



VII Simpósio Regional • IPNI Brasil

## BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES

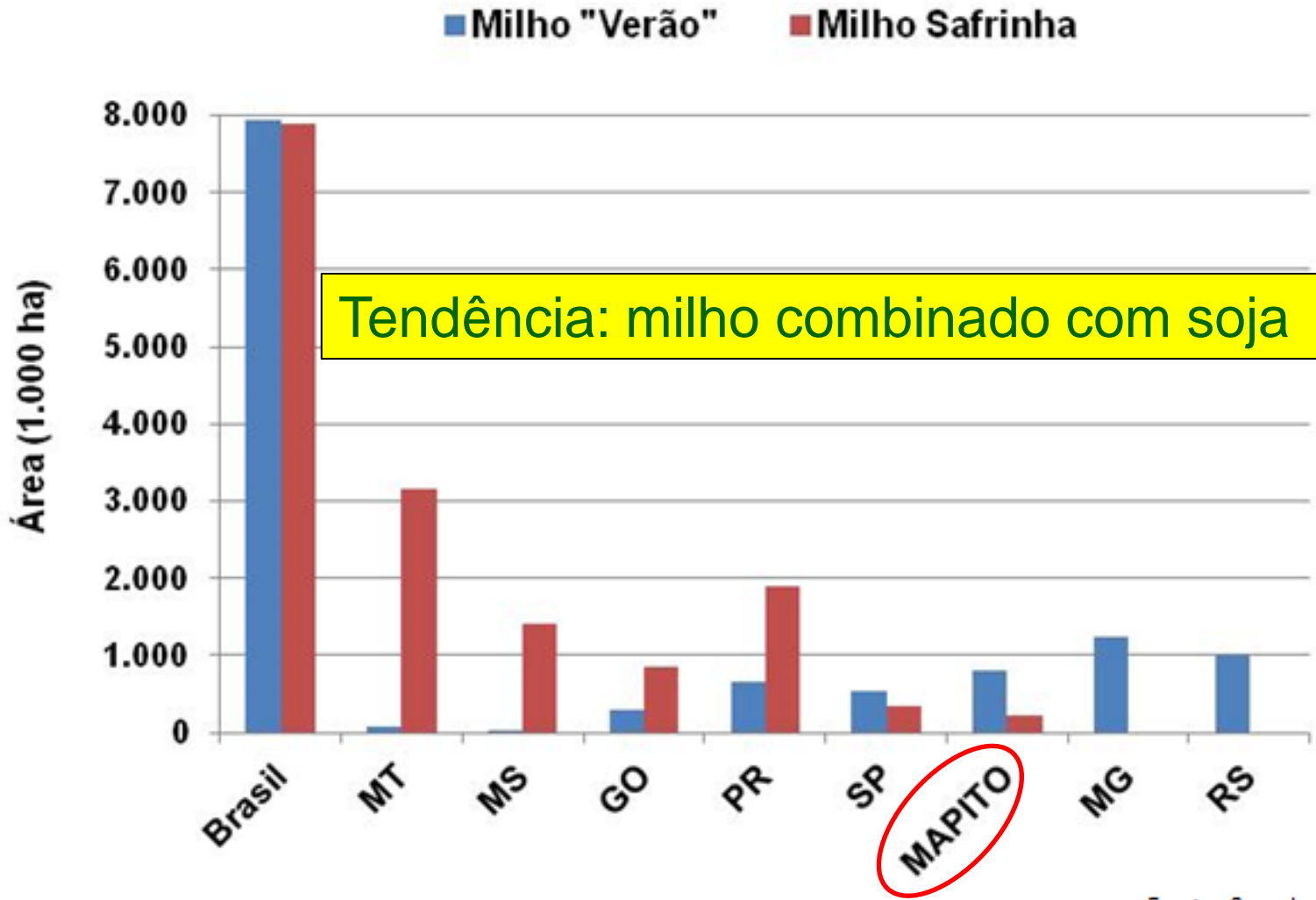
Araguaína - TO • 19 e 20/AGOSTO/2014

# BPUFs para a cultura do milho

*Álvaro Resende*  
*Embrapa Milho e Sorgo*

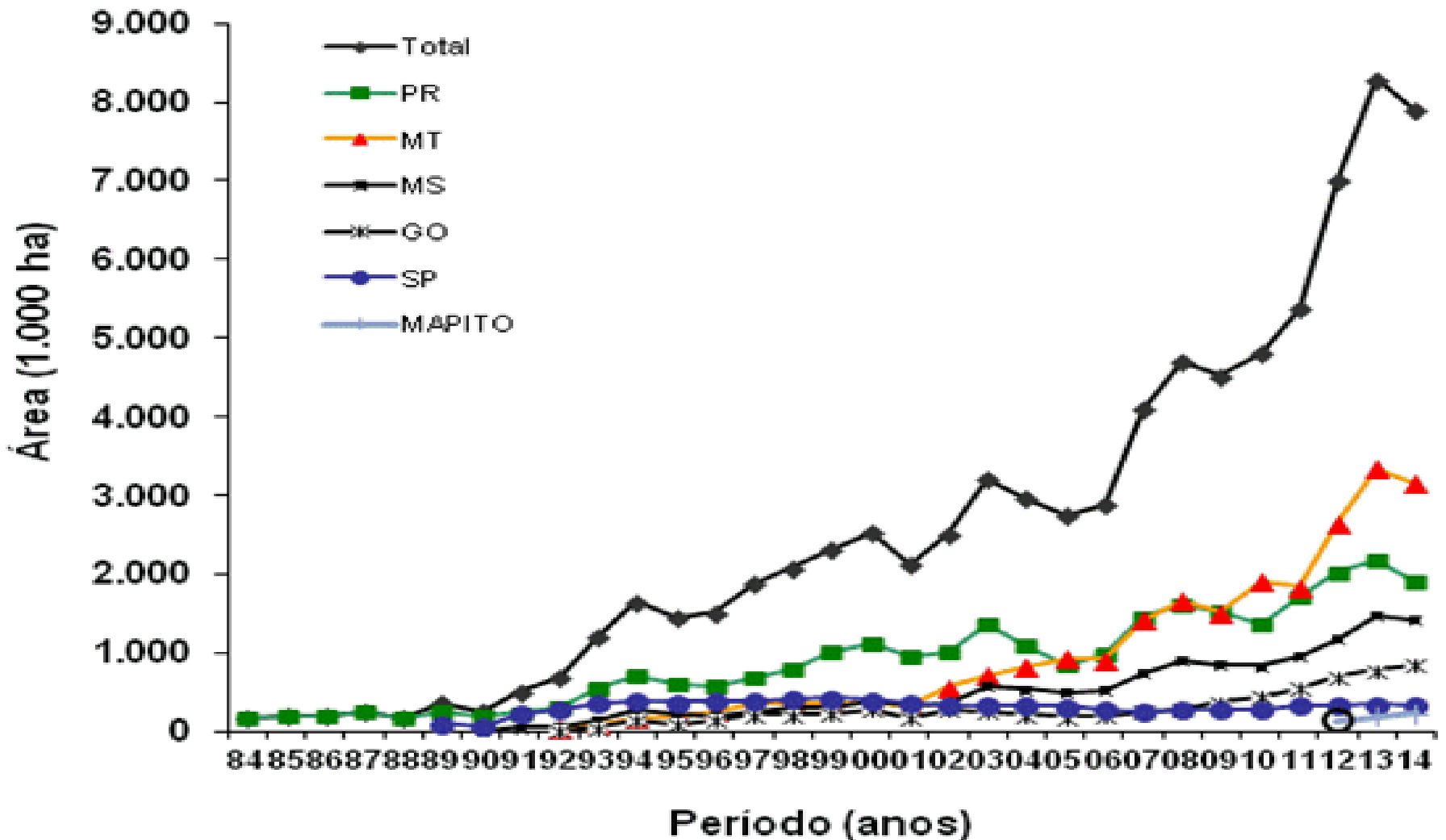
- **Potencial produtivo do milho**
- **Importância de um perfil corrigido**
- **Manutenção com macronutrientes**
- **Micronutrientes**
- **Experiência com novos produtos**
- **Considerações finais**

