

11759

CNPQ

2004

FL-11759

Documentos

ISSN 1516-781X

Novembro, 2004

240

Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja 2003

Solos

Resultados de pesquisa da

2004

FL-11759



40638-1

embrapa

Soja



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

Roberto Rodrigues

Ministro

**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO**

José Amauri Dimarzio

Presidente

Clayton Campanhola

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Hélio Tollini

Ernesto Paterniani

Luiz Fernando Rigato Vasconcellos

Membros

Mauro Motta Durante

Secretário Geral

DIRETORIA-EXECUTIVA DA EMBRAPA

Clayton Campanhola

Diretor-Presidente

Mariza Marilena Tanajura Luz Barbosa

Gustavo Kauark Chianca

Herbert Cavalcante de Lima

Diretores

EMBRAPA SOJA

Vania Beatriz Rodrigues Castiglioni

Chefe Geral

João Flávio Veloso Silva

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Norman Neumaier

Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios

Heveraldo Camargo Mello

Chefe Adjunto de Administração

Exemplares desta publicação podem ser solicitadas a:

Área de Negócios Tecnológicos da Embrapa Soja

Caixa Postal 231 - CEP 86 001-970

Telefone (43) 3371 6000 Fax (43) 3371 6100 Londrina, PR

e-mail: sac@cnpso.embrapa.br

As informações contidas neste documento somente
poderão ser reproduzidas com a autorização expressa
do Comitê de Publicações da Embrapa Soja



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Soja
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1516-781X
Novembro, 2004

Documentos240

Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja - 2003

Solos

Organizado por:

**Odilon Ferreira Saraiva
Embrapa Soja**

**Londrina, PR
2004**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231

86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6000 - Fax: 3371-6100

<http://www.cnpso.embrapa.br>

E-mail: sac@cnpso.embrapa.br

Comitê de Publicações da Embrapa Soja

Presidente: *João Flávio Veloso Silva*

Secretária executiva: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros: *Clara Beatriz Hoffmann-Campo*

George Gardner Brown

Waldir Pereira Dias

Ivan Carlos Corso

Décio Luis Gazzoni

Manoel Carlos Bassoi

Geraldo Estevam de Souza Carneiro

Léo Pires Ferreira

Supervisor editorial: *Odilon Ferreira Saraiva*

Normalização bibliográfica: *Ademir Benedito Alves de Lima*

Editoração eletrônica: *Neide Makiko Furukawa*

Capa: *Daniilo Estevão*

1ª Edição

1ª impressão 11/2004: tiragem: 150 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Resultados de pesquisa da Embrapa Soja – 2003: solos / organizado por Odilon Ferreira Saraiva. - Londrina: Embrapa Soja, 2004.

37p. ; 21cm. - (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.240)

1.Solo. 2.Soja-Solo-Brasil. I.Saraiva, Odilon Ferreira (Org.). III.Título. IV.Série.

CDD 631.4

© Embrapa 2004

Apresentação

A publicação *Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja*, editada anualmente, é onde os pesquisadores relatam os principais resultados e avanços obtidos, no último ano, em seus projetos de pesquisa e de transferência de tecnologia em soja, girassol e trigo. Tem como principal objetivo registrar nossa memória técnica e informar pesquisadores, professores, assistência técnica e demais interessados sobre o andamento das pesquisas durante a última safra. Muitos desses resultados são oriundos de trabalhos em andamento e, portanto, ainda não conclusivos. Sendo assim, a utilização das informações contidas nesta publicação deve ser feita com cuidado. As tecnologias prontas para utilização a campo são discutidas em reuniões específicas e repassadas para a assistência técnica e para os produtores rurais, como Sistemas de Produção ou outras publicações das séries Documentos ou Circular Técnica. As de caráter emergencial são divulgadas na forma de Comunicado Técnico e na *home page* da Embrapa Soja. Os resultados de interesse para a comunidade científica são publicados em revistas periódicas especializadas, de alcances nacional e internacional.

