



2º SNPC e 5º RCOCS

II Simpósio sobre Nutrição de Plantas no Cerrado e
V Reunião Centro-Oeste de Ciência do Solo

"Uso Eficiente de Nutrientes e Adubação de Sistemas Agrícolas"

De 01 a 04 de maio de 2018

GOIÂNIA - GO

Eficiência de Uso de Nutrientes

Dr. Eros Francisco, IPNI Brasil



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Eficiência de Uso de Nutrientes: *Introdução*



IPNI
Better Crops, Better Environment
...through Science





**Sem adição de nutrientes
(fertilidade natural)**

**Com adição de nutrientes
(fertilidade construída)**

O que é uso eficiente de nutrientes?

*É a medida do ganho em produção por unidade de nutriente aplicado.
(Lopes & Guilherme, 2000)*

Indicadores da Eficiência de Uso de Nutrientes

(i) *Fator de Produtividade Parcial*: $\frac{\text{Produtividade (P)}}{\text{Fertilizante (F)}}$ Ex: 40-80 kg/kg N

(ii) *Eficiência Agronômica*: $\frac{P - P_0}{F}$ Ex: 10-30 kg/kg N

(iii) *Balanço Parcial do Nutriente*: $\frac{\text{Exportação (Exp)}}{F}$ Ex: <1 ou >1

(iv) *Recuperação Aparente do Nutriente*: $\frac{\text{Exp} - \text{Exp}_0}{F}$ Ex: 0,5-0,8 (N adequado em cereais)



A qualquer custo? Que aspectos considerar?

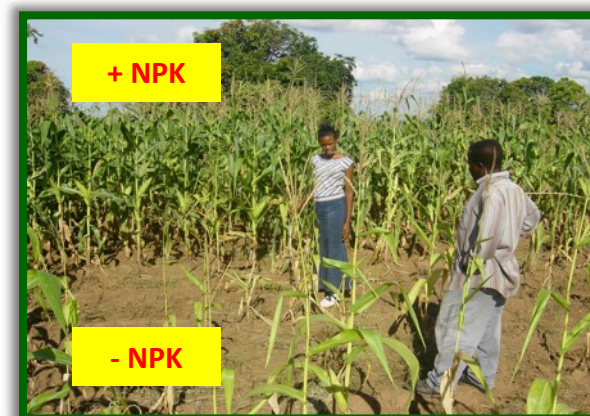
Econômico



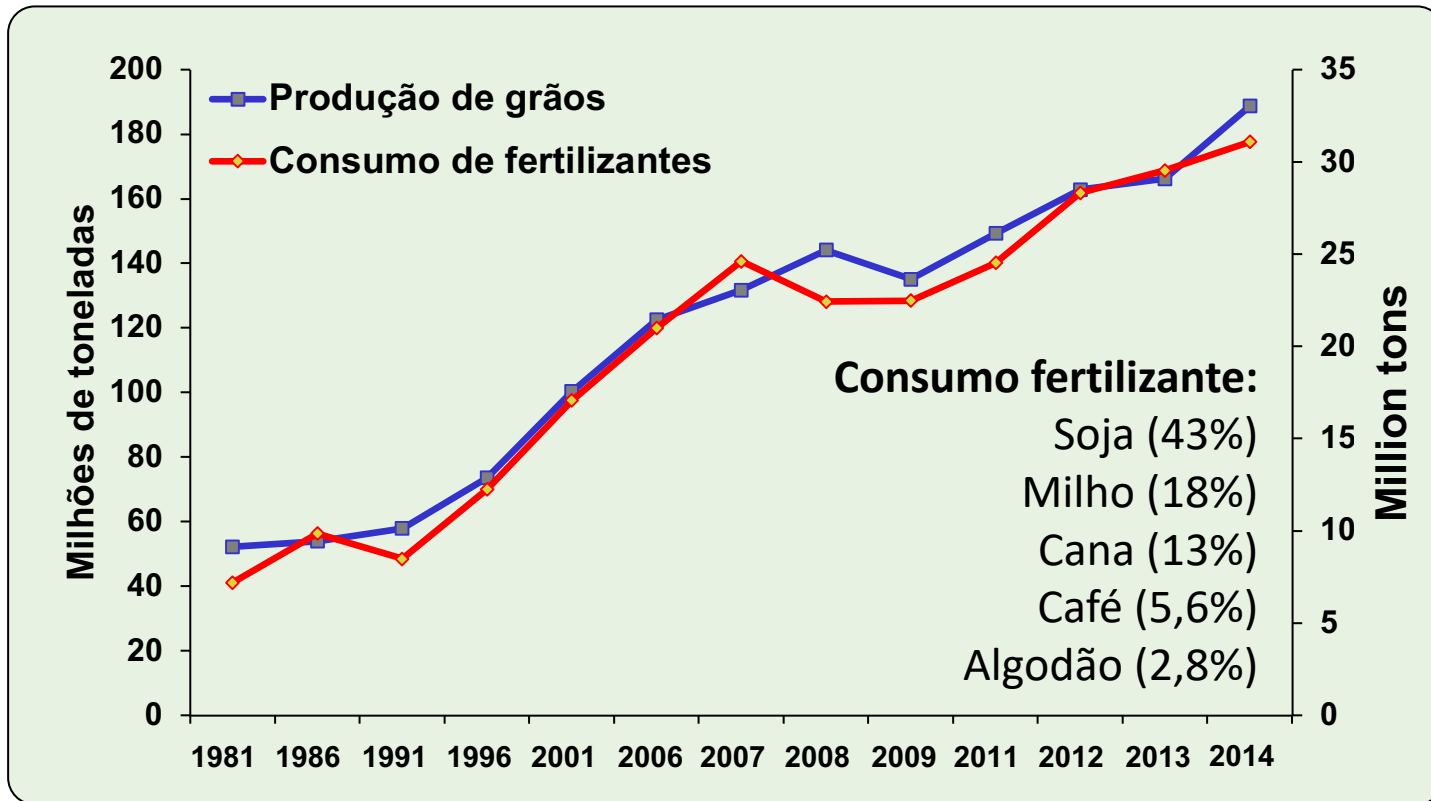
Ambiental



Social



Produção total de grãos e consumo de fertilizantes no Brasil



2017

237 M ton
(grão)

34 M ton
(fertilizante)

Fonte: ANDA e CONAB (2015),

Cotton seed, peanut, rice, barley, canola, rye, oak, beans, sunflower, castorbeans, maize, soybean, sorghum, and wheat.



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

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

Balanço 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
Balanço 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



Balanço de nutrientes na agricultura brasileira (2009-2012): Cerrado

Região/Estado	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	(%)		
Centro-oeste	61	56	84
MG	42	36	49
BA	57	34	65
MA	120	41	81
PI	88	44	77
TO	84	56	98
Cerrado	75	45	75

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



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Balanço 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



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Eficiência de Uso de Nutrientes:

Aspectos básicos



IPNI
Better Crops, Better Environment
...through Science



Características dos fertilizantes e corretivos

- **Natureza física** (estado físico, granulometria, dureza, fluidez, densidade)
- **Natureza química** (# nutrientes, forma química e concentração dos nutrientes)
- **Natureza físico-química** (solubilidade, higroscopicidade, empedramento, salinidade)





Características do solo



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

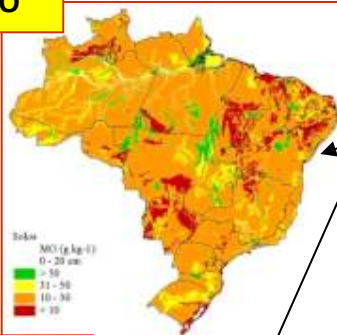
Características do solo

Características físicas (textura, estrutura e porosidade) afetam o armazenamento de água e nutrientes, a mobilidade de íons e as perdas de nutrientes via lixiviação ou erosão

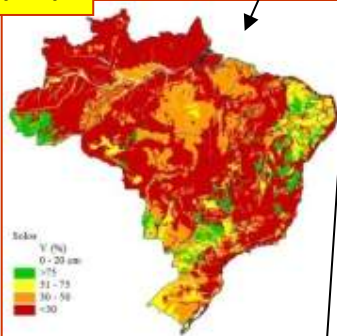
- ✓ **Textura:** necessidade de maior número de parcelamento das adubações NK, determinação da dose P corretiva, avaliação da maior ou menor CAD do solo, determinação da dose de calcário, maior ou menor probabilidade de deficiências de micros, avaliação de doses de gesso na melhoria do ambiente radicular.
- ✓ **Estrutura e porosidade:** maior ou menor predisposição às perdas por erosão, problemas de impedimento físicos ao desenvolvimento de raízes, potencial de lixiviação, etc.