## ÁREA DE MILHO POR ESTADO - 2013/14

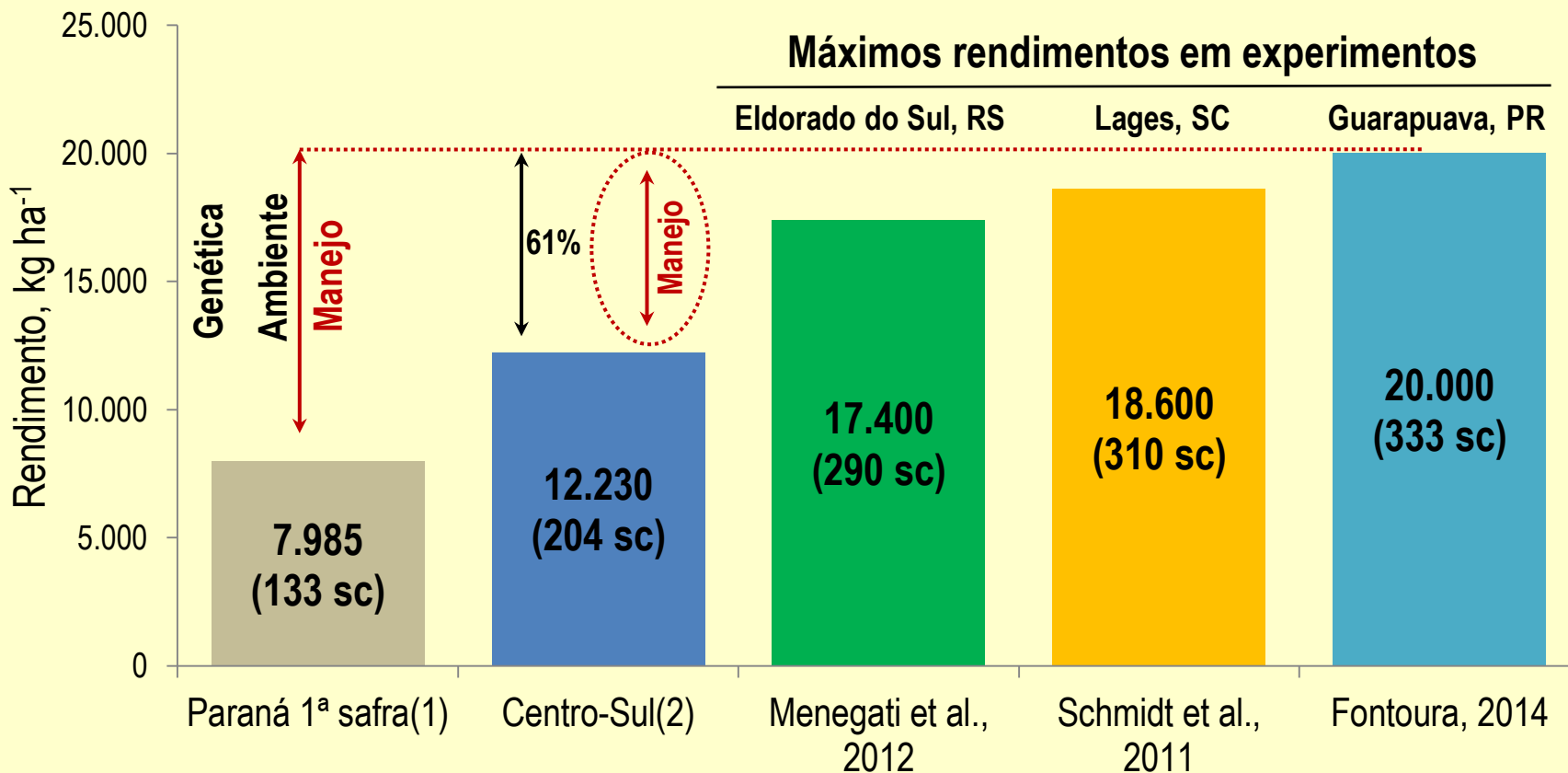


Fonte: Conab

## EVOLUÇÃO DA ÁREA DE MILHO SAFRINHA



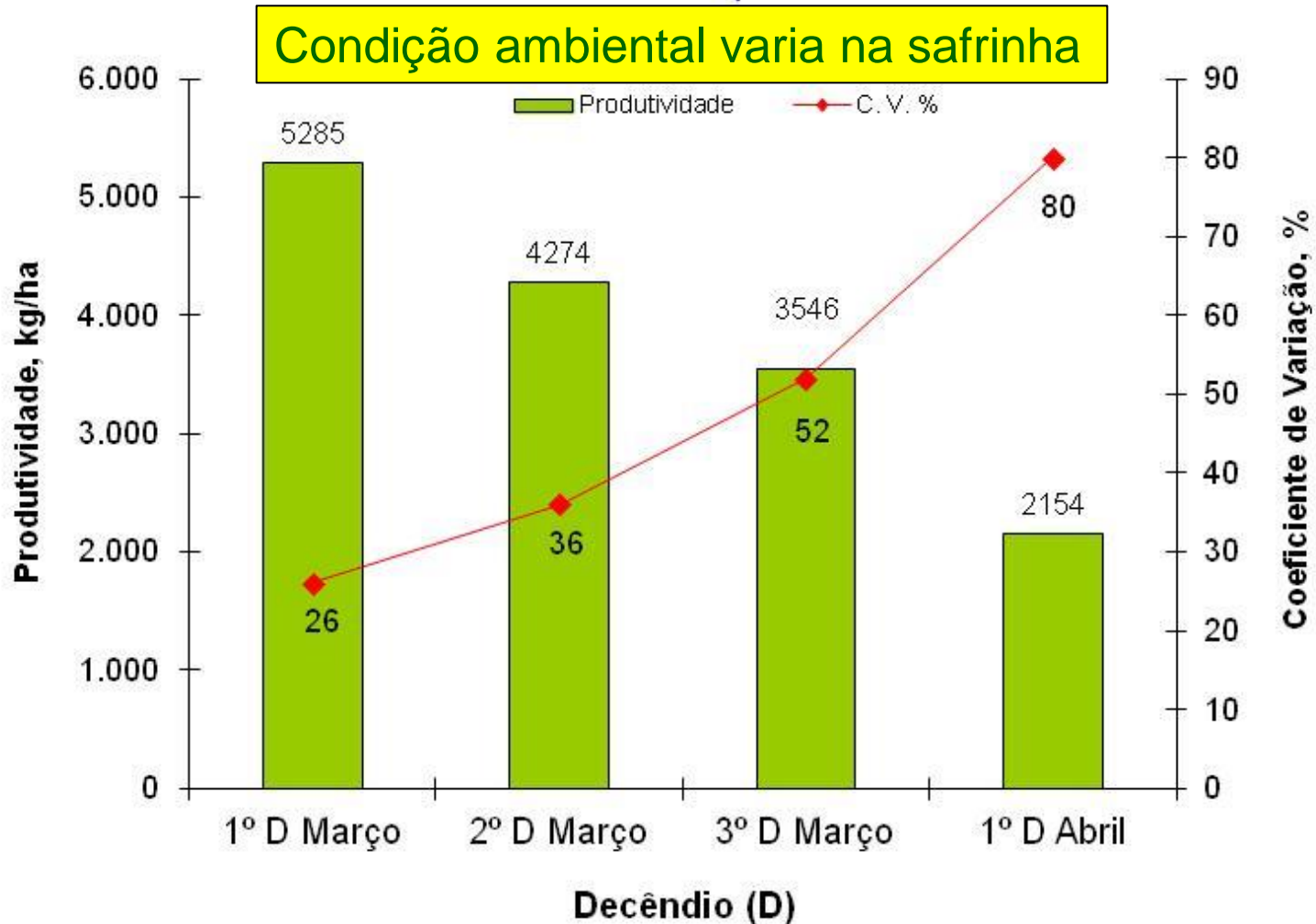
## Lacunas de rendimento – milho verão



Fonte: <sup>(1)</sup>Conab, 2014; <sup>(2)</sup>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**



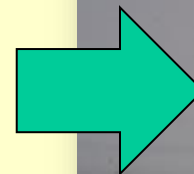


**Adubação é apenas um componente da produtividade**





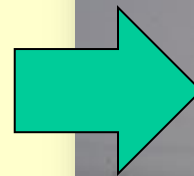
**Potencial de aprofundamento radicular do milho em solo sem restrições físicas e químicas, aos 10 DAS (estádio V1).**



## 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**

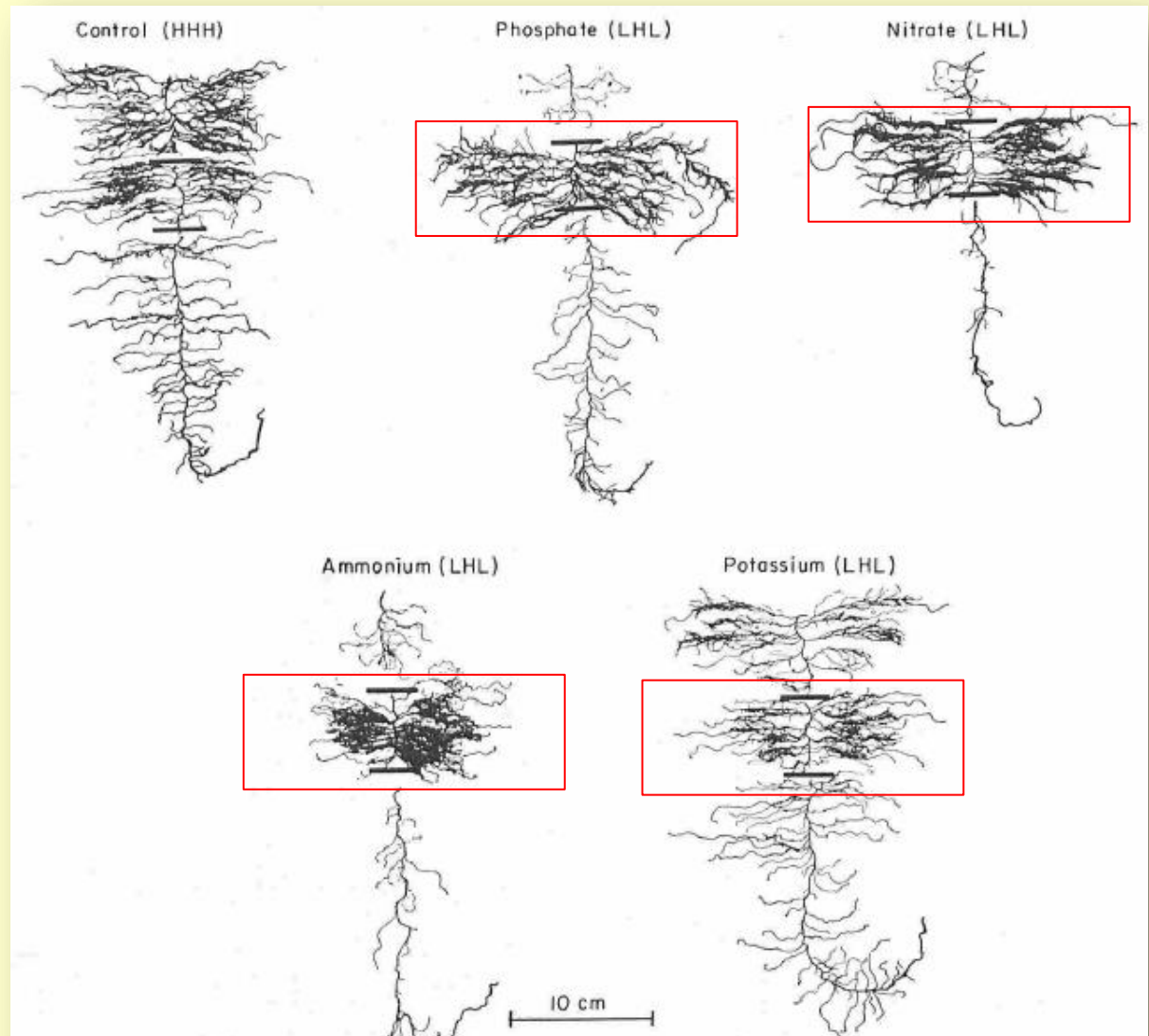
## Produtividade de milho submetido a estresses na fase inicial de estabelecimento da cultura