Para facilitar o manuseio, a publicação foi dividida em vários volumes, contemplando os resultados dos projetos de uma área específica de conhecimento ou de áreas correlatas. O presente volume apresenta os resultados obtidos em 2003, na área de Solos.

João Flávio Veloso Silva

*Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Soja*

Sumário

1 FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO MINERAL DA SOJA PARA SISTEMAS SUSTENTÁVEIS DE PRODUÇÃO EM SEMEADURA DIRETA E CONVENCIONAL	7
1.1 Potássio no solo e nutrição mineral na sucessão soja-trigo, em sistema de semeadura direta (04.2000.326.01)	9
1.2 Produtividade e análise de alternativas para a nutrição da soja em Latossolo Vermelho Distroférico sob semeadura direta (04.2000.326.02)	14
1.3 Adubação e nutrição da soja em solos tropicais de baixa latitude, em semeadura direta e convencional (04.2000.326.03)	16
1.4 Adubação da soja com macro e micronutrientes e manejo da fertilidade do solo em rotação de culturas em solos do Brasil (04.2000.326.04)	26
1.5 Estudo da disponibilidade de enxofre para a cultura da soja em solos do Brasil (04.2000.326-05)	32

FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO MINERAL DA SOJA PARA SISTEMAS SUSTENTÁVEIS DE PRODUÇÃO EM SEMEADURA DIRETA E CONVENCIONAL

Nº do Projeto: 04.2000.326

Líder: Clóvis Manuel Borkert

Nº de subprojetos que compõem o projeto: 08

Unidades/Instituições participantes: Embrapa Soja; Embrapa Soja - Campo Experimental de Balsas; Embrapa-SNT Escritório de Negócios de Ponta Grossa; JIRCAS - Japan International Research Center for Agricultural Sciences; Fundação Centro-Oeste; FAPCEN - Fundação de Apoio a Pesquisa do Corredor de Exportação Norte; COAMO - Cooperativa Agropecuária Mourãoense Ltda.; SL Sementes de Mauá da Serra; Sementes Polato; Fazenda Bahia, Rondonópolis, MT; Fazenda Agroserra, MA; Fazenda Charles, MA; Fazenda Parnaíba, MA; Fazenda São Luís, PI.

A área cultivada de soja no Brasil é de aproximadamente 20 milhões de hectares, estendendo-se de sul a norte e com tendência de aumento da área, principalmente, no centro-oeste, no norte e nordeste do País. Apesar da diversidade edafoclimática das condições de cultivo, a maior parte dos solos onde cultiva-se a soja tem problemas de fertilidade e os insumos, calcário e adubos macro e micronutrientes, constituem cerca de 35% dos custos de implantação da lavoura. Esse valor pode ser até mais elevado nas novas áreas que estão sendo incorporadas ao processo produtivo, principalmente nos Cerrados, que são totalmente dependentes da aplicação significativa de fertilizantes convencionais.

Estudos relacionados à dinâmica dos nutrientes no solo e à resposta das culturas à adubação em sistemas de semeadura direta, sucessão/rotação, são fundamentais ao contexto atual da sojicultura, principalmente nas regiões de fronteira agrícola, onde a utilização intensiva de solos altamente pobres e suscetíveis aos processos erosivo e de lixiviação requer maior eficiência de adubação associada ao manejo conservacionista do solo. Assim, o uso racional do solo e dos insumos

a ele aplicados pode promover a sustentabilidade econômica e ambiental do sistema produtivo da soja e constitui-se no principal objetivo deste projeto.

Nas safras 1999/00 a 2002/03, ficou evidenciada a falta de resposta da soja, do trigo, do girassol e do milho à adubação potássica em cobertura em solos argilosos do Paraná. Também, em solos de textura média do Mato Grosso, não houve resposta da soja e do girassol à aplicação de K em cobertura. Nos solos com teores baixos a muito baixos de potássio, as doses 120 a 160 kg.ha⁻¹ de K₂O por ano foram indispensáveis para manter altas produtividades da soja, sem reduzir a produtividade das culturas envolvidas na sucessão/rotação. Contudo, aplicações superiores a 160 kg.ha⁻¹ de K₂O nos cultivos de soja contribuíram para a lixiviação de K⁺ para as camadas subsuperficiais, nos solos de textura média.

