

VII
SIMPÓSIO DA
CULTURA
DA SOJA

CUIABÁ - MT

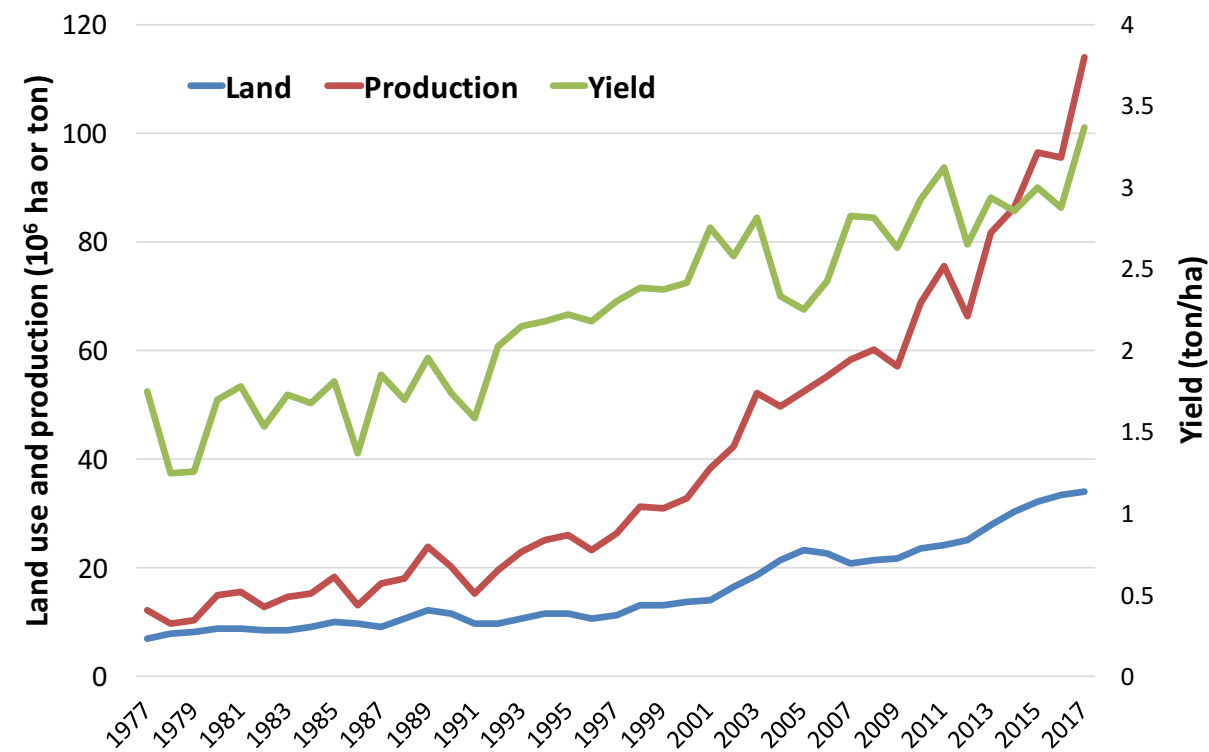
12 e 13 • Abril/18

Balanço Nutricional e Adubação da Soja em Sistemas de Produção

Eros Francisco
IPNI Brasil



Evolução da área plantada, produção total e rendimento de grãos de soja



2017

34 x10⁶ ha

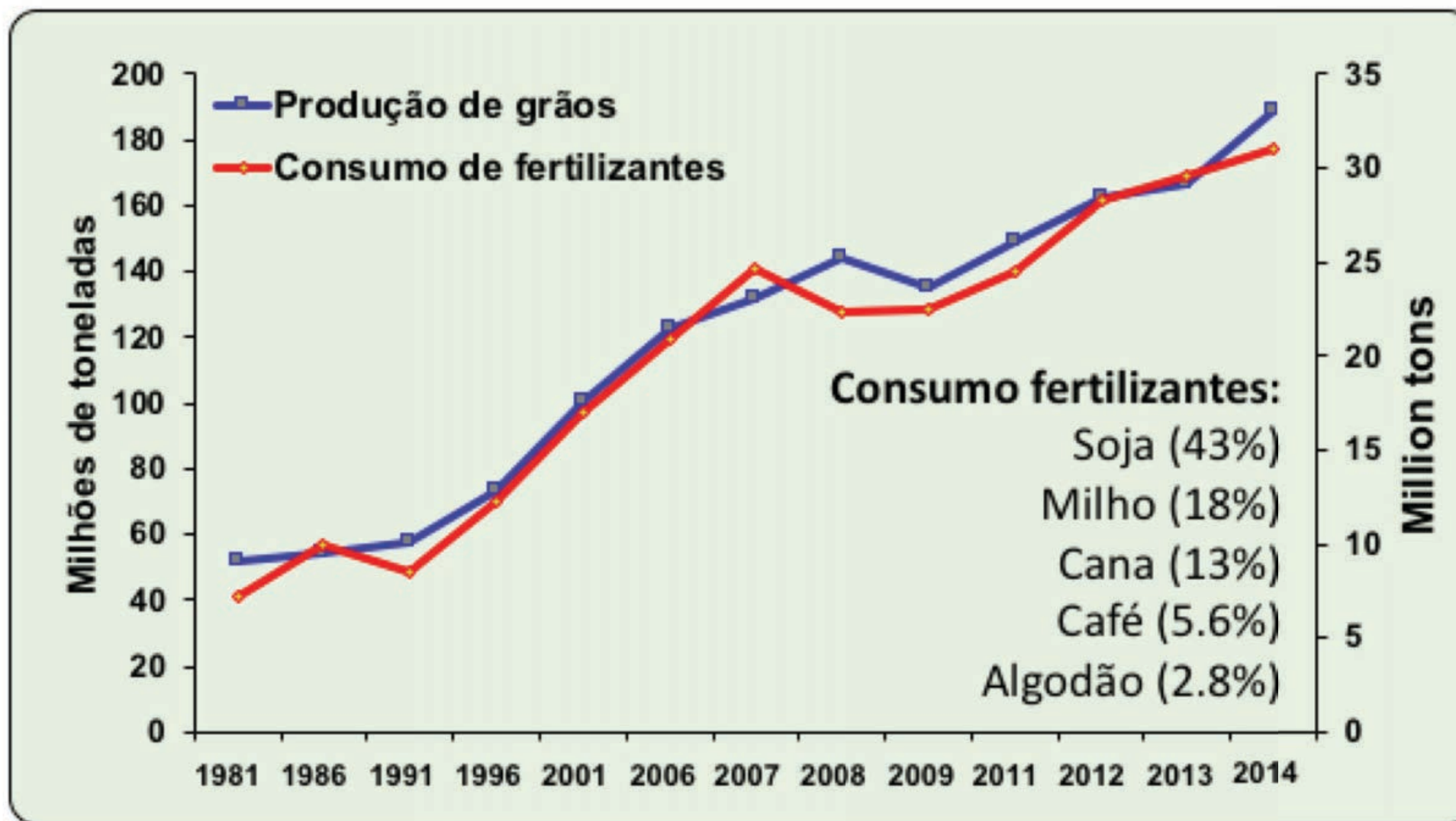
114 x10⁶ ton

3,4 t/ha

Evolução da contribuição (%) do Cerrado na produção de soja no Brasil

	Área	Produção	Rendimento
1977	6,7	5,2	36
2017	64	62	96

Evolução da produção de grãos e consumo de fertilizantes no Brasil



Fonte: ANDA e CONAB (2015),

Evolução da época de plantio e culturas no sistema de produção

Decade	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	
1980			SOYBEANS							FALLOW			
1990		SOYBEANS							Fallow, millet, maize				
2000		SOYBEANS					Millet, Maize,						
2010	SOYBEANS					MAIZE, millet, sun hemp							
2017	SOYBEANS					MAIZE, Brachiaria, sun hemp, millet							



Source: Eros Francisco





Sistema de produção complexo





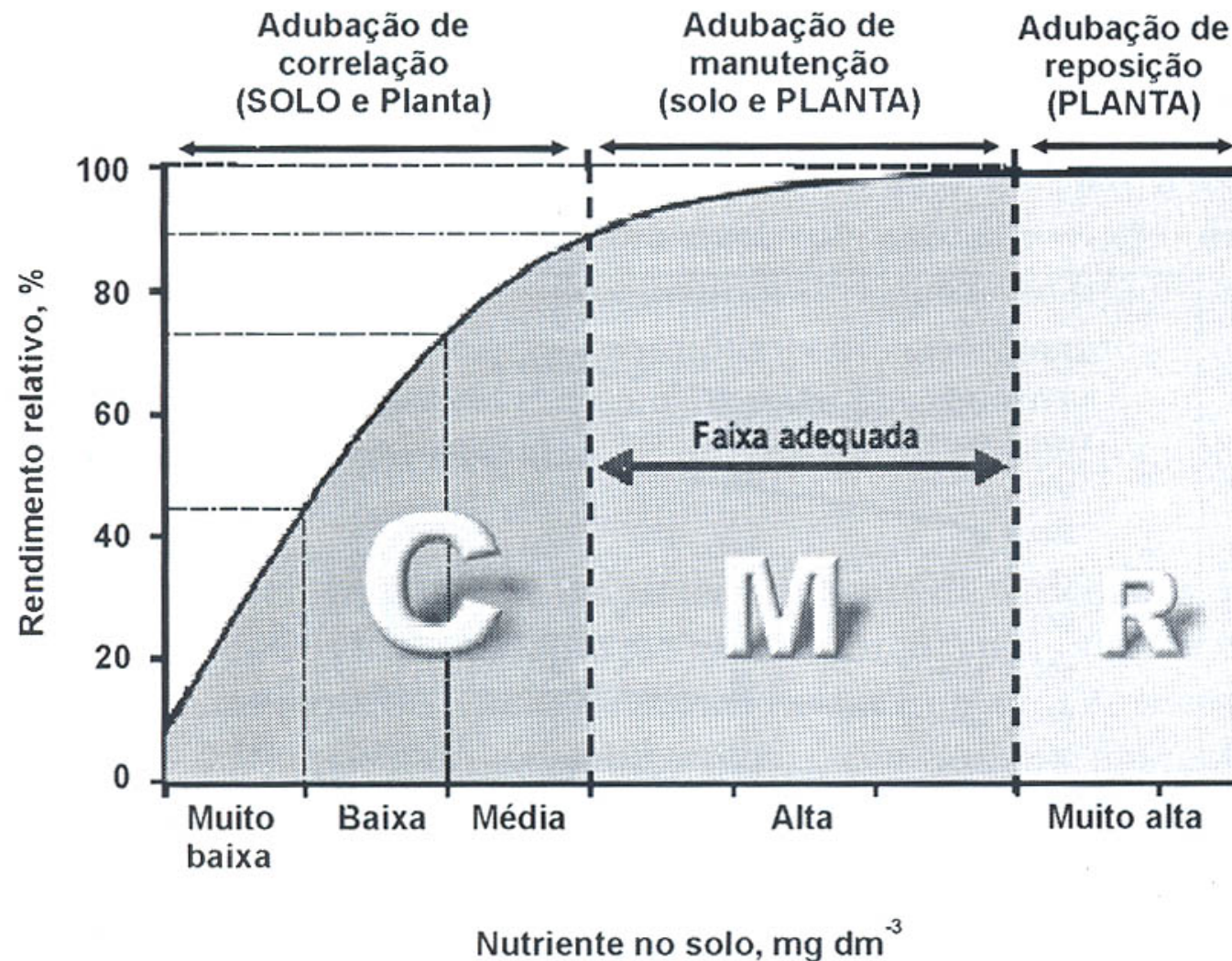
Vários fatores afetando o aproveitamento de nutrientes