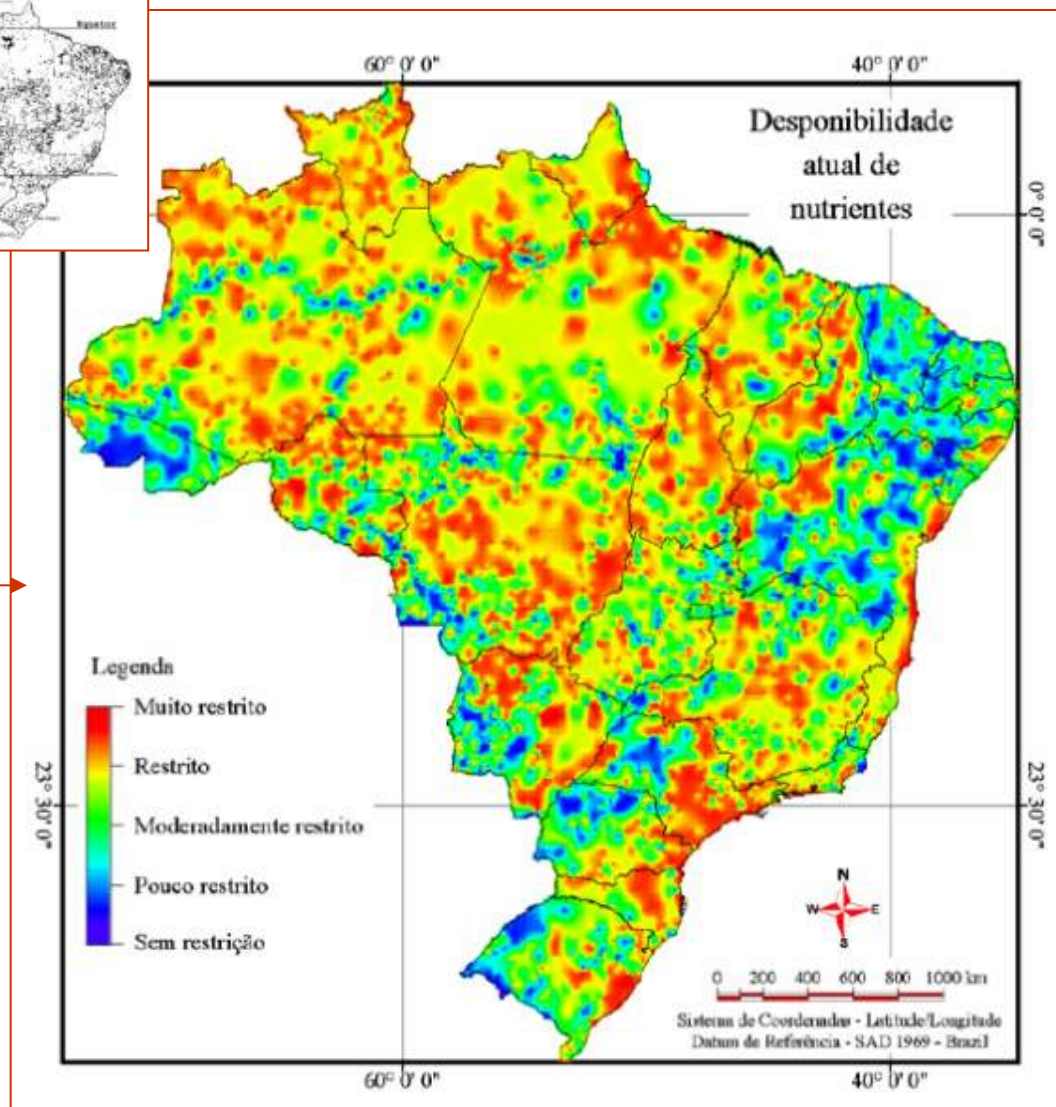
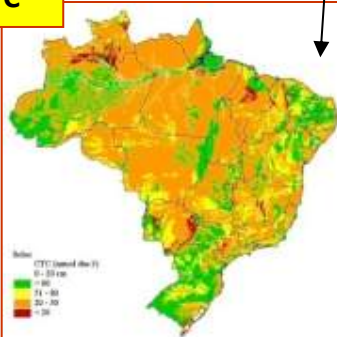
MO



SB (V%)



CTC

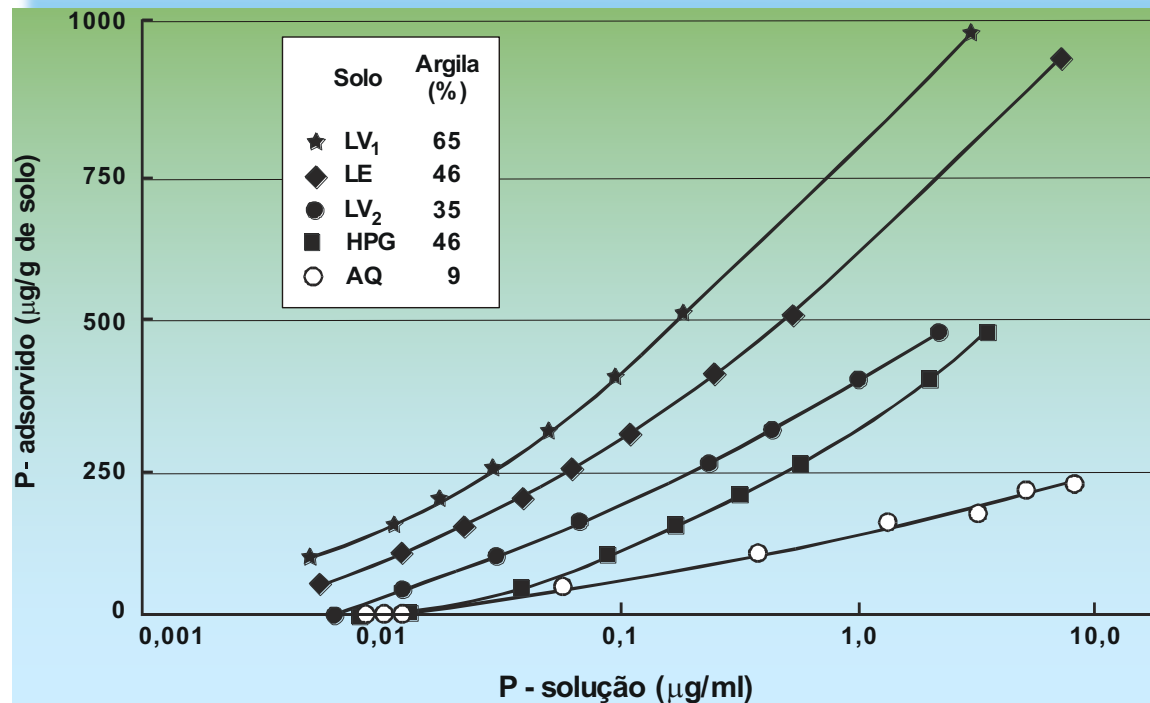


Classes de restrição dos solos brasileiros em relação à fertilidade do solo (Sparovek et al.).



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Capacidade de fixação de P

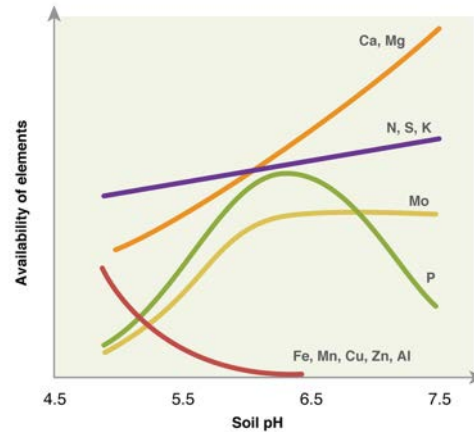


Práticas para reduzir o problema:

- ✓ Calagem: manutenção de pH adequado
- ✓ SPD: resíduos culturais podem ajudar a acumular MO
- ✓ Promover atividade microbiana: microrizas
- ✓ Local de aplicação P: reduzir o contato com o solo



pH do solo



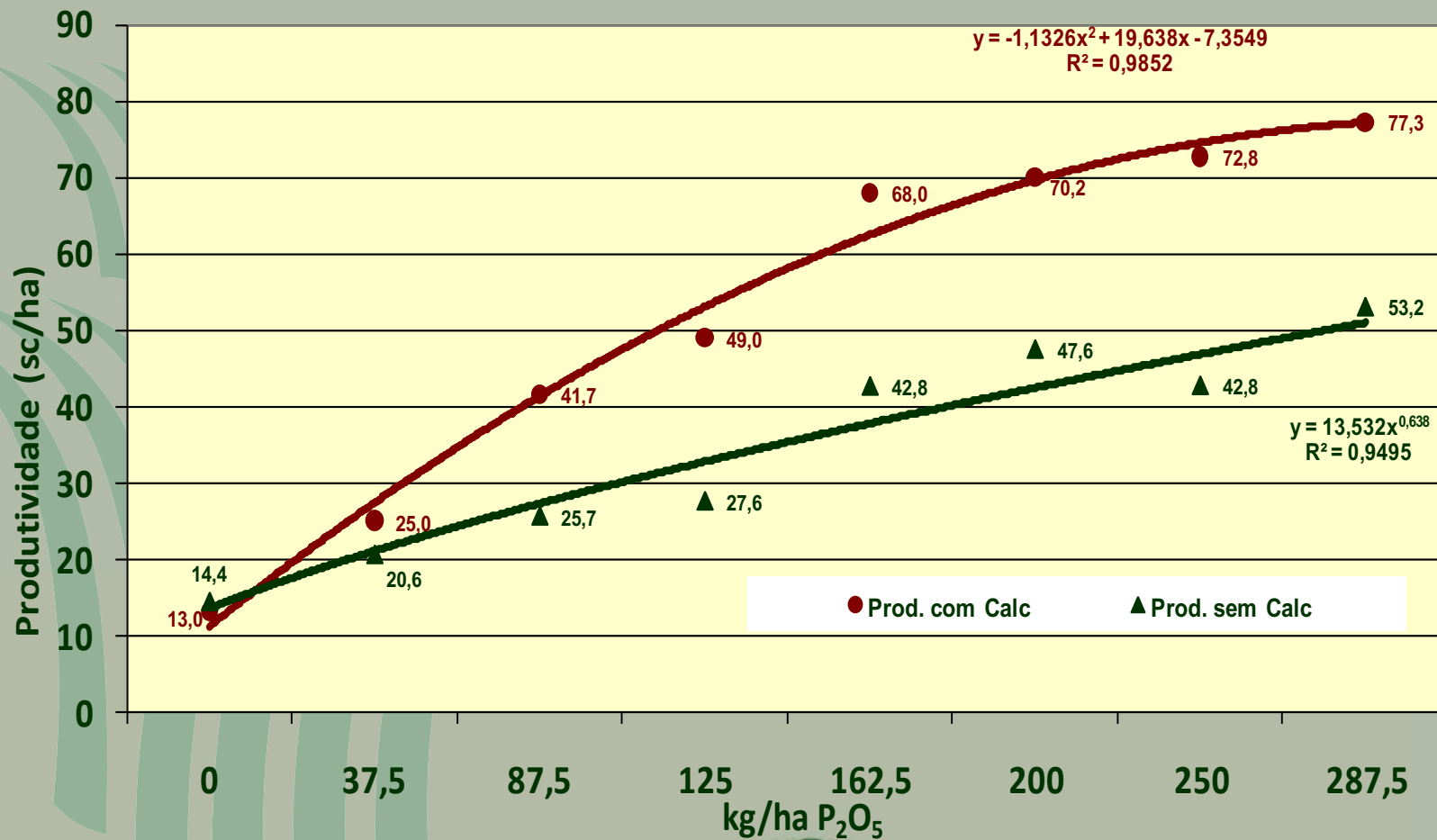
Quadro 1 – Estimativa de variação percentual na assimilação dos principais nutrientes pelas plantas, em função do pH do solo.

