

V Simpósio Regional • IPNI Brasil

## BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES

Rio Verde - GO • 28 e 29 de Maio de 2013

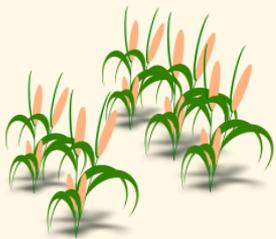
# Manejo de Nutrientes em Sistema de Produção de Grãos de Alta Intensidade

*Álvaro Resende*  
*Embrapa Milho e Sorgo*

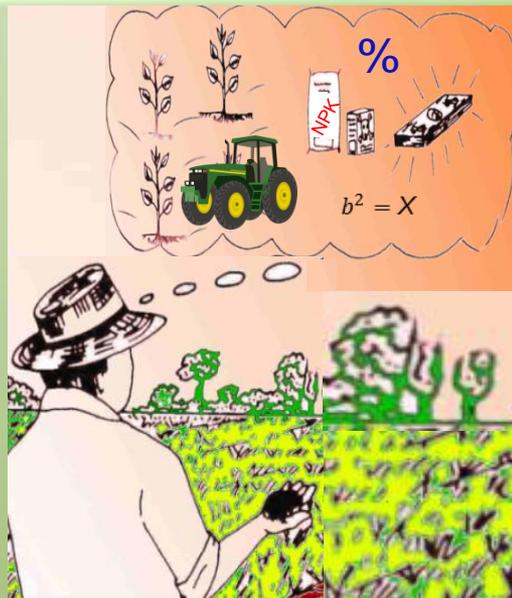
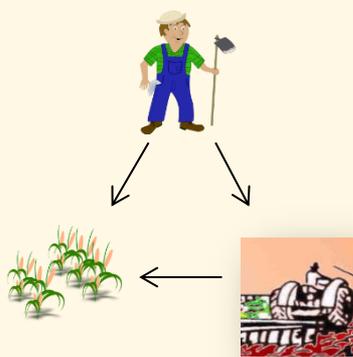
- ▶▶▶▶ Intensificação em sistemas de produção
- ▶▶▶▶ Fertilidade do solo em sistemas intensivos
- ▶▶▶▶ Informação para eficiência em sistemas intensivos
- ▶▶▶▶ Aprimoramentos no manejo NPK
- ▶▶▶▶ Exemplo de dimensionamento da adubação
- ▶▶▶▶ Síntese

## Sistemas intensivos:

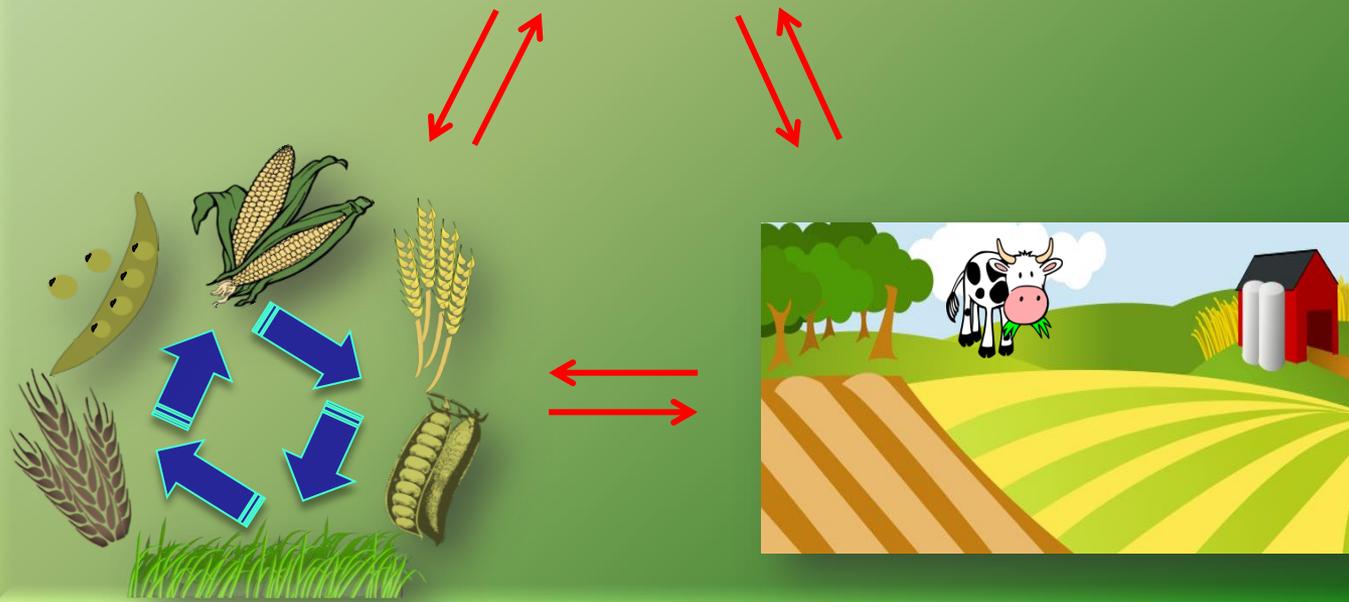
- ✓ Cultivos de alta produtividade (milho > 12 t/ha grãos)
- ✓ Cultivos de alta exportação (milho silagem)
- ✓ Duas safras por ano (soja + milho = 4 + 8 t/ha grãos)



# Intensificação em sistemas de produção



**Sistemas intensivos exigem maior nível gerencial, inclusive em relação ao manejo de nutrientes**



# Intensificação em sistemas de produção

Níveis crescentes de produtividade

+

Adubação sem critério

=

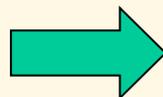
Mineração das reservas de nutrientes do sistema