Adubação = (planta - solo)

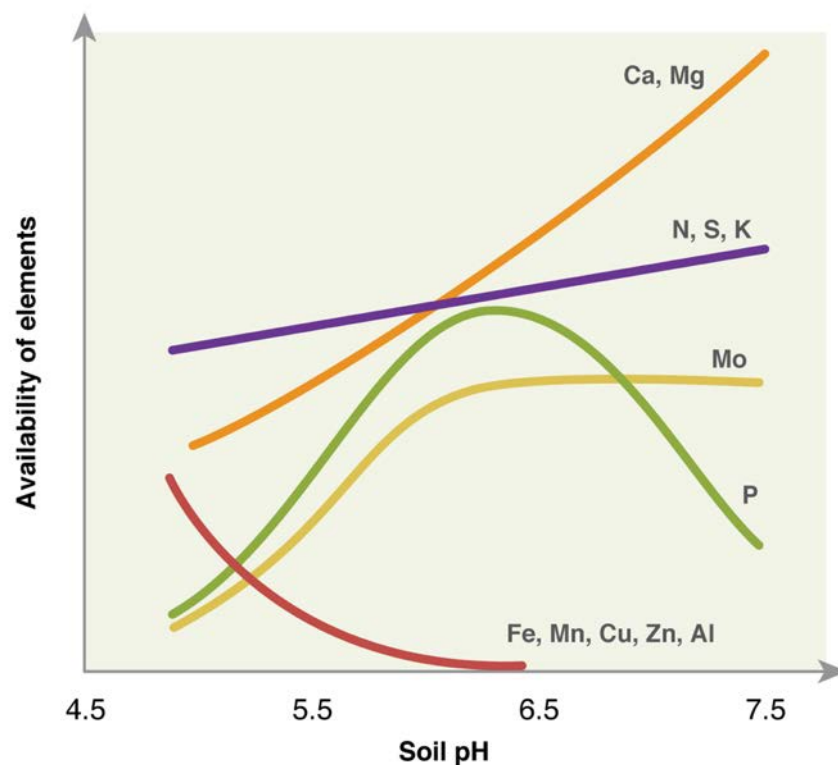
-PK

+PK

Relação entre o rendimento relativo de uma cultura e o teor de um nutriente no solo e as indicações de adubação para cada faixa de teor no solo.



Correção da acidez: a base para alto rendimento



Recomendação de calagem

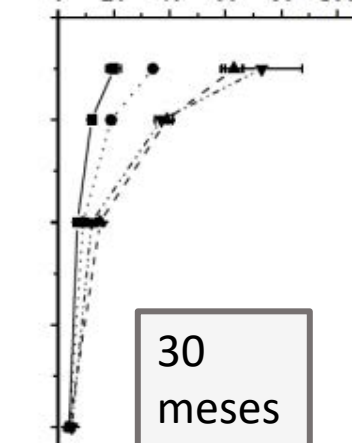
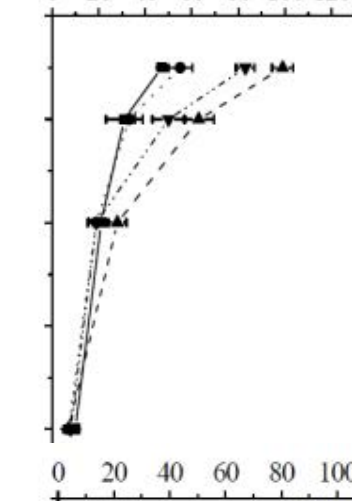
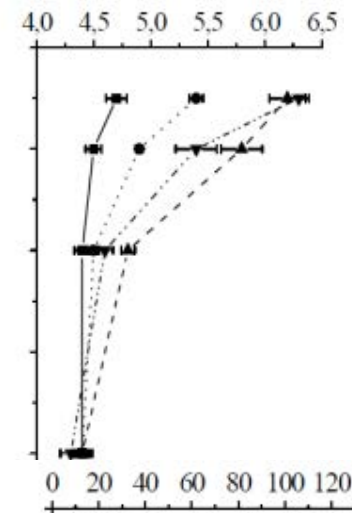
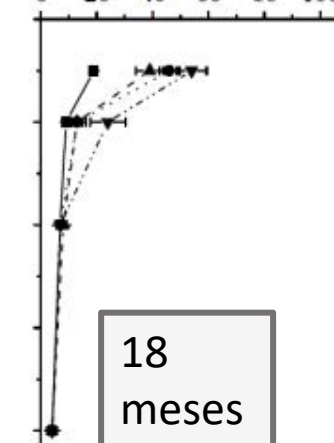
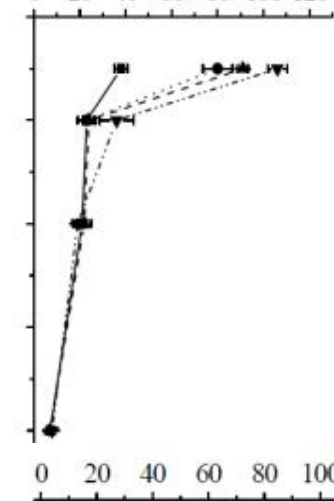
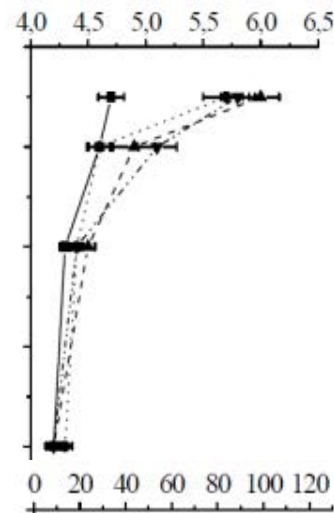
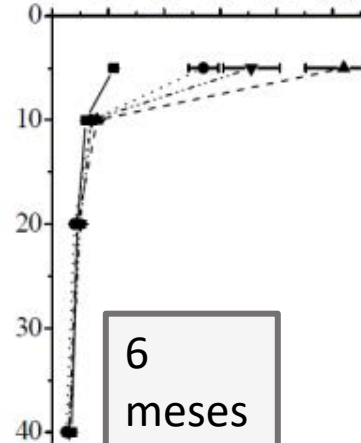
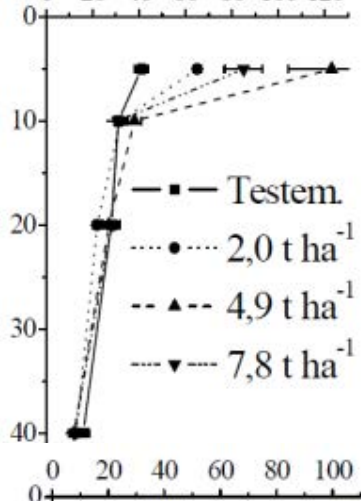
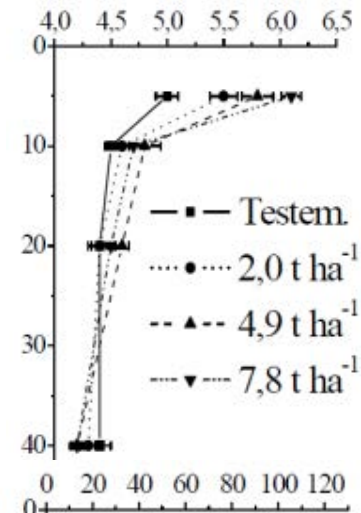
- $V > 50\%$
- $\text{Ca} > 1,5 \text{ cmol}_c/\text{kg}$
- $\text{Mg} > 0,7 \text{ cmol}_c/\text{kg}$

- Preparo convencional (new operations): usar a fórmula do V%

Fonte: Souza & Lobato

- Sistema plantio direto ($\text{pH} < 5,0$ ou $V < 65\%$, 0-5 cm):
 - usar a fórmula para V 70% (0-20 cm)
 - aplicação única ou parcelada em 3 anos

Fonte: Caires



pH CaCl_2

Ca ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)

Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)

Fonte: Cambri, MA
(2004)

6
meses

18
meses

30
meses

VII
SIMPÓSIO DA
CULTURA
DA SOJA

Calagem do Solo: *método da V%*

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

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

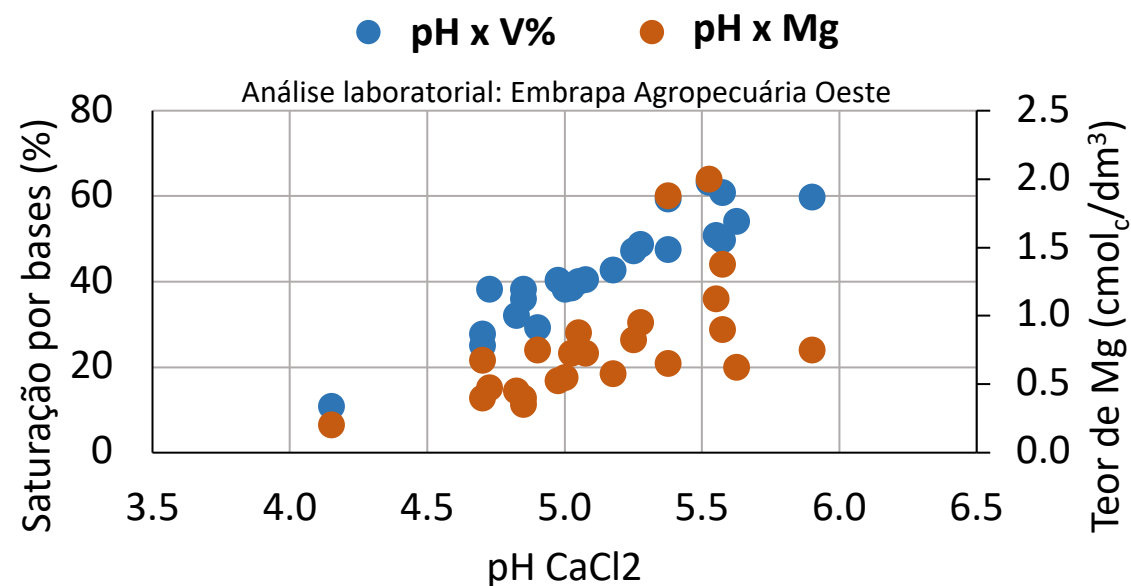


Tabela 16 – Demonstrativo da variabilidade na classificação dos teores de P e K¹ e na definição da recomendação de calagem², nas duas etapas do estudo.