Elementos	pH					
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Nitrogênio	20	50	75	100	100	100
Fósforo	30	32	40	50	100	100
Potássio	30	35	70	90	100	100
Enxofre	40	80	100	100	100	100
Cálcio	20	40	50	67	83	100
Magnésio	20	40	50	70	80	100
Médias	26,7	46,2	64,2	79,5	93,8	100

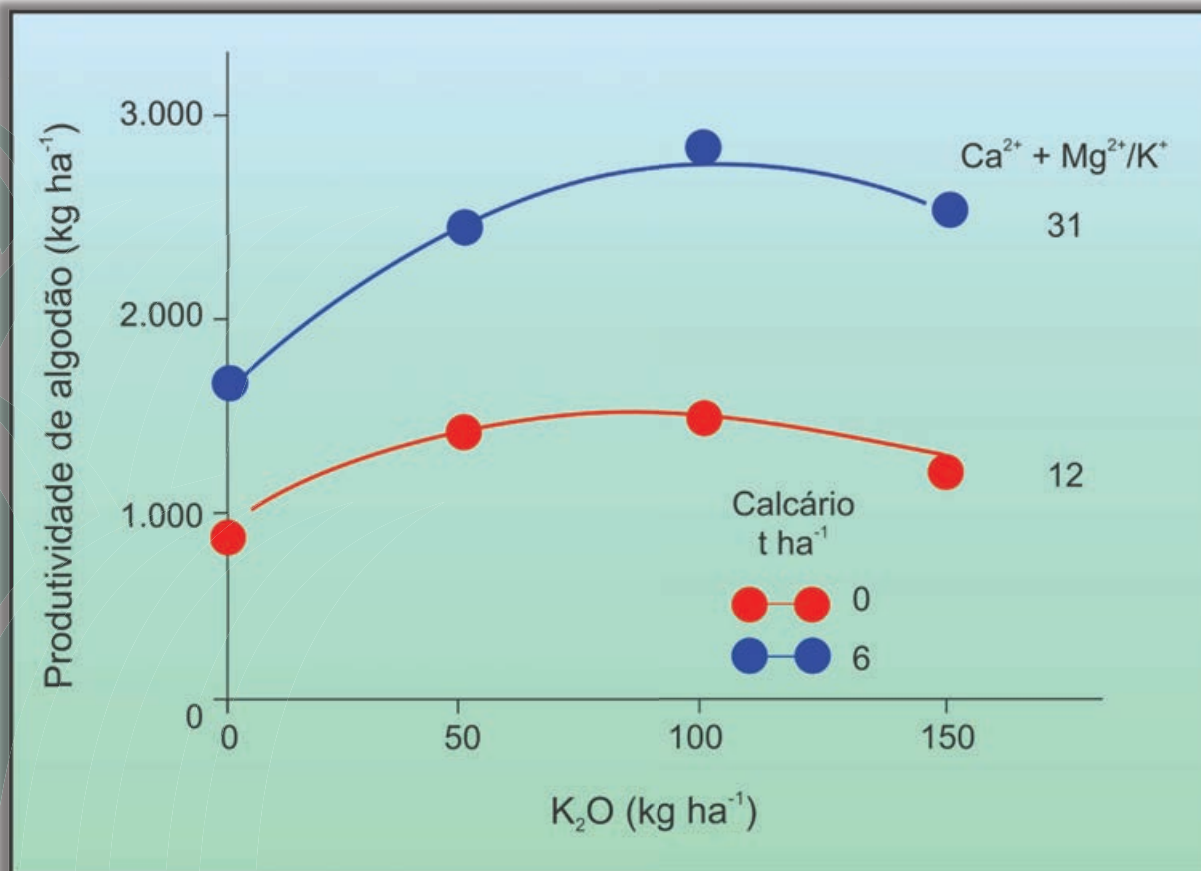
Fonte: EMBRAPA (1980)

Efeito da correção da acidez na produtividade das culturas

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.



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



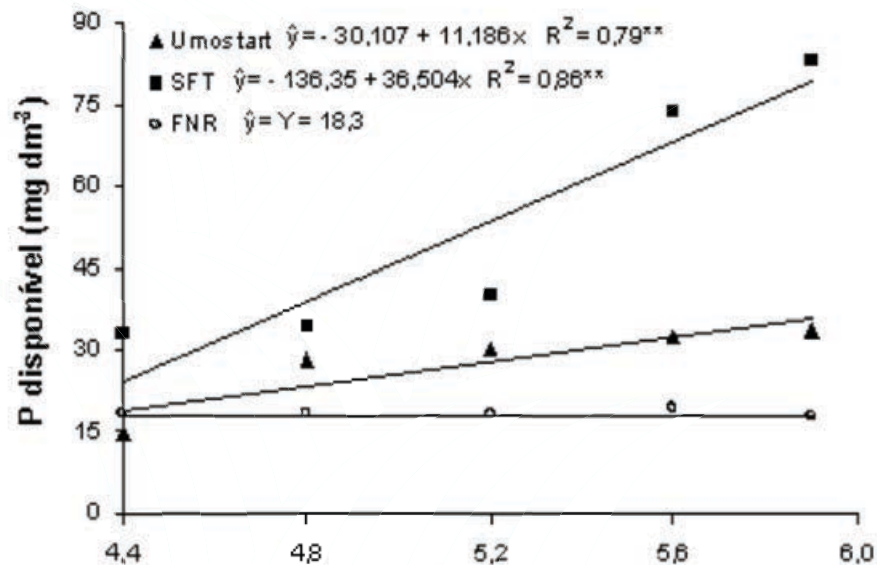
Fonte: Silva e outros (1984).



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Efeito da correção da acidez na produtividade das culturas

pH solo x fonte P



Fonte: Zoz et al., 2009. pH do solo

pH solo x nodulação



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE



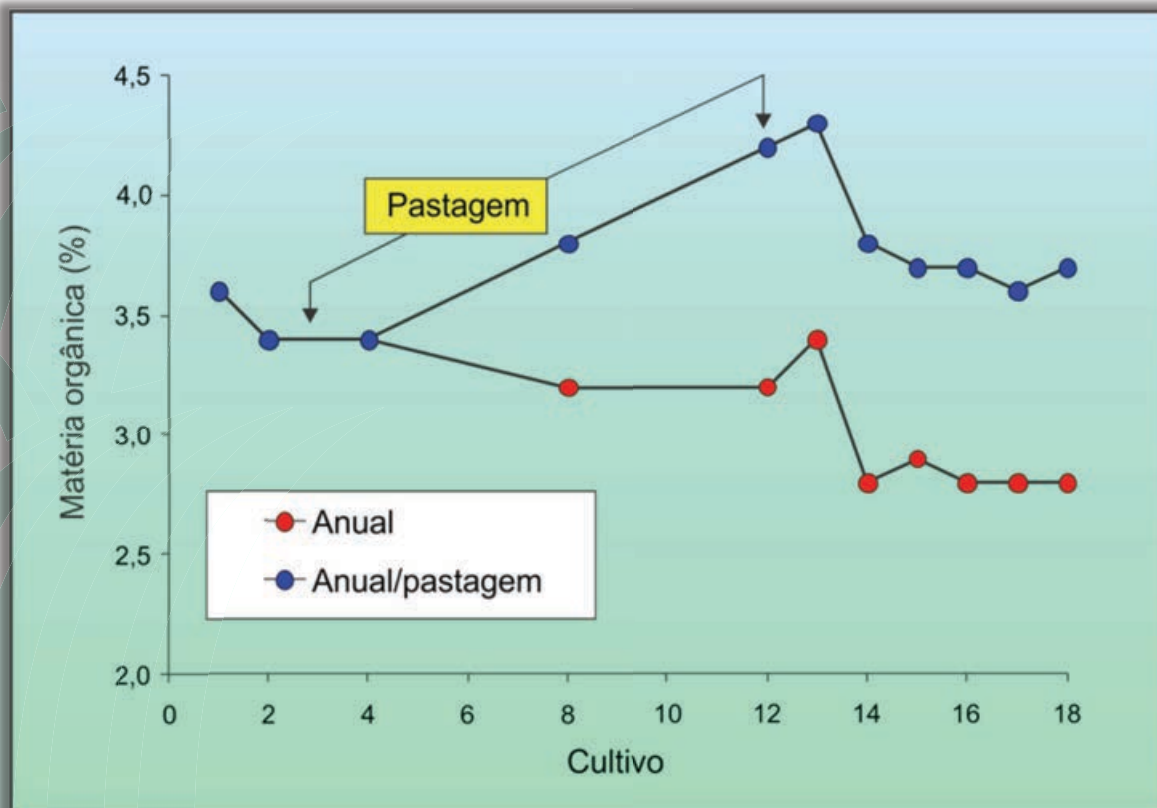
MATÉRICA ORGÂNICA

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)



Dinâmica da matéria orgânica na camada de 0-20 cm de profundidade para os sistemas de cultivo anual-pastagem, em um período de 18 anos, em Latossolo muito argiloso (médias de 24 tratamentos com três repetições, em cada sistema)



Recuperação de P

LA muito argiloso, 22 anos

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.

Extraído de Djalma Martinhão.



