

VII Simpósio Regional • IPNI Brasil

BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES

Araguaína - TO • 19 e 20/AGOSTO/2014

BPUFs para a cultura do milho

Álvaro Resende
Embrapa Milho e Sorgo

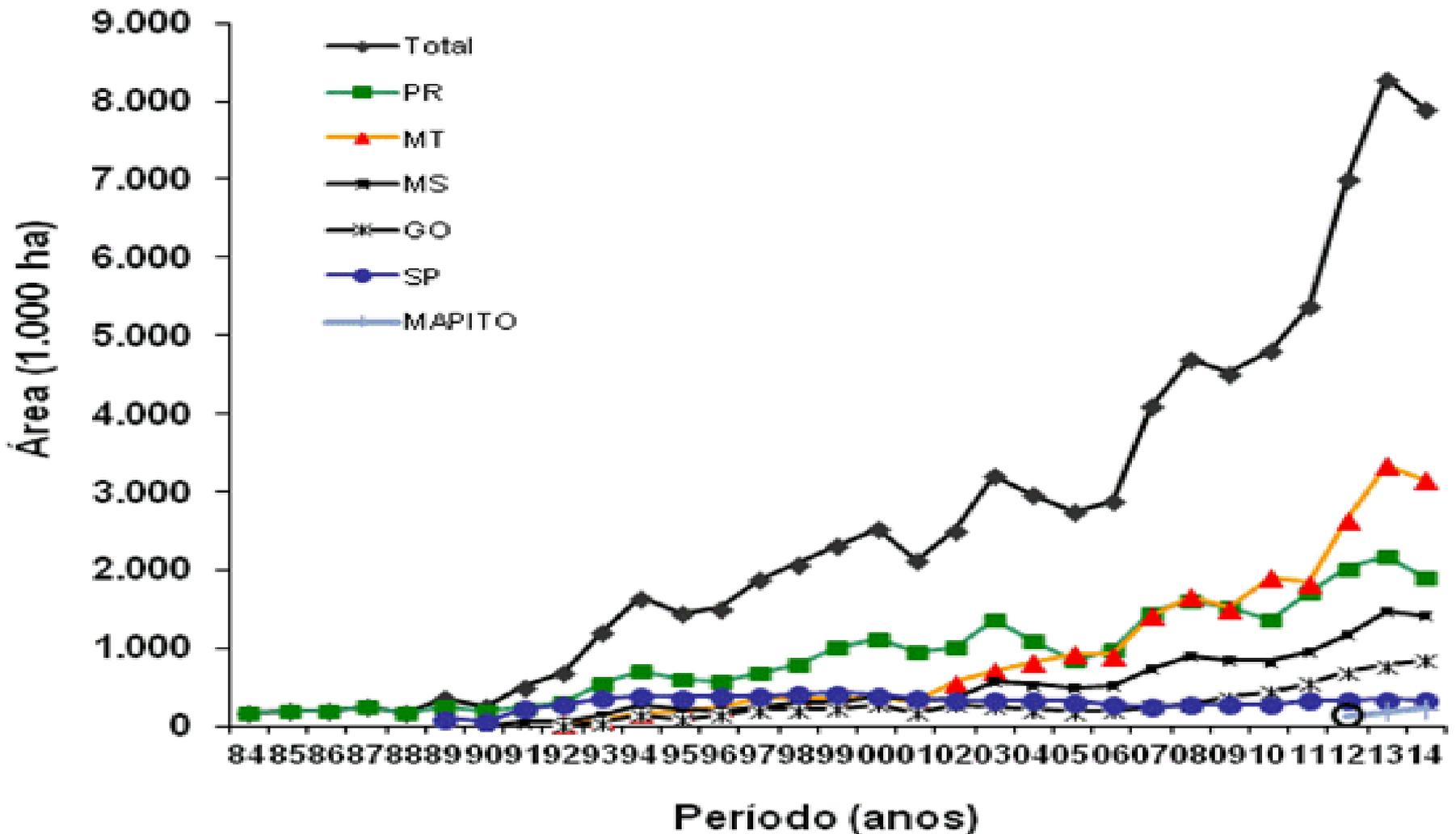
- **Potencial produtivo do milho**
- **Importância de um perfil corrigido**
- **Manutenção com macronutrientes**
- **Micronutrientes**
- **Experiência com novos produtos**
- **Considerações finais**

ÁREA DE MILHO POR ESTADO - 2013/14

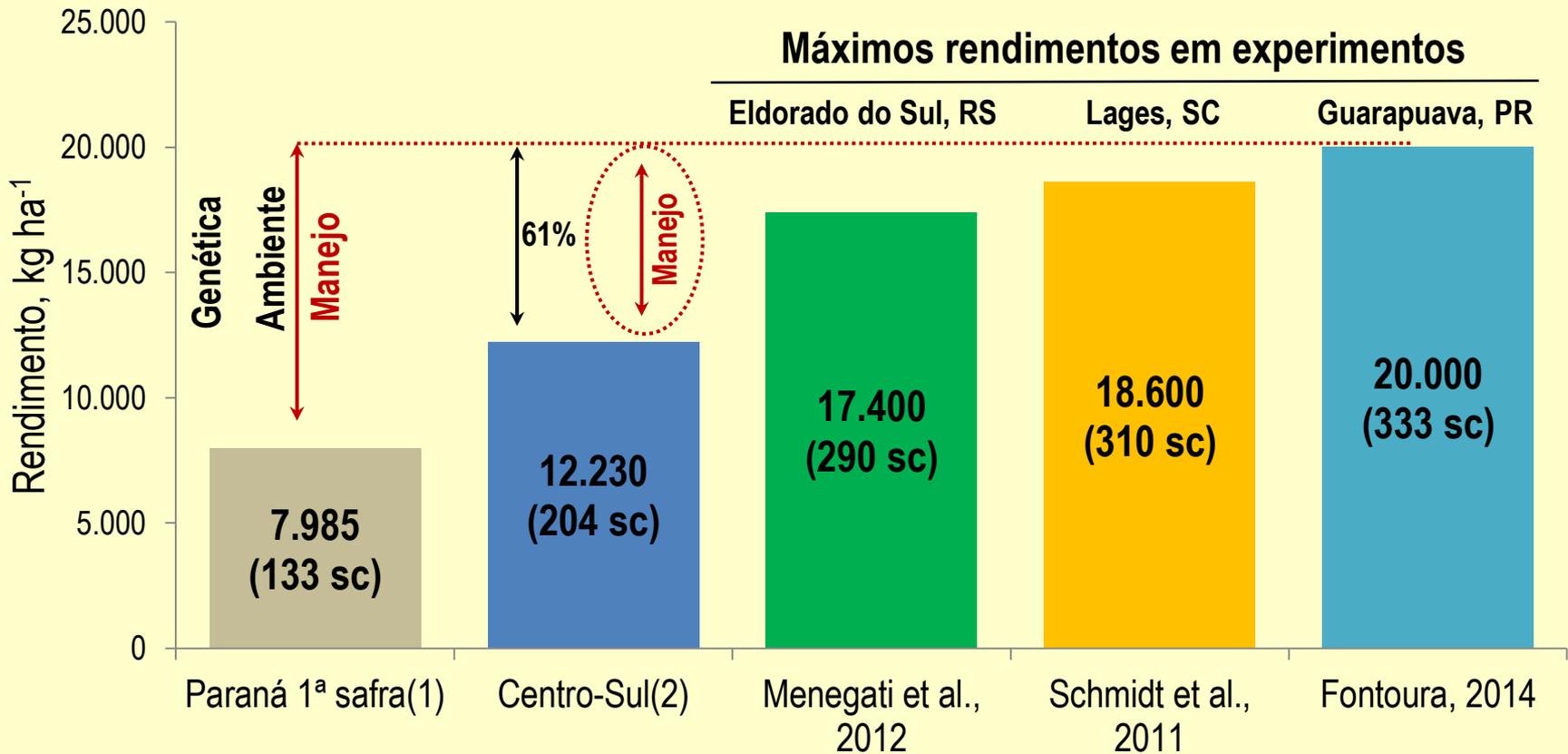


Fonte: Conab

EVOLUÇÃO DA ÁREA DE MILHO SAFRINHA



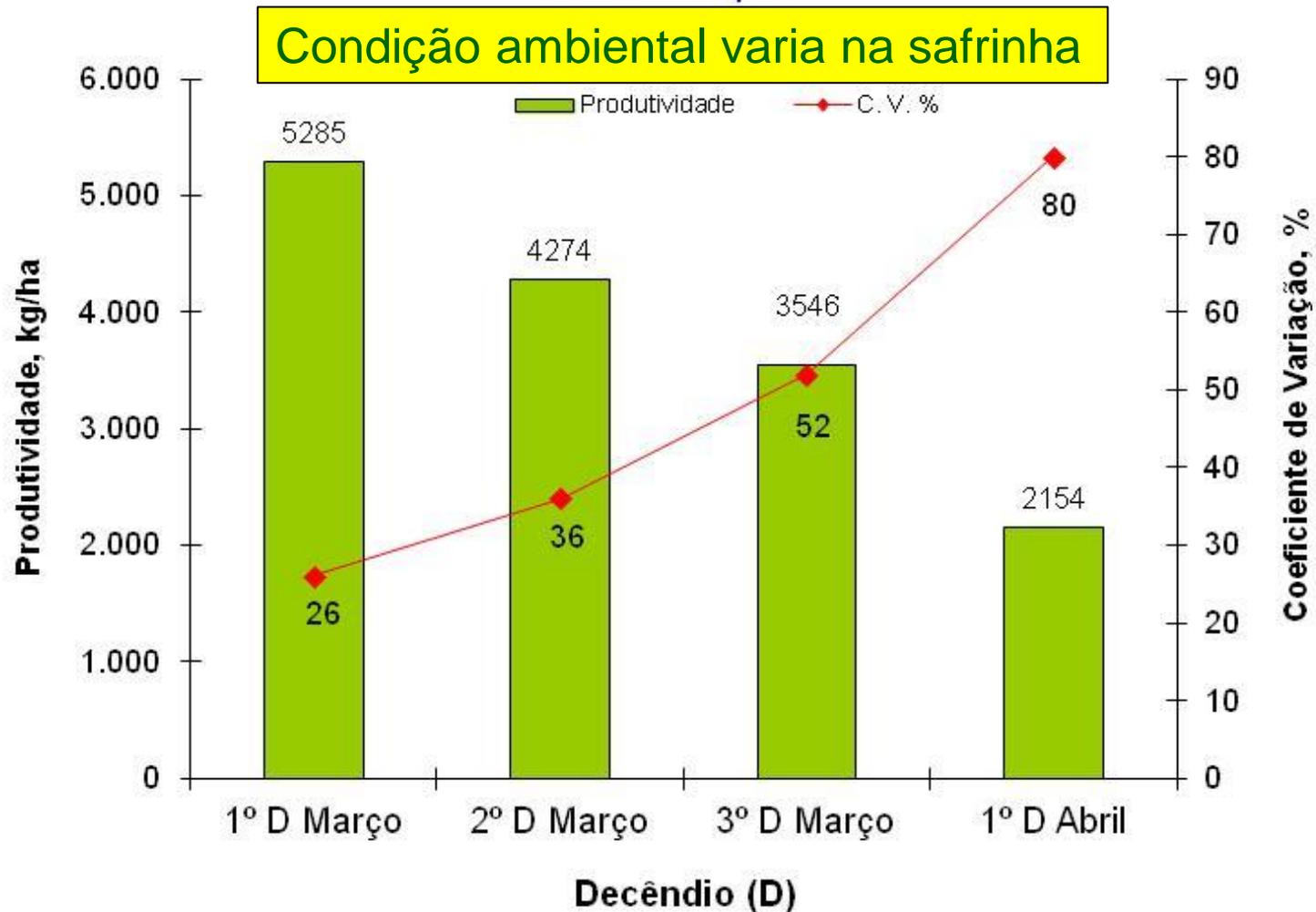
Lacunas de rendimento – milho verão



Fonte: ⁽¹⁾Conab, 2014; ⁽²⁾Agrária, 2014.