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

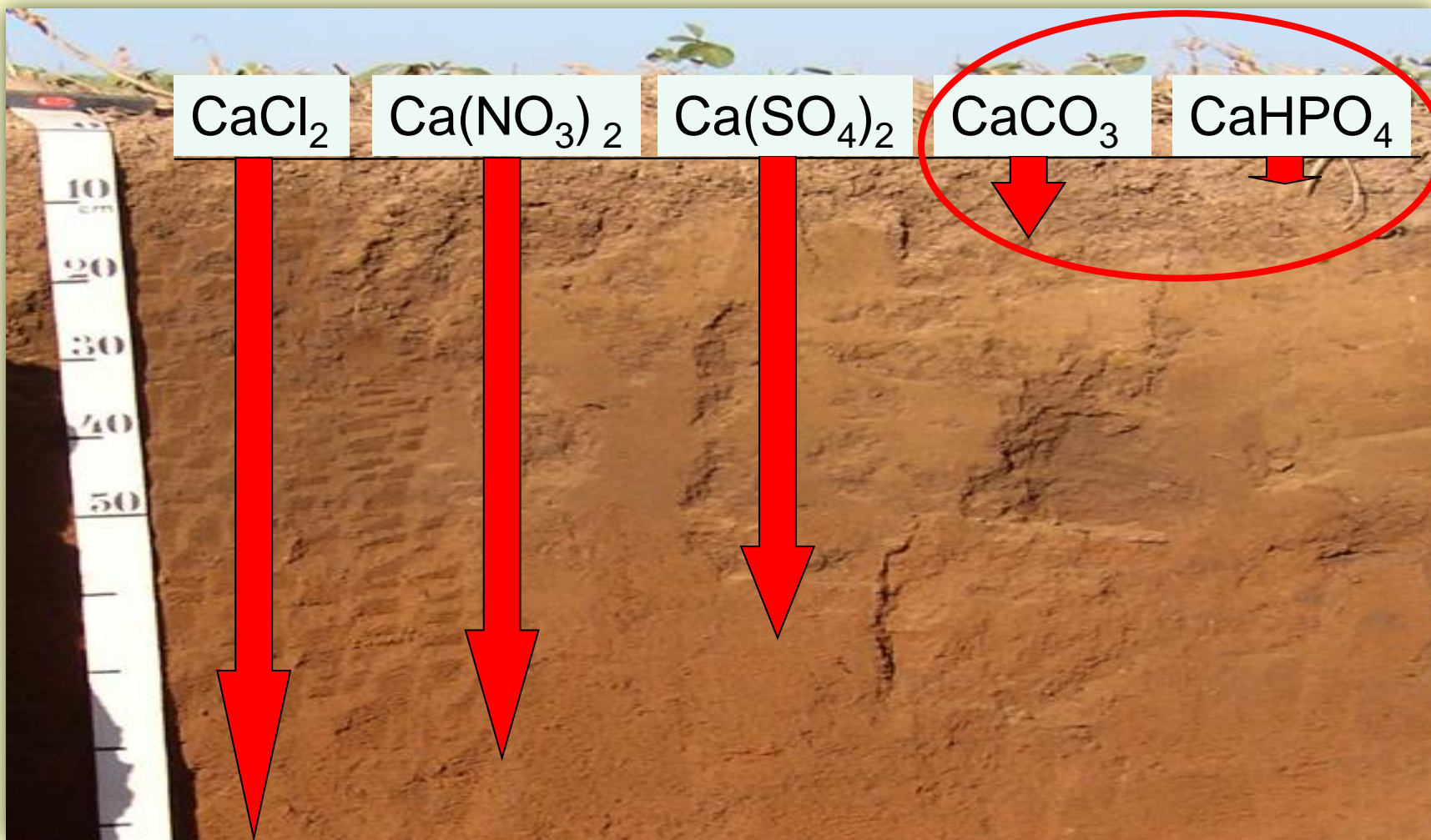
## Raízes proliferam em condições de maior disponibilidade de nutrientes

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

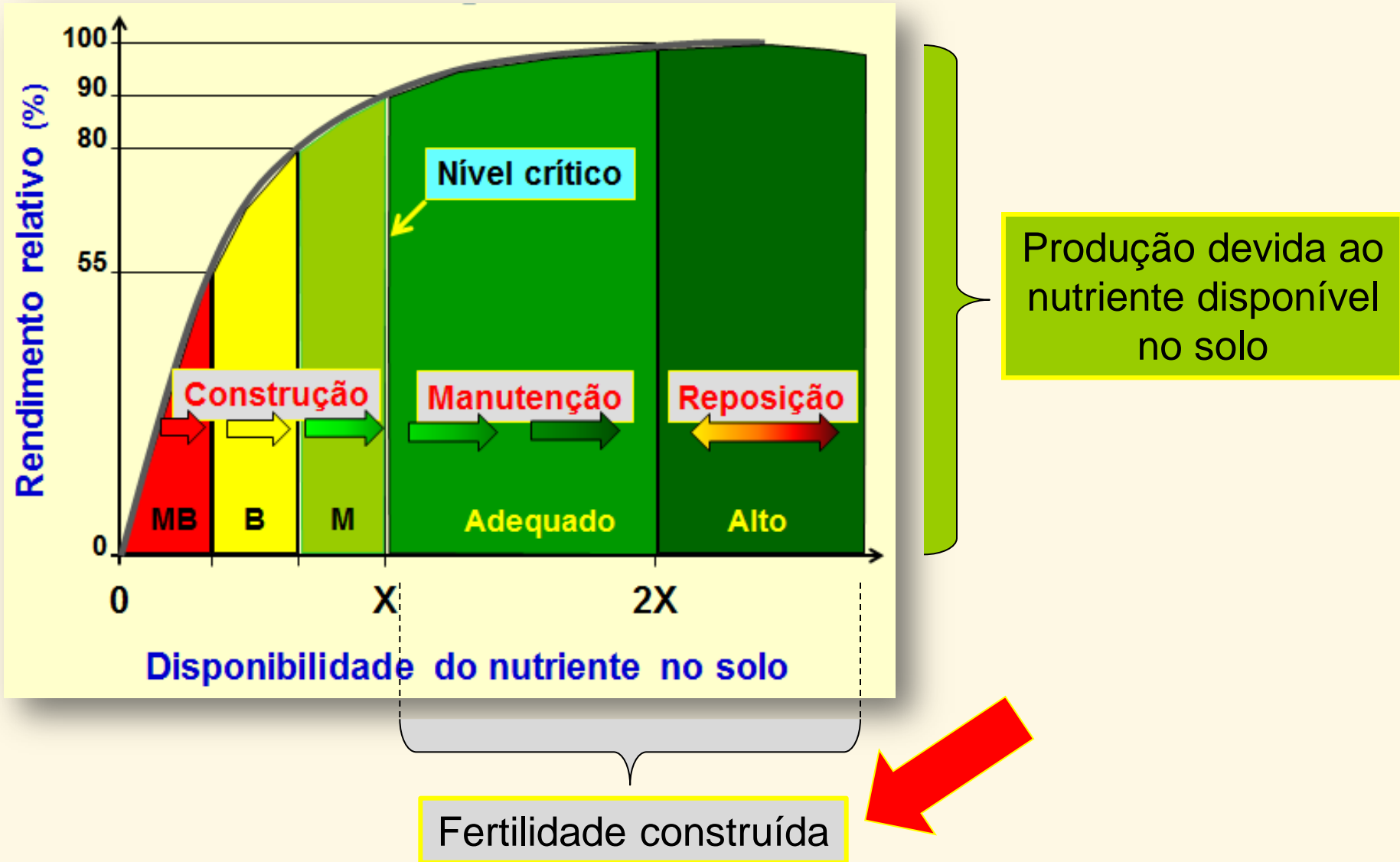




## Movimento de nutrientes no perfil conforme o par iônico



## Sistemas de maior intensidade requerem fertilidade construída



# Importância de um perfil corrigido

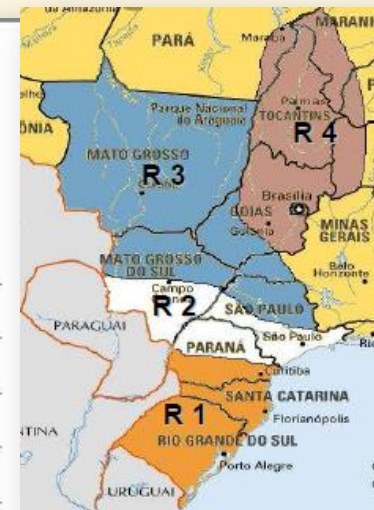
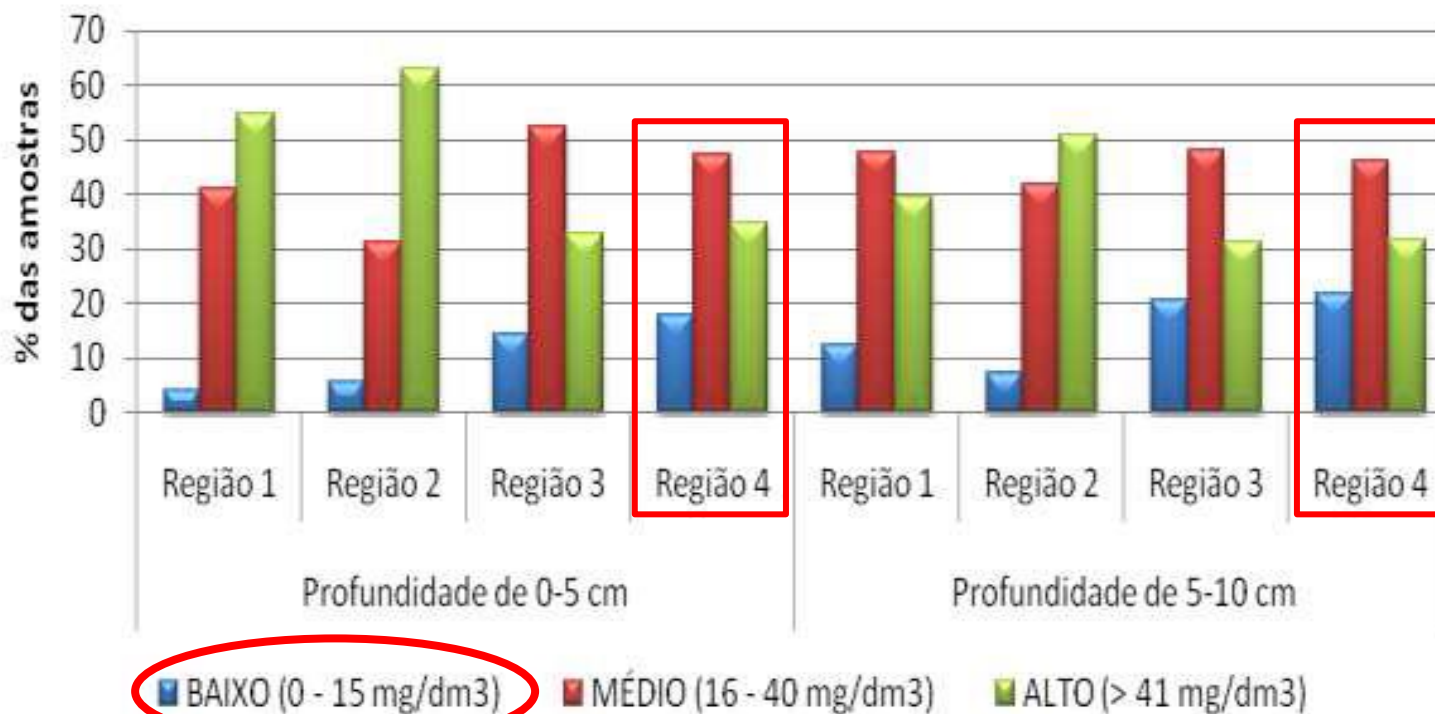