Fonte, Dose, Época e Local Certos

Atenção equilibrada para todos os 4Cs

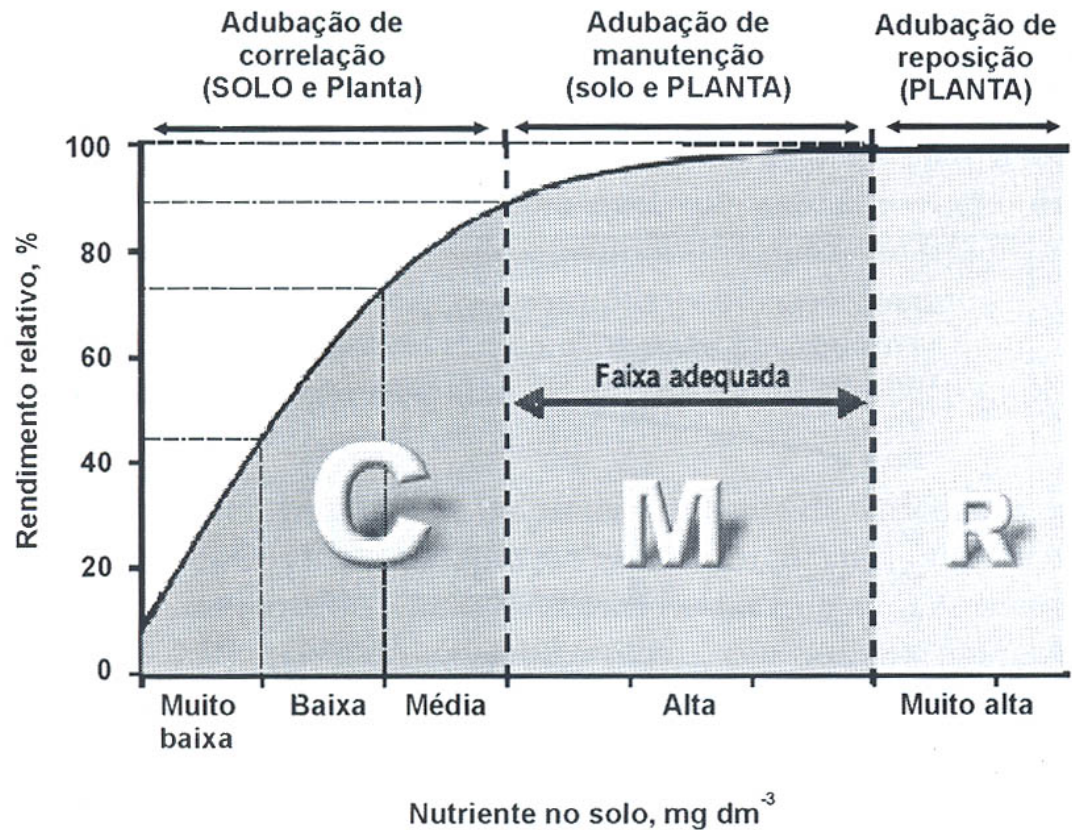
- ✓ Dose: superenfaticada
- ✓ Fonte, Época e Local: geralmente, requerem maiores mudanças e investimentos

Os 4Cs estão conectados

- ✓ Entre si
- ✓ Com os fatores locais de clima e solo
- ✓ Com o manejo do solo e das culturas (pasto)
- ✓ Outros fatores podem limitar a produtividade mesmo quando os níveis dos nutrientes estão adequados



Dose Certa



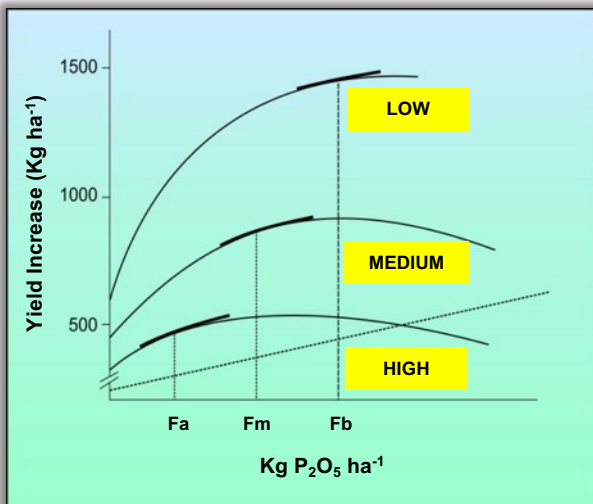


Tabela de Adubação

Adubação mineral de plantio: Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada.

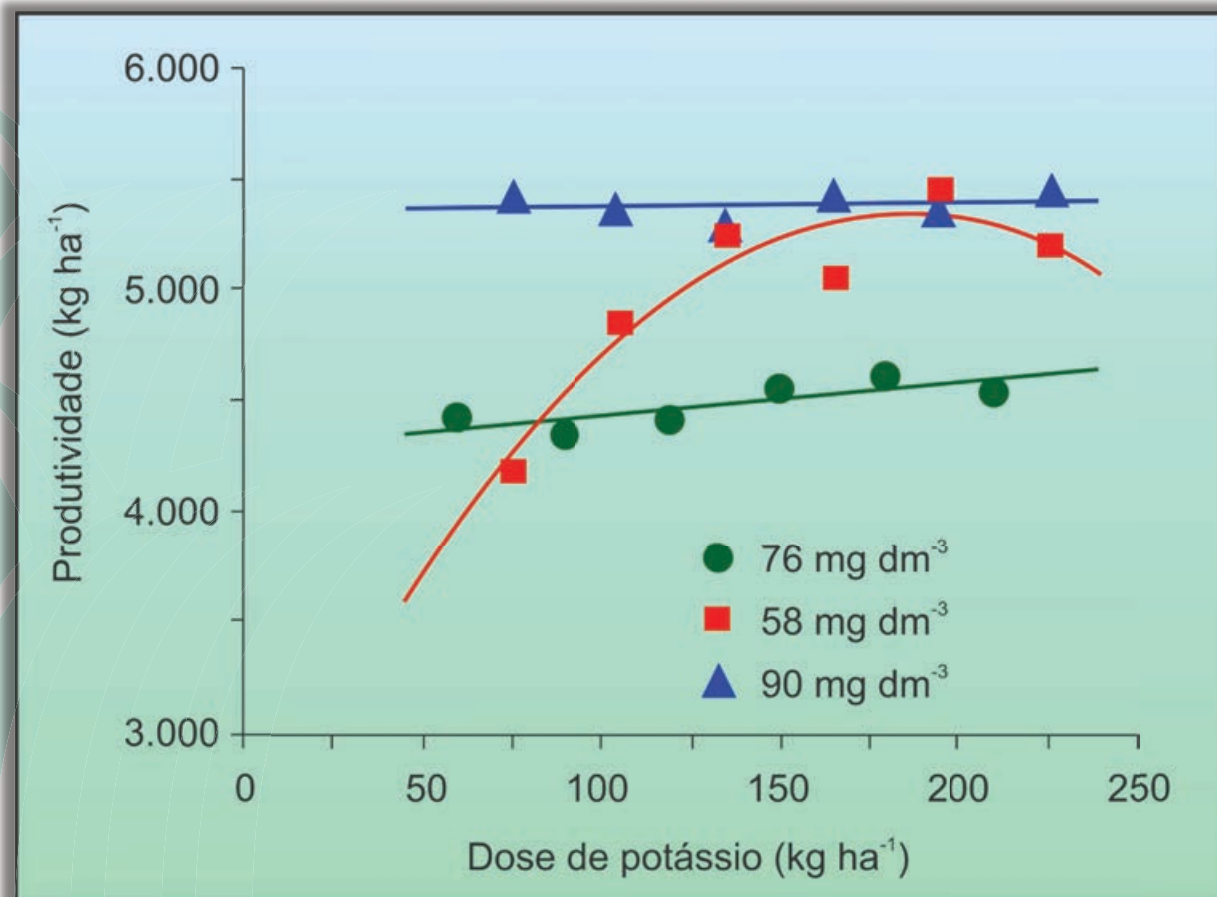
Yield	Nitrogênio	P resina, mg/dm^3				K^+ trocável, $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$			
		0-6	7-15	16-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
t/ha	N, kg/ha	P_2O_5 , kg/ha				K_2O , kg/ha (2)			
2-4	10	60	40	30	20	50	40	30	0
4-6	20	80	60	40	30	50	50	40	20
6-8	30	90	70	50	30	50	50	50	30
8-10	30	(1)	90	60	40	50	50	50	40
10-12	30	(1)	100	70	50	50	50	50	50

IMPORTANTE NOTAR QUE:

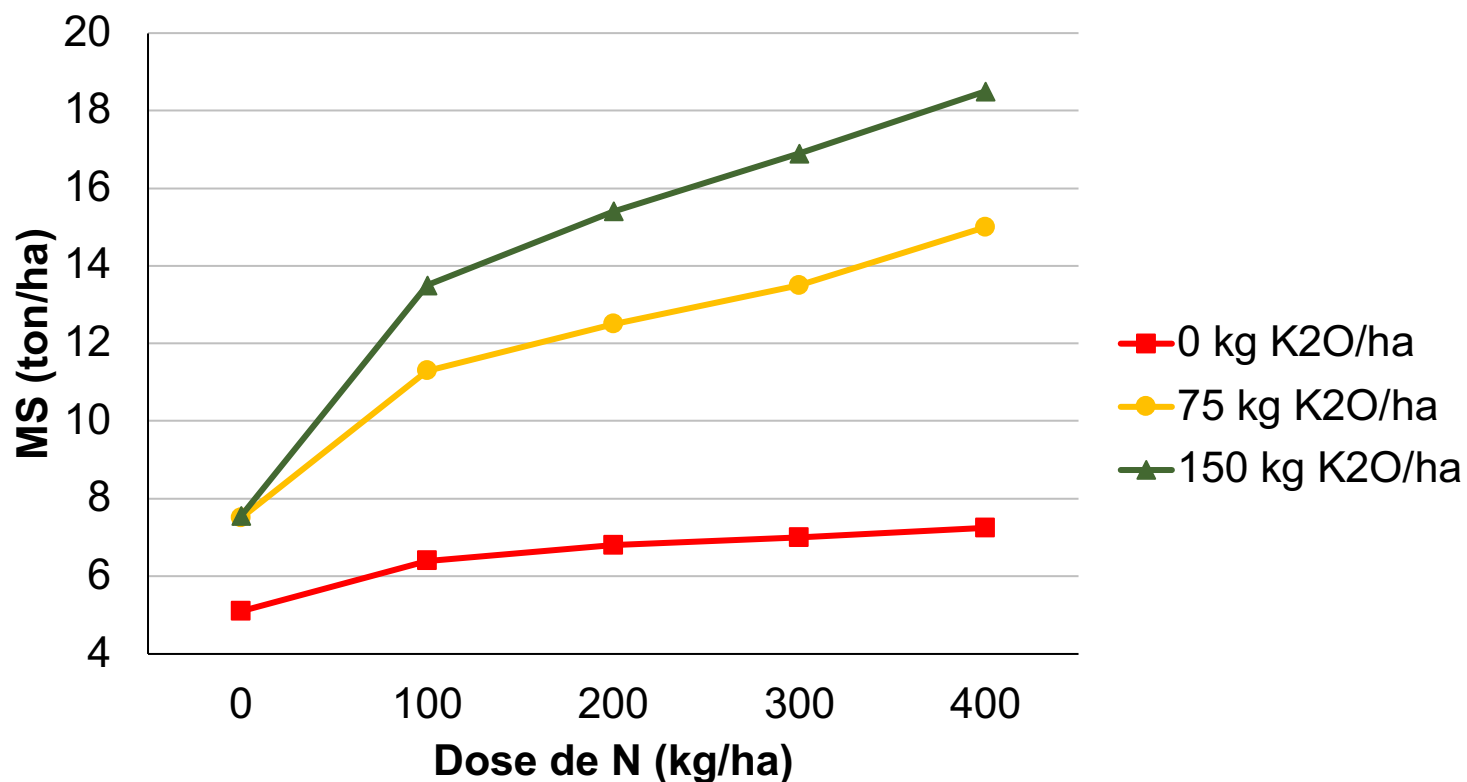
A DOSE É DEFINIDA POR ESTUDOS DE CURVA DE RESPOSTA, PARA CADA CLASSE DE TEOR (ESTUDOS DE CALIBRAÇÃO), PARA DETERMINADO MÉTODO ANALÍTICO (ESTUDOS DE CORRELAÇÃO), PARA DETERMINADA FORMA DE COLETA DA AMOSTRA DE SOLO.