Na sucessão soja-trigo nos Latossolos vermelhos distróficos e distroférricos do Paraná, em condição climática favorável, verificou-se que a soja se beneficia das adubações nas culturas anteriores. Produtividades elevadas de soja podem ser obtidas mantendo-se o P e K acima dos níveis críticos (6 mg.dm⁻³ e 0,20cmol_c.dm⁻³), possibilitando, ainda, manter a produtividade, mesmo com redução dos gastos com a adubação, quando o solo apresentar padrão de fertilidade superior aos níveis críticos desses nutrientes. Contudo, essa prática não deve ser repetida seqüencialmente, para evitar o empobrecimento do solo em nutrientes.

A aplicação de B, Cu, Mn e Zn no solo tem apresentado influência reduzida na produtividade da soja, nos diferentes ambientes de estudo, com variações edafoclimáticas e na condição de acidez do solo. O efeito residual desses micronutrientes foi monitorado no Maranhão, em Roraima, no Mato Grosso e no Paraná, por quatro anos, indicando ausência de resposta nos teores no solo, no rendimento de grãos e nas concentrações nutricionais nas folhas e nos grãos de soja.

Nos experimentos de disponibilidade e de resposta a S, em dois locais no PR e no MA, foram observadas respostas inconsistentes e dependentes das condições edafoclimáticas. Contudo, as respostas sempre superaram a dose de manutenção quando os níveis de S na camadas superficiais e subsuperficiais encontravam-se baixos.

1.1 Potássio no solo e nutrição mineral na sucessão soja-trigo, em sistema de semeadura direta (04.2000.326-01)

Fábio Alvares de Oliveira; Clóvis Manuel Borkert; César de Castro;
Gedi Jorge Sfredo; Adilson de Oliveira Junior¹

A produção de soja e milho do Paraná ocupa 5,3 milhões ha, grande parte sob semeadura direta em Latossolos Vermelhos eutroféricos, distroféricos e aluminoféricos (LVef, LVdf e LVaf) e em Latossolos Vermelhos distróficos (LVd), que juntos representam 28 % da área total do Estado do Paraná e mais da metade dos solos agricultáveis. Desde o início da década de sessenta, esses solos têm sido cultivados intensamente, de maneira a promover um esgotamento da fertilidade natural pelo processo de exportação de nutrientes pelas culturas. Assim, atualmente, produções elevadas somente são obtidas com investimentos altos em adubações minerais corretivas. O nutriente mais rapidamente exaurido nos últimos anos foi o potássio, principalmente pela falta de resposta à adubação nestes solos quando os níveis eram elevados.

Com a necessidade de reposição do potássio do solo para a manutenção das produções elevadas nos sistemas de sucessão/rotação de culturas para a produção de grãos, questionamentos sobre a quantidade e a forma de aplicação se tornaram freqüentes. Com o objetivo de avaliar a necessidade de parcelamento da aplicação de potássio, foram instalados experimentos de 1999/00 a 2002/03, em quatro solos preparados com calagem para a elevação da saturação por bases a 70%, nos municípios de Mauá da Serra (LVdf, textura muito argilosa), de Campo Mourão (LVaf, textura muito argilosa), em Londrina (LVef, textura muito argilosa) e de Ponta Grossa (LVd, textura argilosa). Os quatro solos apresentavam histórico de cultivo durante 11 anos com soja e trigo, girassol e milho, e disponibilidade muito baixa de K devido ao esgotamento da fertilidade natural. Semestral-

¹ Doutorando USP/ESALQ, Piracicaba, SP

mente, as características químicas dos solos foram determinadas nas profundidades de 0 – 20 e 20 – 40 cm: pH (CaCl_2), Al, Ca, Mg (KCl 1 mol/L) e K trocáveis (Mehlich 1).