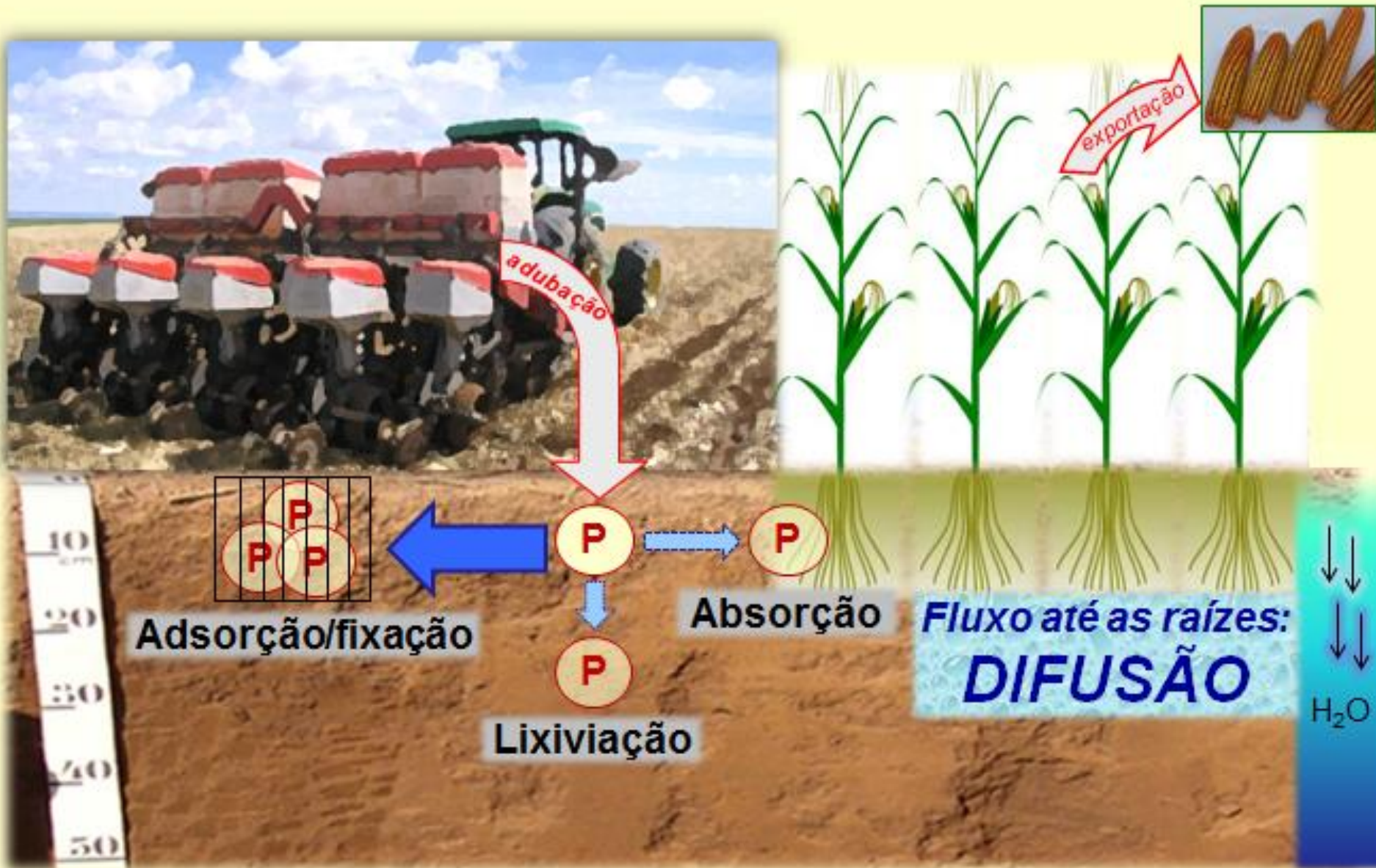


## Estado de fertilidade nos ambientes de produção

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 <sup>3</sup> .....		(kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) / (mg/dm <sup>3</sup> 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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel para elevar o teor de P no solo em 1 mg/dm<sup>3</sup> (0-20 cm)

### Construção da fertilidade:

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



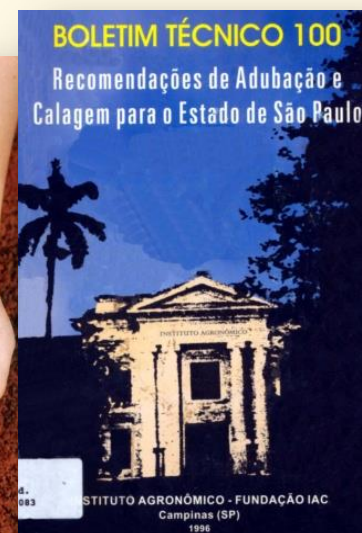
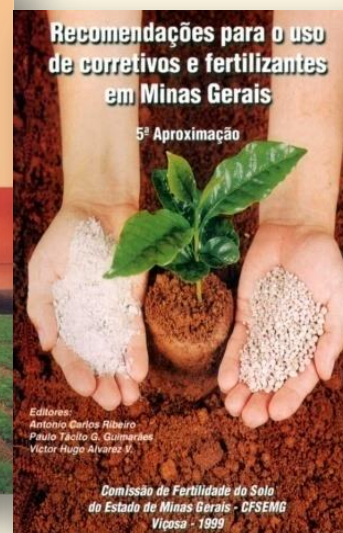
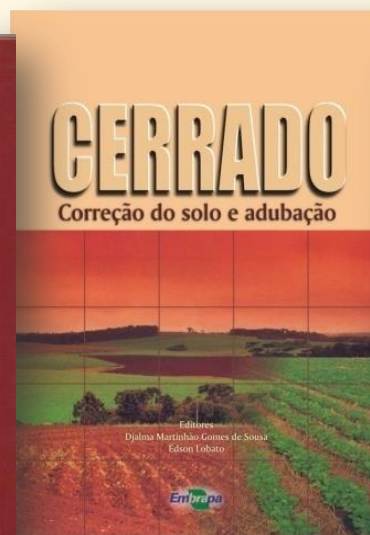
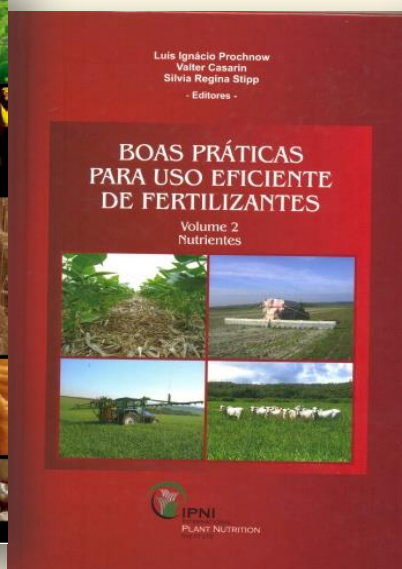


## Valores de referência para atributos do solo visando ambientes de alto potencial produtivo no Cerrado (0-20 cm)

Teor de argila	Atributos associados à fertilidade do solo										
	Mat. orgânica	P <sub>Mehlich</sub>	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	V
g/kg <sup>1</sup>	g/kg <sup>1</sup>	..... mg/dm <sup>3</sup> .....	..... cmol/dm <sup>3</sup> .....	..... mg/dm <sup>3</sup> .....			..... mg/dm <sup>3</sup> .....				%
≤ 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