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



Matéria seca acumulada de capim *Brachiaria* em resposta à adubação NK

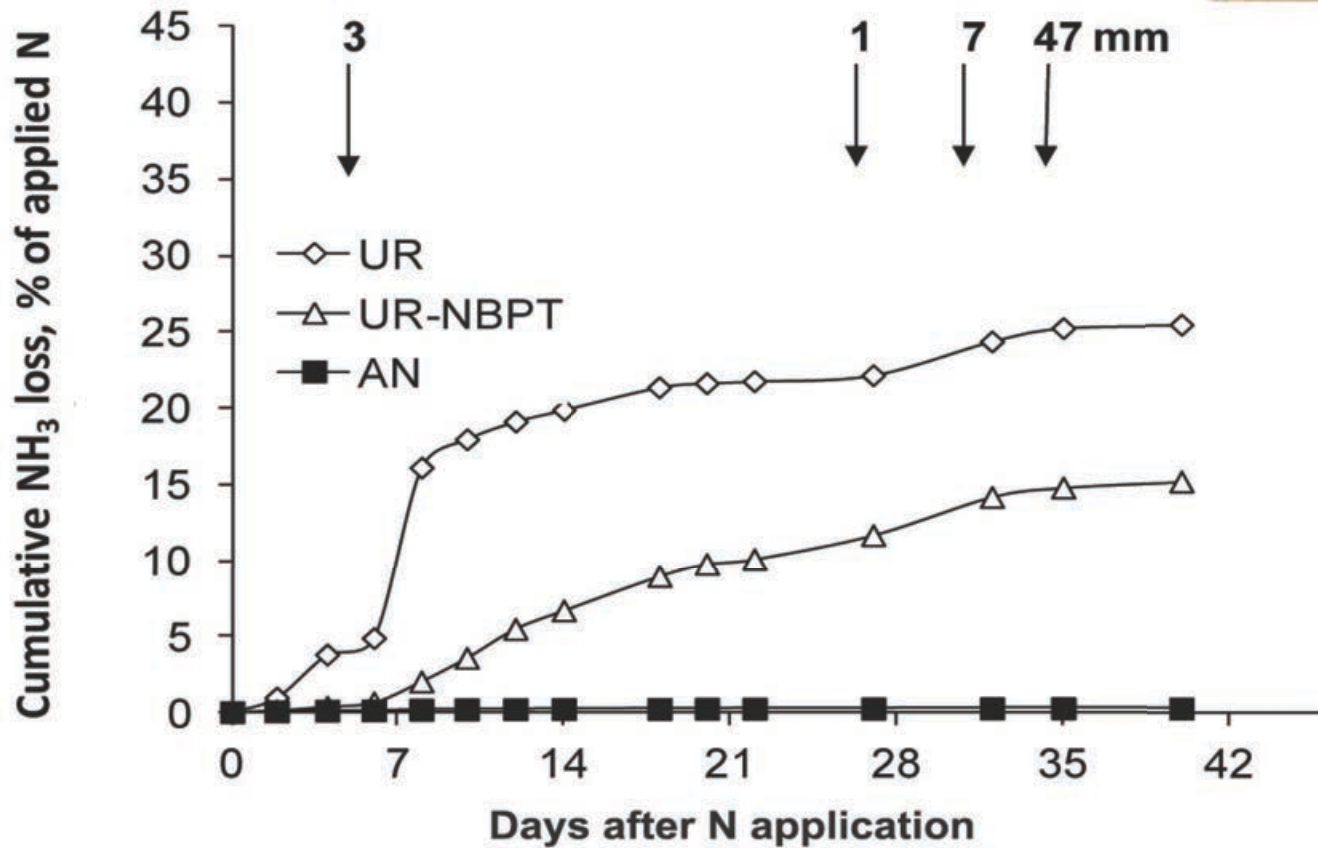


Fonte: Carvalho et al. (1991).



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

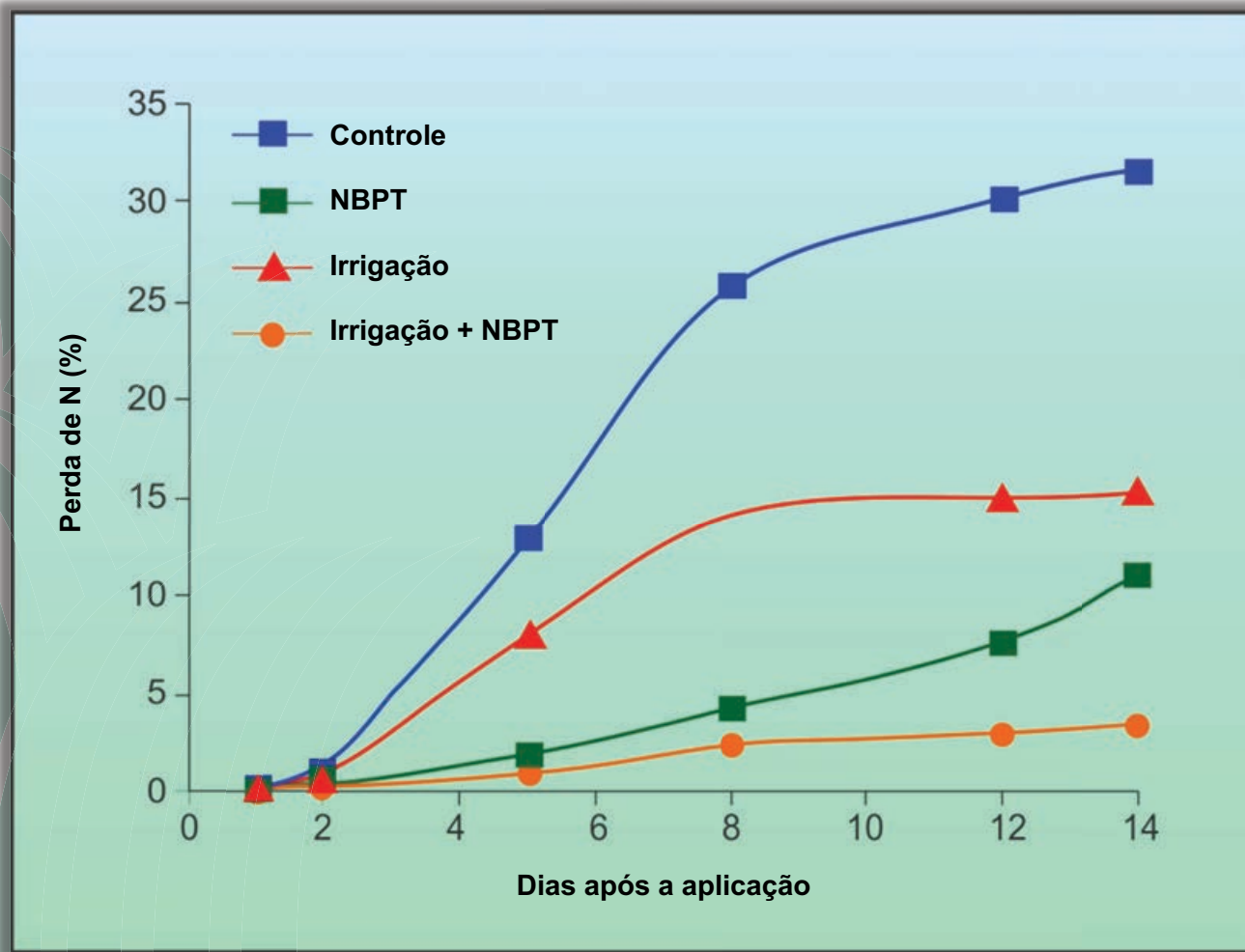
Fonte Certa



Fonte: Cantarella et al. (2008).