	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.

Distribuição percentual dos valores das 24 amostras

pH CaCl₂

< 5,0	8	33%
5,0-5,5	11	46%
> 5,5	6	25%

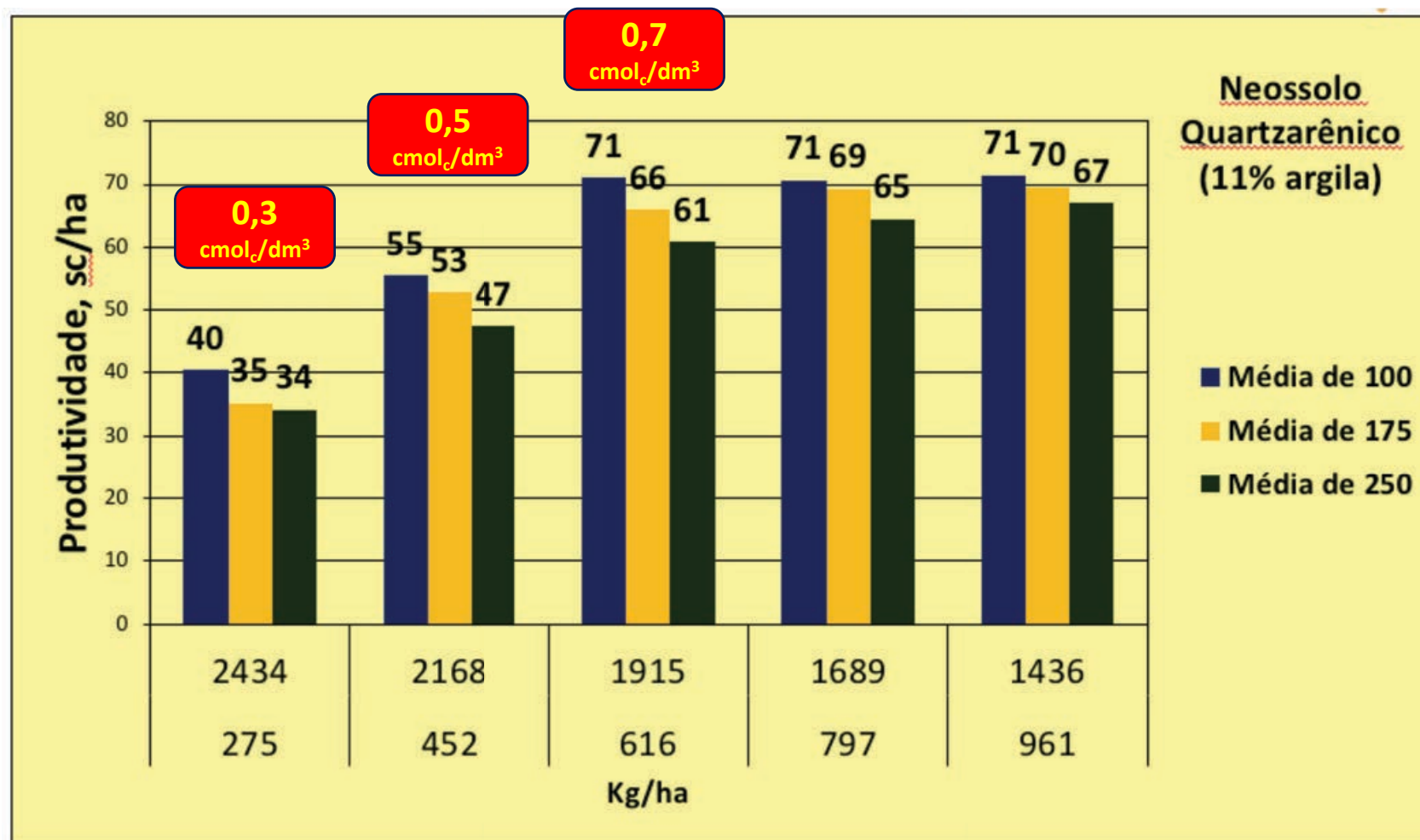
Mg (cmol_c/dm³)

< 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%

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



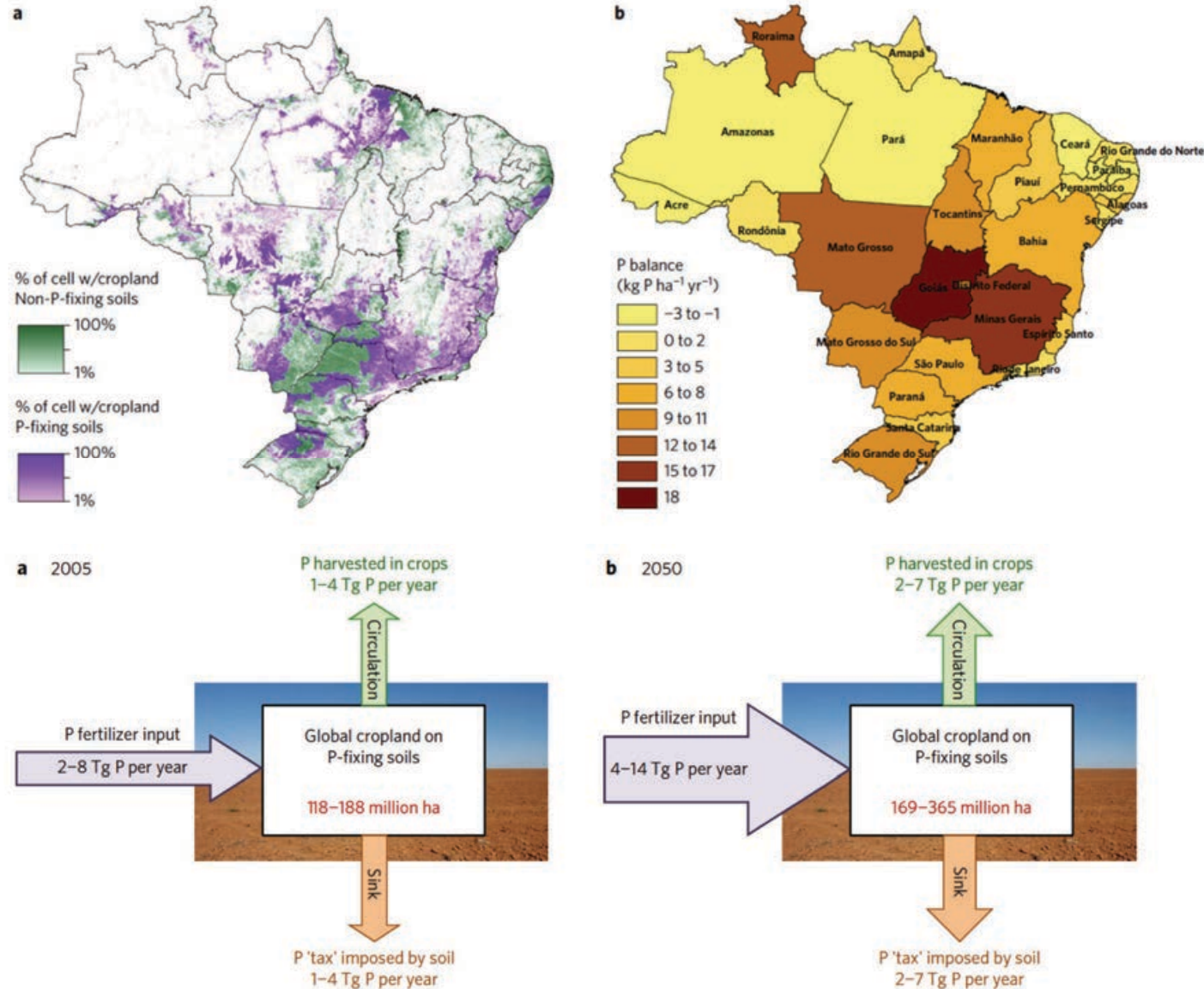
Fonte: Fundação MT/PMA (2010).

Adubação fosfatada em superfície: *como decidir?*



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, Silvia 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?*

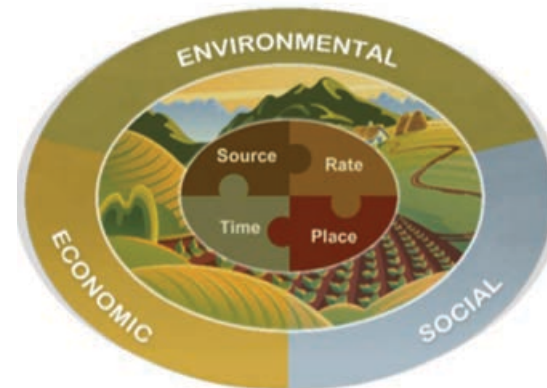


Case Study: Lake Erie

- Complete the assignment "Lake Erie is Dead!"
- The "death" of Lake Erie in 1960's
 - Eutrophication caused by dumping a lot of detergents and fertilizers over short period of time.
- Some lakes were designated to study the effects of eutrophication.
- The following slides are the results of the experiment.