ÉPOCAS DE SEMEADURA DO MILHO SAFRINHA Médio Vale do Paranapanema - SP (22 anos)

Fonte: IAC/Apta

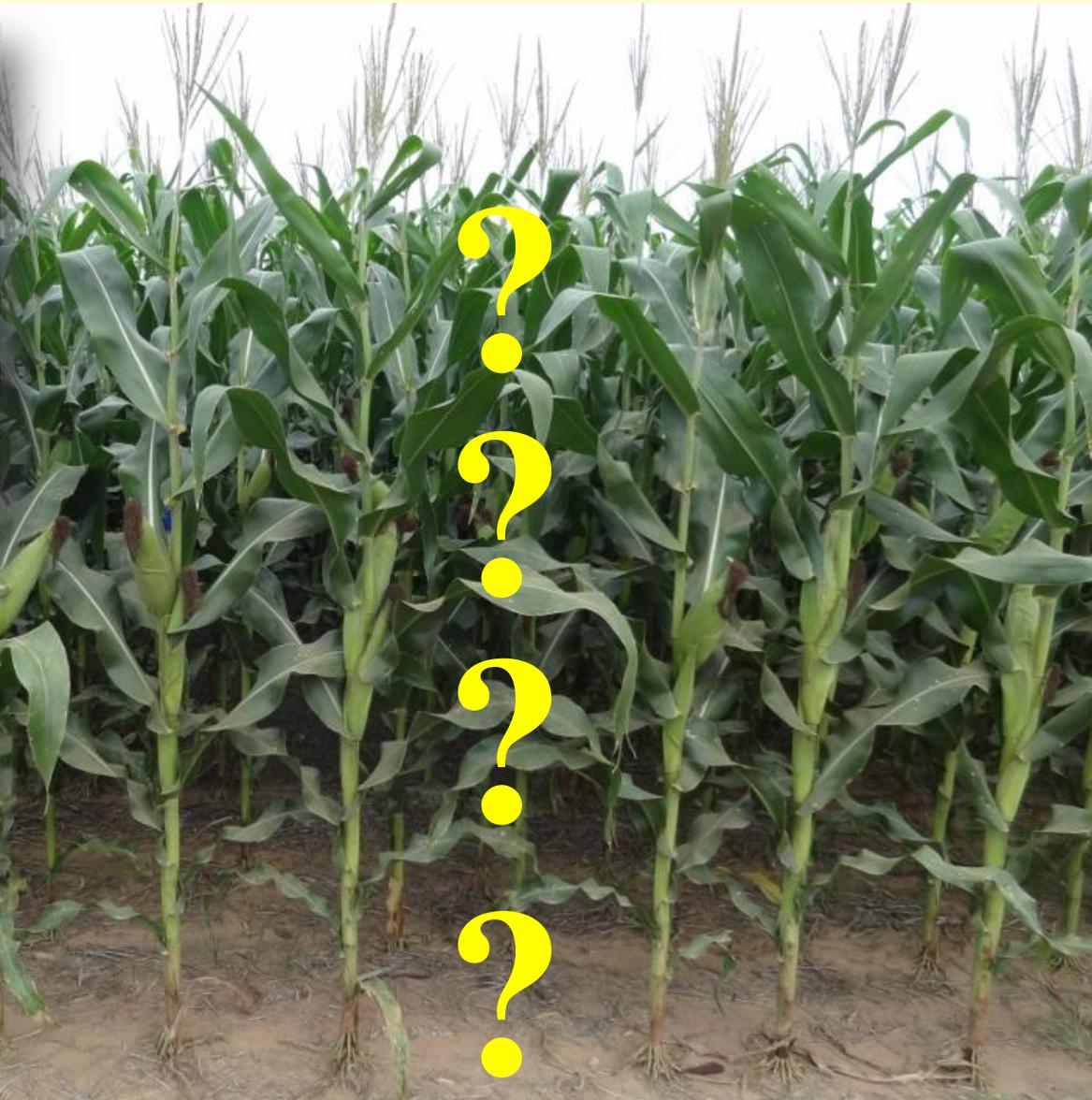


O agricultor realiza investimento cada vez mais alto em sementes...

Melhorar o ambiente de produção e o manejo da cultura.



Milho: estande e distribuição de plantas é fundamental

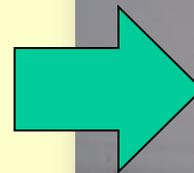


Adubação é apenas um componente da produtividade

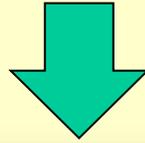
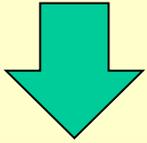




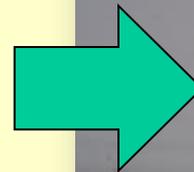
Potencial de aprofundamento radicular do milho em solo sem restrições físicas e químicas, aos 10 DAS (estádio V1).



Condições de campo



Potencial de aprofundamento radicular do milho em solo sem restrições físicas e químicas, aos 10 DAS (estádio V1).





📖 Boa pluviosidade + **solo fértil** = produtividade ótima

📖 Déficit hídrico + **solo pobre/desequilíbrio** = produtividade baixa

📖 Déficit hídrico + **solo fértil** = produtividade razoável

REDUÇÃO DE RISCO DA AGRICULTURA

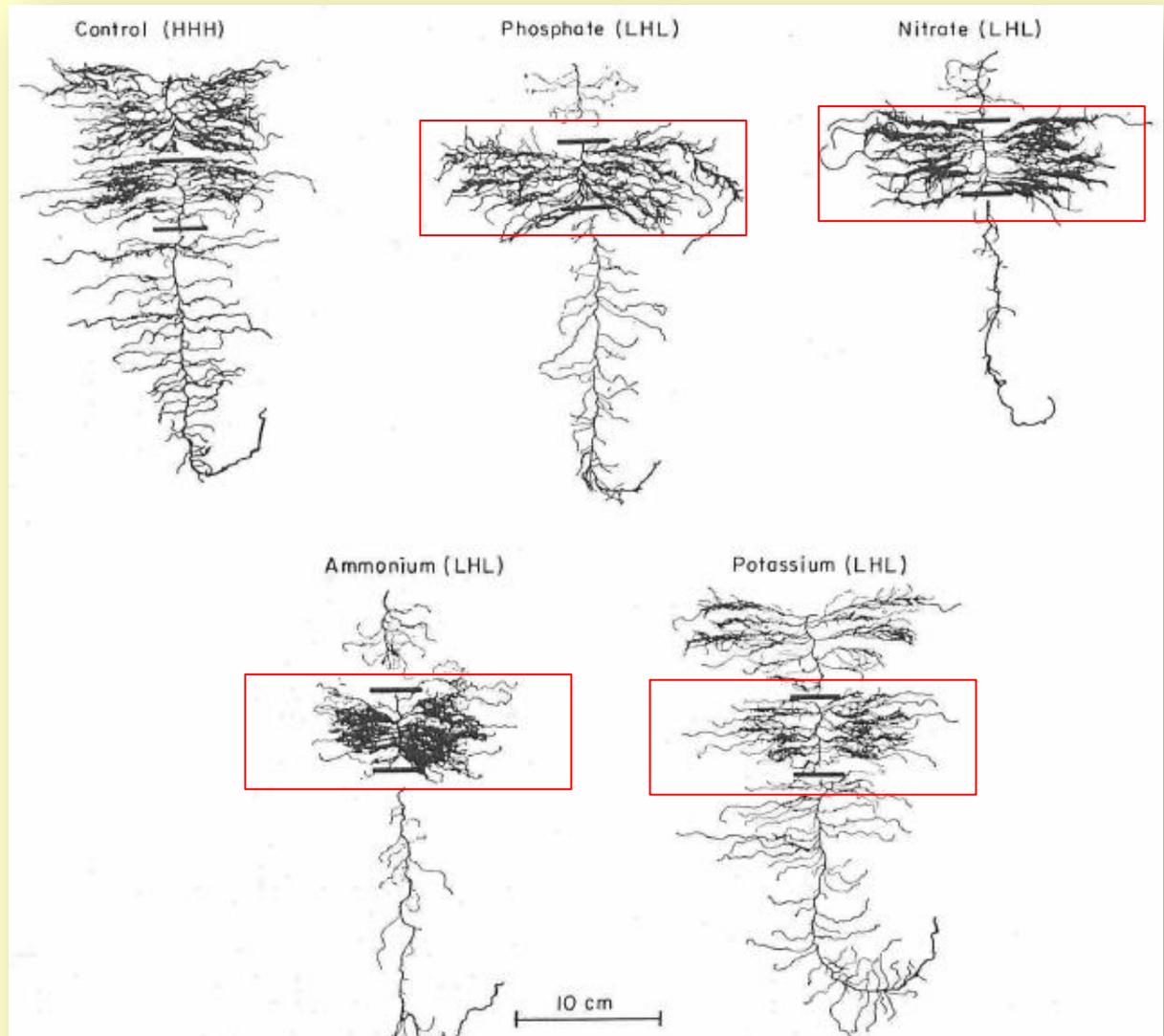
Produtividade de milho submetido a estresses na fase inicial de estabelecimento da cultura

Estresse	Estádio	IAF*	Produtividade (kg/ha)
Água	V4	4,44	8.125
Luz	V4	4,55	9.084
Ausência	-	4,96	10.194