+

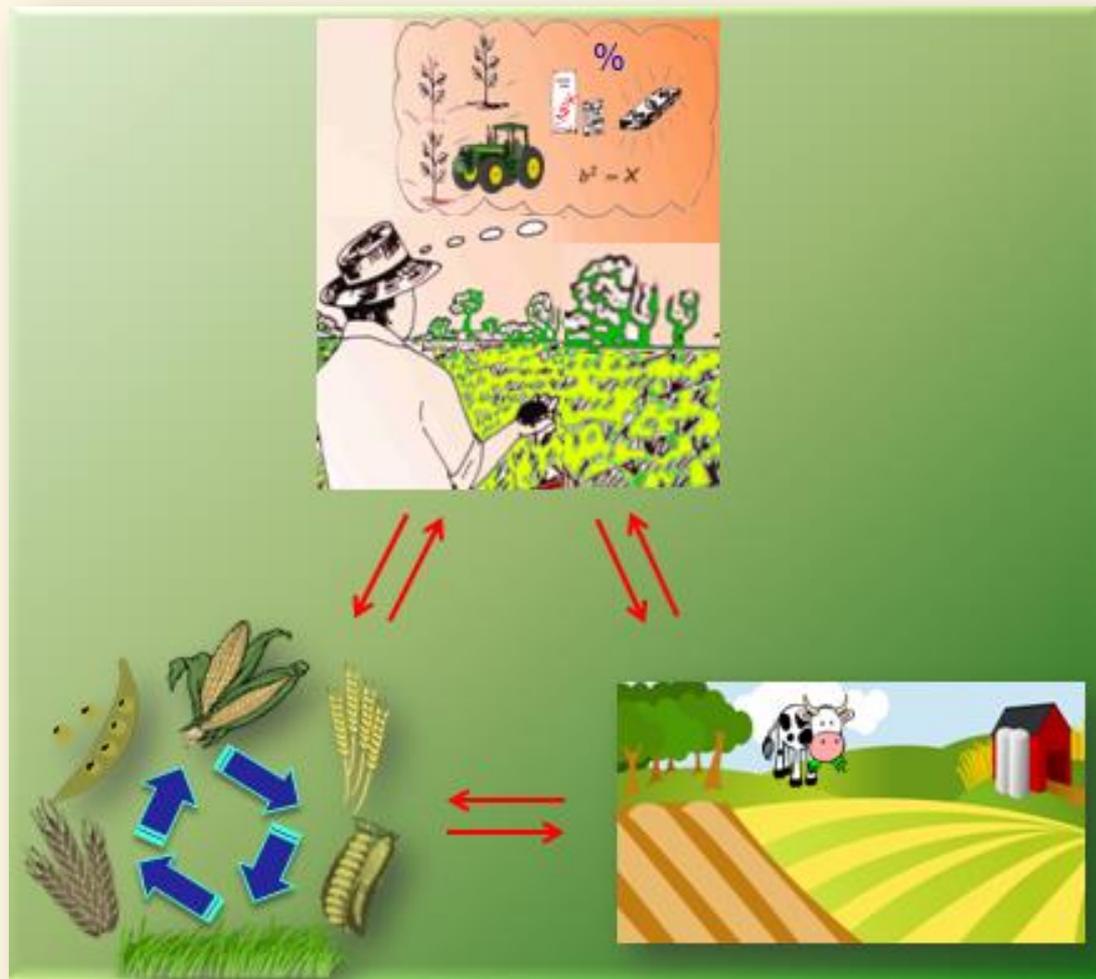
Desequilíbrios entre nutrientes

=

Limitação do potencial produtivo das lavouras



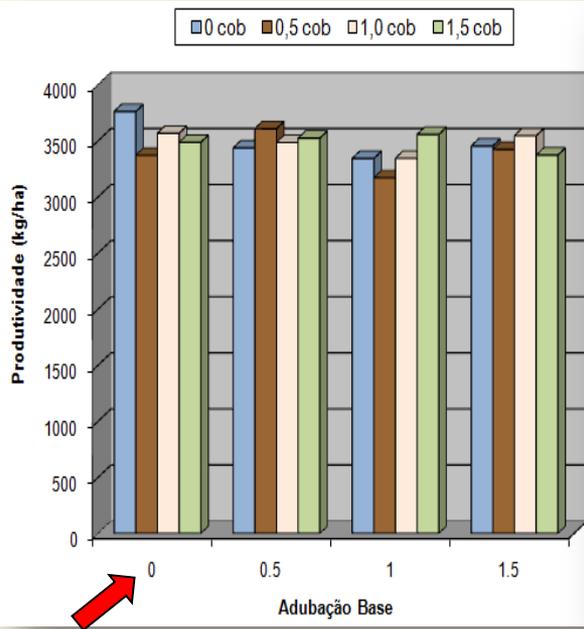
Doses módicas de N e K restringem produtividade no sistema soja/milho



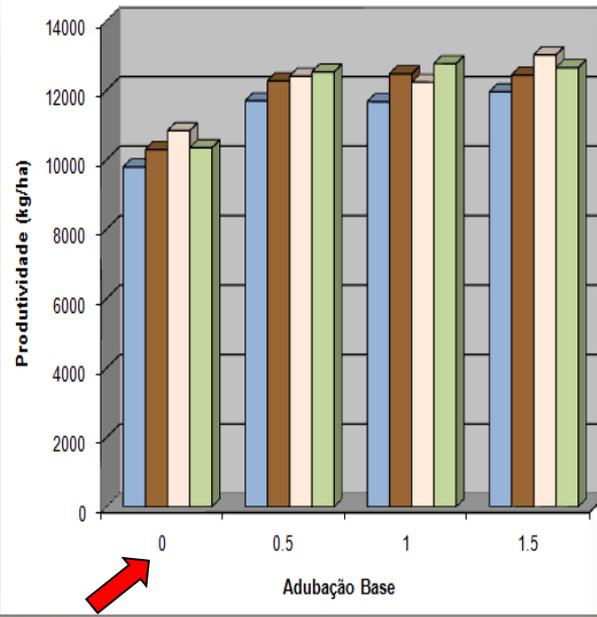
# Fertilidade do solo em sistemas intensivos

## Desempenho das culturas de soja e milho conforme investimento em adubação num solo de fertilidade construída. Unaí-MG.

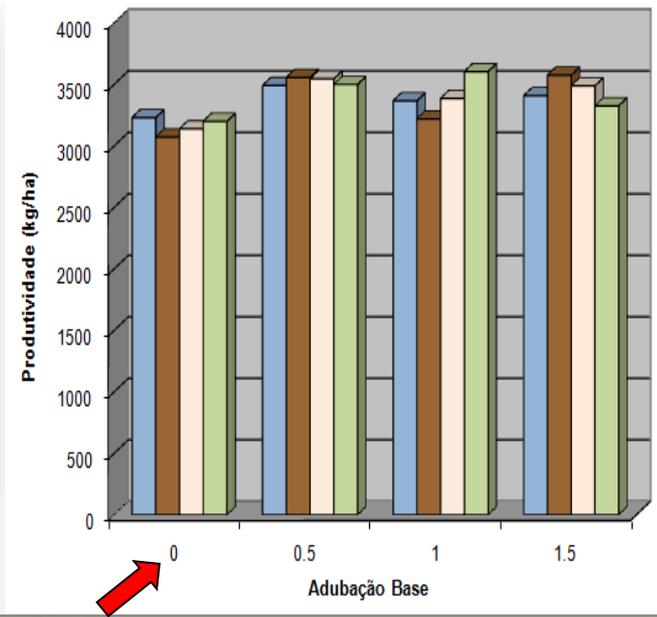
Soja 2010/2011



Milho 2011/2012



Soja 2012/2013



Níveis de adubação de base (NPK) e de cobertura (N no milho ou K na soja). Adubação do agricultor = 1

Fonte: Embrapa Milho e Sorgo (dados não publicados)

Não adianta simplesmente aumentar a dose: trabalhar a ideia de **adubação competitiva**.  
Aprimorar manejo, economizando em ano de alta no custo de fertilizantes e repondo em momentos favoráveis.