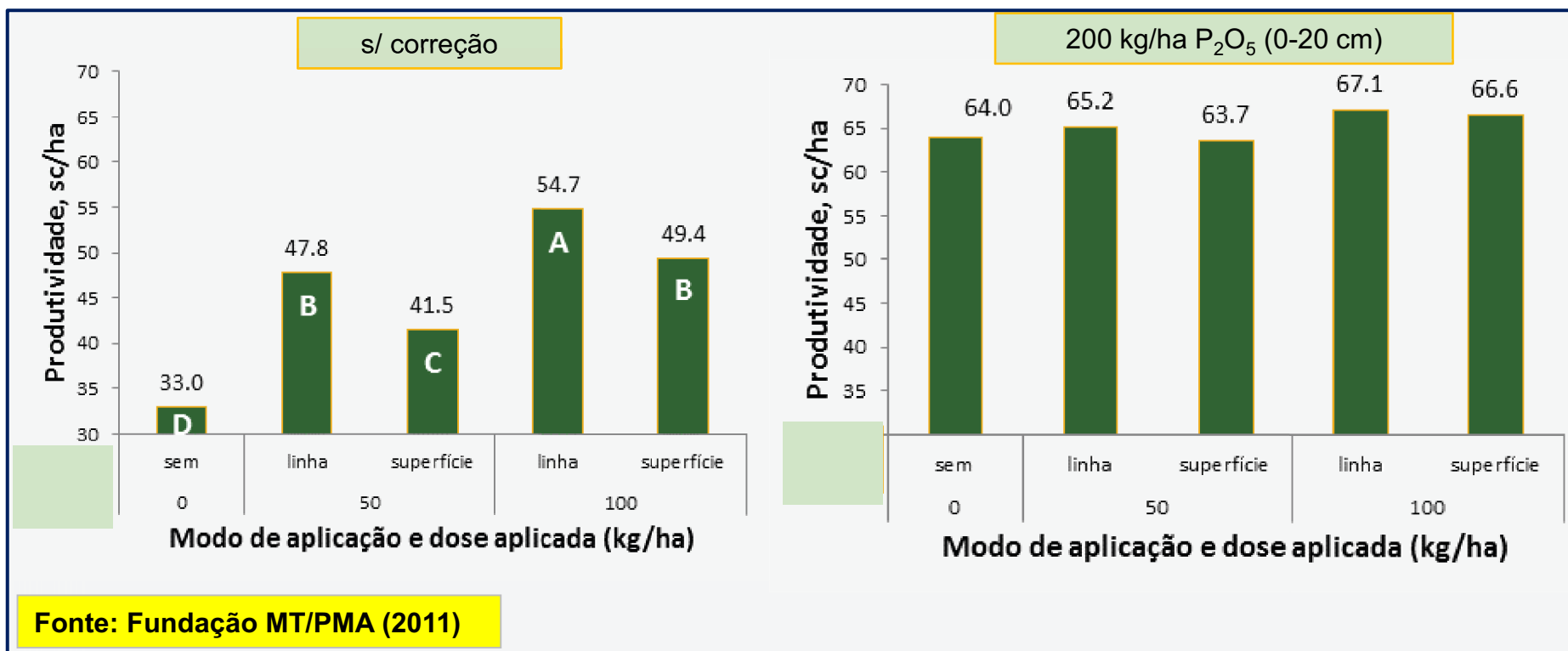
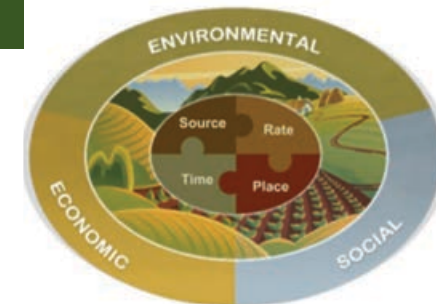


- Soil test!
- Calculate farm & field P balances.
 - Crop removal versus P sources applied (fertilizer, manure, etc.)
- Right **rate**: surplus, balance or deficit as per soil test.
- Apply in the right **place**:
 - Where possible, in the soil not on the soil.
 - Alternatively, apply at right **time** – consider runoff risk.
- Adviser/retailer: **4R** connection to sustainability.



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)



Adubação fosfatada em superfície: *como decidir?*

Fatores para tomada de decisão sobre P lanço versus P sulco

- 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 localização é uma possibilidade.**
- 2. Antecipar P localizado é uma possibilidade.**

Potássio em solos arenosos

Manejo:

- ✓ Época: dividir a dose em 2 ou 3 (plantio, 15-20 DAP e 30-40 DAP)
- ✓ Evitar altas doses de K no sulco de plantio (< 50 kg K_2O /ha)
- ✓ Usar culturas de cobertura para promover a ciclagem
- ✓ Doses: 100-120 kg K_2O /ha (K é baixo) e 90-100 kg K_2O /ha (K é adequado)



Potássio em solos argilosos

Manejo:

- ✓ Época: aplicar dose única no plantio ou até 15 DAP
- ✓ Evitar altas doses de K no sulco de plantio ($< 50 \text{ kg K}_2\text{O/ha}$)
- ✓ Milho safrinha ou culturas de cobertura em Sistema plantio direto favorecem a ciclagem
- ✓ Doses: $120 \text{ kg K}_2\text{O/ha}$ (K é baixo) e $80\text{-}100 \text{ K}_2\text{O/ha}$ (K é adequado)

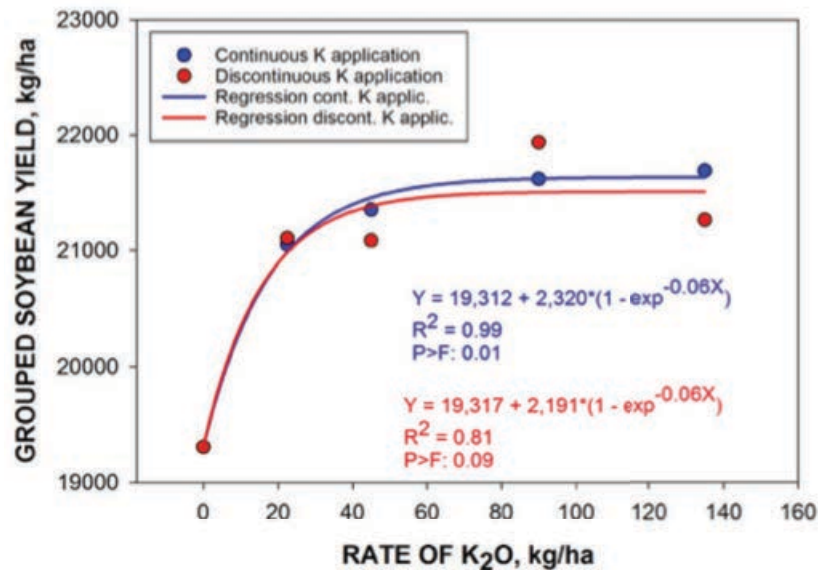


Figure 2. Grouped soybean yield response curves to K_2O rates with continuous and discontinuous K application (comparisons 1 and 2, Table 5). Crop seasons 2010-2016.

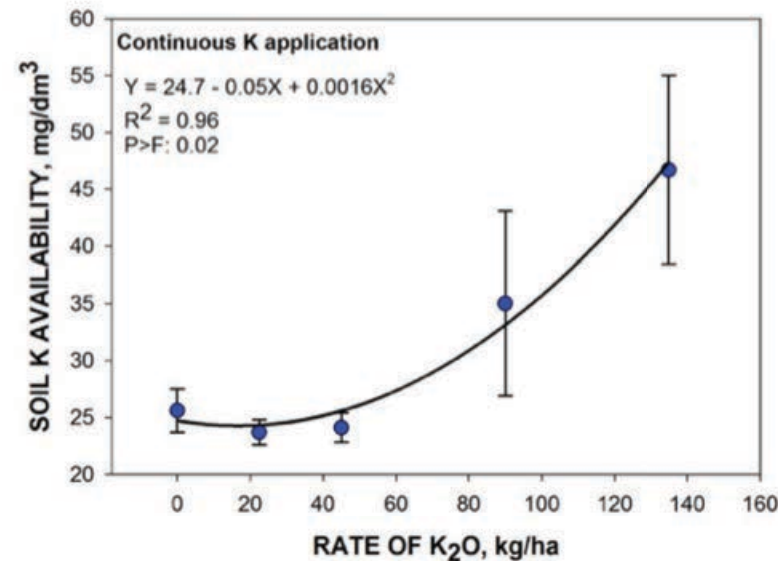
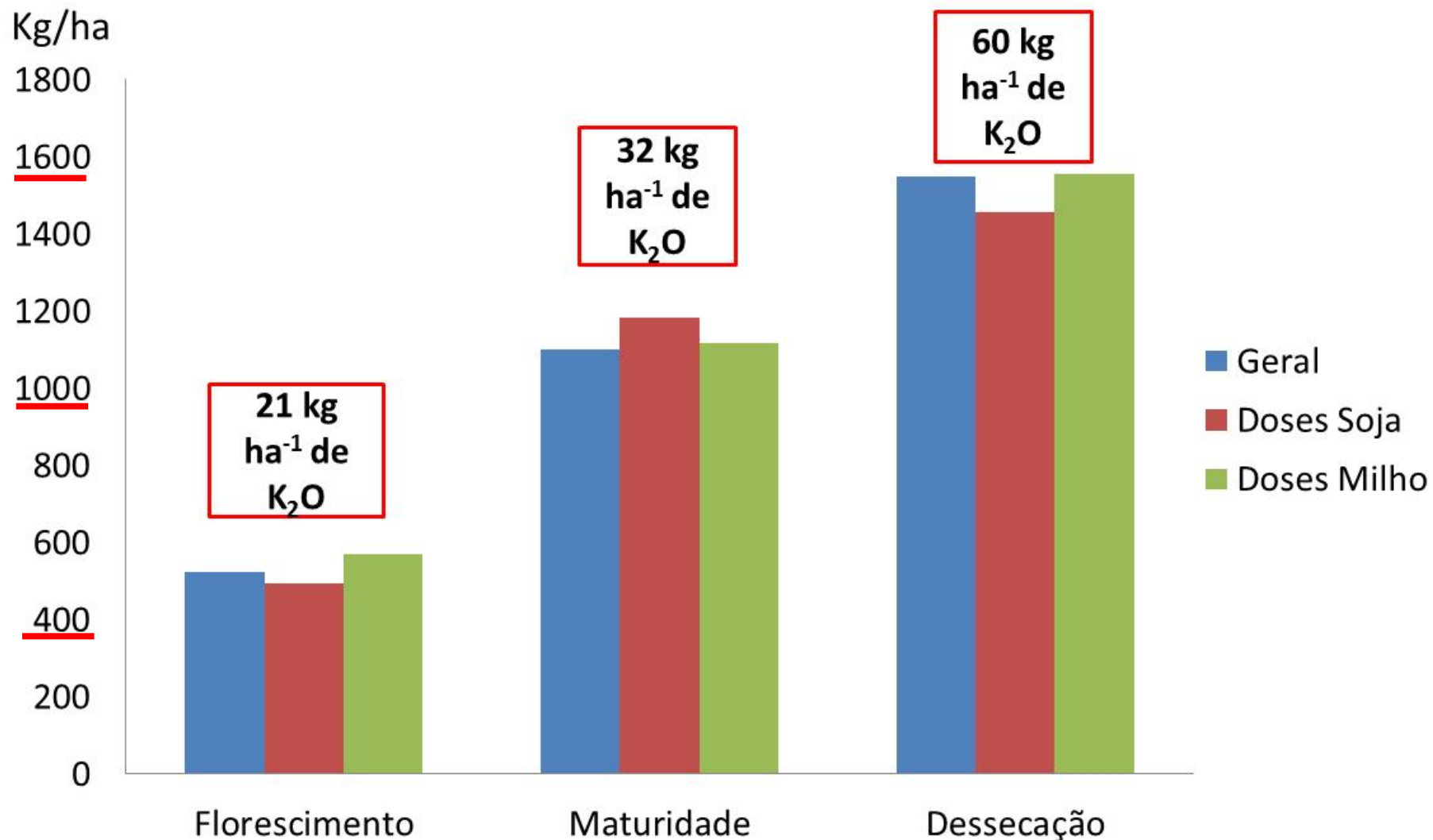