Os tratamentos foram aplicados anualmente e variaram as quantidades de K aplicadas à lanço até o máximo de $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K_2O , em duas épocas, na semeadura (LS), ou $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ na semeadura e o restante em cobertura aos 30 DAE (LS + C).

Nas safras de verão 2002/03 e de inverno 2003, não foram observadas diferenças no rendimento de grãos (Figuras 1.1 e 1.2), em função da época de aplicação do potássio.

Os resultados obtidos na safra de verão em Londrina, em Campo Mourão e em Ponta Grossa foram influenciados por períodos prolongados de seca e reduziram a produção de grãos. As estimativas das quantidades de potássio aplicadas para atingir 90% da produção relativa, equivalente à máxima eficiência econômica das culturas de verão, girassol e soja, e também de inverno, milho e trigo, indicaram a necessidade de

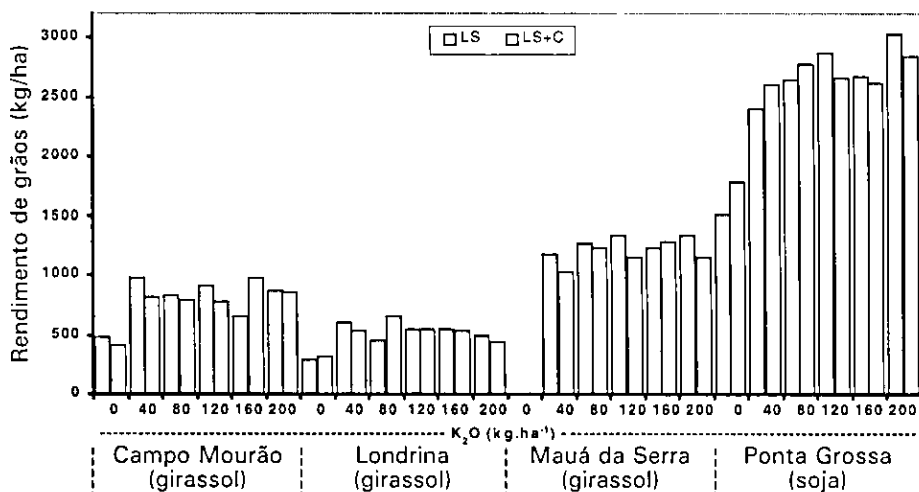


FIG. 1.1. Produtividade das culturas de verão em resposta às doses e à forma de aplicação de potássio, em Campo Mourão, Mauá da Serra, Londrina e Ponta Grossa, safra 2002/03. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2004.

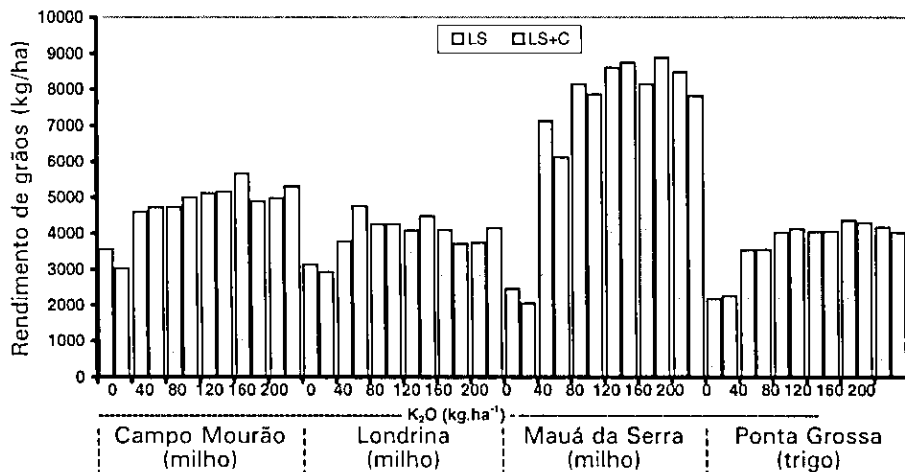


FIG. 1.2. Produtividade das culturas de inverno em resposta às doses e à forma de aplicação de potássio, em Campo Mourão, Mauá da Serra, Londrina e Ponta Grossa, safra 2002/03. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2004.

adubação com 60 a 80 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O , resultando no fornecimento anual de 120 a 160 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O , para a manutenção de altas produtividades da soja e das culturas do sistema de sucessão/rotação soja-trigo-girassol-milho (Tabela 1.1).