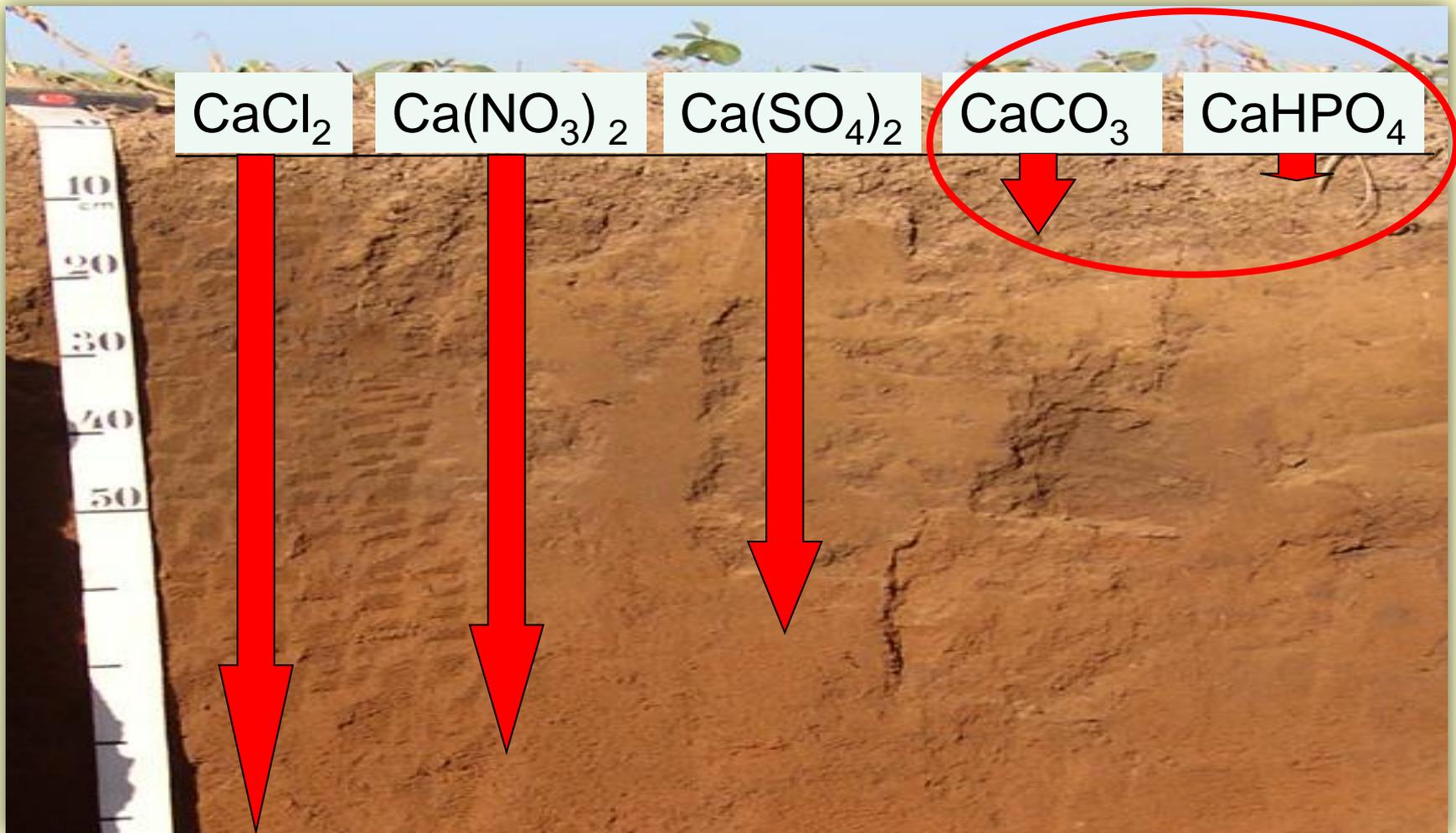
*IAF = Índice de área foliar

Raízes proliferam em condições de maior disponibilidade de nutrientes

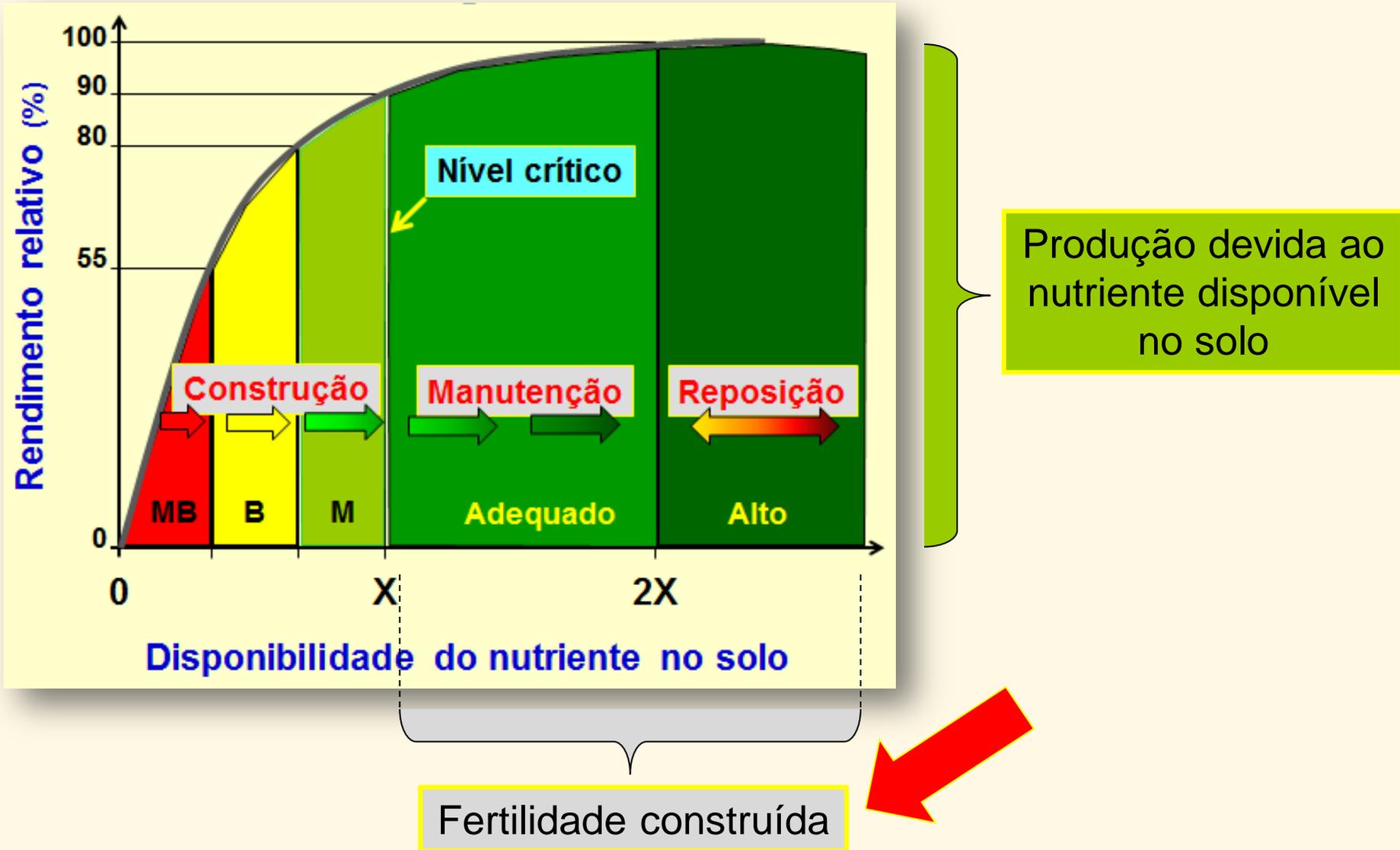
Região da raiz de cevada dispoñdo maiores teores de nutrientes cresce mais. Diferença entre nutrientes.



Movimento de nutrientes no perfil conforme o par iônico



Sistemas de maior intensidade requerem fertilidade construída



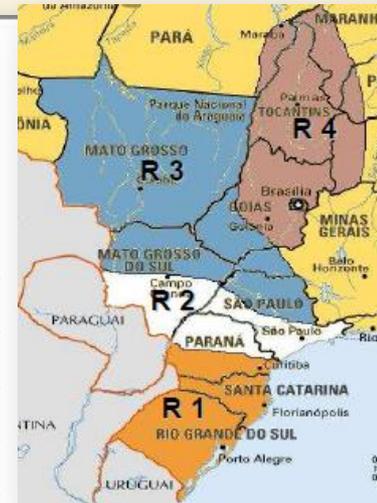
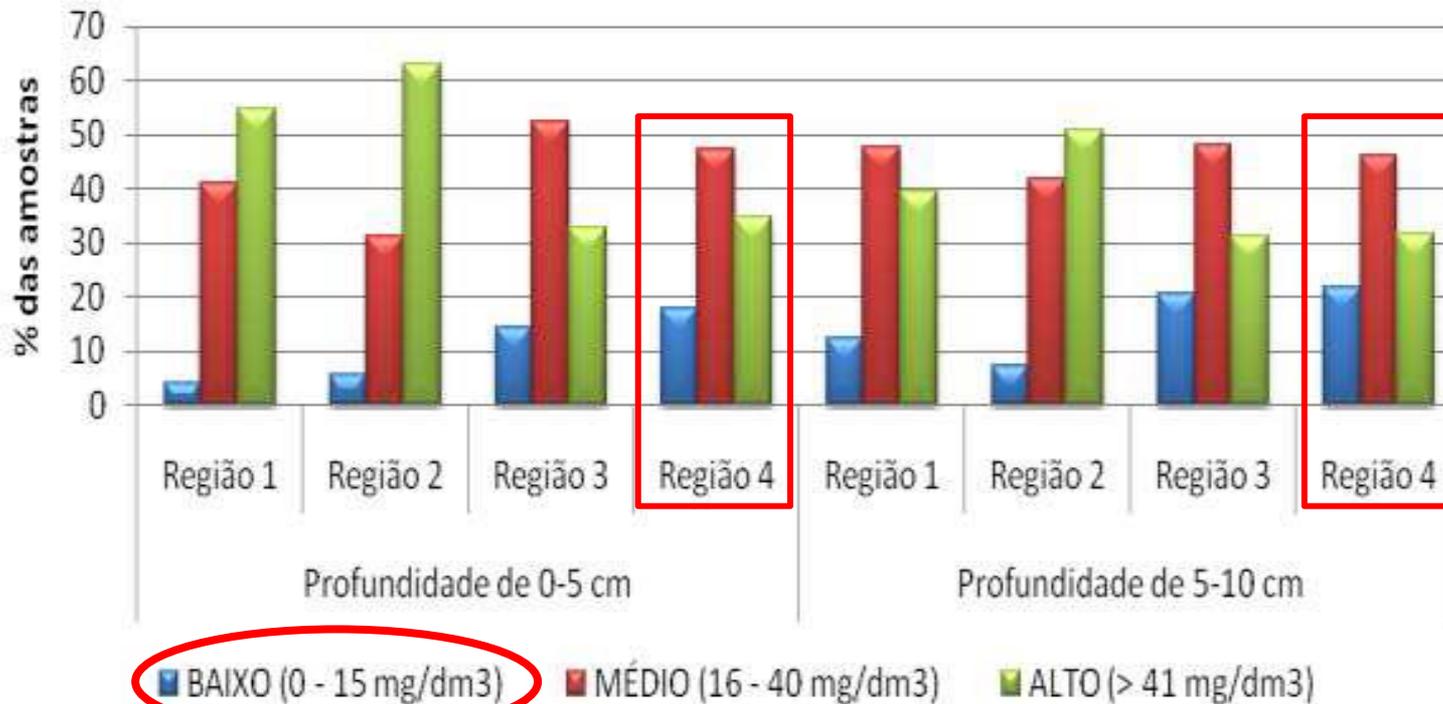
Importância de um perfil corrigido

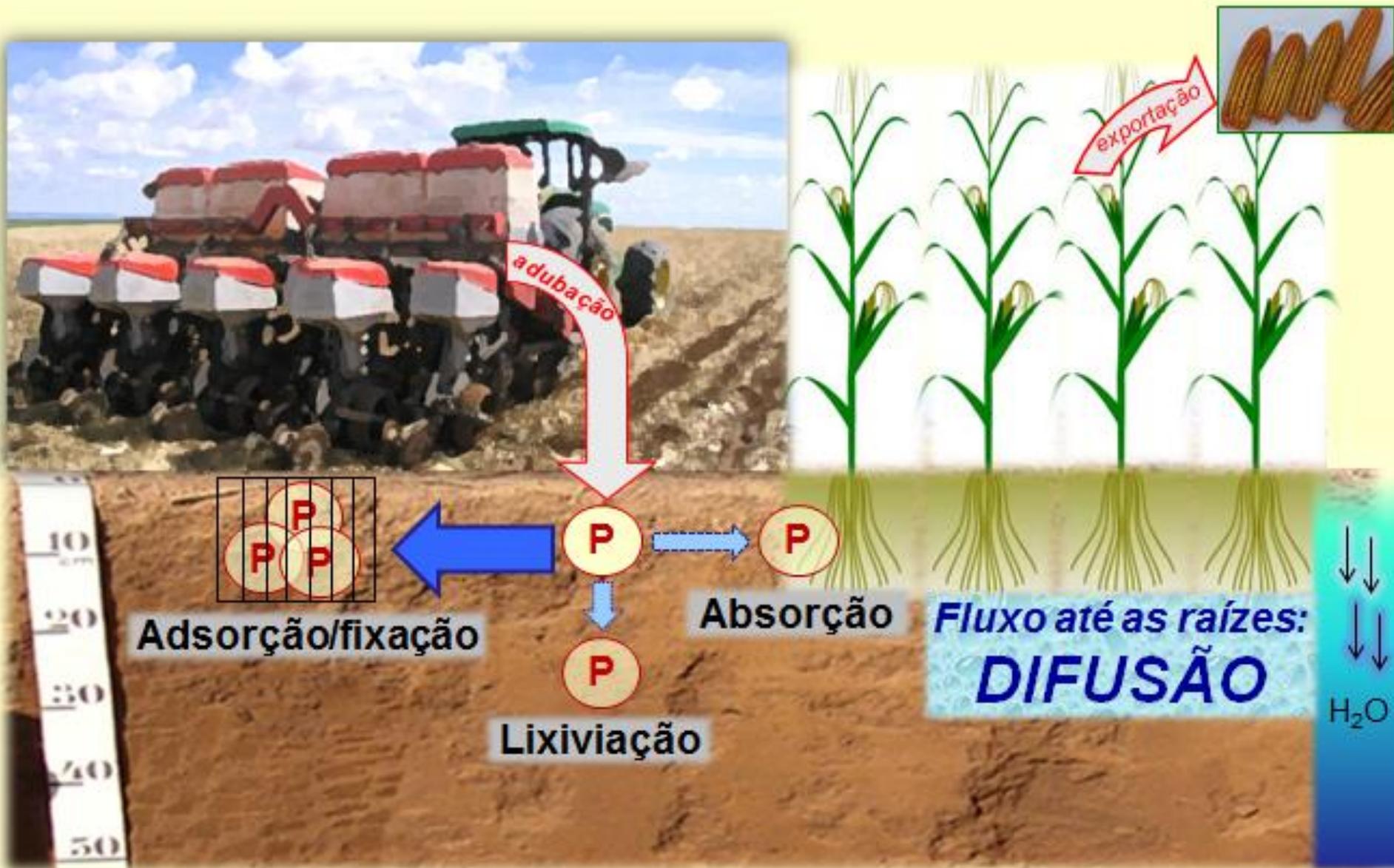


Estado de fertilidade nos ambientes de produção

Rally da Safra Brasil 2009 – milho e soja

% das amostras por região climática em função da faixa de interpretação de P resina