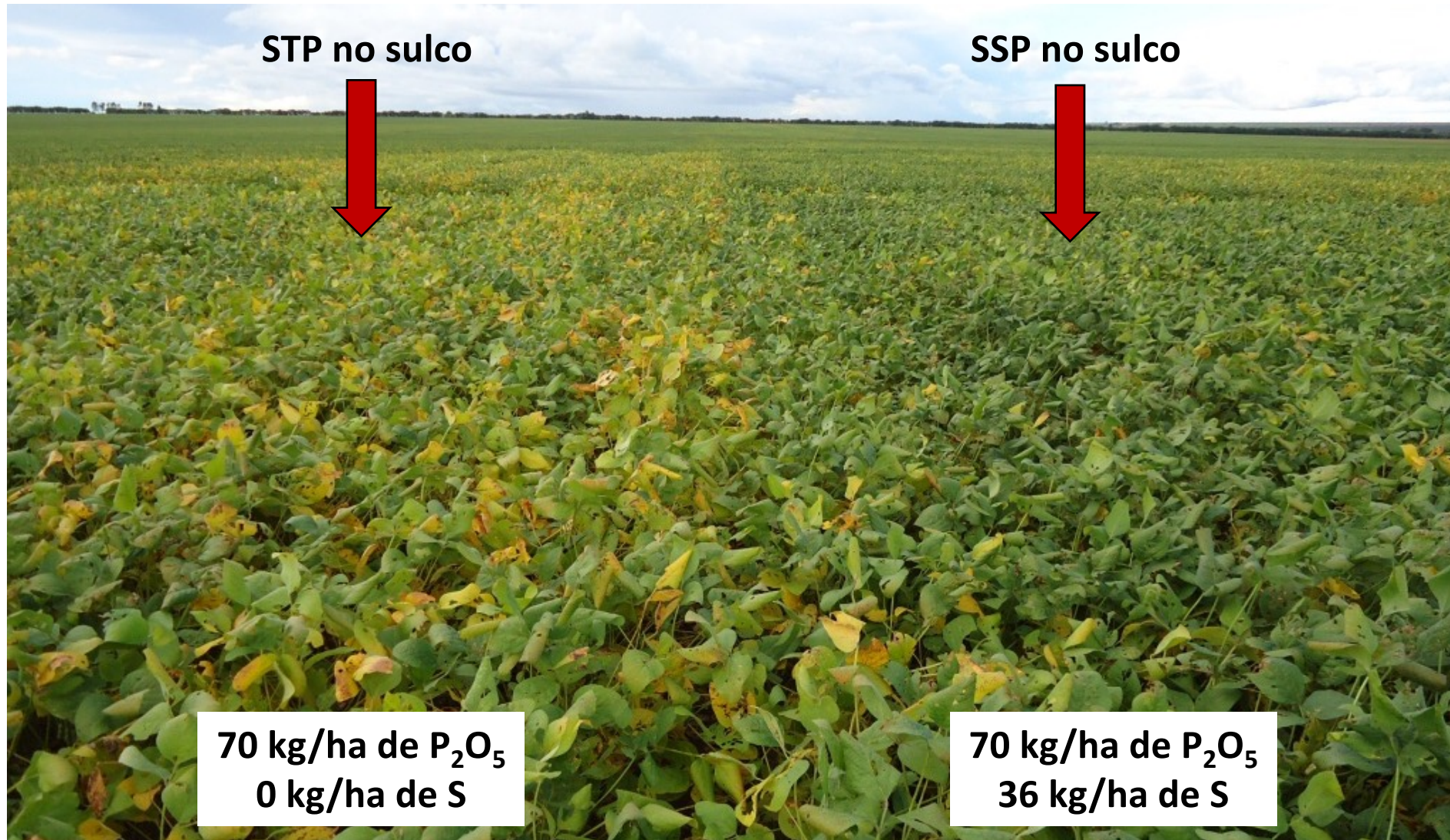
Figure 4. Soil K availability in response to K_2O rates with continuous K application (comparison 1). Crop season 2015-2016. Vertical bars represent standard deviation.

Acúmulo de Massa Seca e Potássio na Braquiária Consortiado com Milho Safrinha – Palmital 2014



Fonte: Duarte et al. (IAC)

Efeito da fonte de S na produtividade de soja





Uso de S-elementar em pastilhas:

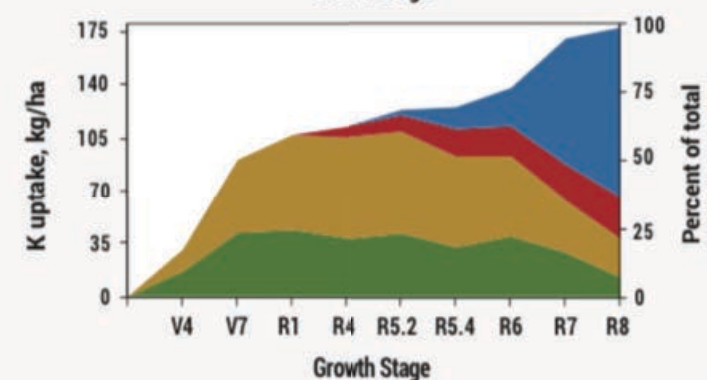
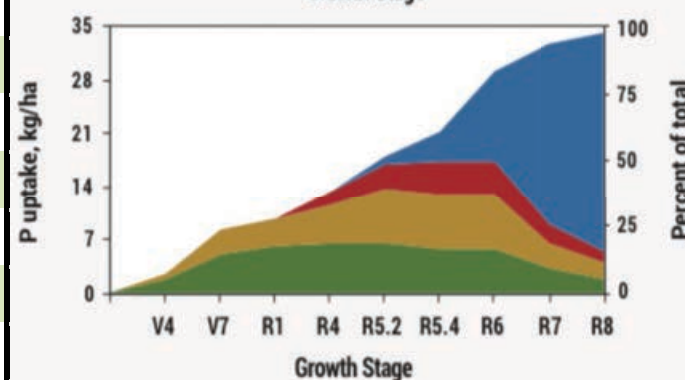
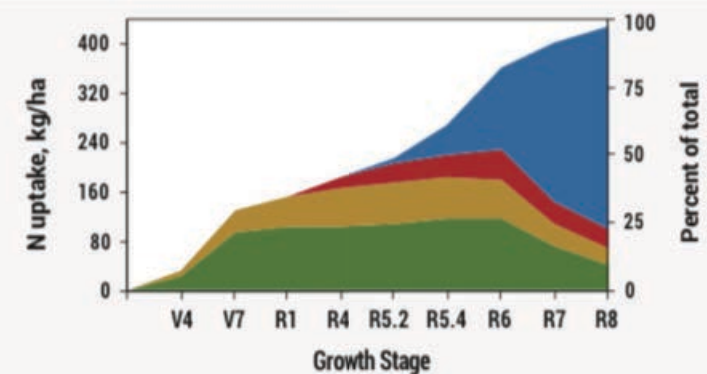
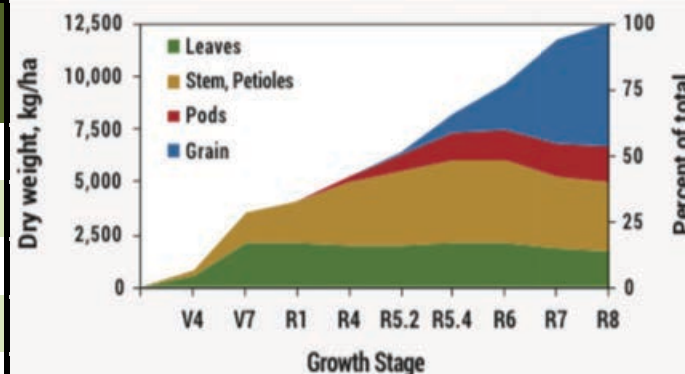
- Doses maiores
- Eficiência depende da atividade microbiana
- Não recomendado como fonte exclusiva de S em solos com muito baixo teor de S

Acúmulo Relativo de NPK e sua Distribuição nas Diferentes Partes da Planta de Soja

(Fonte: Barth et al., 2018)

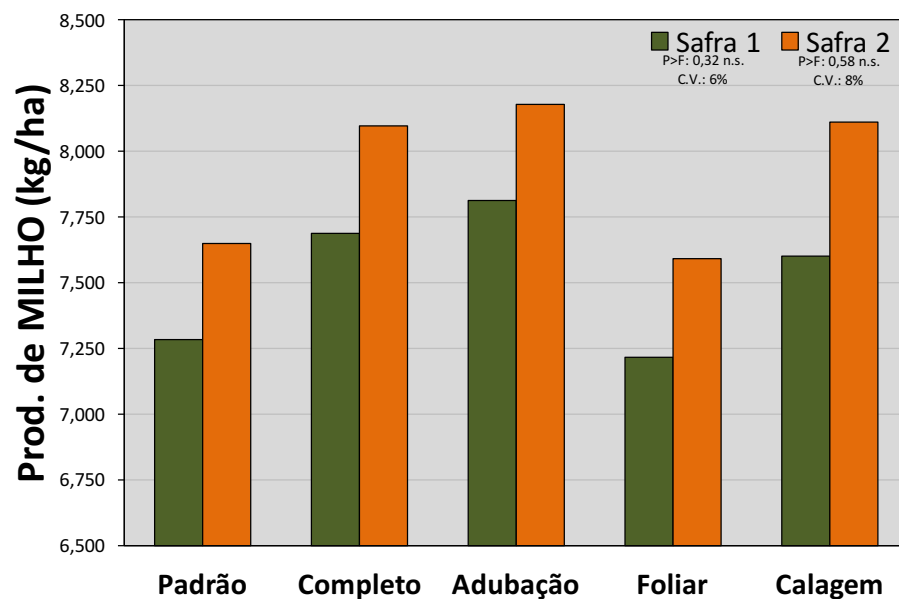
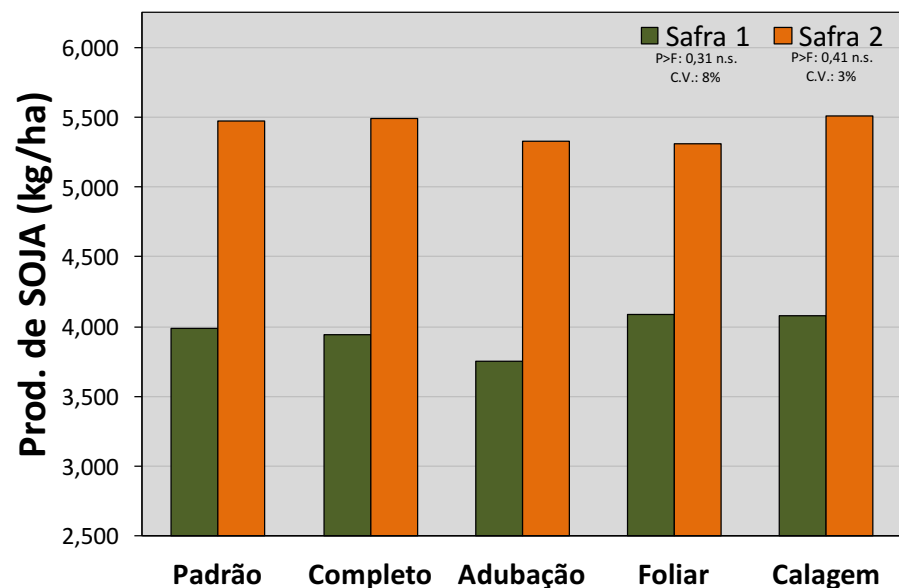
Variedade NA 5909RG com 130 dias de ciclo