Nos quatro anos em que os experimentos de potássio foram conduzidos no campo, também não foram observados efeito de potássio aplicado em cobertura no peso de 100 sementes e no teor de K nas folhas, comparado ao K aplicado todo na semeadura.

Juntamente com os estudos de resposta à adubação potássica, foi realizado o monitoramento da disponibilidade de potássio no perfil do solo. Nos solos com mais de 700 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de argila e com $\text{CTC} > 11 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$, a disponibilidade de potássio foi elevada, significativamente na camada 0 – 20 cm, com o aumento das quantidades aplicadas. A movimentação de K no perfil de solo somente foi verificada com a aplicação de quantidades iguais ou superiores a 120 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O , promovendo a elevação dos teores de K, na camada 20 – 40 cm (Figura 1.3). Nos horizontes mais profundos desses solos, a lixiviação de K

TABELA 1.1. Produtividade das culturas de verão e inverno em resposta à aplicação de potássio, em Campo Mourão, Mauá da Serra, Londrina e Ponta Grossa, safra 2002/03. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2004.

Tratamentos		Campo Mourão		Mauá da Serra		Londrina		Ponta Grossa	
Verão	Inverno	Girassol	Milho	Girassol	Milho	Girassol	Milho	Soja	Trigo
K ₂ O (kg.ha ⁻¹)		Produtividade (kg.ha ⁻¹)							
0	0	451	3295	-	2243	307	3031	1647	2206
40	40	892	4662	1100	6632	569	4266	2502	3534
80	80	806	4872	1242	8003	551	4250	2706	4074
120	120	843	5144	1241	8676	547	4276	2764	4043
160	160	815	5288	1253	8515	539	3898	2645	4323
200	200	858	5148	1241	8150	466	3945	2934	4086
Média		777	4735	1215	7037	497	3944	2533	3711

* Valores em destaque indicam quantidades de potássio para atingir a máxima eficiência econômica.

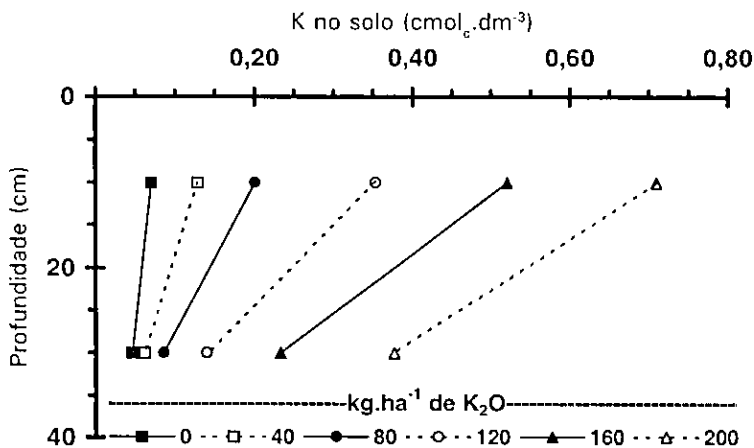


FIG. 1.3. Teores médios de K-trocável no perfil de quatro latossolos argilosos do Paraná (LVef, LVdf, LVaf, LVd), submetidos à adubação potássica. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2004.

é bastante reduzida, em função das características físico-químicas, que determinam a movimentação de água e a capacidade de retenção de nutrientes.

Portanto, para as quatro culturas testadas, soja, trigo, milho e girassol, não há respostas nem vantagens para a aplicação de potássio em cobertura nos solos de textura média e argilosa avaliados no Paraná.