Ajustar nível crítico no perfil conforme capacidade tampão (0-20 cm)

Teor de argila	Nível crítico sequeiro*		Capacidade tampão de fosfato (CT)**	
	Mehlich 1	Resina	Mehlich 1	Resina
% mg/dm ³		(kg/ha de P ₂ O ₅) / (mg/dm ³ de P no solo)	
≤ 15	18	15	5	6
16 - 35	15	15	9	9
35 - 60	8	15	30	14
> 60	4	15	70	19

* Para sistema irrigado, multiplicar por 1,4

** Dose de P₂O₅ solúvel para elevar o teor de P no solo em 1 mg/dm³ (0-20 cm)

Construção da fertilidade:

$$\text{Dose P (kg/ha de P}_2\text{O}_5) = (\text{Nível crítico} - \text{Teor atual}) \times \text{CT}$$

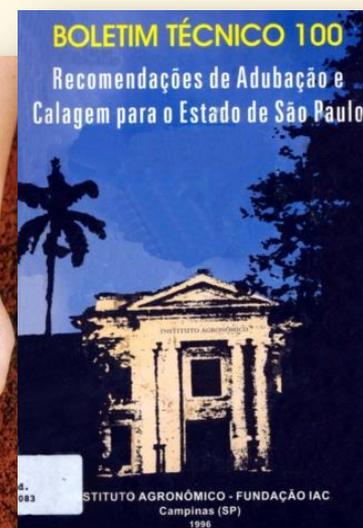
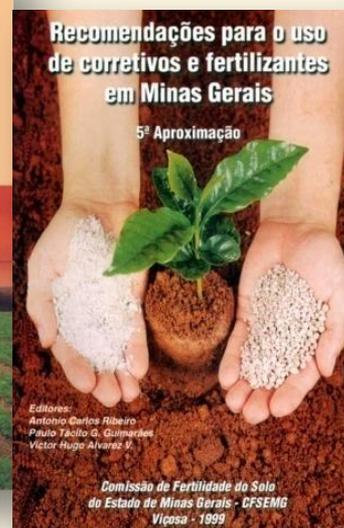
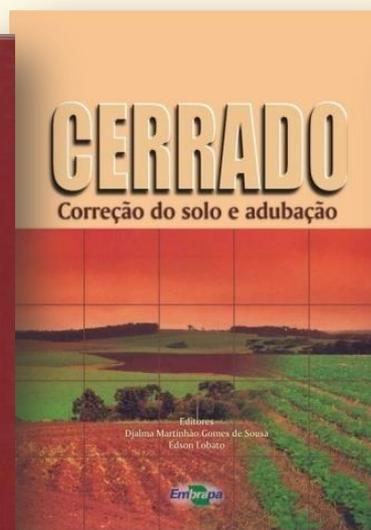
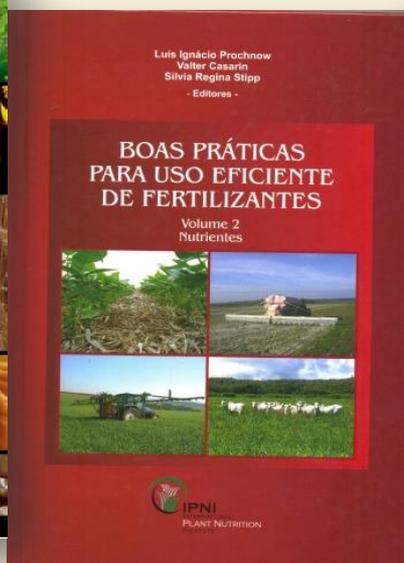


Valores de referência para atributos do solo visando ambientes de alto potencial produtivo no Cerrado (0-20 cm)

Teor de argila	Atributos associados à fertilidade do solo										
	Mat. orgânica	P _{Mehlich}	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	V
g/kg ¹	g/kg ¹ mg/dm ³ cmol/dm ³ mg/dm ³ mg/dm ³				%
≤ 150	11 a 15	25 a 40	40								
160 a 350	21 a 30	20 a 30		2,5 a 7,0	0,5 a 2,0	9*	0,5	0,8	5	3	50 a 60
360 a 600	31 a 45	12 a 18	80								
> 600	36 a 52	6 a 9									

* Média dos teores de 0-20 e 20-40 cm profundidade.

Boas práticas muito bem definidas e disseminadas para calagem, gessagem e adubações corretivas visando à melhoria da fertilidade de solos deficientes.



* **Adubações de manutenção:** dificuldade de se estabelecer um manejo padrão, sobretudo em sistemas diversificados.
A “prática” costuma se distanciar dos critérios técnicos.



Adubação

Recomendação

Disponibilidade

no solo

Extração /
Exportação

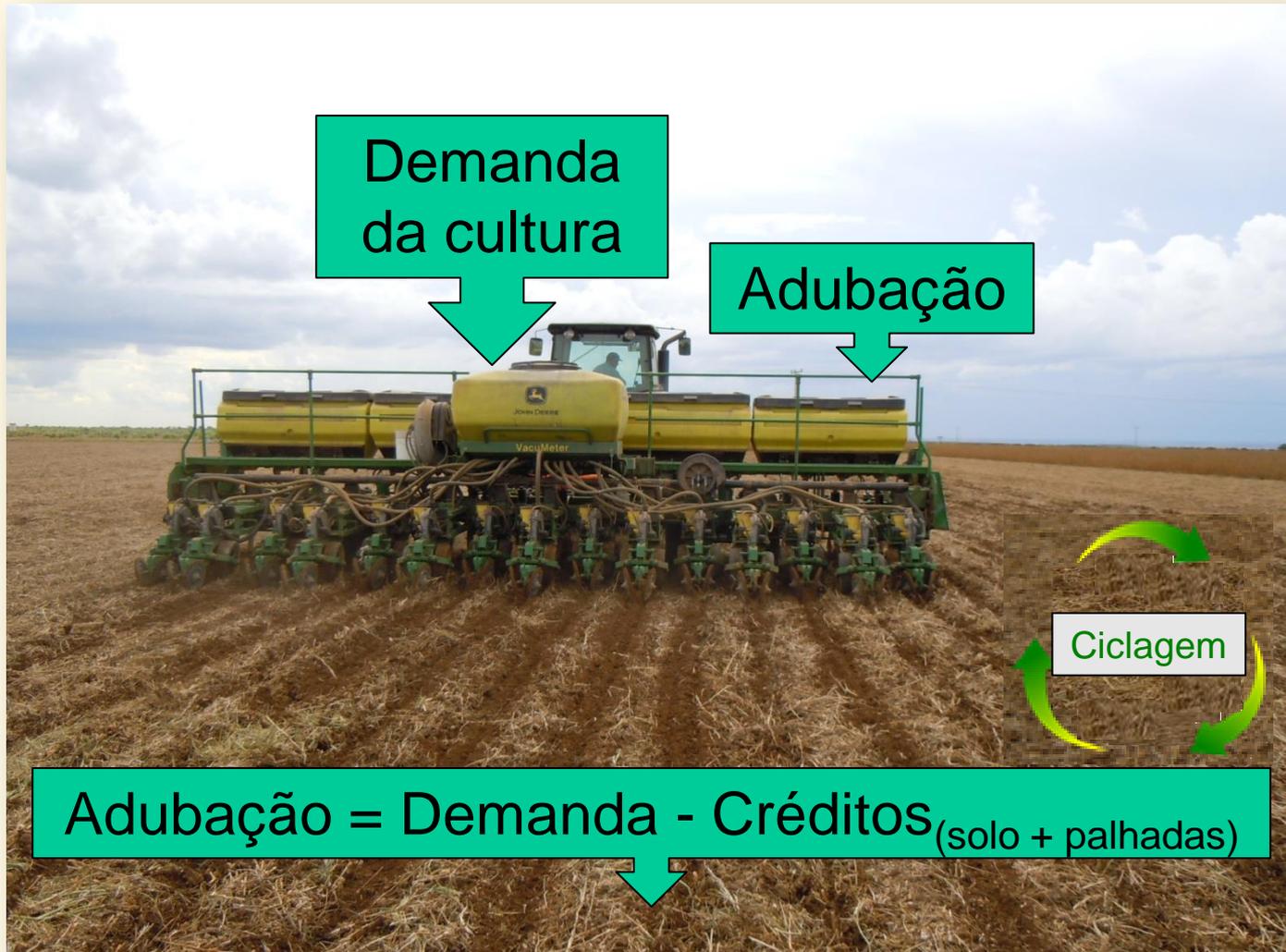
Fertilidade construída

Cada ambiente de produção responde de forma diferenciada

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



Adubação eficiente depende de estimativas mais precisas de demanda e crédito de nutrientes no sistema

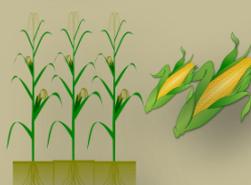


Quantidades de nutrientes exportadas pela cultura do milho para cada tonelada de grãos produzida.

Exportação			Observações	Referência
N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
..... kg/t grãos.....				
17,0 a 23,0	9,2 a 13,7	4,8 a 8,4	Faixas de valores levantados na literatura brasileira.	Sousa & Lobato (2004)
15,0	5,5	8,4	Valores médios para o Brasil.	Fancelli & Tsumanuma (2007)
-	6,2	3,8	Médias de 679 amostras de grãos analisadas na Embrapa Soja.	Oliveira Junior et al. (2010)
15,7	7,1	4,4	Valores médios em trabalhos brasileiros publicados a partir de 1995.	Resende et al. (2012)

Quantidades de nutrientes exportadas pelo milho em diferentes “intensidades” de cultivo

(Com base na média das cultivares BRS 1055, AG 8088 YH, DKB 390 Y PRO e P 30F53 YH, em sistema de alto investimento, Sete Lagoas-MG)