Parâmetro	Extração	Exportação	Coefficiente exportação	Máximo acúmulo	Acúmulo após R4
	kg/há		%	Estádio	%
Biomassa	12.554	5.841	-	R5.2	58
N	429	330	57	R5.2	57
P	37	29	4,9	R5.2	61
K	177	112	19	R1	37
Ca	100	19	3,3	R4	55
Mg	43	16	2,7	R5.2	51
S	19	12	2,1	R4	47
	g/há		%	Estádio	%
B	250	89	15	R3	42
Cu	100	62	11	R3	43
Mn	793	140	24	R5.2	54
Zn	344	211	36	R5.2	57



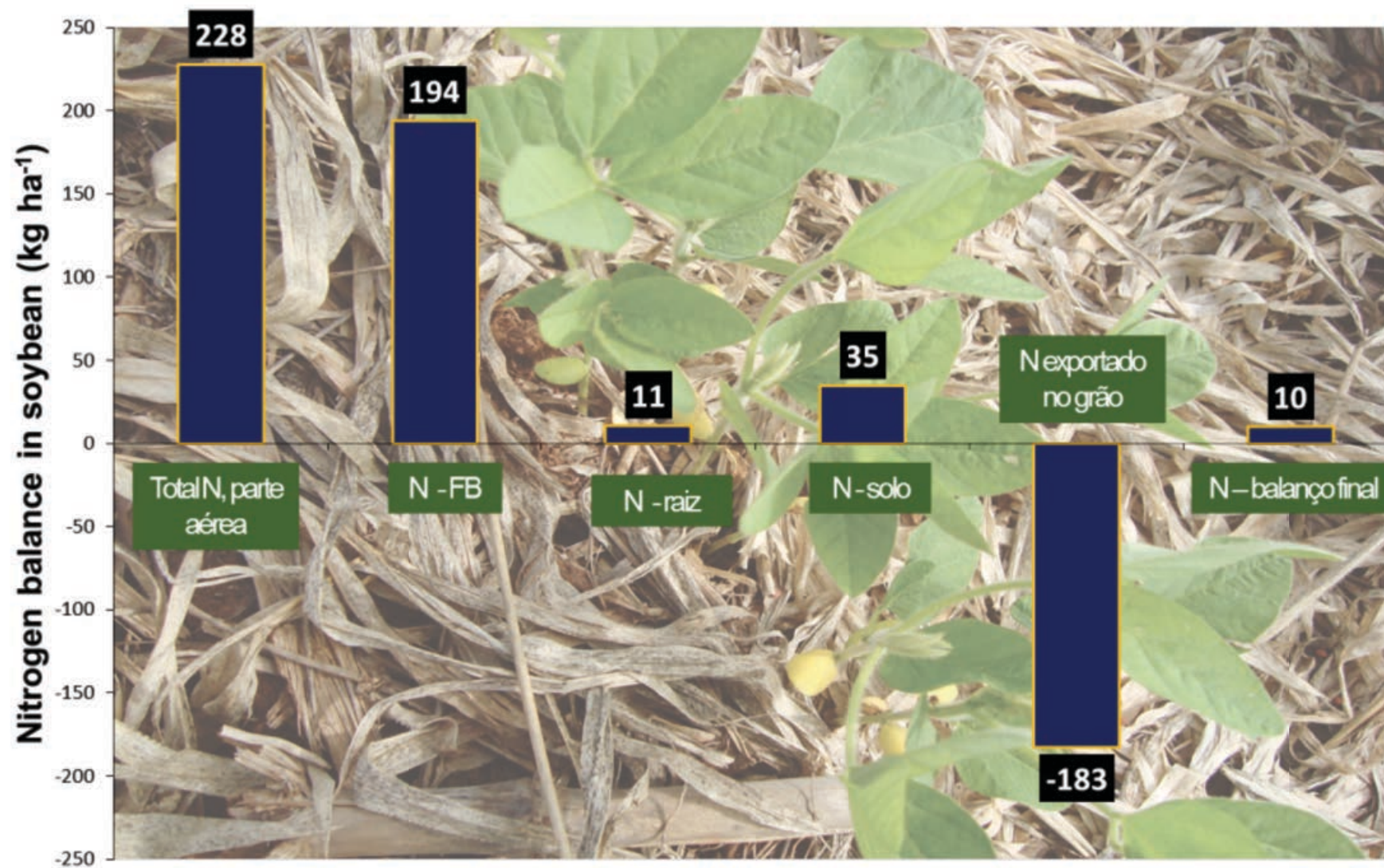
VII
SIMPÓSIO DA
CULTURA
DA SOJA

Fatores envolvidos na alta produtividade de soja



	N	P	K	Ca	Mg	S
Extração (kg/ha)						
Soja (1)	291	24	138	60	30	14
Soja (2)	464	34	212	124	44	17
Milho (1)	280	48	187	60	39	22
Milho (2)	281	46	307	47	42	16
Exportação (kg/ha)						
Soja (1)	212	18	57	12	8	10
Soja (2)	335	22	102	27	14	9
Milho (1)	134	30	45	12	12	9
Milho (2)	164	36	58	3	14	8
Expotação/extração (%)						
Soja	72	68	45	21	29	62
Milho	53	70	22	13	32	44
Extração soja/milho (kg/ha)						
Safr 1	572	72	325	120	69	36
Safr 2	745	80	519	171	86	33
Exportação soja/milho (kg/ha)						
Safr 1	346	47	102	24	20	19
Safr 2	499	58	160	30	27	16
Expotação/extração (%)						
Safr 1	64	69	31	19	30	51
Coeficiente de exportação (kg/t)						
Soja	58,2	4,2	16,9	4,1	2,3	2,0
Milho	19,3	4,3	6,7	1,0	1,7	1,1

Adubação nitrogenada



Source: Oliveira Júnior et al., 2010 (Adapted from Alves et al., 2006)

Adubação nitrogenada na soja

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 **
	M	78,81 **
	D	3,81 *
	I x M	0,06
	I x D	0,66
	M x D	9,56 **
	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.

Fonte: Fundação MT/PMA - Safra 11/12

Tabela 3. Ganhos de produtividade agrícola de grãos de soja, cultivar BRS 133, obtidos com a reinoculação das sementes com inoculantes turfosos e líquidos.

Tratamento	Rendimento de grãos	Valor de referência
	(kg/ha)	(%)
Controle 1 (sem inoculação)	3.007 a	100,0
Controle 2 (Inoculante turfoso IAC)	3.289 a	109,4
Quatro inoculantes turfosos comerciais (média)	3.365 a	111,9
Dois inoculantes líquidos comerciais (média)	3.274 a	108,9
Média de sete inoculantes	3.328	110,7

Fonte: Câmara (2000).



Adubação nitrogenada na soja

Tabela 1. Produtividade agrícola de grãos de soja, cultivar BMX Ativa, precoce com TCD, em função da aplicação de nitrogênio (ureia) na forma granulada ou foliar. Safra 2012/13. Guarapuava, PR, Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária – FAPA, 2013.

Tratamentos	Dose de N (kg ha ⁻¹)	Modo de aplicação	Estádio fenológico	Produtividade agrícola	
				(kg ha ⁻¹)	(sc ha ⁻¹) ¹
T1	0	-	-	6.326 a	105,4
T2	100	Cobertura via solo	V5	5.988 a	99,8
T3	200	Cobertura via solo	V5	6.167 a	102,8
T4	100	Cobertura via solo	R1	5.888 a	98,1
T5	200	Cobertura via solo	R1	6.103 a	101,7
T6	100	Cobertura via solo	R5.3	6.283 a	104,7
T7	200	Cobertura via solo	R5.3	6.475 a	107,9
T8	5	Via foliar	R1	6.260 a	104,3
T9	10	Via foliar	R1	6.004 a	100,0
T10	5	Via foliar	R5.3	6.179 a	103,0
T11	10	Via foliar	R5.3	6.211 a	103,5
Média	-	-	-	6.171	102,9

¹ Produtividade agrícola expressa em sacas de 60 kg de grãos.

Fonte: Fontoura e Barth (2013), adaptada pelo autor.



Adubação nitrogenada

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		kg/ha	sc/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)

Efeito de diferentes coberturas vegetais para a soja

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.

Balanço nutricional



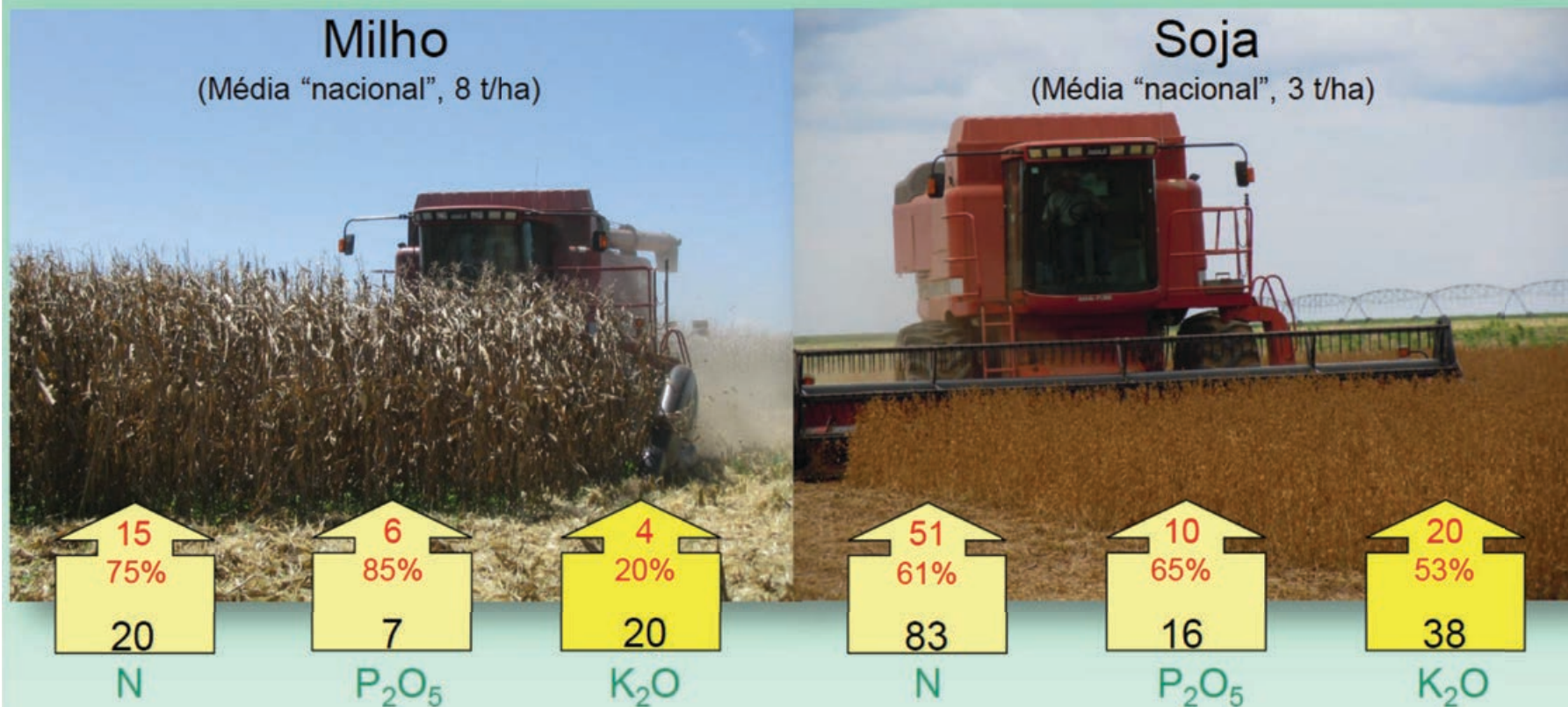
$$\text{Balanço} = (\text{Entradas} - \text{Saídas})$$