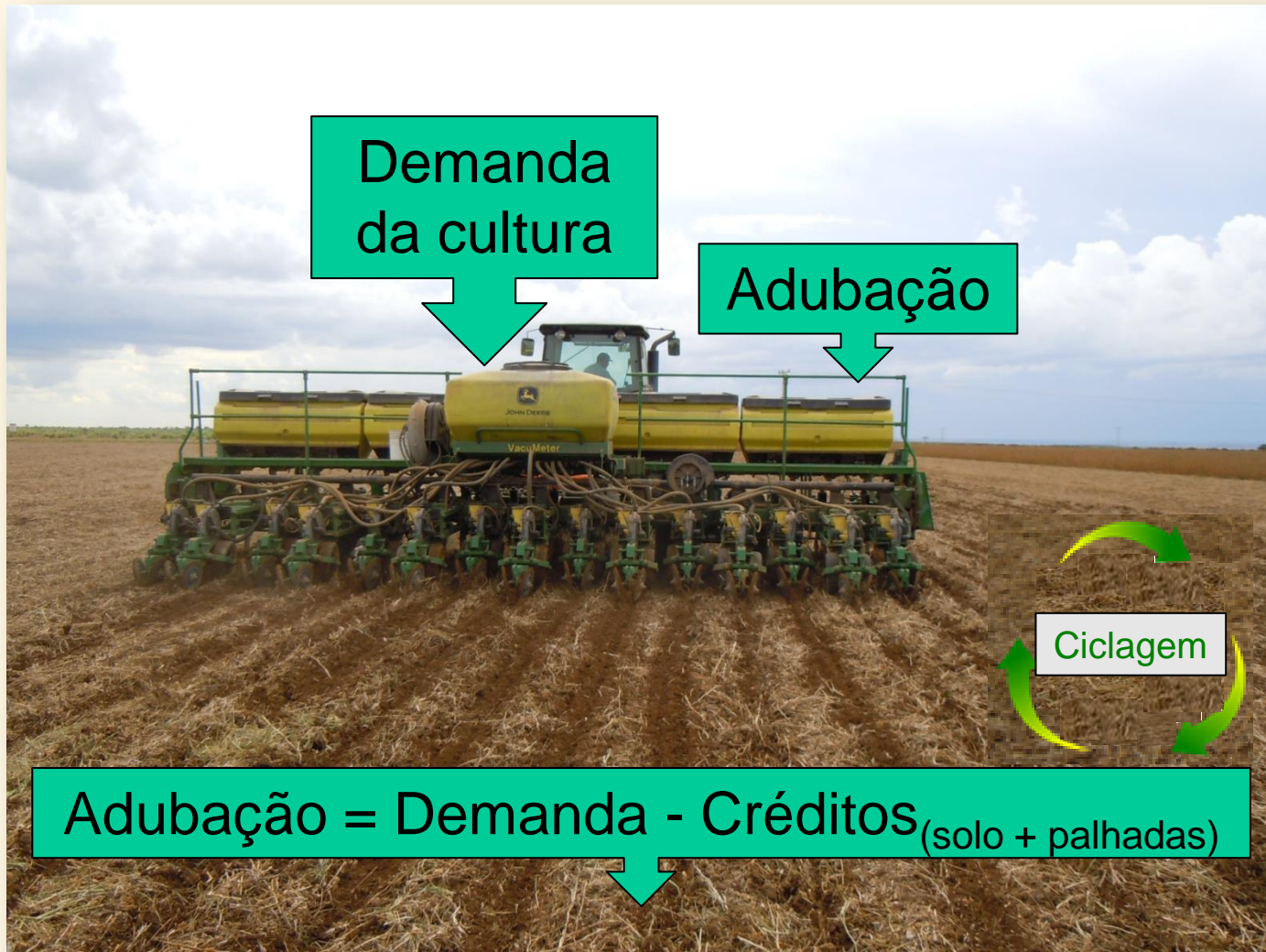
Cada ambiente de produção responde de forma diferenciada



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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> 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)

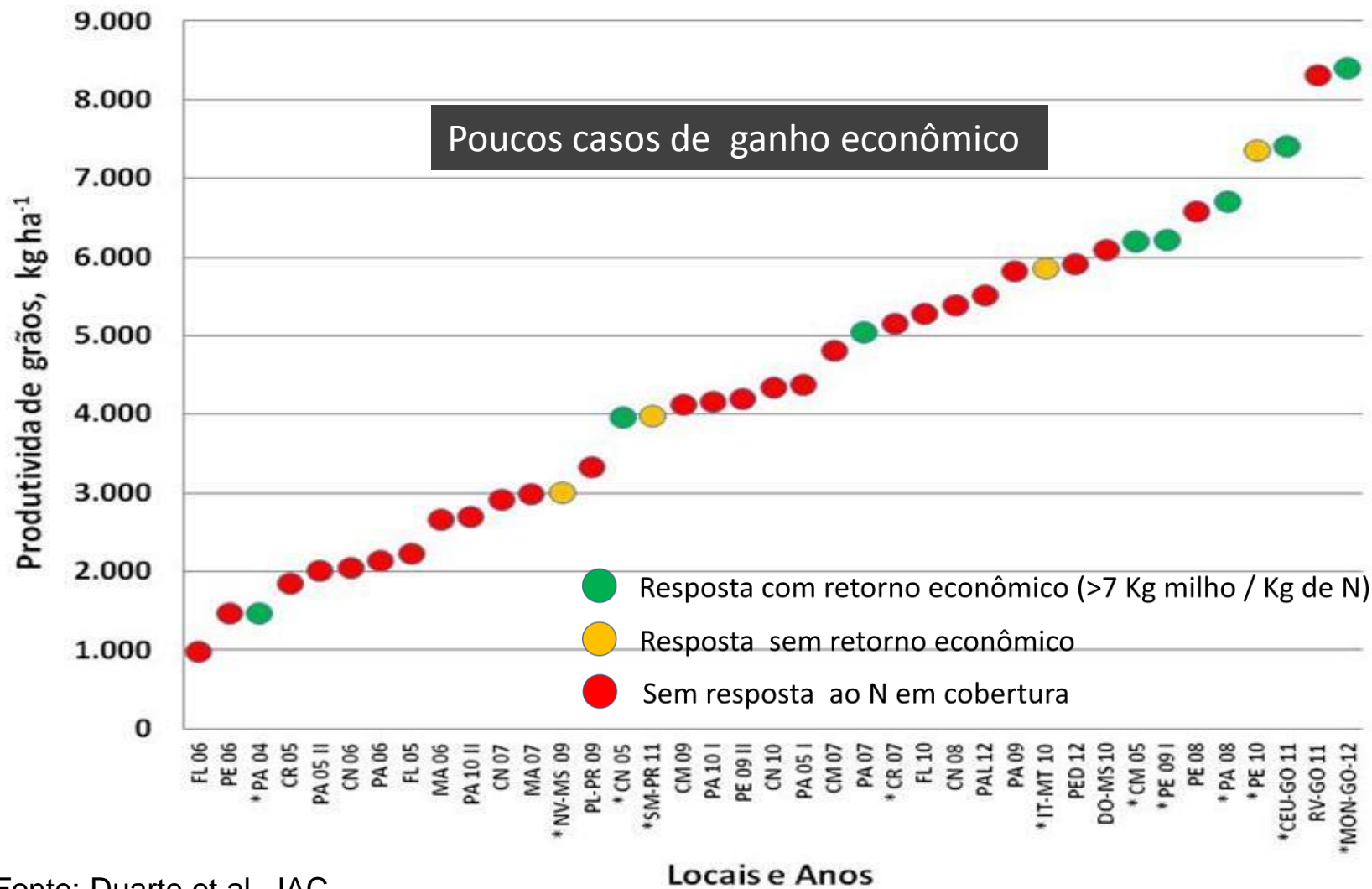
Sistema de cultivo	Exportação		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	..... kg/ha .....		
 <p>2<sup>a</sup> safra (8 t/ha grãos)</p>	116	27	10
 <p>Safra verão (14 t/ha grãos)</p>	204	46	17
 <p>Silagem (30,5 t/ha massa seca total, 14 t/ha grãos)</p>	318	62	261

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

Produtividade esperada	Plantio			Cobertura	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	K <sub>2</sub> 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