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

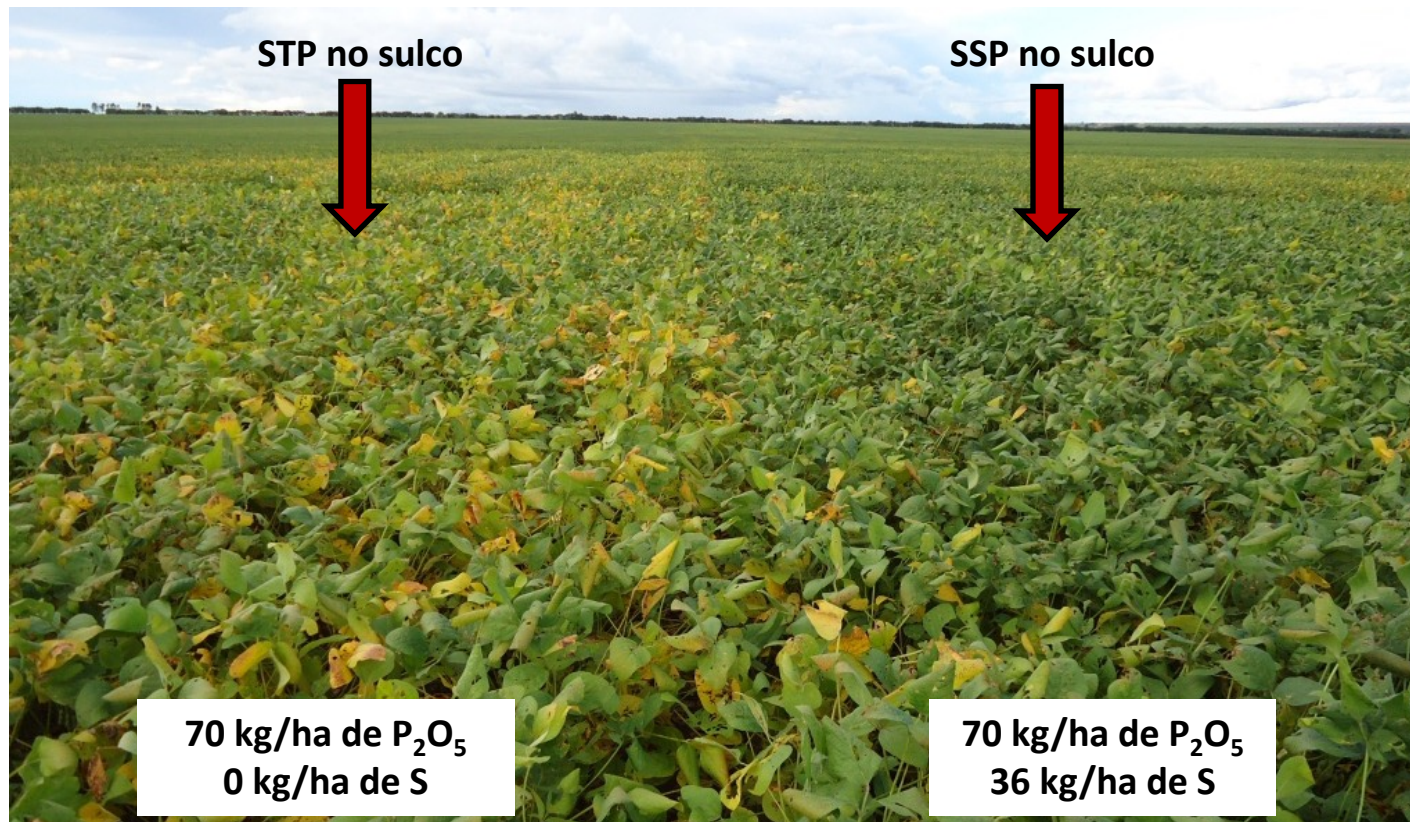


Fonte: Rawluk, Grant e Racz (2000).

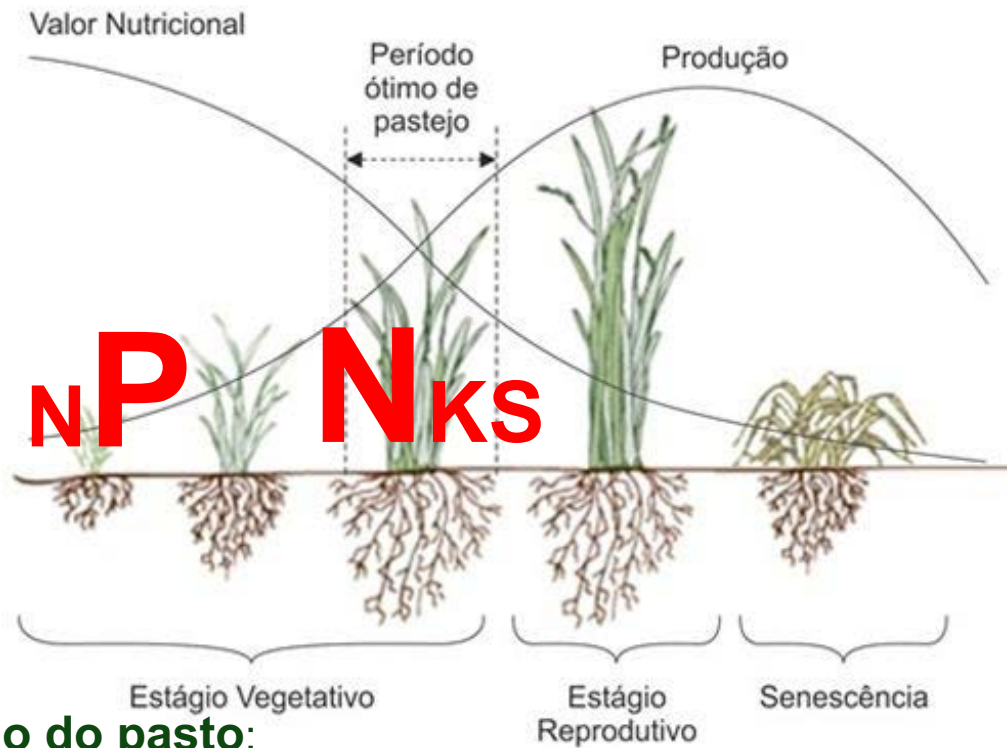


IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Efeito da fonte de S na produtividade de soja



Época Certa



Formação do pasto:

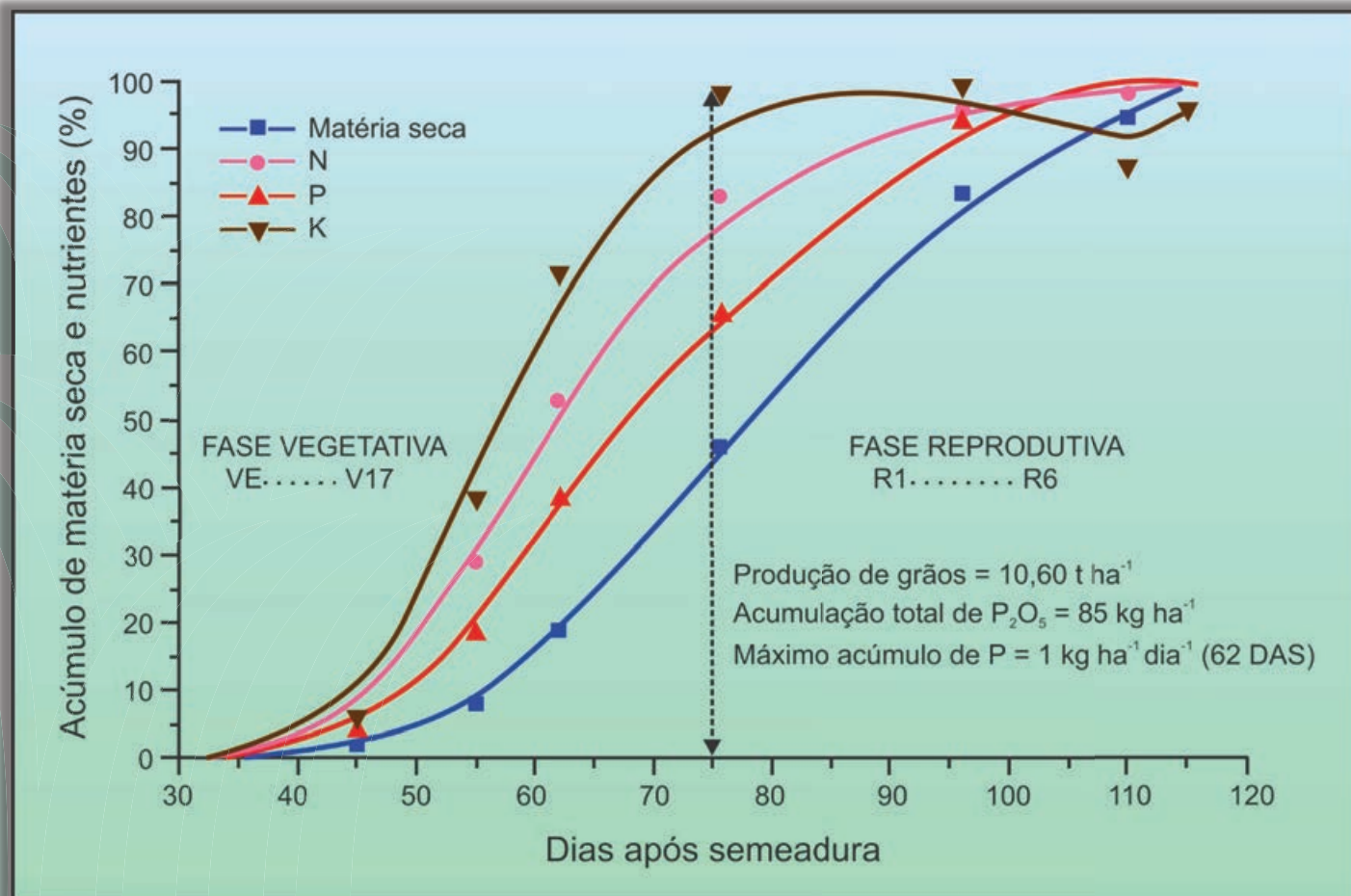
- Enraizamento rápido e sistema radicular vigoroso
- Estabelecimento de plantas rápido e boa formação de touceiras
- Alicerce para resposta à adubação nitrogenada

Manutenção do pasto:

- Produção de forragem
- Qualidade nutricional da forragem
- Resistência aos períodos de estresse hídrico