Adição > Remoção
uso excessivo dos recursos

Remoção > Adição
exaustão dos recursos

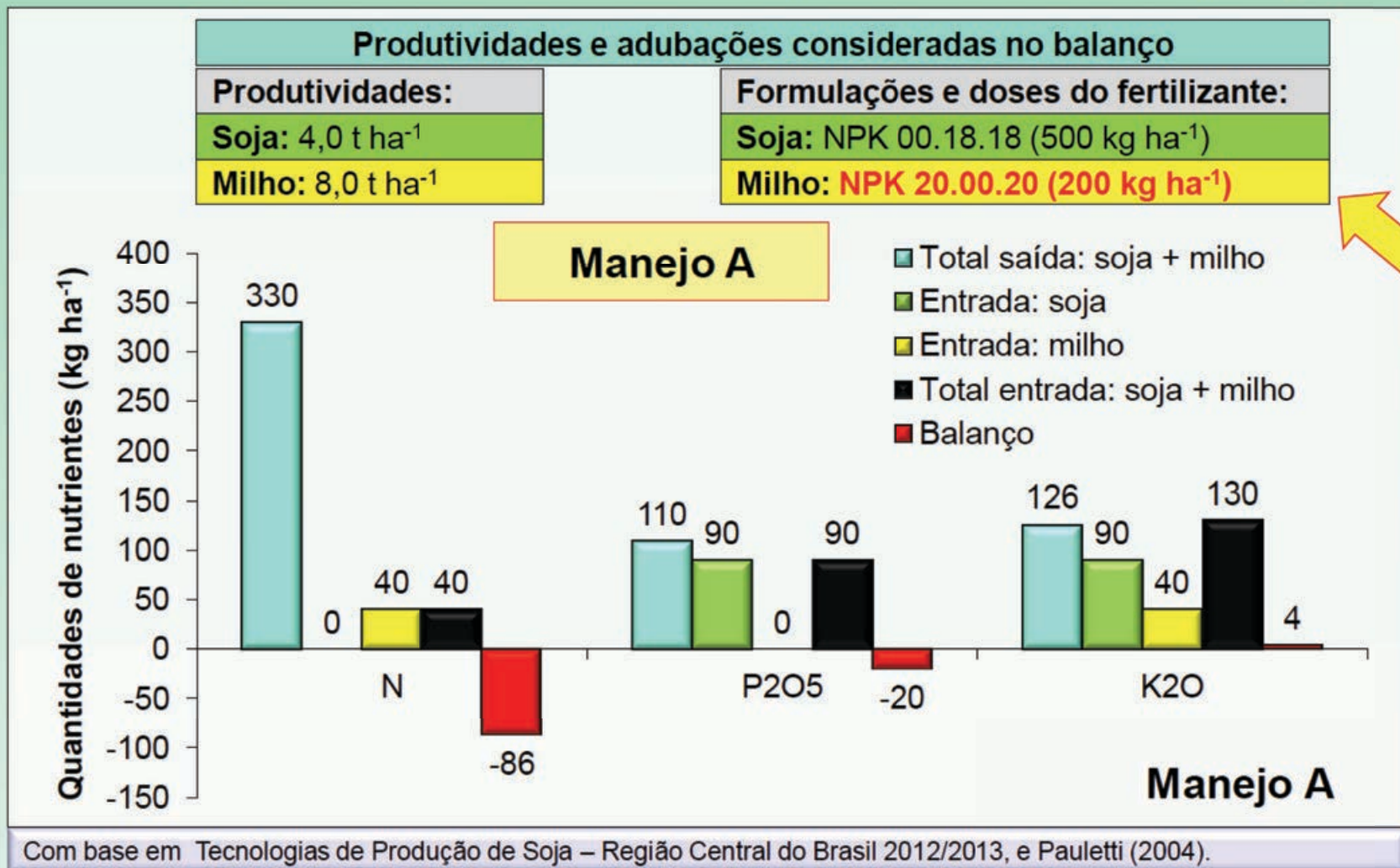
Conhecimento das quantidades de nutrientes extraídas e **exportadas** (kg/t grãos): atualizar dados para as condições locais



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

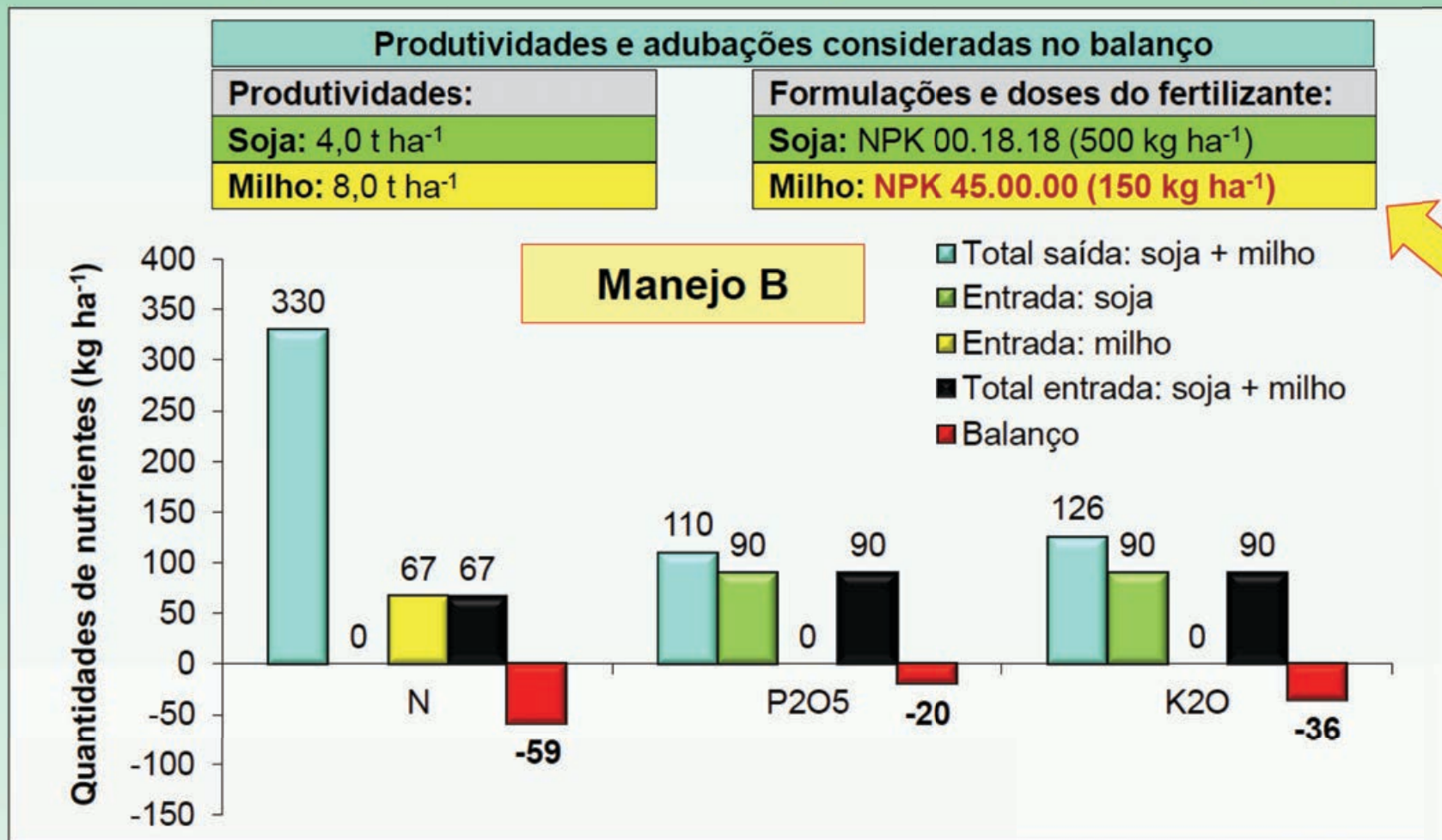
Fonte: Embrapa (2008)

Balanço: tendência de adubações deficitárias (MT)



Fonte: Kappes & Zancanaro (2014)

Balanço: tendência de adubações deficitárias (MT)



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

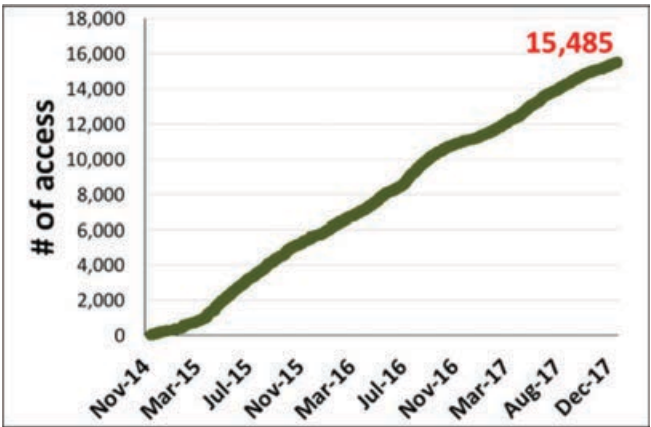
Fonte: Kappes & Zancanaro (2014)