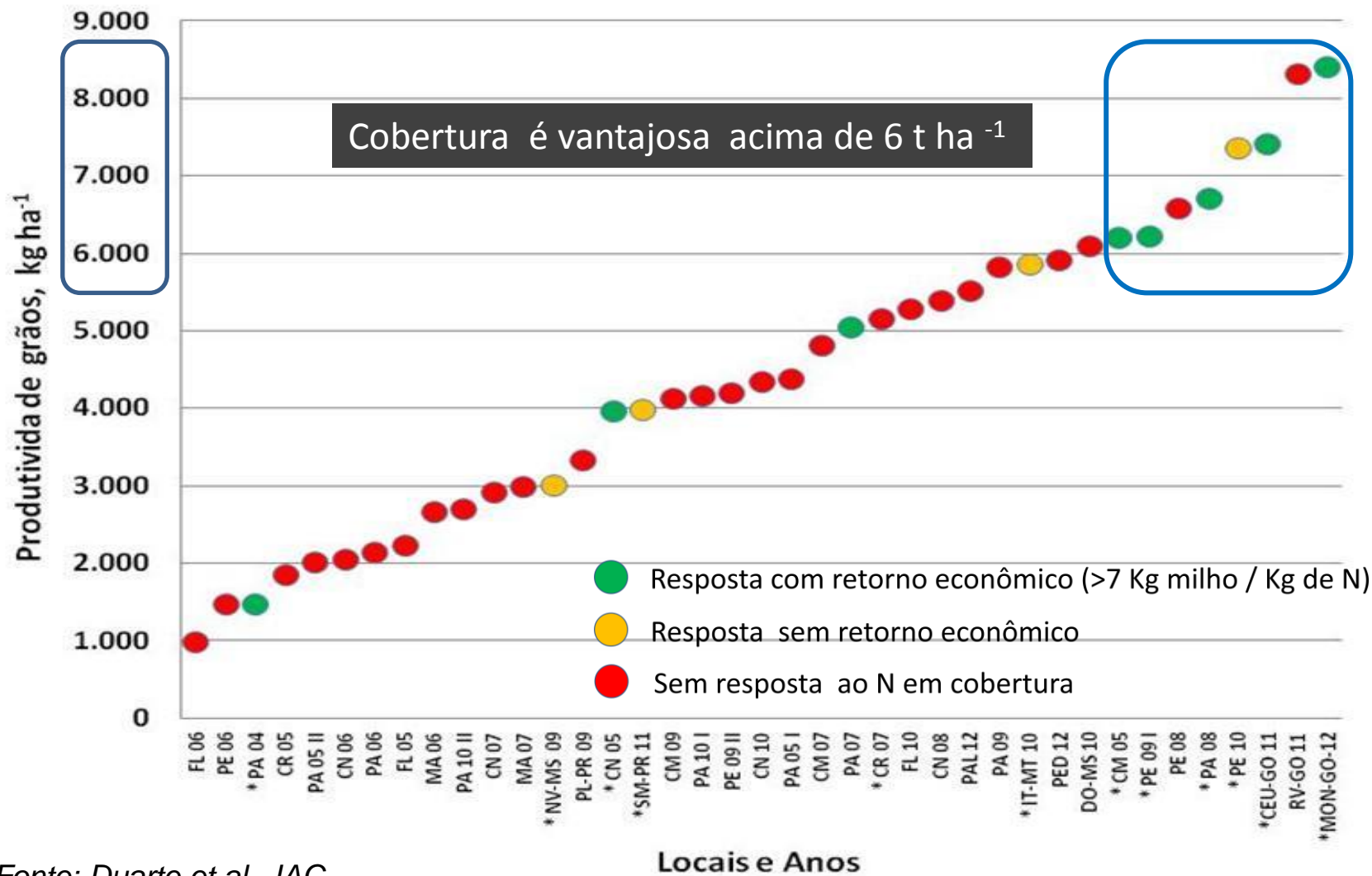


Fonte: Duarte et al., IAC



## 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

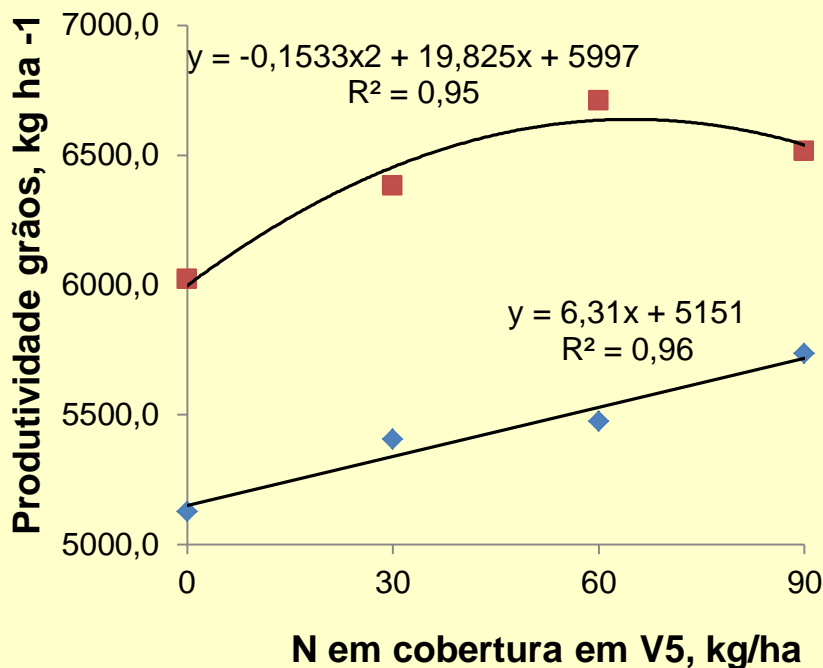
Cortesia Dr Aildson Duarte – IAC / APTA

## A eficiência da adubação com N é maior na semeadura

Milho Safrinha 2B587 Hx

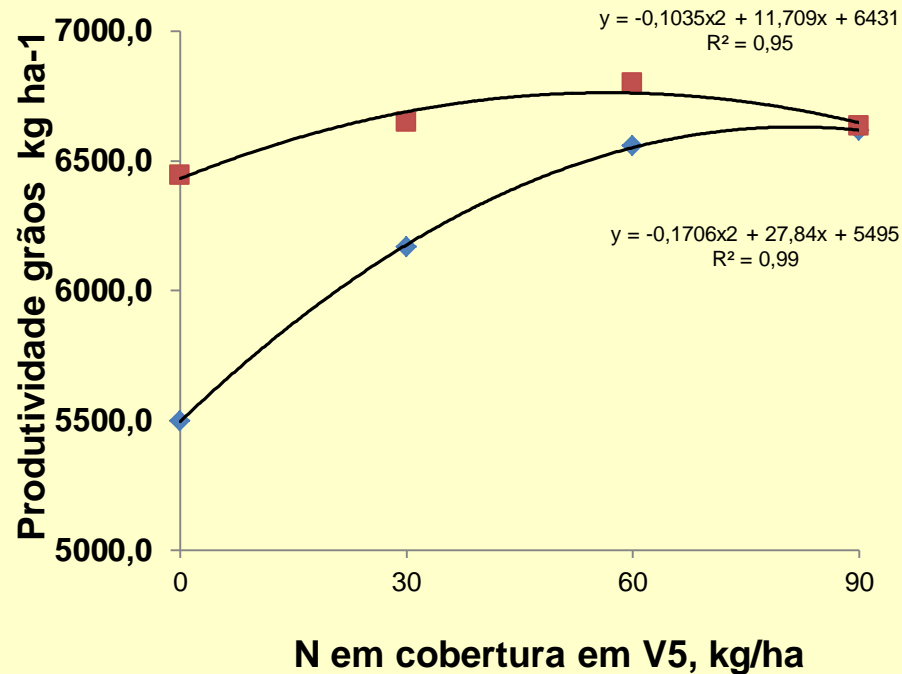
**Pedrinhas (SP) 2013**

◆ 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				
<b>Gramíneas</b>				
<40	100	150	220	300
41-60	60	110	180	260
>60	≤40	70	140	220
<b>Consórcio Gramínea-Leguminosa ou Nabo Forrageiro</b>				
<40	60	110	180	260
41-60	≤40	60	130	210
>60	≤40	≤40	90	180
<b>Leguminosas</b>				
<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<sup>-1</sup> na semeadura e o restante em cobertura.**

Fonte: Fontoura & Bayer, 2009.



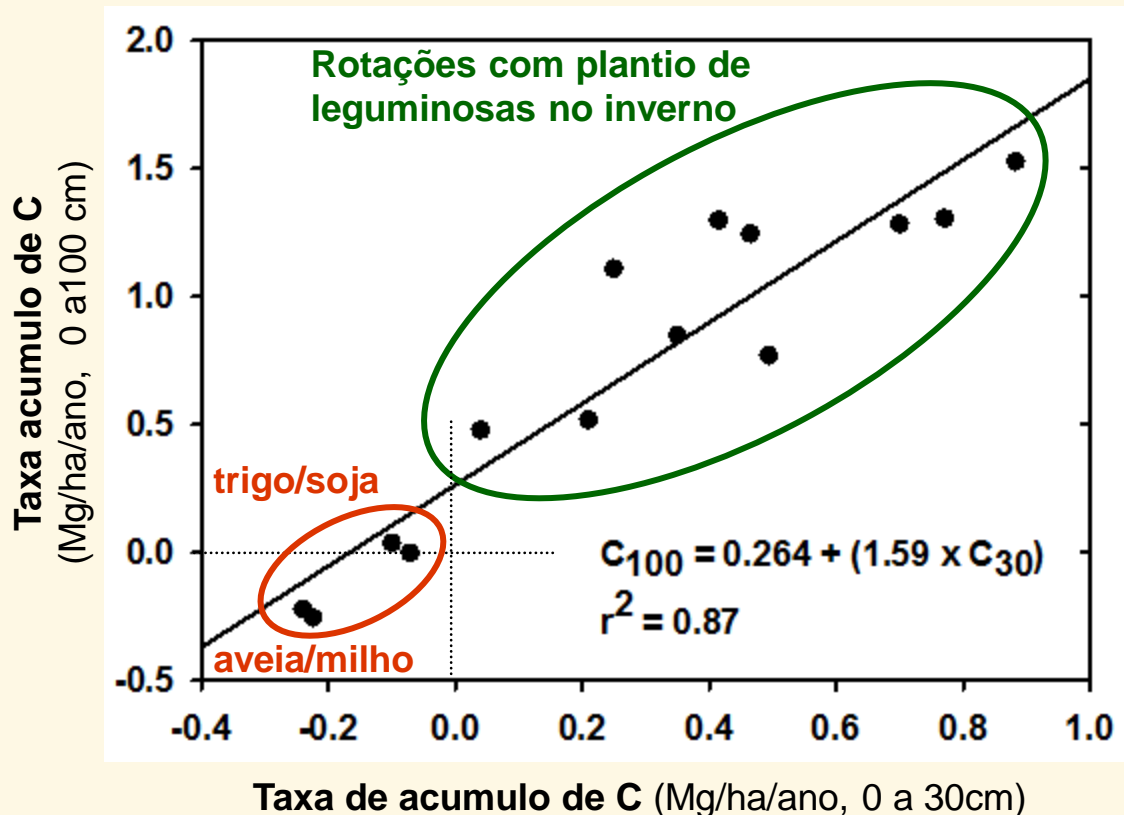
## Está faltando N nos sistemas de produção?

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
<b>Total</b>	<b>51,7</b>	<b>181,0</b>	<b>6.420</b>	<b>901</b>	<b>4.993</b>	<b>5.893</b>	<b>- 527</b>

## 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 <sup>-1</sup>	PFP plantas ha <sup>-1</sup>	AFP cm	PROD kg ha <sup>-1</sup>
<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 <sup>NS</sup>	3,56 <sup>**</sup>	1,21 <sup>NS</sup>
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

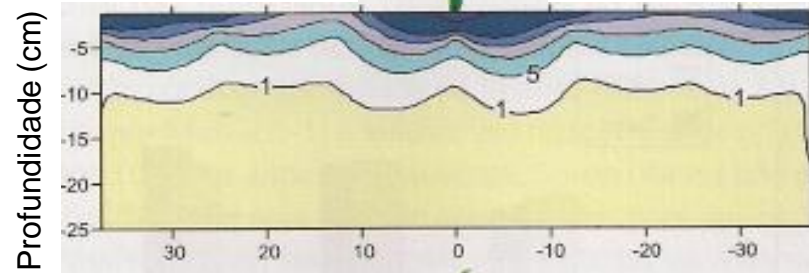
- \* Ausência de resposta em experimentos com adubação nitrogenada na soja
- \* Resposta da soja ao N aplicado no milho da safrinha anterior



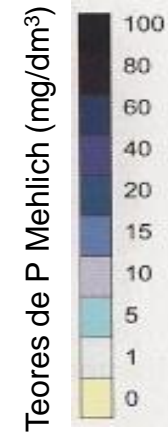
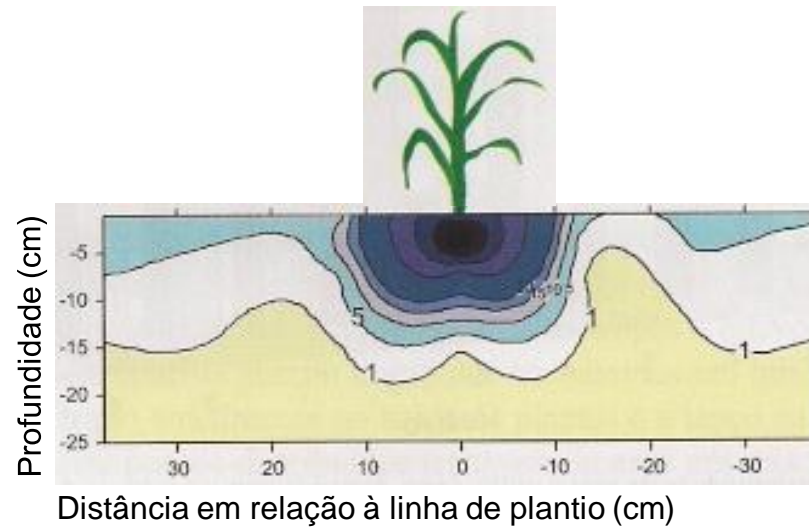
## Distribuição de P no perfil conforme o modo de aplicação