## Dimensionamento da adubação baseado em informações:

. Disponibilidade dos nutrientes no solo

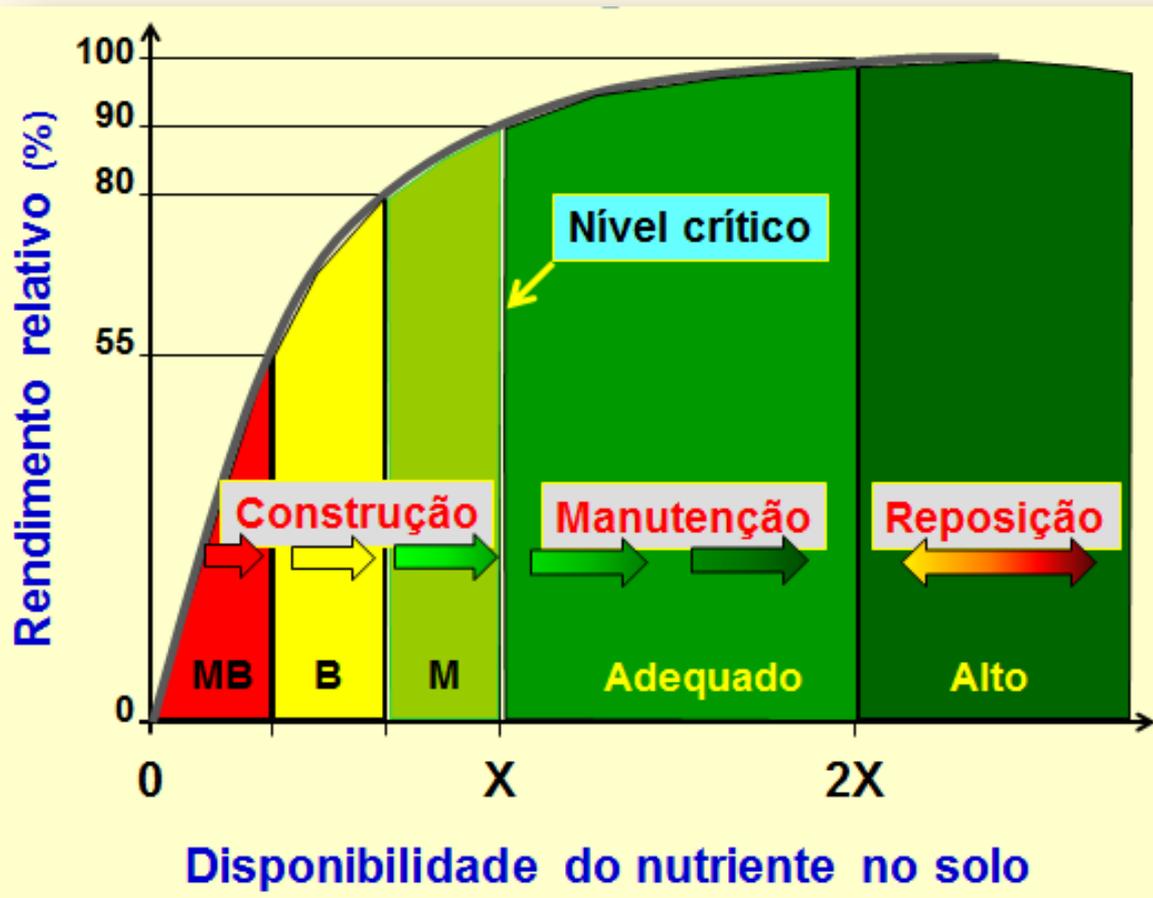
. Créditos de ciclagem no sistema (N)

. Quantidades extraídas e exportadas pelas culturas

. Expectativa de produtividade a cada safra

. Eficiência de aproveitamento dos fertilizantes

Cultivos em alta intensidade pressupõem **perfil** de solo com fertilidade construída ( $\geq 0-20$  cm prof.)



Produção devida ao nutriente disponível no solo

**Meta em cultivos de alta intensidade: garantir a manutenção da fertilidade sempre acima de um “limite mínimo”**



**Valores adequados para atributos do solo visando à manutenção de ambiente de alto potencial produtivo de grãos na região do Cerrado (0-20 cm profundidade)**

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 <sub>d</sub> /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									