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



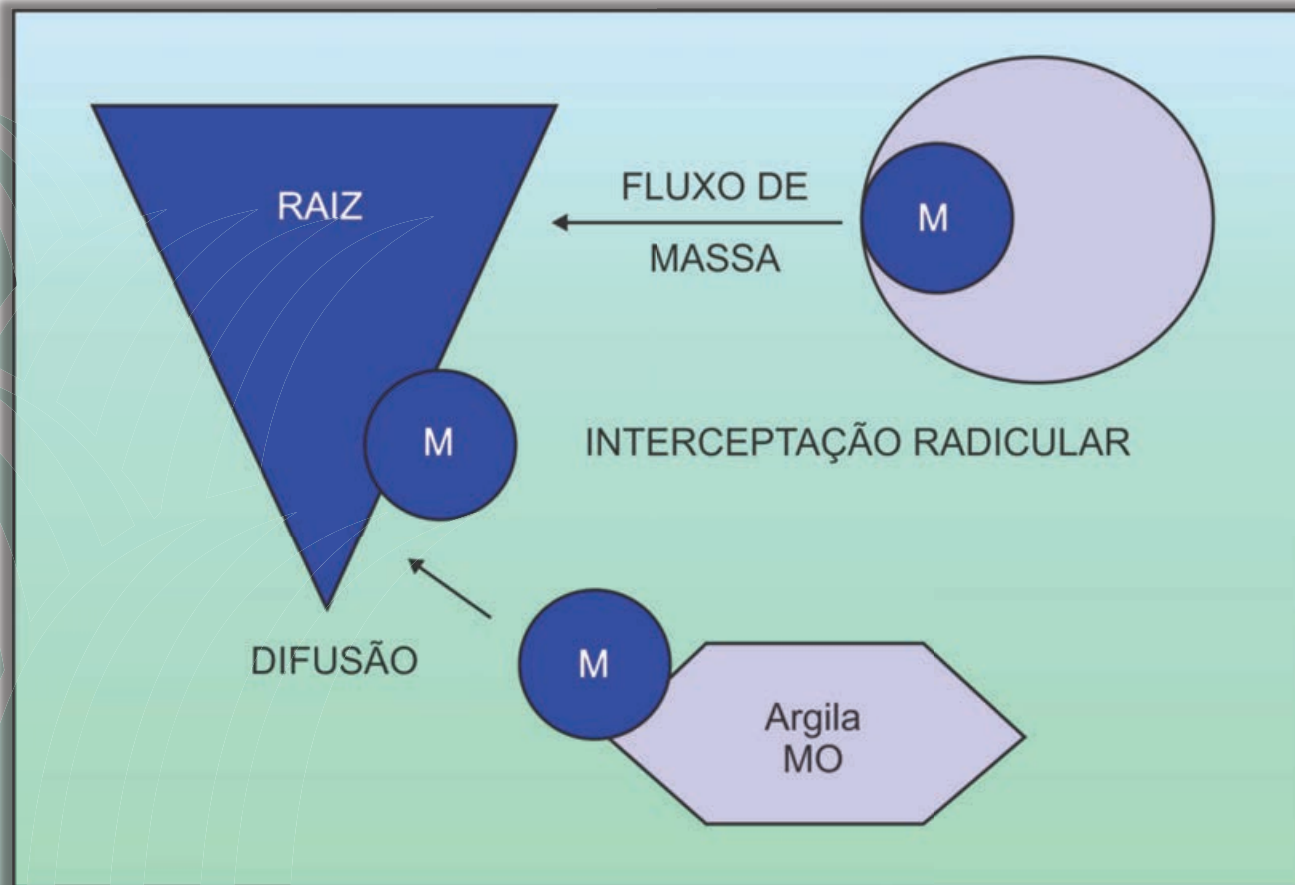
Local Certo



Composição granulométrica da formulação 20-00-20 em função da largura da faixa de aplicação.

Fonte: Leandro Gimenez, Fundação MT (2012).

Representação esquemática dos mecanismos de contato íon-raiz



Relação entre o processo de contato e a localização dos nutrientes

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.

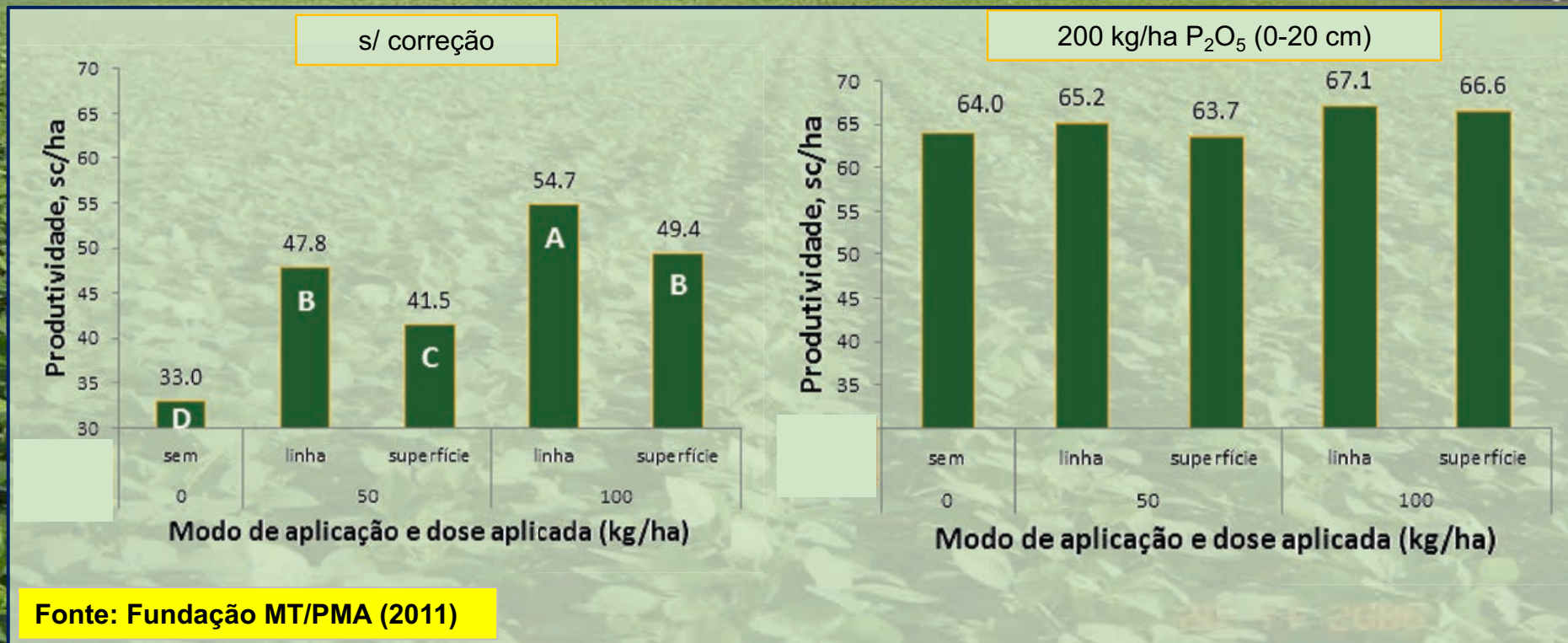


Adubação fosfatada em superfície

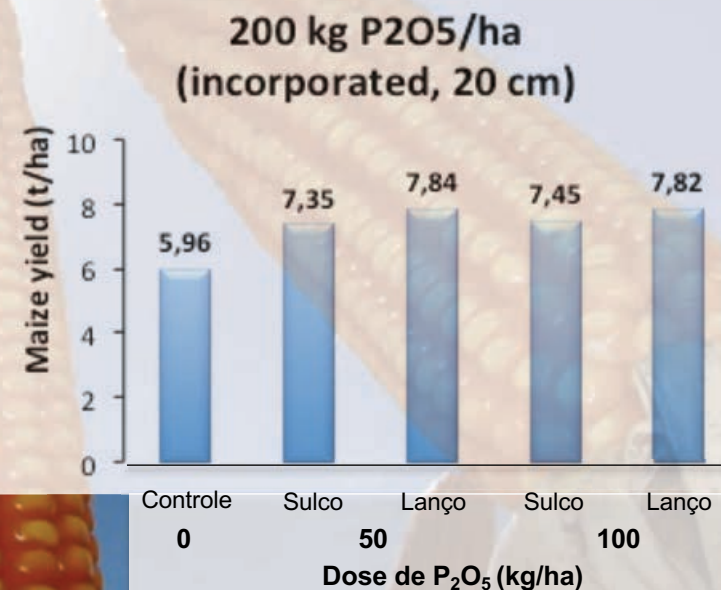
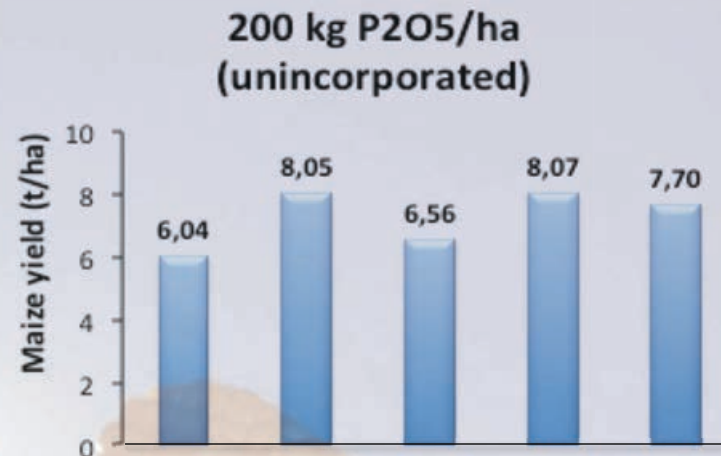
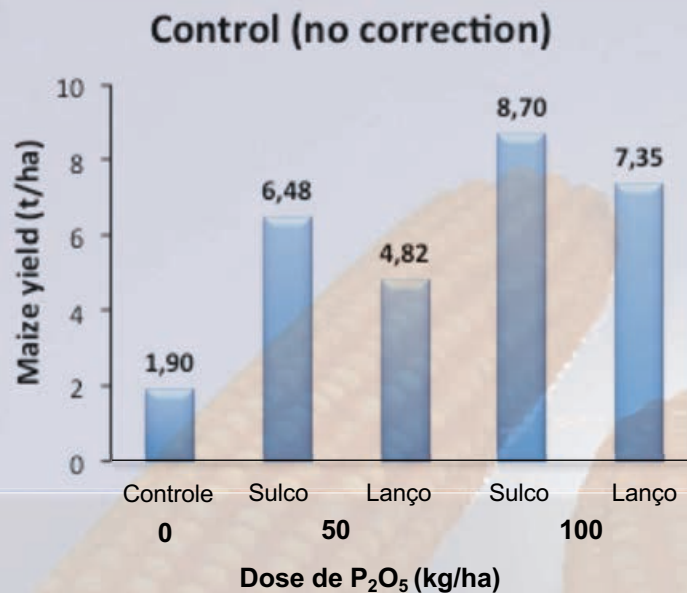