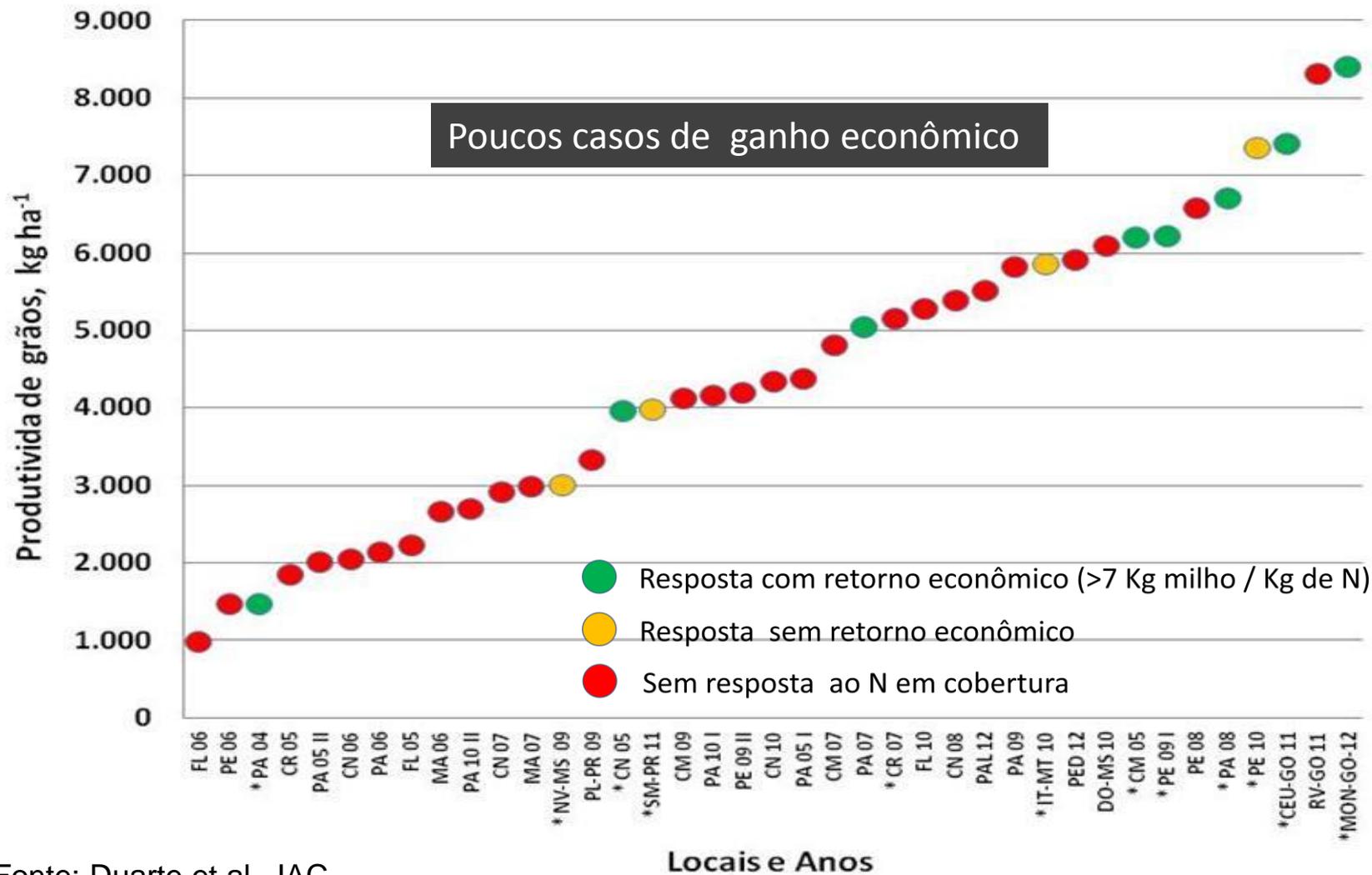
Sistema de cultivo	Exportação		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
 kg/ha		
 <p>2^a safra (8 t/ha grãos)</p>	116	27	10
 <p>Safra verão (14 t/ha grãos)</p>	204	46	17
 <p>Silagem (30,5 t/ha massa seca total, 14 t/ha grãos)</p>	318	62	261

Sugestão de adubação para milho grão em solos de fertilidade construída no Brasil Central (1ª aproximação)

Produtividade esperada	Plantio			Cobertura	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	K ₂ O
t/ha	kg/ha				
8	30	80	50	60	30
10	40	100	50	110	60
12	40	120	50	170	90
14	40	140	50	230	120

Resposta a N em cobertura - 39 experimentos safrinha (2005 a 2012)

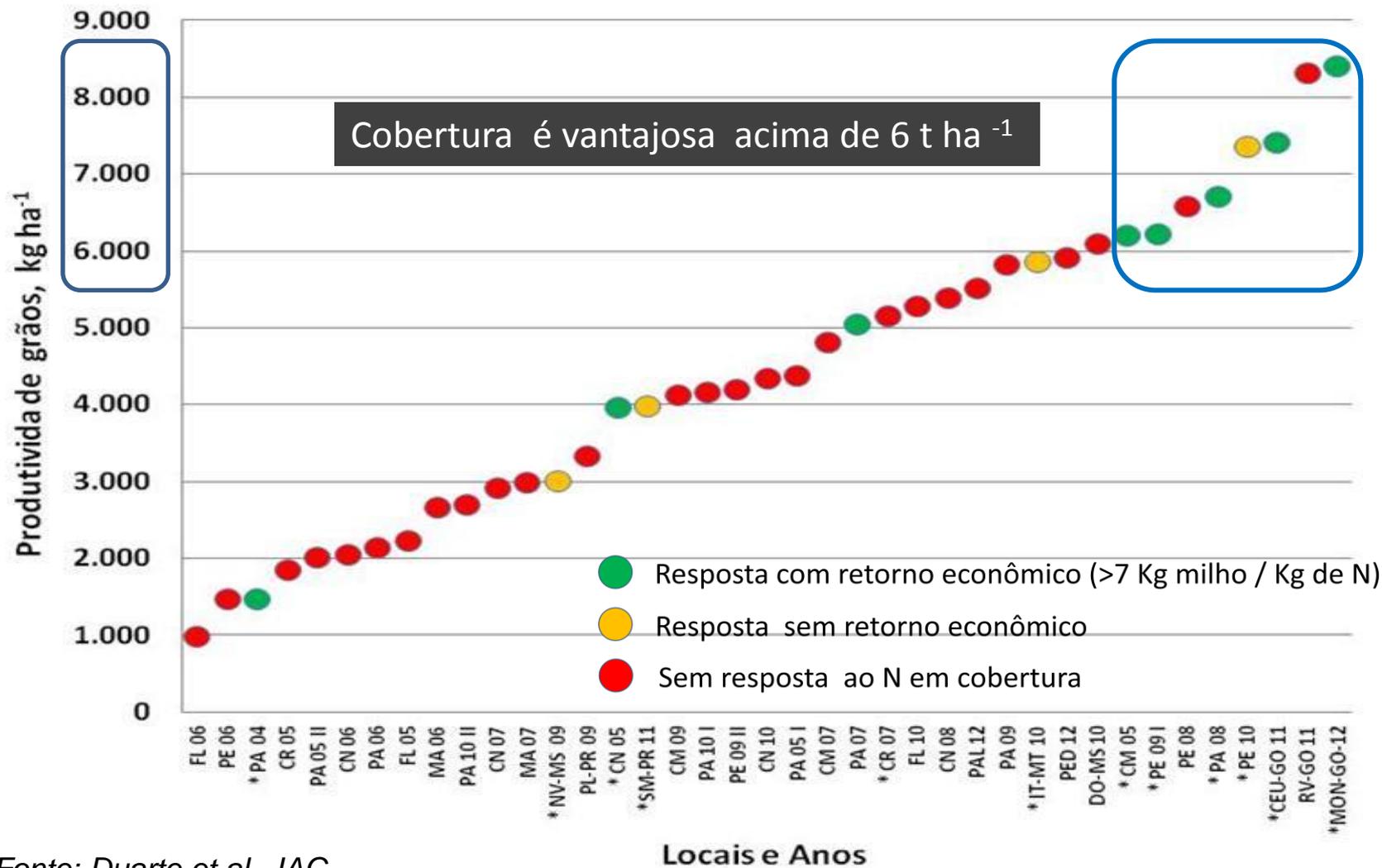
27 kg/ha de N na semeadura + doses em cobertura



Fonte: Duarte et al., IAC

Resposta a N em cobertura - 39 experimentos safrinha (2005 a 2012)

27 kg/ha de N na semeadura + doses em cobertura



Fonte: Duarte et al., IAC

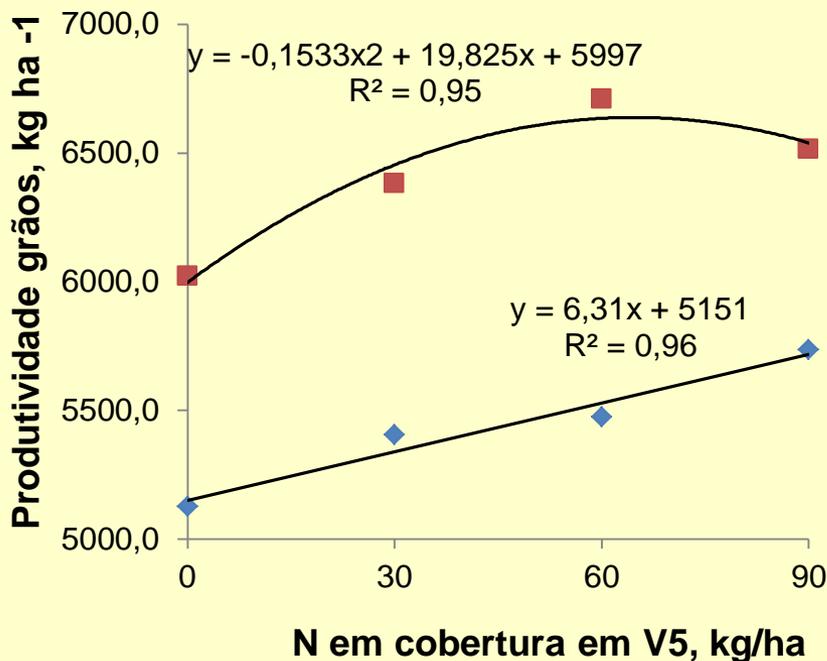
Cortesia Dr Aildson Duarte – IAC / APTA

A eficiência da adubação com N é maior na semeadura

Milho Safrinha 2B587 Hx

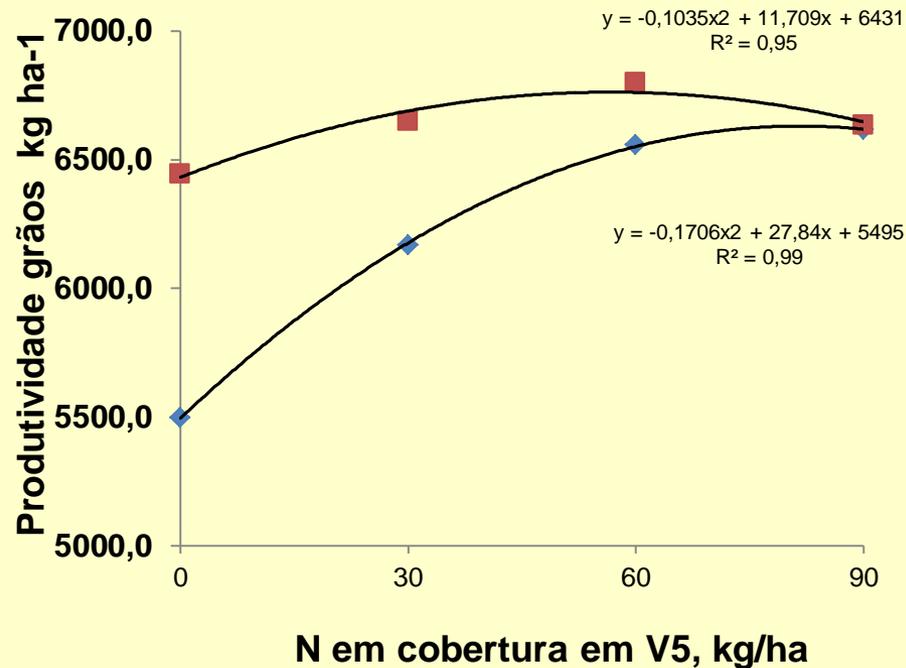
Pedrinhas (SP) 2013

◆ Sem N ■ N na semeadura = 39 kg/ha



Itiquira (MT) 2013

◆ Sem N ■ N na semeadura = 39 kg/ha



Fonte: Adaptado de Duarte e Kappes (2013), Projeto IAC / Fundação MT / Mosaic

Cortesia Dr Aildson Duarte – IAC / APTA

Adubação nitrogenada no milho de alta produtividade

Indicação de N para milho em plantio direto na região Centro-Sul do PR

Pré-cultura e Teor MO (g/kg)	Expectativa de rendimento de grãos, t/ha			
	6 - 8	8,1 - 10	10,1 - 12	12,1 - 14
N, kg/ha				
Gramíneas				
<40	100	150	220	300
41-60	60	110	180	260
>60	≤40	70	140	220
Consórcio Gramínea-Leguminosa ou Nabo Forrageiro				
<40	60	110	180	260
41-60	≤40	60	130	210
>60	≤40	≤40	90	180
Leguminosas				
<40	≤40	60	130	210
41-60	≤40	≤40	80	160
>60	≤40	≤40	≤40	130

* Teor de MO referente à camada de 0-10cm. ** ≤40 kg/ha corresponde à indicação de N a ser realizada na semeadura do milho. *** Aplicar 20 kg/ha de N menos em situações onde a pré-cultura gramínea apresentar baixa produção de biomassa (<2 t/ha). Em situações onde as pré-culturas nabo/consórcio gramínea-leguminosa ou leguminosa solteira apresentarem baixa produção de biomassa, aplicar doses de N 20 e 40 kg/ha maiores às indicadas na tabela acima, respectivamente. **** Para populações de plantas acima de 65.000/ha, ajustar a dose indicada de N conforme consta no verso.