Balanco de Nutrientes nas Culturas: *uma ferramenta agronômica*

<http://brasil.ipni.net>

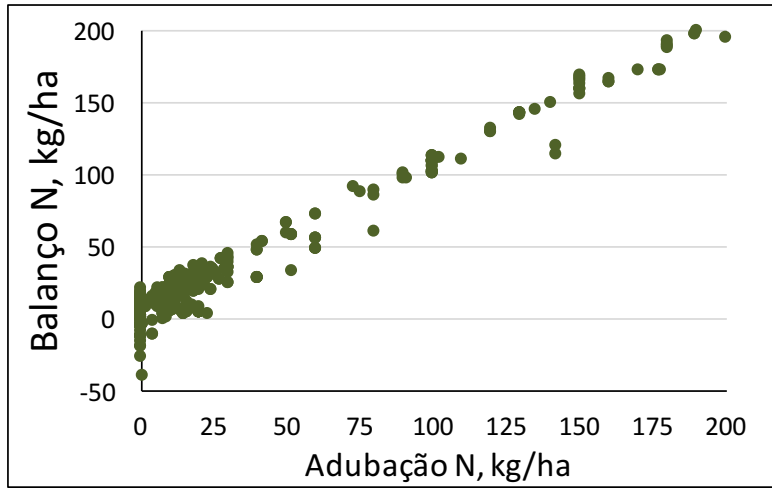


Soja: 52% dos acessos
Milho: 18% dos acessos



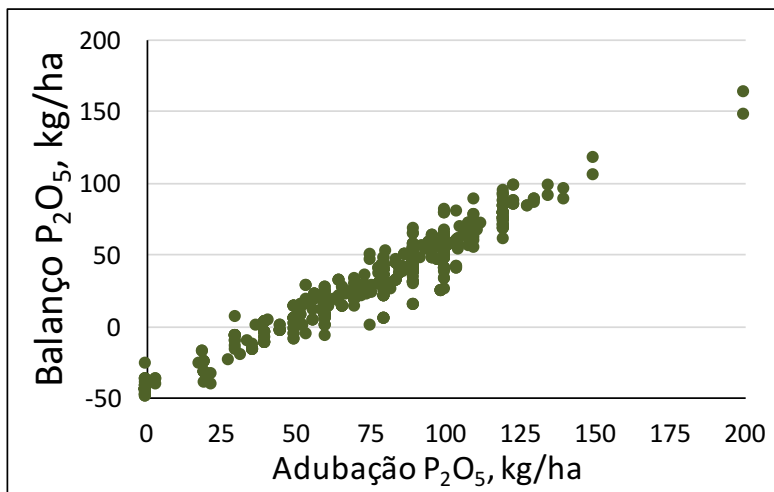
Crop	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
kg/ha				
Soybean	16	82	87	23
Maize	123	87	87	26
Sugarcane	94	77	104	43
Coffee	248	67	187	26
Cotton	124	78	118	42
Rice	77	62	74	22

Soja: monitoramento do balanço de nutrientes



Parâmetros (n=692) kg/ha

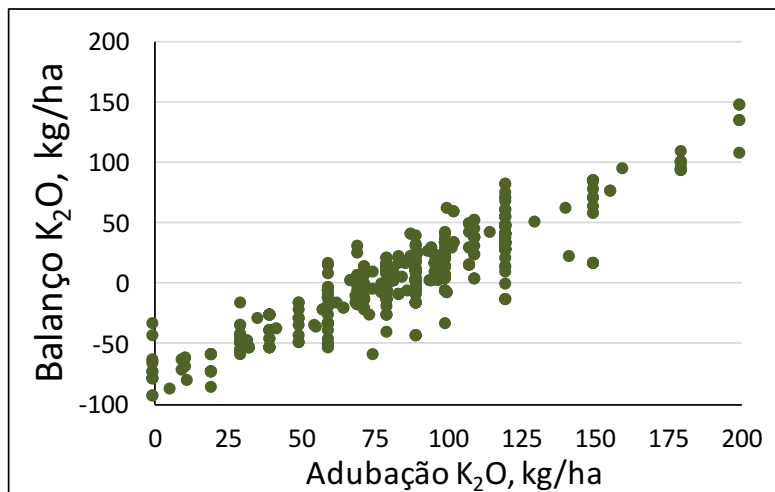
Produtividade	3.625
Exportação	213,1
Balanço Total	8,7
Balanço Adubado	14,1
Balanço Adequado	8,7
Balanço Inadequado	-12,6
Adubação	29,4



Parâmetros (n=692) kg/ha

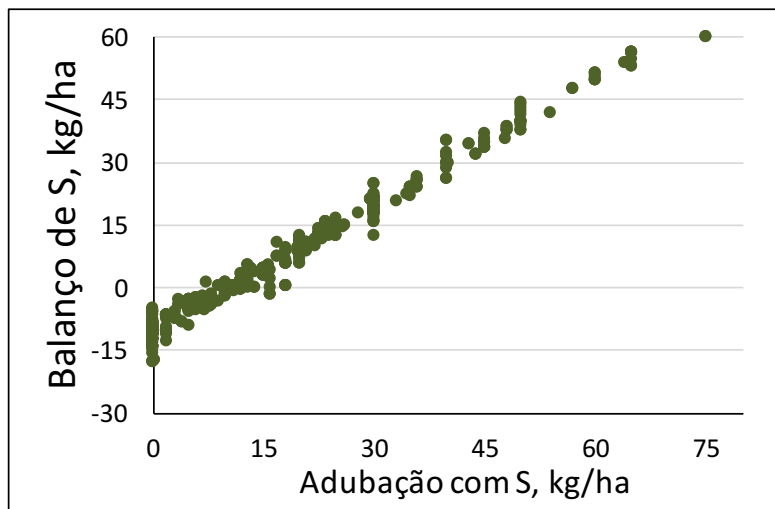
Produtividade	3.625
Exportação	45,3
Balanço Total	44,7
Balanço Adubado	44,7
Adubação	83,8

Soja: monitoramento do balanço de nutrientes



Parâmetros (n=692) kg/ha

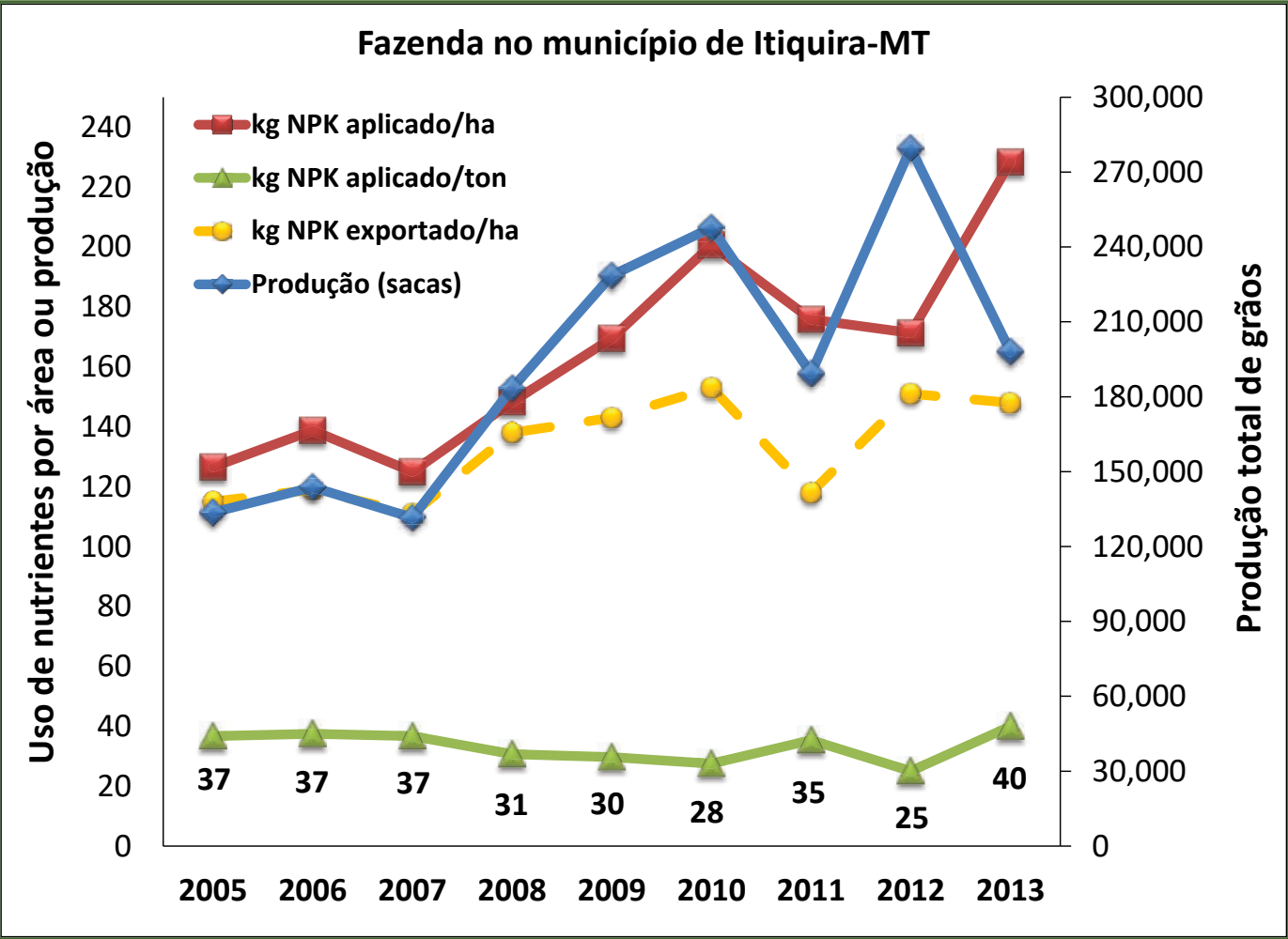
Produtividade	3.625
Exportação	81,2
Balanço Total	-4,8
Balanço Adubado	-4,8
Adubação	90,6



Parâmetros (n=692) kg/ha

Produtividade	3.625
Exportação	10,8
Balanço Total	-10,8
Balanço Adubado	19,2
Adubação	32,6

Balanço de nutrientes na propriedade: *eficiência de uso*



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

Fonte: Joel Hillesheim (2013)

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



Desfrute médio obtido com o uso de fertilizantes (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



Balanço de nutrientes no Brasil (2009-2012): por cultura

Cultura	Desfrute médio (%)		
	N	P₂O₅	K₂O
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



Safra 07/08 - Algodão



Safra 08/09 - Soja



Preparto do solo

Fotos: Márcio Veronese

15 12 2007



22 12 2007

VII
SIMPÓSIO DA
CULTURA
DA SOJA

Consórcio Braquiária+Crotalária



Fotos: Márcio Veronese



VII
SIMPÓSIO DA
CULTURA
DA SOJA

Manejo biológico do solo: estudo de caso

**Mudança provocada:
Manejo priorizando
ativação biológica do solo!**



Fotos: Márcio Veronese



VII
SIMPÓSIO DA
CULTURA
DA SOJA



VII
SIMPÓSIO DA
CULTURA
DA SOJA

OBRIGADO



INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

Website:

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

Phone:

55 (66) 99932-8848
55 (19) 98723-0699