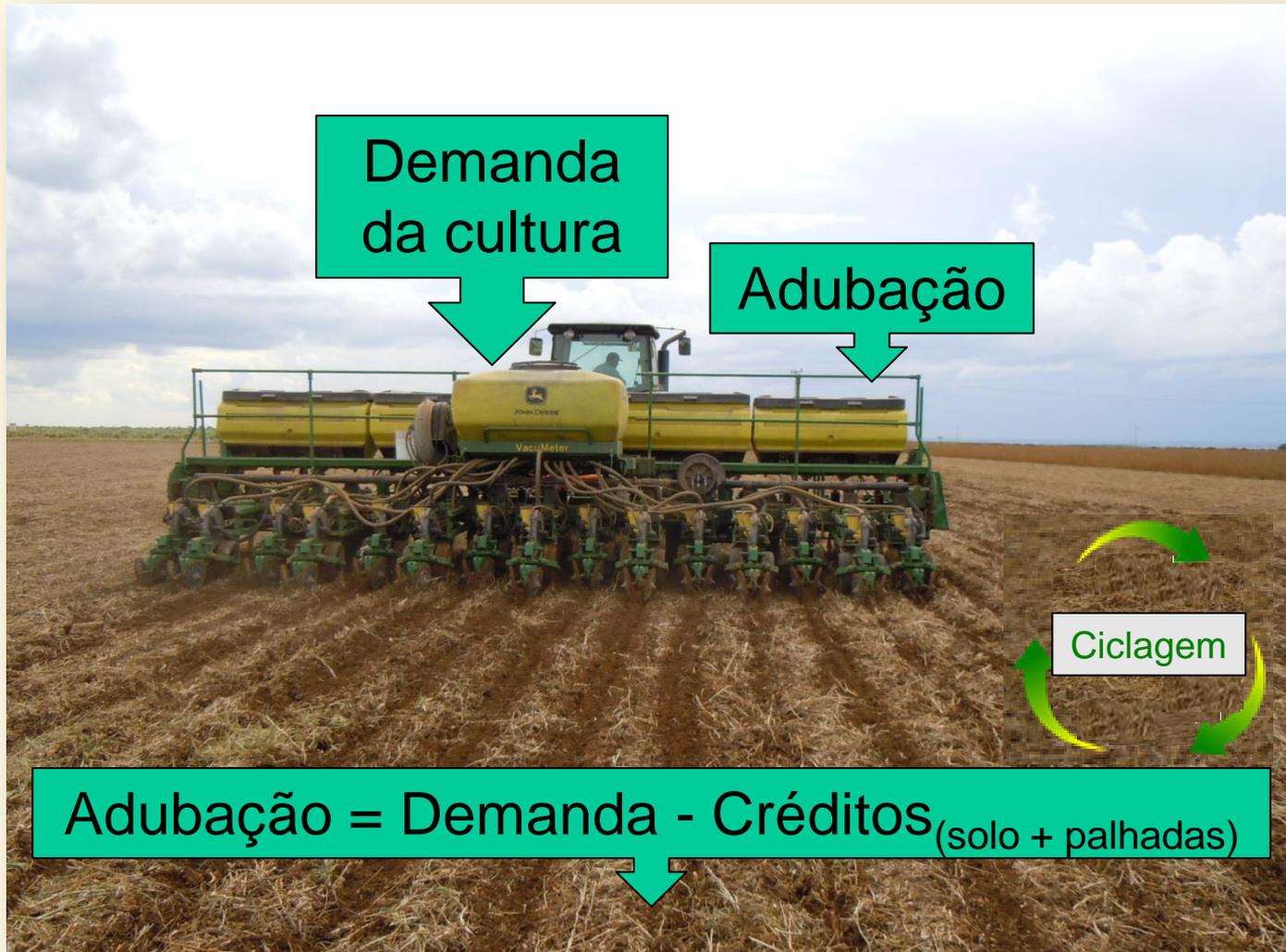
Fonte: Adaptado de Sousa e Lobato (2004)

# Fertilidade do solo em sistemas intensivos

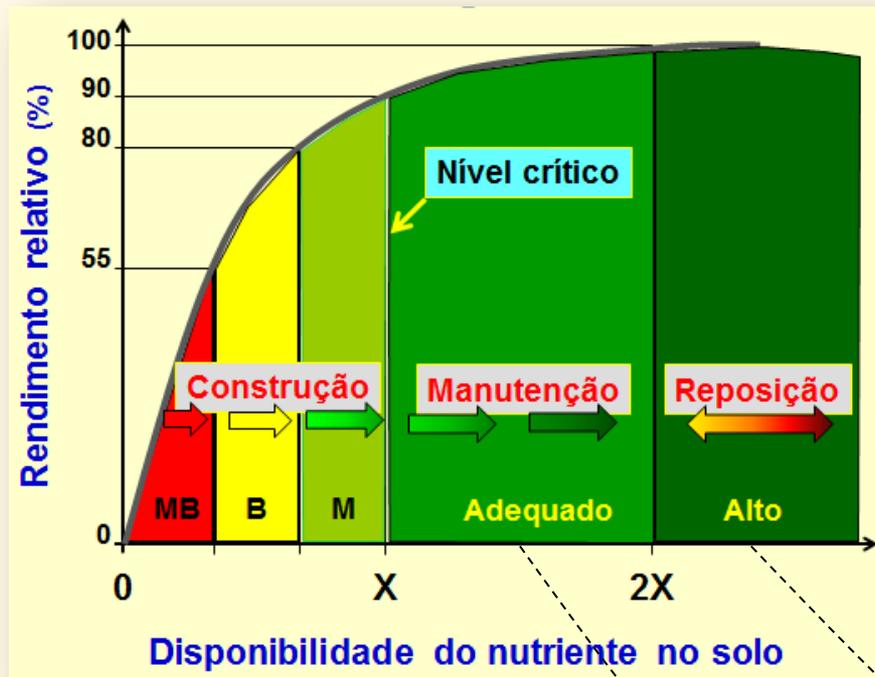
Em solo com fertilidade construída, a adubação é determinada conhecendo-se as taxas de extração e exportação de nutrientes



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



## Monitoramento freqüente da fertilidade do solo: 1º passo para maior eficiência no uso de nutrientes



Condição de fertilidade direciona a estratégia de manejo da adubação

Manutenção

Reposição

Vinculada à extração

Vinculada à exportação

## Tomada de decisão:

1. Disponibilidade ADEQUADA

2. Disponibilidade ALTA

Condição de fertilidade  
direciona a estratégia  
de manejo da adubação

Manutenção



Reposição

. Adubação de manutenção  
\$ \$

. Adubação de reposição  
\$

- ✓ Ao longo do tempo, o manejo deve oscilar entre manutenção e reposição: depende análise de solo, do nutriente, do padrão de demanda pelas culturas e do potencial de ciclagem no sistema.
- ✓ O diagnóstico e a prescrição devem ser trabalhados para cada nutriente.
- ✓ **O uso continuado de fórmulas NPK fixas pode levar à perda de eficiência.**

**Avançar da abordagem genérica para a específica (“personalizada”) a cada situação de solo, culturas e condições de cultivo**

Exemplo com foco no manejo de N, P e K em sistemas soja/milho para alta produtividade:



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

### Milho

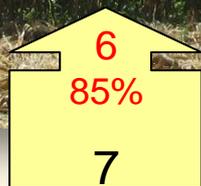
(Média “nacional”, 8 t/ha)

### Soja

(Média “nacional”, 3 t/ha)



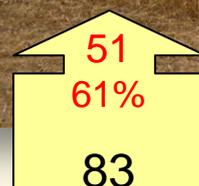
N



P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>



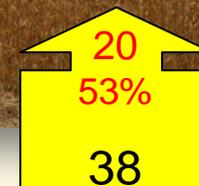
K<sub>2</sub>O



N



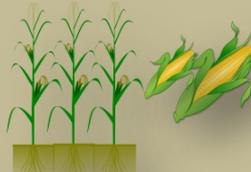
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>



K<sub>2</sub>O

## Quantidades de nutrientes exportadas variam para diferentes “intensidades” de cultivo de milho

(Simulação com base na exportação média de 4 cultivares, Sete Lagoas-MG)

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

Indicativos de quantidades de nutrientes **exportadas** pela cultura da **soja** para cada tonelada de grãos produzida.