Até 30 kg ha⁻¹ na semeadura e o restante em cobertura.

Fonte: Fontoura & Bayer, 2009.

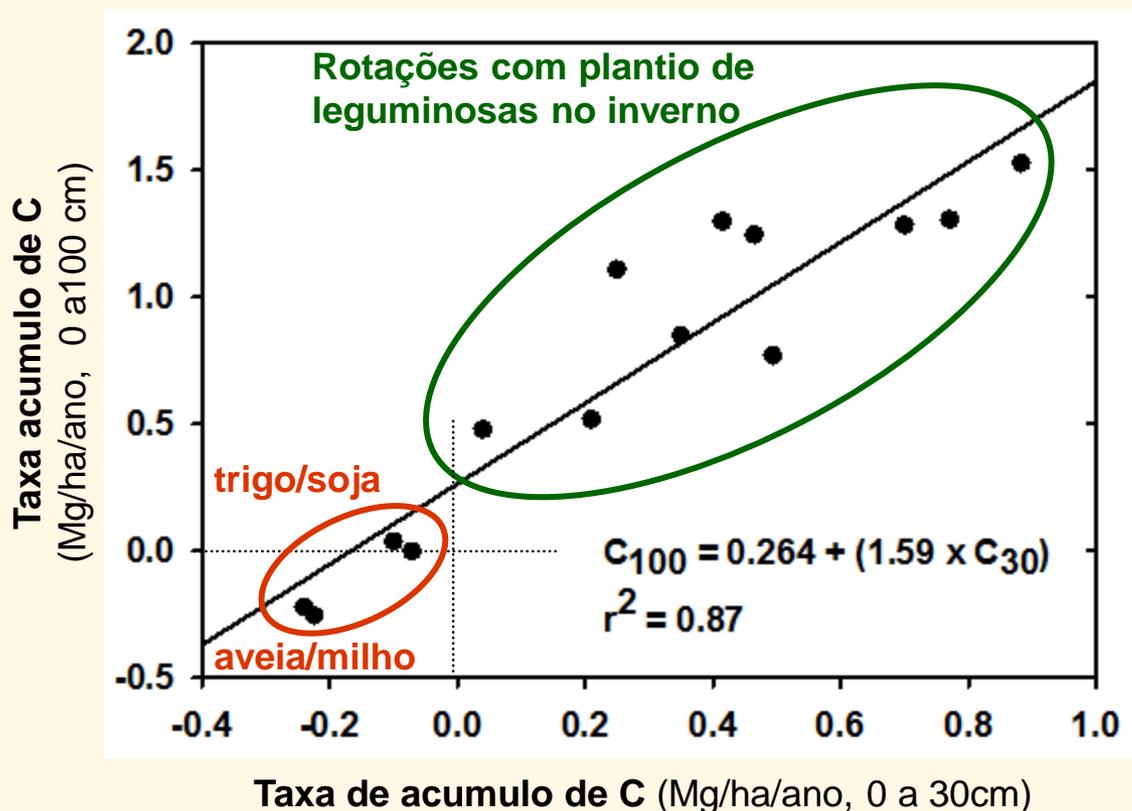
Está faltando N nos sistemas de produção?

Balanço de N em culturas de grãos no Brasil – Safra 2012/2013

Cultura	Área (M ha)	Produção (M t)	N exportado (1000 t)	Adubação com N (1000 t)	N da FBN (1000 t)	Ingresso total de N (1000 t)	Balanço de N (1000 t)
Soja	27,7	81,3	4.812	155	4.812	4.967	+ 155
Milho	15,8	78,5	1.240	549	124	673	- 567
Feijão	3,0	2,8	99	42	30	72	- 27
Arroz	2,4	11,9	149	82	15	97	- 52
Trigo	1,9	4,4	88	54	9	63	- 25
Sorgo	0,8	2,1	32	18	3	21	- 12
Total	51,7	181,0	6.420	901	4.993	5.893	- 527

Está faltando N nos sistemas de produção?

Acúmulo de C em profundidade no SPD
(14 casos em experimentos de longa duração)



* Saldo N na soja = 10 kg/ha, para produtividade de 3,2 t/ha (Alves et al., 2006)

Está faltando N nos sistemas de produção?

Resposta da soja após plantas de cobertura (Fundação MT)

Plantas de cobertura na primavera (2010)

Tratamento	Soja verão 2011/12			
	MS kg ha ⁻¹	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

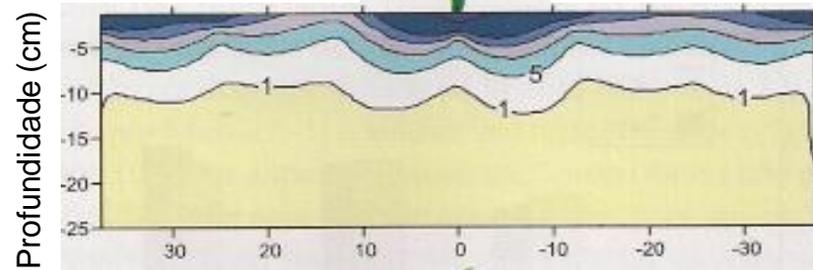
Fonte: Fundação MT (2012), cortesia Dr Eros Francisco

- * Ausência de resposta em experimentos com adubação nitrogenada na soja
- * Resposta da soja ao N aplicado no milho da safrinha anterior

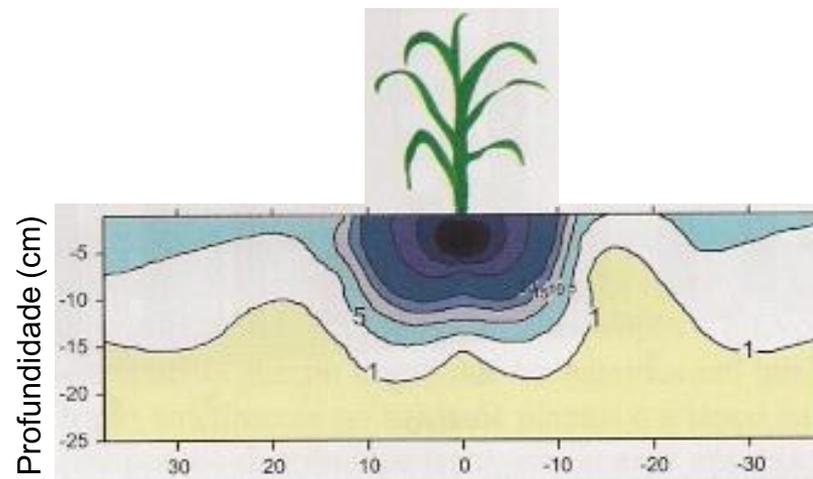
Distribuição de P no perfil conforme o modo de aplicação

**Latossolo argiloso
cerrado (8 anos)**

Lanço



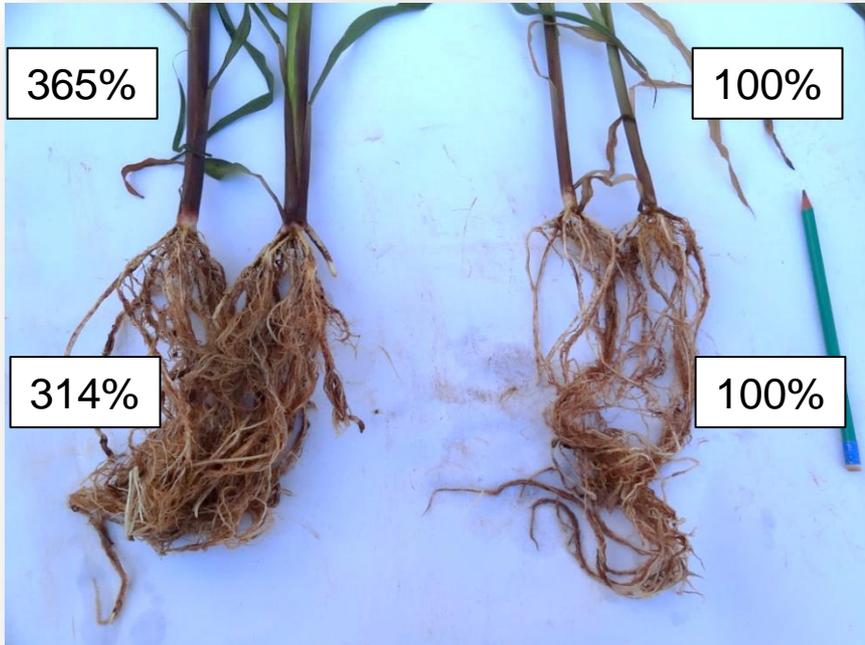
Sulco



Teores de P Mehlich (mg/dm³)

100
80
60
40
20
15
10
5
1
0

Arranque inicial: adubação no sulco (MAP)



Corretiva
+
P sulco

Corretiva
+
P lanço

Solo de Rio Verde – GO

- ✓ 23% de argila
- ✓ Corretiva: 75 mg kg⁻¹ de P
- ✓ Manutenção: 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅



Controle Corretiva Corretiva + P lanço Corretiva + P sulco

Arranque inicial: adubação no sulco (MAP)

“Arranque inicial” pode ser importante:

- . adiantamento do ciclo = mais segurança contra veranico em fases posteriores
- . cultivares mais precoces não podem demorar a “achar” o P

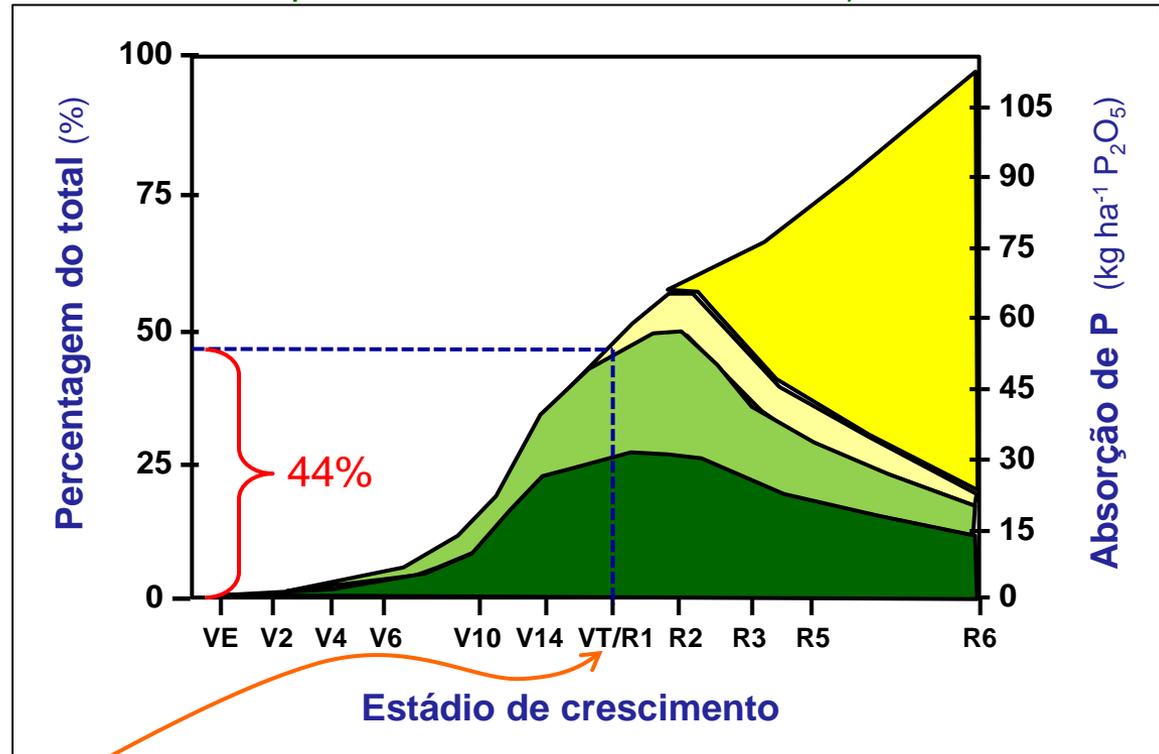


Avanço de um estágio em 28 DAS



Milho: absorção de P é até o final do ciclo

Curva de absorção de P em milho moderno
(média de 6 híbridos transgênicos em dois locais dos EUA,
produtividade média de 12 t/ha)



