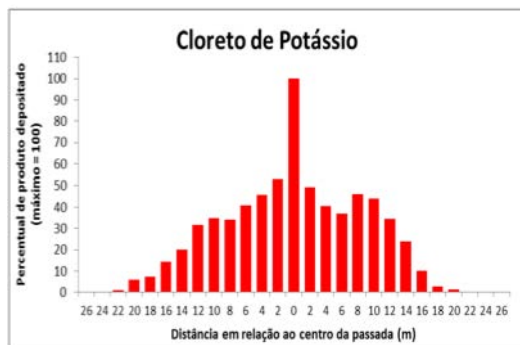


Caracterização do fertilizante aplicado: formato e densidade de partícula



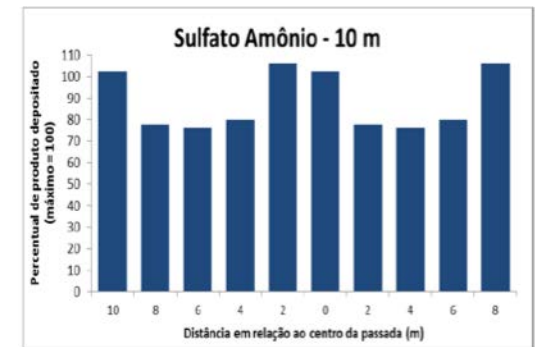
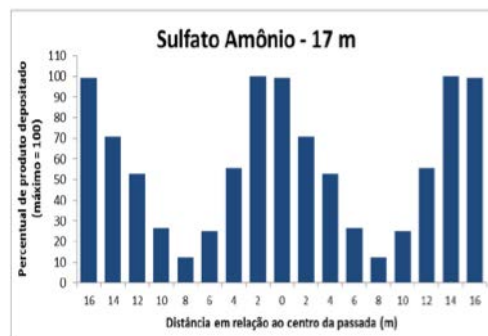
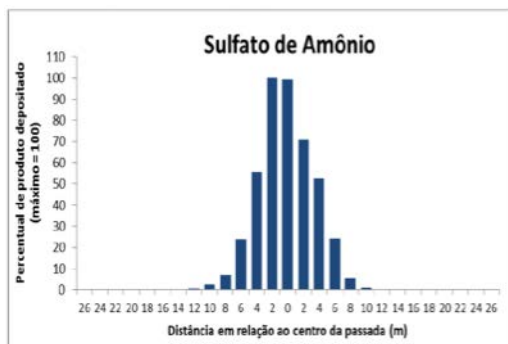
Avaliação da distribuição e definição da faixa de aplicação

Cloreto de potássio (KCl)

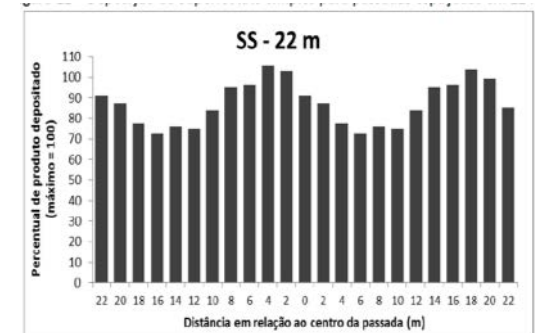
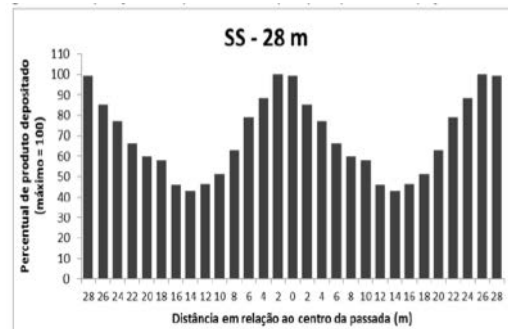
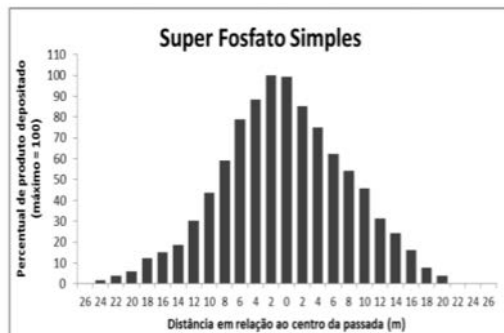


Avaliação da qualidade de aplicação de fertilizantes na propriedade

Sulfato de Amônio (SA)



Superfosfato Simples (SSP)





Considerações finais

1. Adequada avaliação da fertilidade no perfil do solo
2. Monitoramento dos fatores de estresse limitantes do sistema
3. Investimento na cultura de cobertura como estoque de nutrientes e agregador do solo
4. Uso racional da rotação de culturas

**SUCESSO A TODOS,
e
OBRIGADO PELA ATENÇÃO!**



IPNI

INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

Website:

<http://brasil.ipni.net>
efrancisco@ipni.net

Telephone:

(66) 3023-1517
(19) 98723-0699