**Latossolo argiloso  
cerrado (8 anos)**

**Lanço**



**Sulco**





## 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



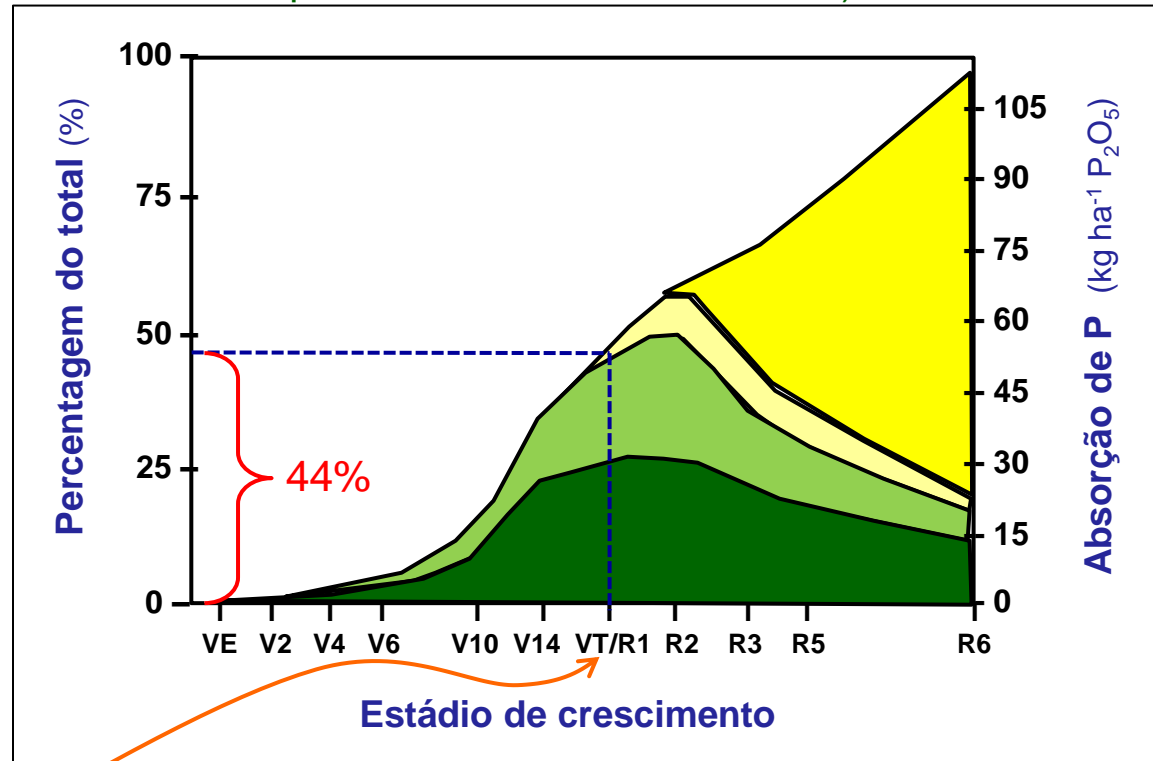
Avanço de um estágio em 28 DAS





## 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



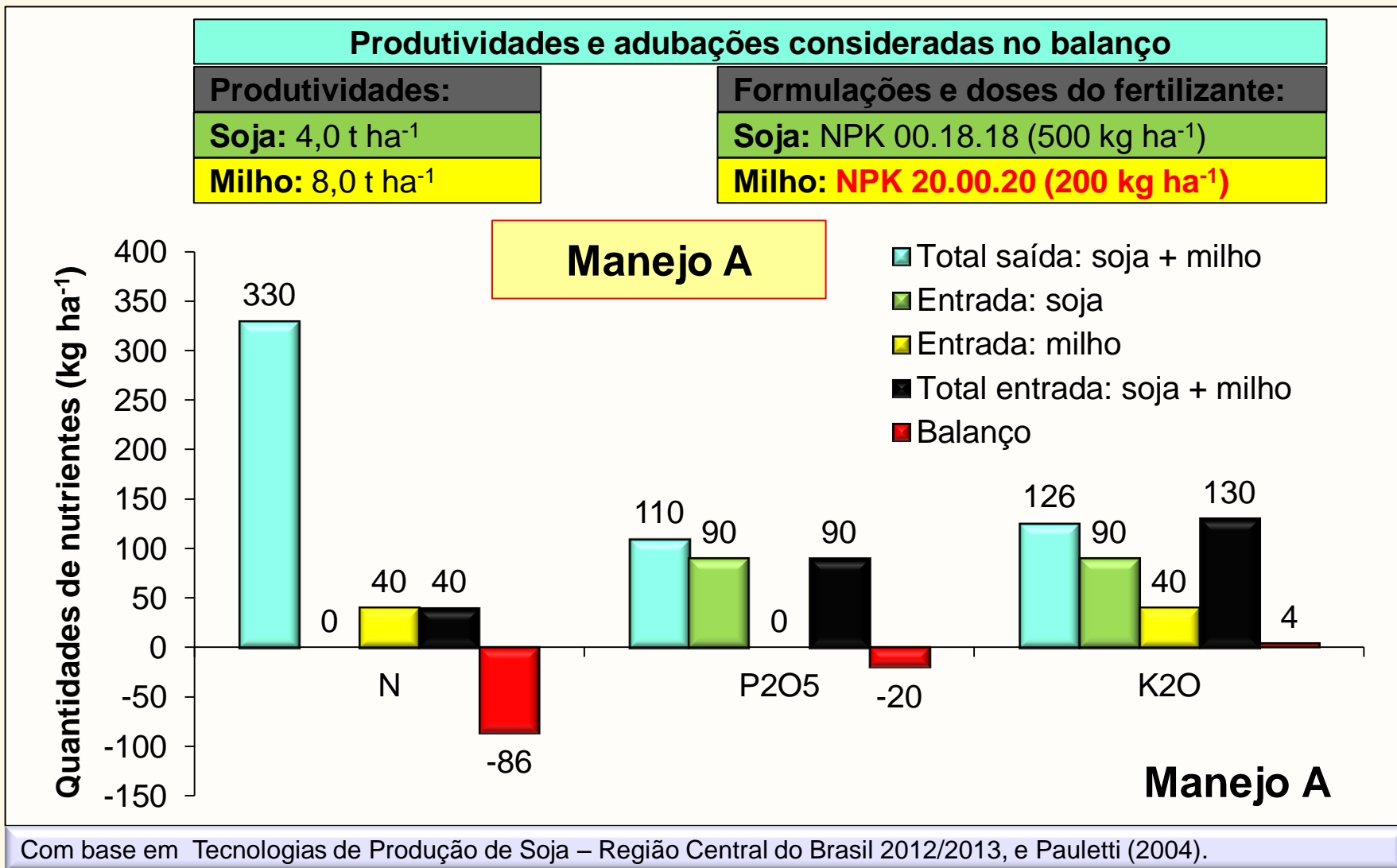
50 dias  
→



=

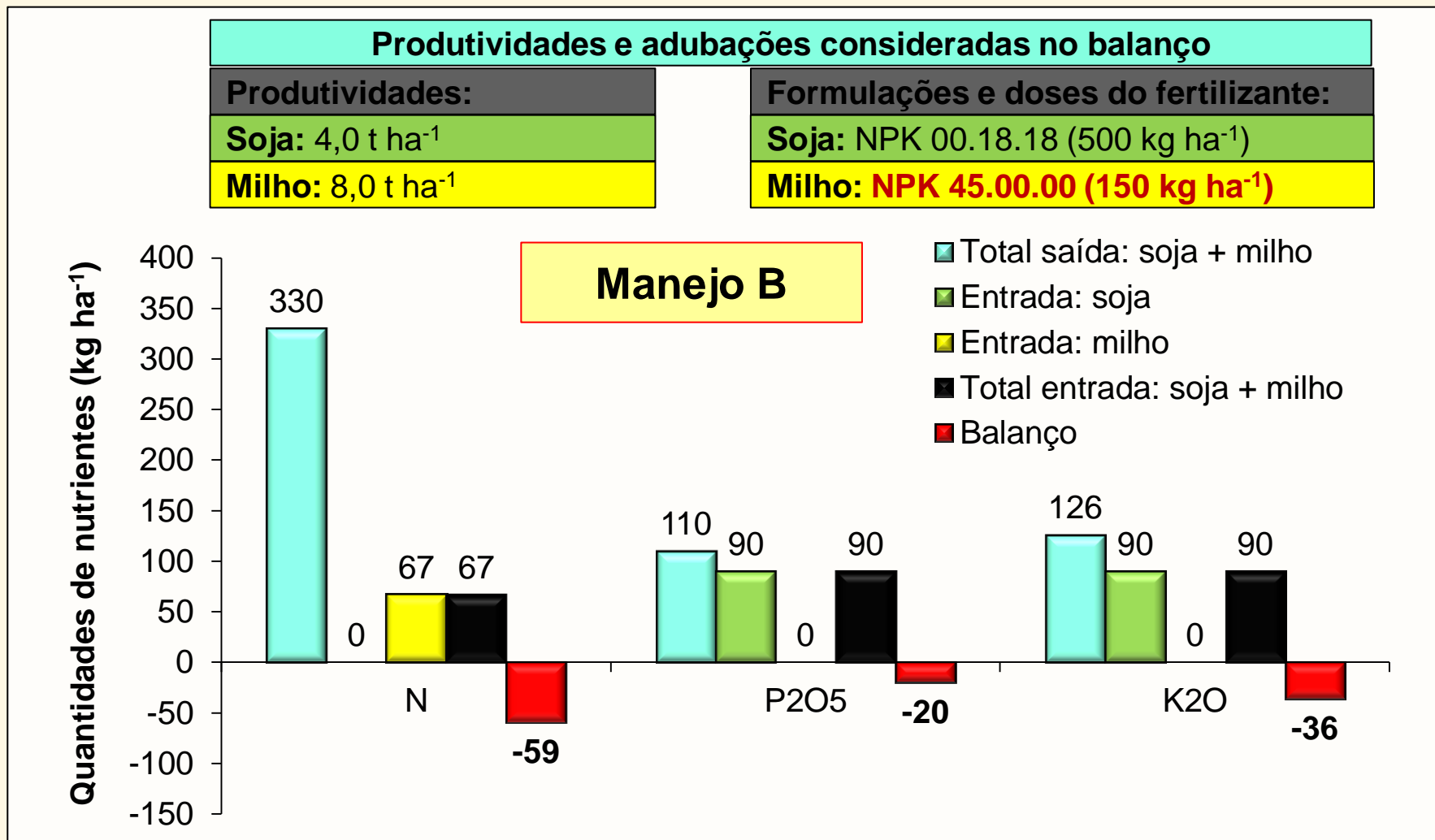
**29%**  
da absorção total

## 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 <sup>(1)</sup>	20 <sup>(1)</sup>	3,2	2,8	3,0
Restos Culturais	17	1,5	14	12,8	7,2	1,5
<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>7,3</b>	<b>34</b>	<b>16,0</b>	<b>10,0</b>	<b>4,5</b>
% exportada	80	80	58	20	28	66