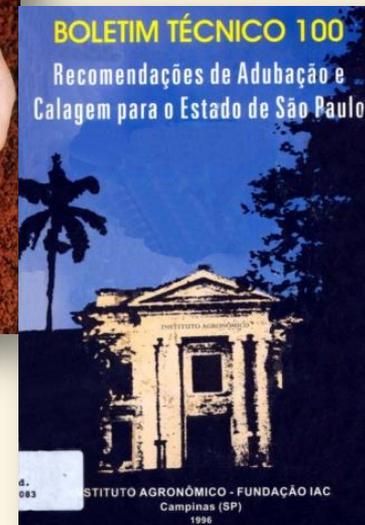
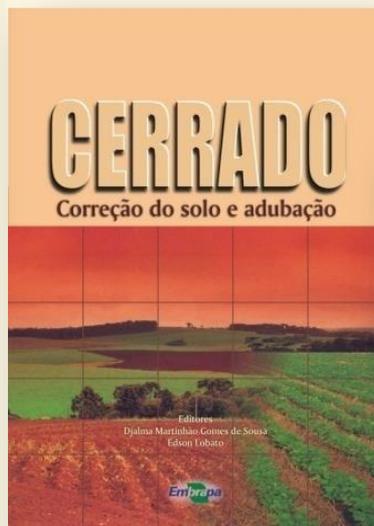
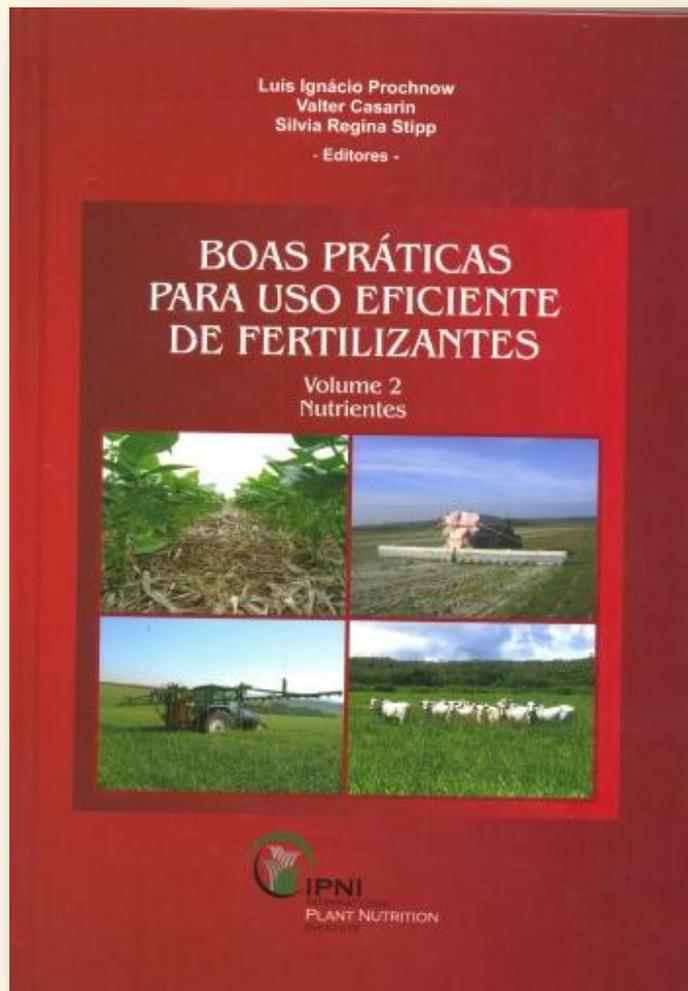
Exportação			Observações	Referência
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
..... kg/t grãos .....				
55 a 65	11,5 a 18,3	20,4 a 22,8	Faixas de valores levantados na literatura brasileira.	Sousa & Lobato (2004)
51	10	20	Valores médios para o Brasil.	Embrapa (2008)
-	7,3	21,6	Médias de 1008 amostras de grãos analisadas na Embrapa Soja.	Oliveira Júnior et al. (2010)

Soja: tendência de maior eficiência no uso de P, mas maior exportação/exigência de K !!

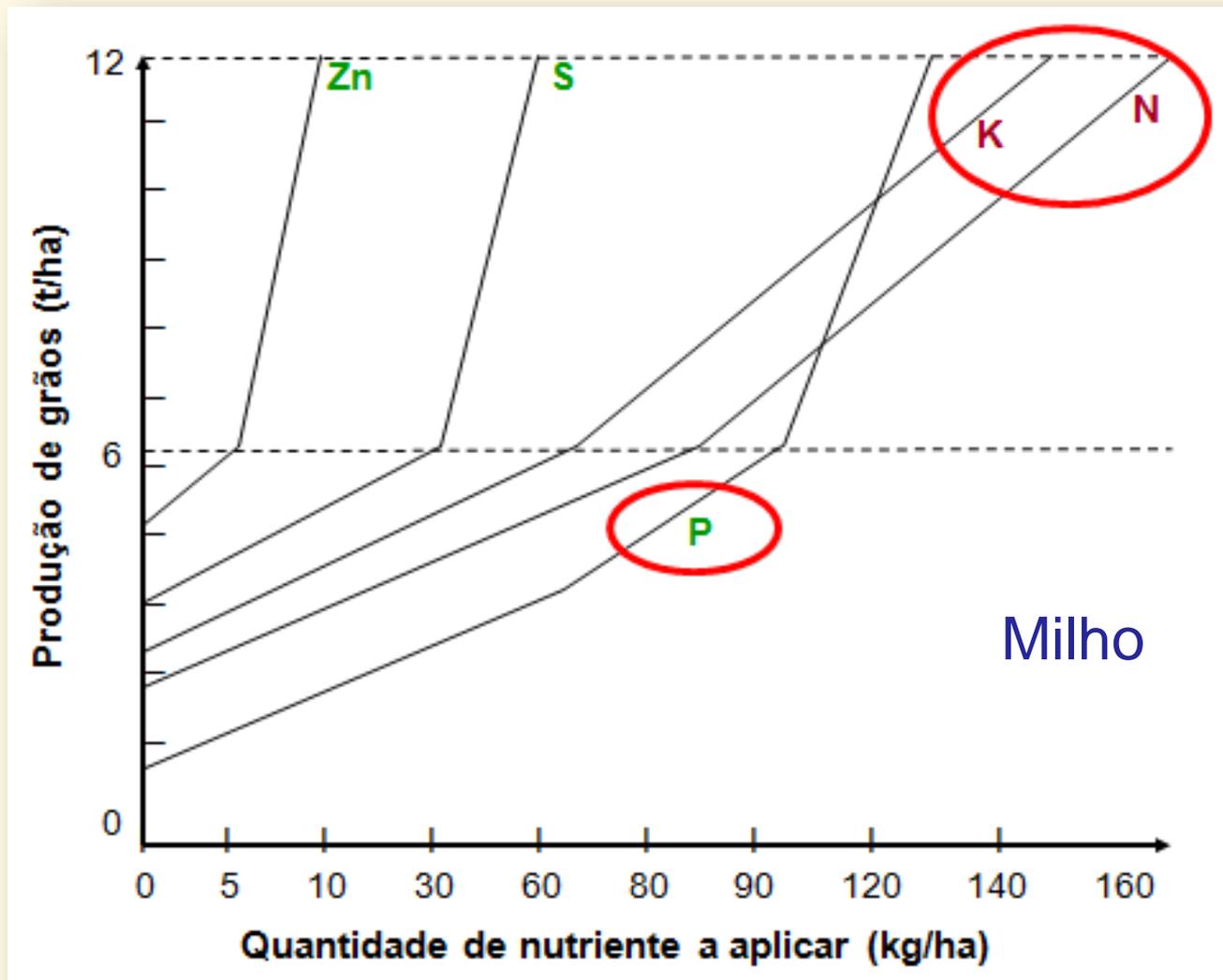
Indicativos de quantidades de nutrientes **exportadas** pela cultura do **milho** para cada tonelada de grãos produzida.