Fonte: Adaptado de Bender et al. (2013)

Milho: absorção de P é até o final do ciclo

Absorção de P em milho no Brasil, entre R2/R3 e maturação
(média de 4 híbridos e 2 safras, em Sete Lagoas - MG, produtividades de 9,9 a 15,2 t/ha de grãos)

R2/R3 >>>>>>>>>> Maturação



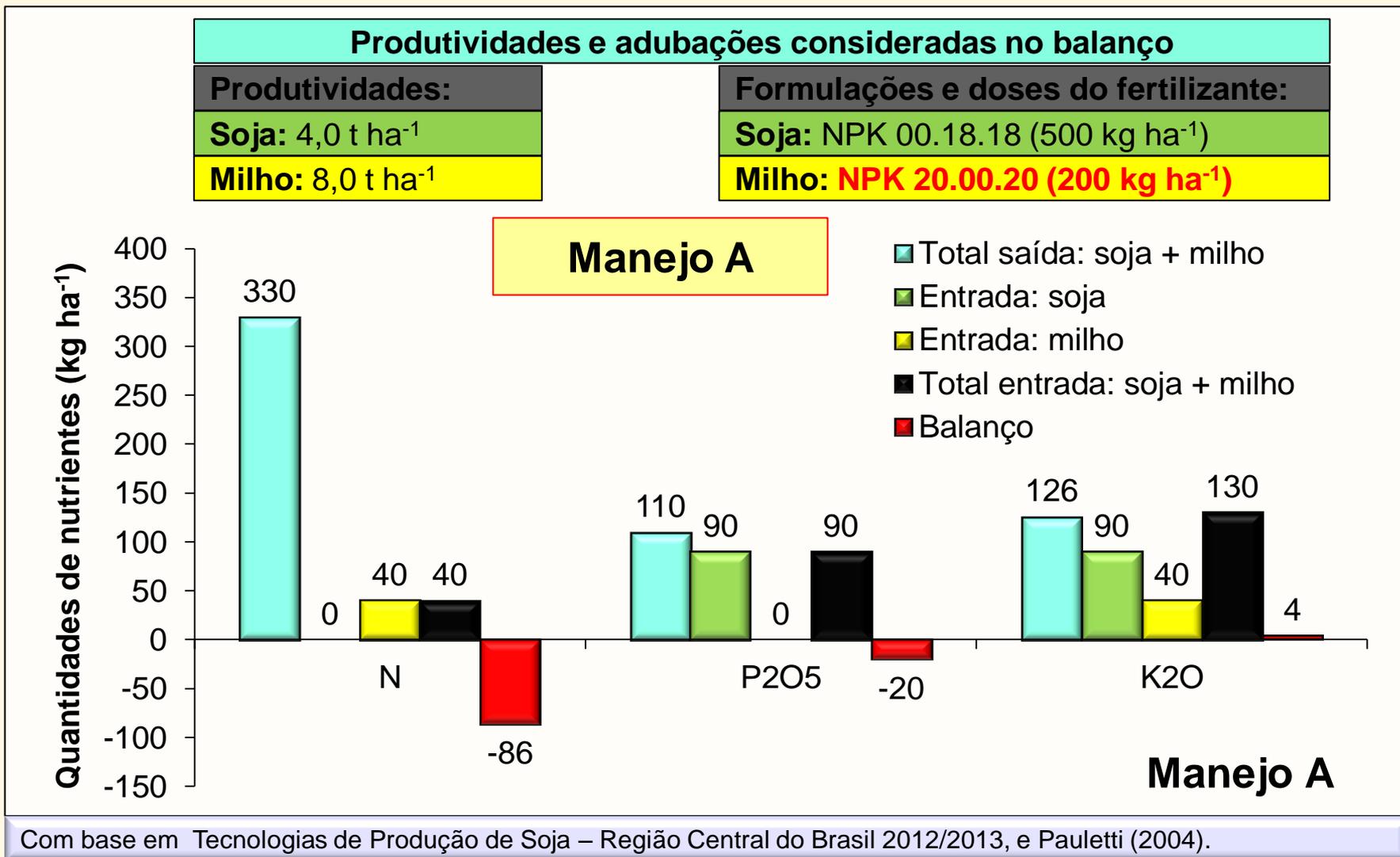
50 dias
→



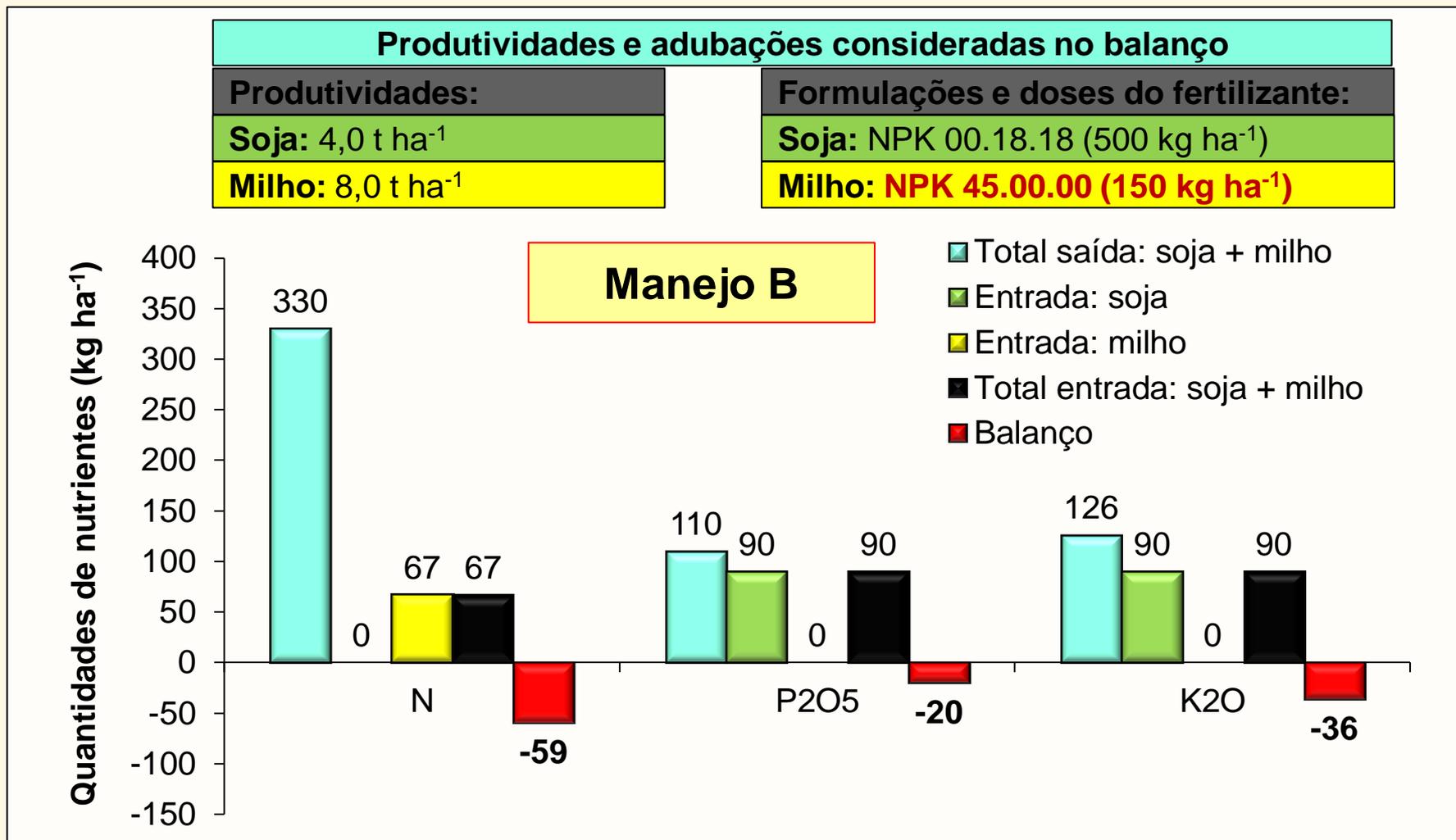
=

29%
da absorção total

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).

Está faltando K nos sistemas de produção?

Atualização de dados de exportação no sistema
Exigências nutricionais de soja TCI

Parte da Planta	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg / t de grãos					
Grãos	65	5,8 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	3,2	2,8	3,0
Restos Culturais	17	1,5	14	12,8	7,2	1,5
Total	82	7,3	34	16,0	10,0	4,5
% exportada	80	80	58	20	28	66

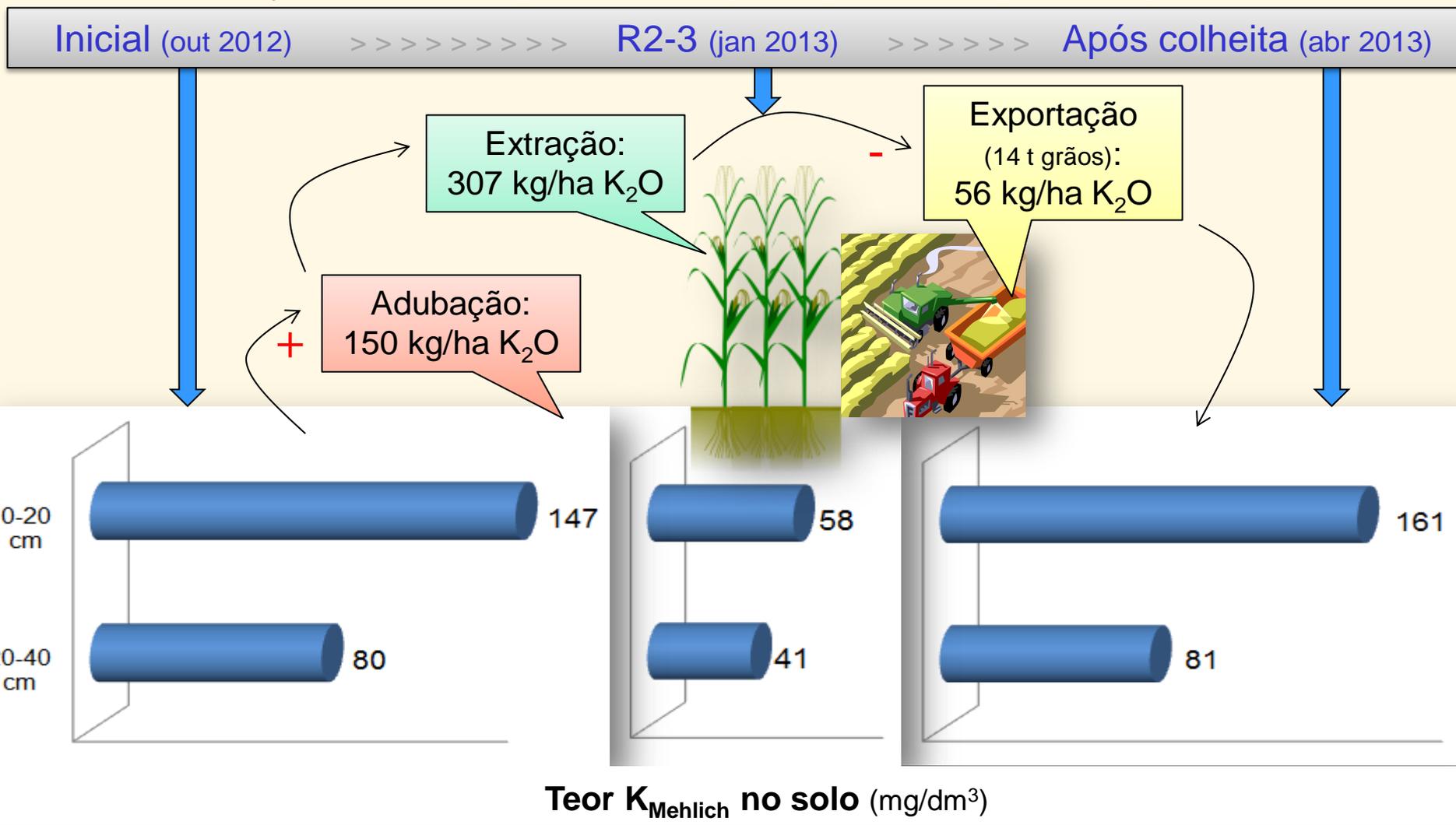
⁽¹⁾ os valores correspondem à 13 kg/ha de P₂O₅ e 25 kg/ha de K₂O exportados em cada tonelada de grãos produzida

Fonte: Embrapa Soja

Cortesia Dr Adilson Oliveira Jr

Absorção de K em milho é muito intensa (média de 4 cultivares)

Adubação nem sempre deve repor apenas o que é exportado.