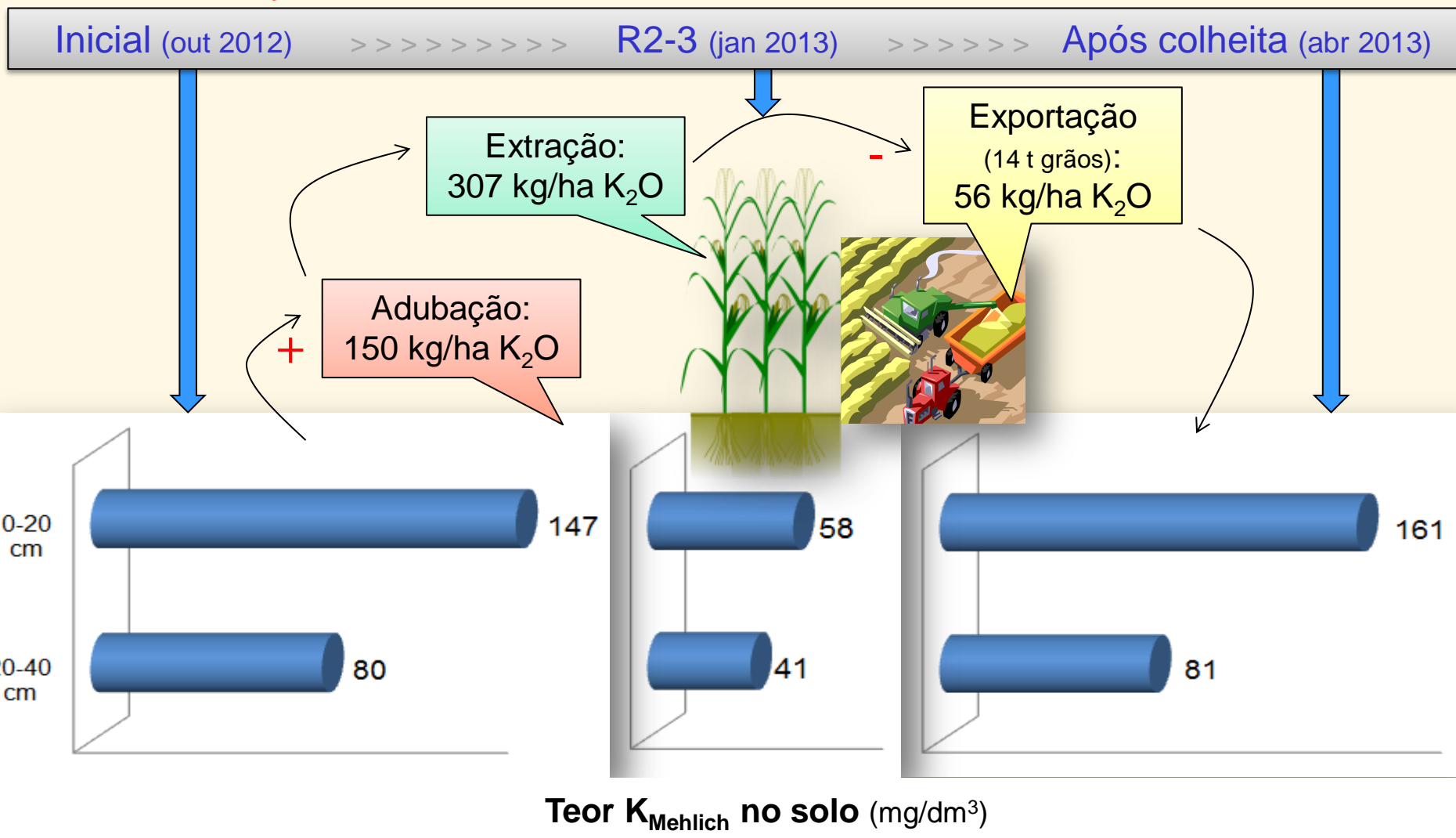
<sup>(1)</sup> os valores correspondem à 13 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 25 kg/ha de K<sub>2</sub>O exportados em cada tonelada de grãos produzida

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 <sub>2</sub> 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 <sup>3</sup>	kg/ha	mg/dm <sup>3</sup>	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha	mg/dm <sup>3</sup>	plantas ha <sup>-1</sup>
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

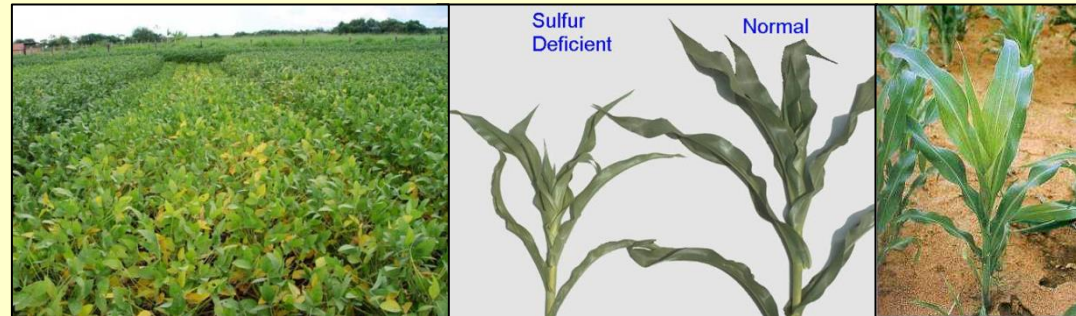


Fotos:

[http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont\\_int&id=1095](http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=1095)

[http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes\\_enxofre.aspx](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<sup>-3</sup> na média até 40 cm (extrator fosfato de cálcio).**
- **O milho requer de 3 a 3,5 kg ha<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> de S para cada tonelada de grãos, sendo 35% exportação na colheita (Embrapa, 2011).**
- **Recomendação genérica: 40 kg ha<sup>-1</sup> 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  $< 4 \text{ mg dm}^{-3}$ .**

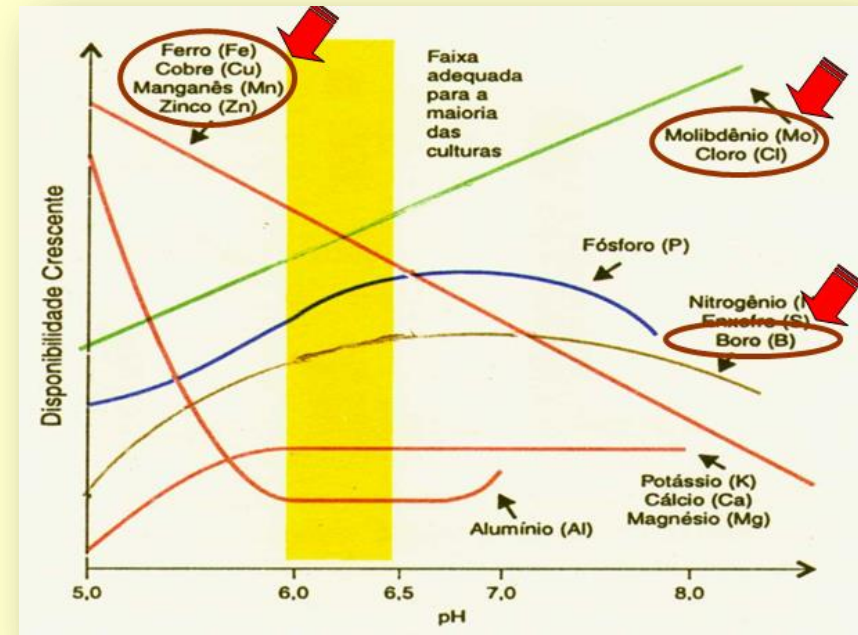
$$\text{Dose (kg/ha de S)} = 40 - (\text{teor médio de S no solo} \times 4)$$

## 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



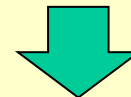
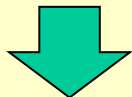
c) Alta M.O. = deficiência de Cu

## 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 ( $B_{\text{água quente}}$ )  $< 0,5 \text{ mg/dm}^3$
- ✓ 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 <sup>-1</sup> )	Descrição Milho (2010/11)	Zn aplicado (kg ha <sup>-1</sup> )	Descrição Soja (2011/12)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	
					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 <sup>-1</sup> de Zn)	3,0	Adubação corretiva (AC), ZnSO <sub>4</sub> à lanço (3 kg ha <sup>-1</sup> )	10870 a	3643 a
T3	RAC + 1,2	AC + NPK 04-30-16 + 0,3% Zn (400 kg ha <sup>-1</sup> na semeadura)	3,0 + 1,65	AC + 412 kg ha <sup>-1</sup> NPK 02-20-20 + 0,4% Zn (412 kg ha <sup>-1</sup> na semeadura)	10745 a	3747 a
T4	1,2	NPK 04-30-16 + 0,3% Zn (400 kg ha <sup>-1</sup> ) na semeadura	1,65	NPK 02-20-20 + 0,4% Zn (412 kg ha <sup>-1</sup> ) 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 <sup>-1</sup> )	10944 a	4209 a
T10	0,0	Phytogard K® via foliar em V8 (2,0 L ha <sup>-1</sup> )	0,6	Phytogard Zn® via foliar em V4 e V8 (2,0 L ha <sup>-1</sup> )	11131 a	4029 a
T11	0,015	Biozyme TF® via foliar em V8 (0,5 L ha <sup>-1</sup> )	0,0	Phytogard K® via foliar em V4 e V8 (2,0 L ha <sup>-1</sup> )	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 <sup>-1</sup> )	11148 a	4207 a
T13	0	Stimulate® via tratamento de semente (0,5 L ha <sup>-1</sup> )	0,0	Água pura via foliar em V4 e V8	11152 a	4041 a
			0	Stimulate® via foliar em V4 (0,5 L ha <sup>-1</sup> )	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***