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)
15,0	3,3	1,2	Média das cultivares BRS 1055, AG 8088 YH, DKB 390 Y PRO e P 30F53 YH. Produtividade média de 14,2 t/ha. Região de Sete Lagoas-MG.	Embrapa Milho e Sorgo (2013)

## Construção da fertilidade do solo: boas práticas muito bem definidas.



Em sistemas intensivos a proporção requerida entre nutrientes se modifica: maior demanda de N e K e menor de P



# Aprimoramentos no manejo NPK

Expectativa de produtividade	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Observações	Referência
	..... kg/ha .....				
<b>Recomendação adubação</b>					
Soja: 4 t/ha	-	80	80	Recomendações para a região do Cerrado.	Sousa & Lobato (2004)
Milho: 8 t/ha	100	80	90	“	“
S+M: 4+8 t/ha	100	160	170	“	“
<b>Prática corrente no Sudoeste Goiano</b>					
Soja: 4 t/ha	8	80	72	400 kg/ha NPK 02-20-18	
Milho: 8 t/ha	20+90	50	45	250 kg/ha NPK 08-20-18 200 kg/ha uréia (cobertura)	
S+M: 4+8 t/ha	118	130	117	Adubação cumulativa	
<b>Exportação</b>					
S+M: 4+8 t/ha	356	120	120	Com base no menor valor do intervalo reportado pelos autores.	Sousa & Lobato (2004)
S+M: 4+8 t/ha	326	86	121	Com base em valores médios de 1008 amostras de grãos de soja e em valores médios de trabalhos com milho publicados a partir de 1995.	Oliveira Junior et al. (2010); Resende et al. (2012)

Comparando informações e ajustando critérios

# Aprimoramentos no manejo NPK

Expectativa de produtividade	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Observações	Referência
	..... kg/ha .....				
<b>Recomendação adubação</b>					
Soja: 4 t/ha	-	80	80	Recomendações para a região do Cerrado.	Sousa & Lobato (2004)
Milho: 8 t/ha	100	80	90	“	“
S+M: 4+8 t/ha	100	160	170	“	“
<b>Prática corrente no Sudoeste Goiano</b>					
Soja: 4 t/ha	8	80	72	400 kg/ha NPK 02-20-18	
Milho: 8 t/ha	20+90	50	45	250 kg/ha NPK 08-20-18 200 kg/ha uréia (cobertura)	
S+M: 4+8 t/ha	118	130	117	Adubação cumulativa	
<b>Exportação</b>					
S+M: 4+8 t/ha	356	120	120	Com base no menor valor do intervalo reportado pelos autores.	Sousa & Lobato (2004)
S+M: 4+8 t/ha	326	86	121	Com base em valores médios de 1008 amostras de grãos de soja e milho safrinha	Oliveira Junior et al. (2010); Resende et

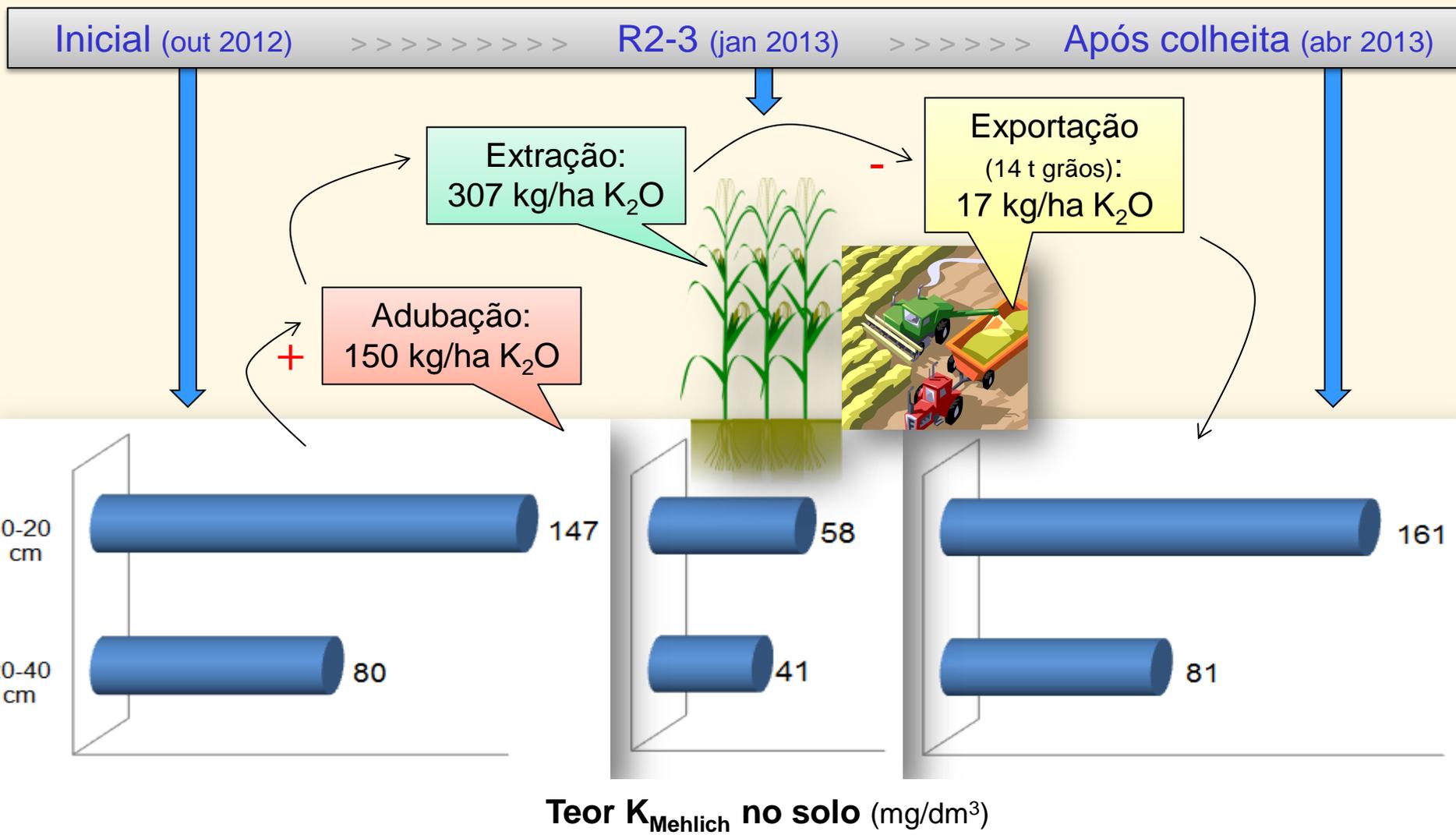
Comparando informações e ajustando critérios