Absorção de K em milho é muito intensa (média de 4 cultivares)

Adubação nem sempre deve repor apenas o que é exportado.

Dinâmica de K no solo e planta em dois ambientes de investimento tecnológico

Investimento tecnológico / produtividade	K solo inicial (0-20 cm)	Adubação K ₂ O	K solo R2-3 (0-20 cm)	Extração K em R6	Acúmulo K colmo	Acúmulo relativo colmo	Massa seca colmo	K solo após colheita (0-20 cm)	* Plantas acamadas
	mg/dm ³	kg/ha	mg/dm ³	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha	mg/dm ³	plantas ha ⁻¹
Médio (12 t/ha)	109	42	36	114	43	37	6634	93	1563
Alto (14 t/ha)	147	150	58	220	107	49	8863	161	104

* Média de 10 genótipos

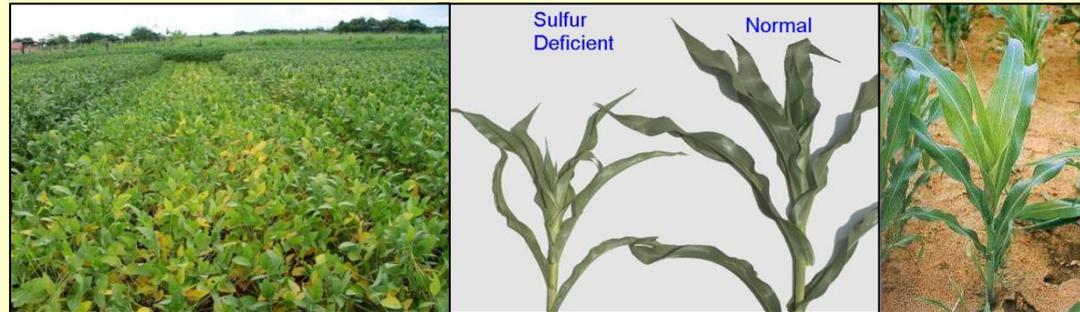
Fonte: Embrapa Milho e Sorgo – safra 2012/2013

Fotos:

http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=1095

http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes_enxofre.aspx

Grundon et al. (1987)



- **Requer amostragem em profundidade (20-40 cm). Nível crítico é de 10 mg dm⁻³ na média até 40 cm (extrator fosfato de cálcio).**
- **O milho requer de 3 a 3,5 kg ha⁻¹ de S para cada tonelada de grãos produzida, sendo 56,3% exportado nos grãos (Fancelli & Tsumanuma , 2007).**
- **A soja requer cerca de 15 kg ha⁻¹ de S para cada tonelada de grãos, sendo 35% exportação na colheita (Embrapa, 2011).**
- **Recomendação genérica: 40 kg ha⁻¹ de S por cultivo. Efeito residual por vários anos, especialmente em doses altas (gessagem).**

➤ **Tomada de decisão para o Cerrado** (Rein & Sousa, 2004):

Se teor médio de S na camada de 0-40 cm for $> 10 \text{ mg dm}^{-3}$: não adubar, exceto se na camada de 0-20 cm o teor for $< 4 \text{ mg dm}^{-3}$.

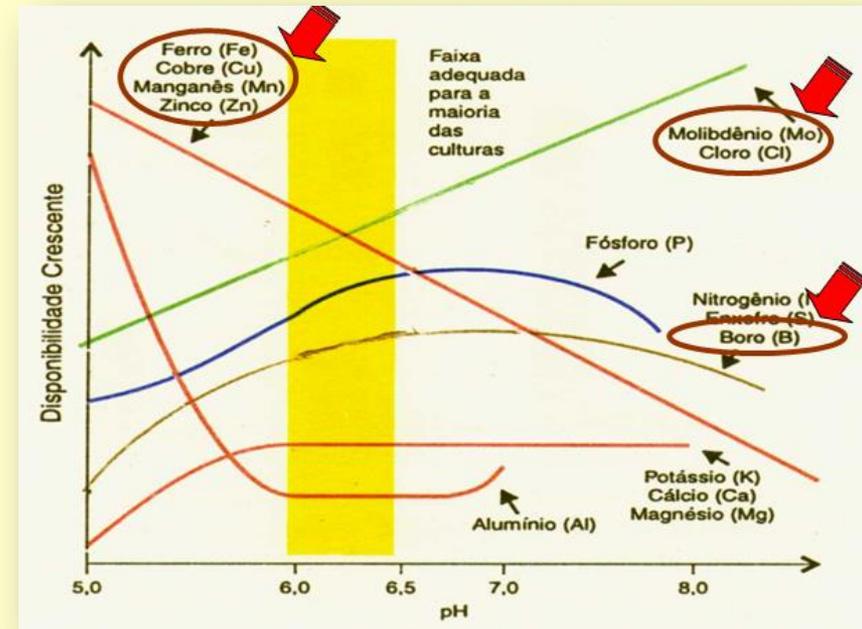
$$\text{Dose (kg/ha de S)} = 40 - (\text{teor médio de S no solo} \times 4)$$

Fatores que afetam a disponibilidade:

a) Solos arenosos, baixo teor de M.O. = deficiência geral

b) pH alto = deficiência de Cu, Fe, Mn, Zn, B

pH baixo = deficiência Mo, Cl e B



c) Alta M.O. = deficiência de Cu

Histórico do uso de micronutrientes no cerrado

- Solos naturalmente deficientes (Lopes e Cox, 1977)
 - 518 amostras de solos
 - 95% deficientes em Zn

- Micronutrientes com maior resposta = **B e Zn** (Galvão, 1988)



Maioria dos formulados NPK disponíveis com adição de Zn e B



Atualmente maioria das áreas com Zn suficiente ou alto

Histórico do uso de micronutrientes no cerrado

Início: Zn e B

Hoje: Mn, Cu, Mo, B

No futuro: ??

- ✓ Conhecer as características dos sistemas de produção praticado que predispõem problemas nutricionais.
- ✓ Conhecer situações de ocorrência mais comum na região.
- ✓ **Mn** (baixo residual das adubações, muito sensível ao pH)
- ✓ **B** (baixo residual no solo, solos arenosos)
- ✓ **Cu** (solos arenosos, baixo ou alto teor de MOS, defensivos sem cobre)

Ferramentas de diagnose para tomada de decisão

1 – Análise de solos

2 – Análise foliar

3 – Sintomas de deficiência e toxicidade

4 – Fatores que afetam a disponibilidade

5 – Histórico da área e região

Recomendação genérica de adubação com micronutrientes no cerrado

✓ Adubação corretiva (kg/ha): 6; 2; 4; 6; 0,4; e 0,3 de Zn, B, Cu, Mn, Mo e Co, aplicados a lanço incorporado ou em três aplicações no sulco. Efeito residual dura 4 a 5 cultivos (Galvão, 2004).

✓ E nas aplicações superficiais ??

Indicações de manejo para alta produtividade/superação de estresses na cultura do milho:

- ✓ 3 kg/ha de Zn quando o teor no solo (Zn_{DTPA}) $< 0,6 \text{ mg/dm}^3$
- ✓ 0,4-0,8 kg/ha de B no plantio se teor ($B_{\text{agua quente}}$) $< 0,5 \text{ mg/dm}^3$
- ✓ 25-40 g/ha de Mo entre V4 e V6 na safrinha ou quando no início do ciclo ocorrerem temperaturas altas/baixas, ou precipitação intensa.

Produtos para nutrição e proteção – milho e soja

Tratamento	Zn aplicado (kg ha ⁻¹)	Descrição Milho (2010/11)	Zn aplicado (kg ha ⁻¹)	Descrição Soja (2011/12)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	
					Milho	Soja
T1	0,0	Controle	0,0	Testemunha	11062 a	3841 a
T2	RAC	Residual da adubação corretiva (RAC) à lanço ano agrícola 2009/10 (3 kg ha ⁻¹ de Zn)	3,0	Adubação corretiva (AC), ZnSO ₄ à lanço (3 kg ha ⁻¹)	10870 a	3643 a
T3	RAC + 1,2	AC + NPK 04-30-16 + 0,3% Zn (400 kg ha ⁻¹ na semeadura)	3,0 + 1,65	AC + 412 kg ha ⁻¹ NPK 02-20-20 + 0,4% Zn (412 kg ha ⁻¹ na semeadura)	10745 a	3747 a
T4	1,2	NPK 04-30-16 + 0,3% Zn (400 kg ha ⁻¹) na semeadura	1,65	NPK 02-20-20 + 0,4% Zn (412 kg ha ⁻¹) na semeadura	10716 a	3943 a
T5	0,45	Broadacre Zn Moli® via foliar em	0,27	Broadacre Zn Moli® via foliar em V4 (0,45 L ha ⁻¹)	10944 a	4209 a
T10	0,0	Phytogard K® via foliar em V8 (2,0 L ha ⁻¹)	0,6	Phytogard Zn® via foliar em V4 e V8 (2,0 L ha ⁻¹)	11131 a	4029 a
T11	0,015	Biozyme TF® via foliar em V8 (0,5 L ha ⁻¹)	0,0	Phytogard K® via foliar em V4 e V8 (2,0 L ha ⁻¹)	11257 a	4098 a
T12	0	Água pura via foliar em V4 e V8	0,015	Biozyme TF® via foliar em V4 e V8 (0,25 L ha ⁻¹)	11148 a	4207 a
T13	0	Stimulate® via tratamento de semente (0,5 L ha ⁻¹)	0,0	Água pura via foliar em V4 e V8	11152 a	4041 a
			0	Stimulate® via foliar em V4 (0,5 L ha ⁻¹)	10888 a	4283 a

A comparação de vários produtos, ao longo de algumas safras, permite identificar os mais promissores.

- Atenção ao aporte de N e K no sistema.
- Um solo com conteúdo de matéria orgânica compatível com a oferta ambiental da região, sem barreiras físicas, associado a um sistema de culturas bem manejado, constitui um ambiente tamponado, capaz de sustentar a oferta de nutrientes em curto prazo e assegurar produtividade estável, com maior rentabilidade.

Unidades de referência para o agricultor competitivo

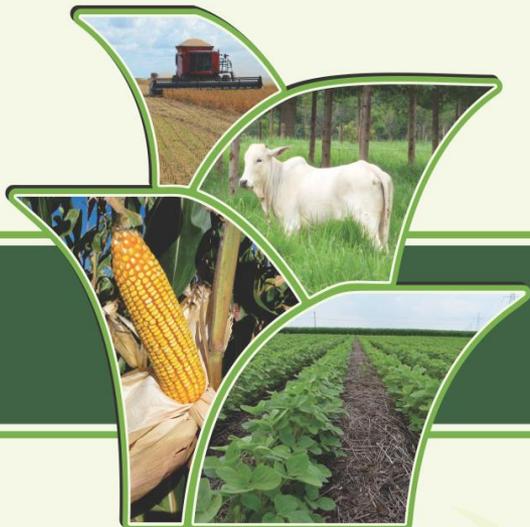
Rendimento do sistema:

- kg grãos/kg nutriente aplicado
- kg grãos/mm chuva
- kg carbono/kg nutriente aplicado
- kg carbono/mm chuva
- kg palhada/mm chuva

Rentabilidade do sistema:

- ~~sc/ha~~
- ~~R\$ cotação/sc~~
- R\$ custo/sc produzida





VII Simpósio Regional • IPNI Brasil

BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES

Araguaína - TO • 19 e 20/AGOSTO/2014

Obrigado!

Álvaro Resende

alvaro.resende@embrapa.br