A melhor prática consiste em aplicar todo K no momento da semeadura, à lanço ou no sulco. Nesse último caso, devem-se evitar doses superiores a 80 kg.ha⁻¹ de K₂O, pelo efeito salino promovido pelo KCl sobre a germinação da semente. Desse modo, reduzem-se os custos de uma operação adicional e evitam-se possíveis danos às plantas, pelo tráfego de máquinas sobre a lavoura.



1.2 Produtividade e análise de alternativas para a nutrição da soja em Latossolo Vermelho Distroférico sob semeadura direta (04.2000.326-02)

Fábio Alvares de Oliveira; Àureo Francisco Lantmann¹; Cesar de Castro, Clóvis Manuel Borkert, Gedi Jorge Sfredo

O principal sistema de produção agrícola no Estado do Paraná envolve sucessão e rotação das culturas, soja, trigo, milho e aveia preta. A manutenção da sustentabilidade de produção dessas culturas exige o uso racional de fertilizantes, para garantir o equilíbrio nutricional das plantas e a conservação da fertilidade do solo. Para alcançar esses objetivos, é necessário identificar claramente os fatores limitantes da produção. Assim, é possível, de maneira técnica e econômica, ajustar as práticas de adubação mais eficientes para cada cultura.

A redução do consumo de fertilizantes e até mesmo o cultivo agrícola sem adubação, pode ser praticado eventualmente, em solos originalmente férteis, sem que isso afete a produtividade da soja e das culturas sucessoras. Porém, essa prática depende de um acompanhamento técnico para não promover o esgotamento da fertilidade do solo e, com o tempo, inviabilizar o sistema produtivo.

Os estudos de adubação do sistema de produção com soja/trigo em semeadura direta foram executados, em Londrina, em Latossolo Vermelho distroférico, com o objetivo de avaliar o potencial de fertilidade do solo, a necessidade de adubações fosfatada e potássica para a soja, nas situações de ausência e presença de adubações no cultivo de trigo, e avaliar a capacidade de aproveitamento, pelas culturas da soja e do trigo, de adubações efetuadas para a cultura anterior.

As maiores produtividades foram obtidas quando a soja e também o trigo, cultivado anteriormente, foram adubados com P e com K. No entanto, a produção da soja não foi aumentada significativamente pela adubação fosfatada ou potássica, nos tratamentos com histórico de

¹ Engenheiro Agrônomo, consultor da Embrapa Soja.

adubação completa na cultura de trigo anterior, quando os níveis de fertilidade encontravam-se adequados (Tabela 1.2). Isso evidencia o efeito residual dos fertilizantes e a capacidade da soja de exploração da fertilidade do Latossolo Vermelho distroférico, sob sistema de cultivo em semeadura direta. No entanto, na ausência da adubação, a disponibilidade dos nutrientes no solo foi reduzida, atingindo valores próximos aos níveis críticos ($6,0 \text{ mg.dm}^{-3}$ de P e $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K, respectivamente).

A resposta à adubação com fósforo foi verificada quando os níveis de P no solos encontravam-se abaixo de 7 e $7,9 \text{ mg.dm}^{-3}$, respectivamente, na ausência e na presença de adubação potássica na soja. Nesse

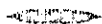
TABELA 1.2. Produtividade da soja e concentração de fósforo e potássio na camada 0-20 cm do solo, em função de fertilizantes aplicados para a sucessão soja-trigo, em semeadura direta, em Latossolo Vermelho distroférico, na safra 2002/03. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2004.

Tratamentos				Produtividade (kg.ha^{-1})	Fósforo (mg.dm^{-3})	Potássio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)
Soja		Trigo				
P ₂ O ₅ (kg.ha^{-1})	K ₂ O (kg.ha^{-1})	P ₂ O ₅ (kg.ha^{-1})	K ₂ O (kg.ha^{-1})			
0	0	0	0	1837 c	3,9	0,07
0	0	50	30	2234 bc	7,0	0,08
0	0	50	0	1743 c	10,2	0,07
0	0	0	30	1455 c	3,2	0,09
30	0	50	30	2405ab	12,6	0,19
60	0	50	30	2767ab	21,3	0,10
0	40	50	30	2362 bc	7,9	0,28
0	80	50	30	2580ab	8,7	0,33
30	40	50	30	2900a	11,7	0,23
60	80	50	30	3166a	21,1	0,37