## Constatação:

- ✓ Flexibilidade em relação ao P
- ✓ Sensibilidade para N e K.

- \* Saldo N na soja = 10 kg/ha, produtividade 3,2 t/ha (Alves et al., 2006)
- \* Resposta da soja ao N no milho safrinha anterior (Zancanaro & Francisco, 2012)

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



## Nutrição potássica vs produção de colmos em milho

(média das cultivares BRS 1055, AG 8088 YH, DKB 390 Y PRO e P 30F53 YH)

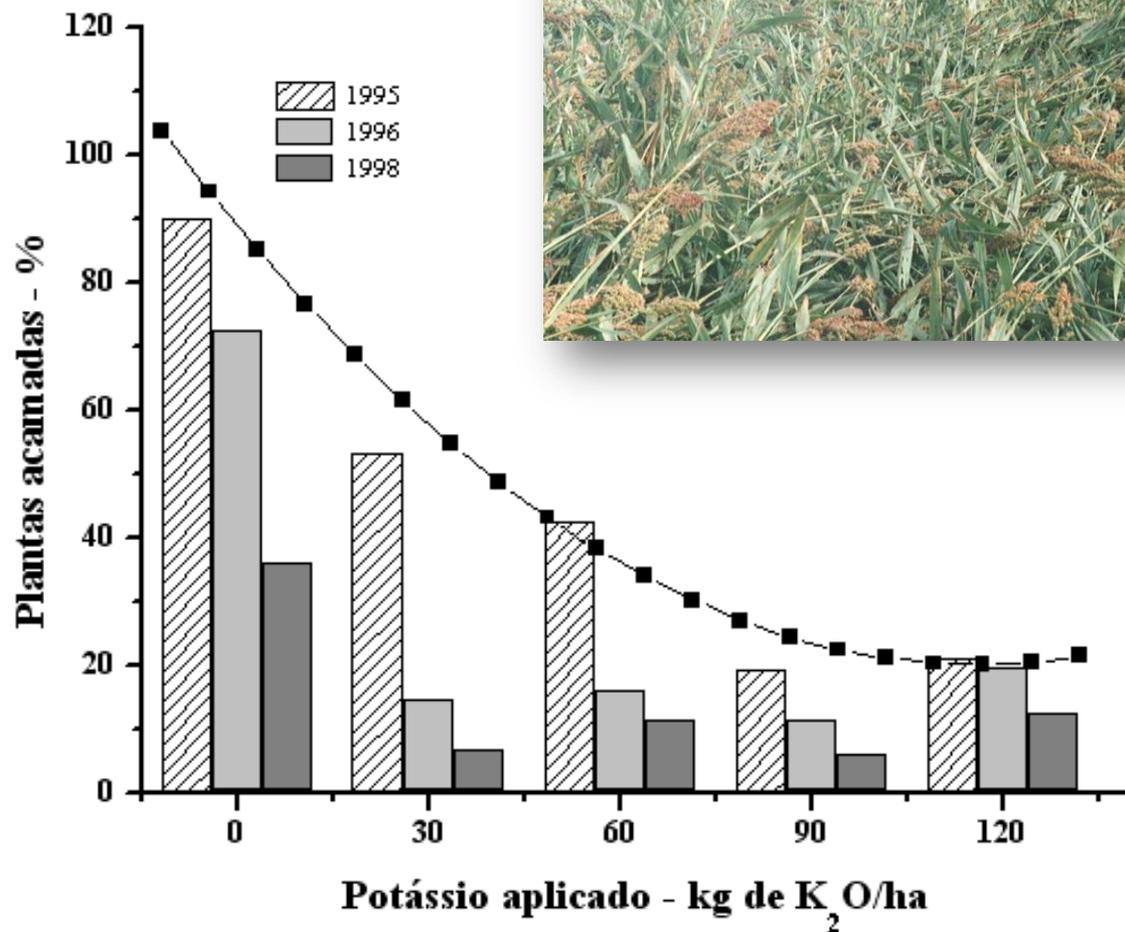
Investimento tecnológico	K solo inicial (0-20 cm)	Adubação K <sub>2</sub> O	K solo R2-3 (0-20 cm)	Extração K em R6	Acúmulo K colmo	Acúmulo relativo colmo	Massa seca colmo	K solo após colheita (0-20 cm)
	mg/dm <sup>3</sup>	kg/ha	mg/dm <sup>3</sup>	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha	mg/dm <sup>3</sup>
Médio	109	42	36	114	43	37	6634	93
Alto	147	150	58	220	107	49	8863	161

Diferença de produtividade de grãos = 2,3 t/ha

Diferença de massa seca de colmo = 2,2 t/ha

Milho: consumo “de luxo” de K (??) = menor índice de acamamento de plantas, incremento de C (palhada), maior resistência à seca (safrinha).