Adubação fosfatada em superfície

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

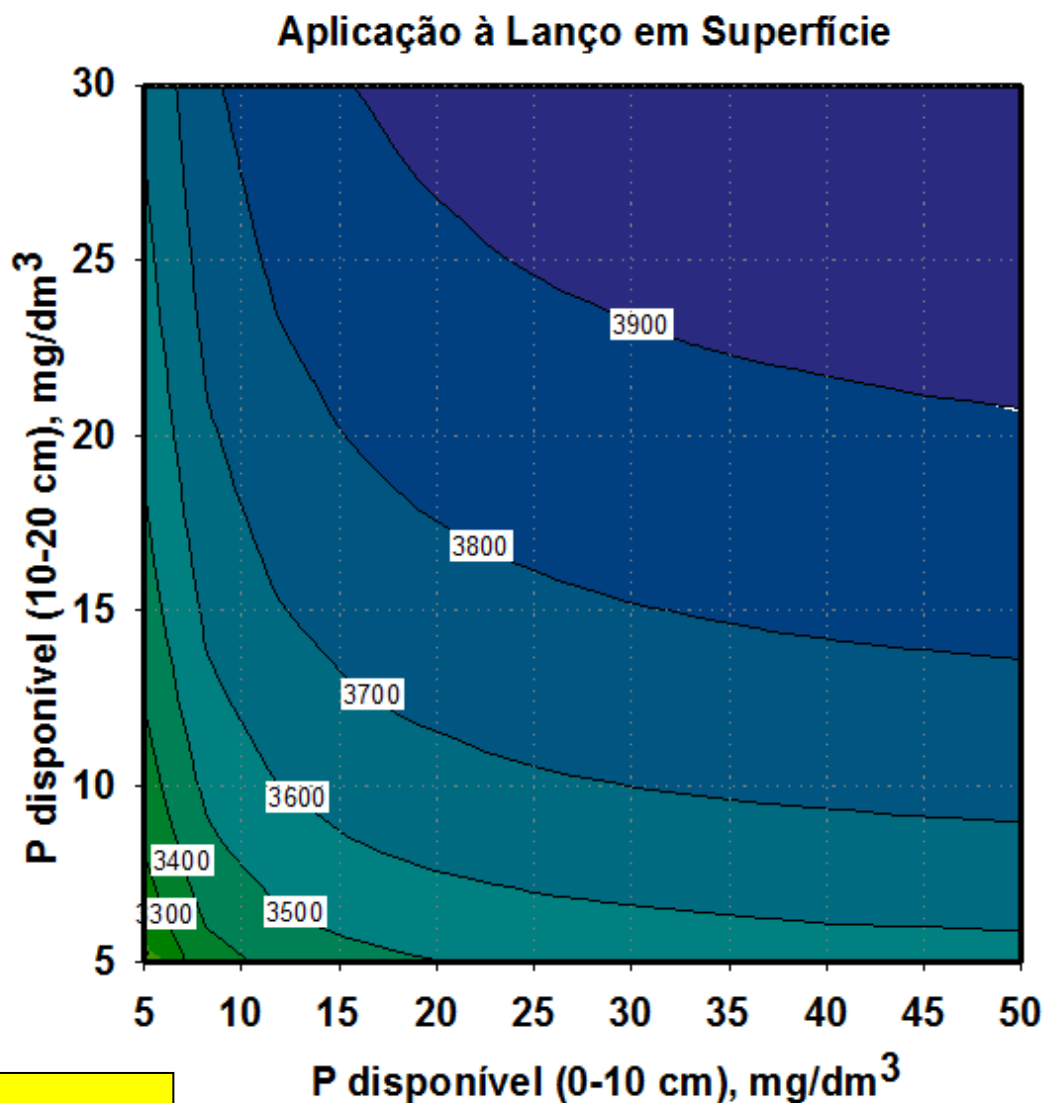


Adubação fosfatada em superfície



Fonte: Fundacao MT (2014).

Adubação fosfatada em superfície



Fonte: Oliveira Jr e Castro, 2016.



Qualidade operacional de aplicação



Eficiência de Uso de Nutrientes:

Efeitos indiretos do sistema



IPNI
Better Crops, Better Environment
...through Science



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



16 a 20
outubro
2016

Centro de
Convenções de
GOIÂNIA - GO



Falhas no sistema: *desafios a serem superados*



16 a 20
outubro
2016

Centro de
Convenções de
GOIÂNIA - GO



Manejo atual x eficiência da adubação

Necessidade de repensar!!
Facilidade
X
Perda de nutrientes



O primeiro “nutriente” a ser perdido é a matéria orgânica, que não se compra, mas se maneja. Ela é que condiciona a eficiência de todos os processos do solo!!!!



Manejo atual x eficiência da adubação

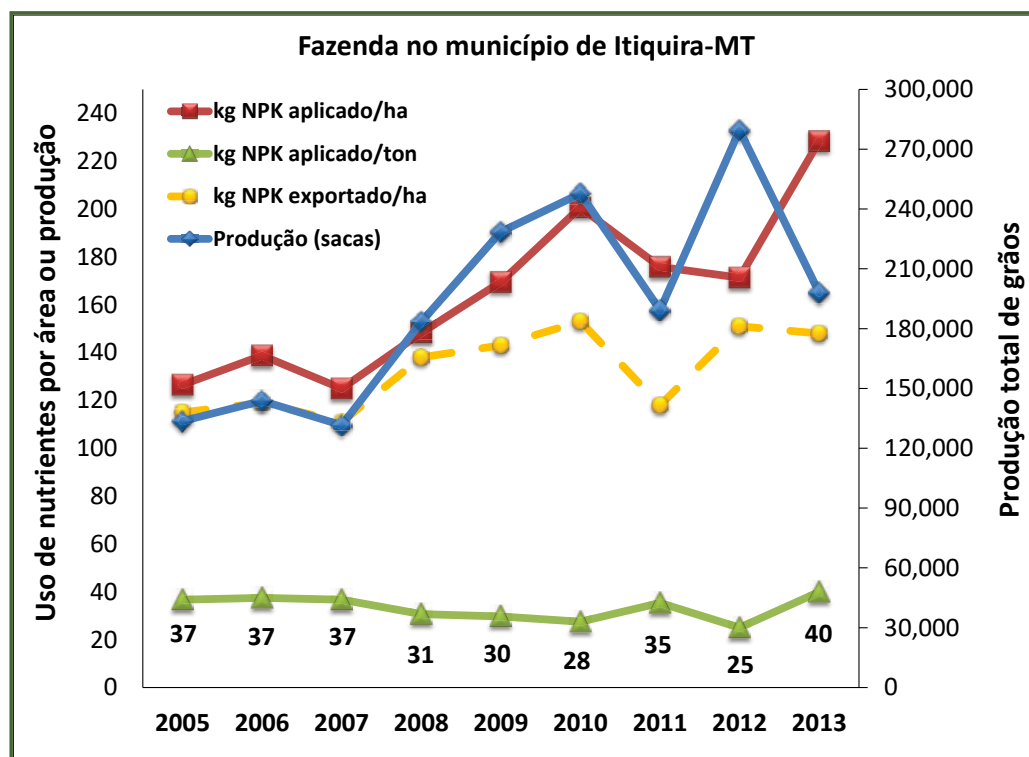


Terraços?



**Facilidades x
Perdas de nutrientes**

Balço de nutrientes na propriedade: *eficiêcia de uso*



Parâmetro	Média
Produção total (sc)	192.859
NPK aplicado/ha	165
NPK aplicado/ton	33
NPK exportado/ha	133
Balço (NPKa - NPKe)	32

Fonte: Joel Hillesheim (2013)



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Efeito de diferentes coberturas vegetais para o milho

Tabela 1. Produtividade média de milho e eficiência de uso de N em função do tipo de cobertura de solo, na região sul de Mato Grosso

Cobertura	Produtividade de milho kg ha ⁻¹		Eficiência de uso de N kg kg ⁻¹	
Pousio	10.044	B	149,0	B
Milheto	11.450	A	170,8	A
Crotalária	11.846	A	177,2	A
C.V.(%)	6,6		9,9	
DMS _{Tukey}	684		15,2	

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,1).

Fonte: Francisco et al. (2011).



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Práticas de manejo para aumentar a EUN

Nutriente	Prática	Efeito
NPK	Análise de solo	Determinar a dose certa
	Análise de planta	Ajustar a recomendação e avaliar o estado nutricional
	Controle de erosão	Evitar perdas de nutriente e solo
	Uso de cultivares com >EUN e mais responsivas à adubação	Facilitar absorção de nutrientes em níveis baixos, aumentar a resposta da planta ao nutriente aplicado, melhorar a conversão do nutriente em produção
N	Calagem e gessagem	Maior desenvolvimento radicular e maior absorção
	Parcelamento da dose	Reduzir as perdas (volatilização e lixiviação) e maior absorção
	Fontes de liberação controlada	Reduzir as perdas (volatilização e lixiviação) e maior absorção
	Rotação de culturas	Promover a ciclagem, melhorar as condições físicas do solo, ativar a biota, promover a FBN

Fonte: adaptado de Malavolta (1996).

Práticas de manejo para aumentar a EUN

Nutriente	Prática	Efeito
P	Calagem	Diminuir a fixação, reduzir a dose aplicada
	Gessagem	Maior desenvolvimento radicular e maior absorção
	Localização	Aumentar o contato com as raízes
	Micorrizas	Aumentar o contato com o P
K	Calagem	Aumentar a CTC e reduzir a lixiviação
	Gessagem	Maior desenvolvimento radicular e maior absorção
	Localização	Evitar ou diminuir o efeito salino
	Parcelamento	Aumentar a absorção

Fonte: adaptado de Malavolta (1996).



Obrigado!



IPNI

INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

Website:

<http://brasil.ipni.net>

efrancisco@ipni.net

Phone:

55 (66) 99932-8848

55 (19) 98723-0699