## Efeito do potássio sobre o acamamento em sorgo forrageiro



Exercício de dimensionamento da adubação da **soja**, p/ 4 t/ha de **grãos**, considerando solo argiloso, de fertilidade construída, em SPD

**P fertilizante =  $P_2O_5$  exportado x f**

$$P_2O_5 = (10 \times 4) \times 1,33 \text{ (75\% efic.)}$$

$$= 40 \times 1,33 = \mathbf{53 \text{ kg/ha } P_2O_5 \text{ fertilizante}}$$

**K fertilizante =  $K_2O$  exportado x f**

$$K_2O = (20 \times 4) \times 1,25 \text{ (80\% efic.)}$$

$$= 80 \times 1,25 = \mathbf{100 \text{ kg/ha } K_2O \text{ fertilizante}}$$



Exercício de dimensionamento da adubação do **milho segunda safra, p/ 8 t/ha de grãos**, considerando solo argiloso, de fertilidade construída, em SPD

**N fertilizante = (N extraído – N solo) x f** (modificado Sousa & Lobato, 2004)

$$N = [(20 \times 8) - N \text{ solo}] \times f$$

$$= \{160 - [(\%MOS \times 20) + (0,11 \times N^{\circ} \text{ sc ha}^{-1} \text{ soja colhida três safras atrás}) + (0,1 \times \text{sc milho duas safras atrás}) + (0,25 \times \text{sc soja na última safra})]\} \times f$$

$$= \{160 - [(3 \times 20) + (0,11 \times 55) + (0,1 \times 100) + (0,25 \times 60)]\} \times f$$

$$= (160 - 91) \times f$$

$$= 69 \times 1,59 \text{ (63\% efic.)} = \mathbf{110 \text{ kg/ha N fertilizante}}$$
 (semeadura + cobertura)

Exercício de dimensionamento da adubação do **milho segunda safra, p/ 8 t/ha de grãos**, considerando solo argiloso, de fertilidade construída, em SPD

**P fertilizante =  $P_2O_5$  exportado x f**

$$P_2O_5 = (7,1 \times 8) \times 1,33 \text{ (75\% efic.)}$$

$$= 57 \times 1,33 = \mathbf{76 \text{ kg/ha } P_2O_5 \text{ fertilizante}}$$

**K fertilizante =  $K_2O$  exportado x 1,6 x f**

$$K_2O = (4,4 \times 8) \times 1,6 \times 1,25 \text{ (80\% efic.)}$$

$$= 35 \times 1,6 \times 1,25 = \mathbf{70 \text{ kg/ha } K_2O \text{ fertilizante}}$$



## Adubação calculada vs adubação realizada no Sudoeste Goiano

Expectativa de produtividade	N ..... kg/ha .....	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Observações	Referência
<b>Recomendação adubação</b>					
Soja: 4 t/ha	-	80	80	Recomendações para a região do Cerrado.	Sousa & Lobato (2004)
Milho: 8 t/ha	100	80	90	“	“
<b>S+M: 4+8 t/ha</b>	<b>100</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	“	“
<b>Prática corrente no Sudoeste Goiano</b>					
Soja: 4 t/ha	8	80	72	400 kg/ha NPK 02-20-18	
Milho: 8 t/ha	20+90	50	45	250 kg/ha NPK 08-20-18 200 kg/ha uréia (cobertura)	
<b>S+M: 4+8 t/ha</b>	<b>118</b>	<b>130</b>	<b>117</b>	Adubação cumulativa	
<b>Exercício de dimensionamento da adubação do sistema</b>					
Soja: 4 t/ha	-	53	100		
Milho: 8 t/ha	110	76	70		
<b>S+M: 4+8 t/ha</b>	<b>110</b>	<b>129</b>	<b>170</b>		

## Adubação calculada vs adubação realizada no Sudoeste Goiano

Expectativa de produtividade	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Observações	Referência
	..... kg/ha .....				
<b>Recomendação adubação</b>					
Soja: 4 t/ha	-	80	80	Recomendações para a região do Cerrado.	Sousa & Lobato (2004)
Milho: 8 t/ha	100	80	90	“	“
<b>S+M: 4+8 t/ha</b>	<b>100</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	“	“
<b>Prática corrente no Sudoeste Goiano</b>					
Soja: 4 t/ha	8	80	72	400 kg/ha NPK 02-20-18	
Milho: 8 t/ha	20+90	50	45	250 kg/ha NPK 08-20-18 200 kg/ha uréia (cobertura)	
<b>S+M: 4+8 t/ha</b>	<b>118</b>	<b>130</b>	<b>117</b>		
<b>Exercício de dimensionamento</b>					
Soja: 4 t/ha	-	53	100		
Milho: 8 t/ha	110	76	70		
<b>S+M: 4+8 t/ha</b>	<b>110</b>	<b>129</b>	<b>170</b>		



**Conclusão:**

- ✓ Prática da adubação corrente = déficit de K no sistema
- ✓ Exceção para solo com disponibilidade ALTA de K
- ✓ Coerência N e P restrita a essas expectativas de produtividade

- ✓ **Cultivos de alta intensidade pressupõem solo de fertilidade construída.**
- ✓ **Meta: garantir disponibilidade de nutrientes no solo sempre acima de limites mínimos, definidos para cada ambiente.**
- ✓ **Manejo de P e K deve oscilar entre adubação de manutenção (baseada na extração) e adubação de reposição (baseada na exportação), respectivamente, para condições de disponibilidade adequada (> nível crítico) e alta (2x nível crítico) no sistema.**
- ✓ **Sistemas intensivos são mais sensíveis ao fornecimento de N e K (risco de esgotamento) e mais flexíveis quanto ao P (tamponamento solo e menor demanda vegetal).**
- ✓ **O somatório dos requerimentos individuais de nutrientes pelas culturas deve ser garantido nas adubações, a fim manter a estabilidade e o potencial produtivo do sistema.**
- ✓ **Safras “cheias” implicam na redução dos estoques de nutrientes, por isso o histórico é sempre importante no manejo futuro.**
- ✓ **Aprimoramentos são possíveis mediante obtenção de informações locais sobre fertilidade do solo e taxas de extração/exportação de nutrientes. Monitoramento freqüente do ambiente de produção permite identificar manejo ótimo para cada nutriente.**

OBRIGADO

Álvaro Resende

([alvaro.resende@embrapa.br](mailto:alvaro.resende@embrapa.br))