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

primeiro caso, o potássio apresentava-se como nutriente limitante ($0,08 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), interferindo diretamente na resposta ao fósforo. A resposta à adubação potássica somente foi verificada com $80 \text{ kg}.\text{ha}^{-1}$ de K_2O , na ausência de adubação fosfatada. Quando o fósforo foi aplicado, e os níveis no solo superaram $11,7 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$ de P, não houve resposta ao K, mesmo com os teores no solo elevando-se de 0,10 para até 0,37 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$. Por isso, a interpretação correta da fertilidade do solo e a adubação equilibrada são fundamentais para a obtenção de respostas econômicas à adubação da soja.

Pela diagnose nutricional, não foram verificadas grandes alterações no estado nutricional das plantas decorrentes da variação nas quantidades e épocas de adubação realizadas (Tabela 1.3). Mesmo na ausência de adubação na cultura da soja, os níveis de fósforo e de potássio nas folhas encontravam-se adequados. No entanto, os resultados sugerem ter havido efeito de concentração de fósforo nas folhas das plantas não adubadas, que tiveram menor desenvolvimento e menor produção de grãos.



1.3 Adubação e nutrição da soja em solos tropicais de baixa latitude, em semeadura direta e convencional (04.2000.326-03)

Dirceu Klepker; Clóvis Manuel Borkert; Gedi Jorge Sfredo;
Adilson de Oliveira Júnior¹

Os solos de cerrado das regiões sul do Maranhão e sudoeste do Piauí são originalmente ácidos e de baixa fertilidade, necessitando de correção da acidez e da fertilidade para o cultivo de soja e outros grãos. Os altos preços dos fertilizantes e corretivos, aliados à infra-estrutura viária precária, resultam em elevados custos de produção, onde o item

¹ Doutorando USP/ESALQ, Piracicaba, SP.

TABELA 1.3. Concentração de nutrientes nas folhas, em função de fertilizantes aplicados para a sucessão soja-trigo, em solo Latossolo Vermelho distroférrico, na safra 2002/03. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2004.

Tratamentos		Concentração de nutrientes em folhas												
Soja		Trigo												
P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Mn	Fe	Cu	B
(kg ha ⁻¹)		(kg ha ⁻¹)		(mg kg ⁻¹)										
0	0	0	0	42	2,5	20	9,2	4,3	2,0	66	233	348	11	45
0	0	50	30	39	2,7	21	8,8	4,0	2,0	63	213	358	11	50
0	0	50	0	44	3,1	21	10,0	5,0	2,0	60	173	476	13	54
0	0	0	30	46	3,6	20	8,8	4,4	1,9	51	201	311	11	45
30	0	50	30	43	2,8	24	8,1	4,3	1,5	57	142	222	9	46
60	0	50	30	44	2,9	24	8,1	4,1	1,8	56	143	362	8	46
0	40	50	30	43	2,2	20	8,5	4,1	1,7	50	133	261	7	50
0	80	50	30	42	2,2	21	6,7	3,3	1,8	64	163	117	9	36
30	40	50	30	43	2,5	20	7,5	3,6	1,8	57	135	118	10	38
60	80	50	30	43	2,5	21	6,9	3,1	1,7	49	123	105	9	28

fertilizantes e corretivos representa até 50 % do custo total de produção. Em função disso e da falta de informações regionais, vêm sendo realizadas diversas ações de pesquisa, no sentido de obter informações tecnológicas e aumentar a competitividade da soja na região. Desse modo, os objetivos dos trabalhos realizados foram obter informações regionais sobre calagem, adubações fosfatada e potássica, micronutrientes e manejo do solo. Os resultados obtidos nesses trabalhos geram parâmetros de interpretação das análises de solos e de plantas, que contribuem para aumentar o rendimento médio de soja da região, atualmente em 2.400 kg.ha⁻¹. Embora existam lavouras de soja com rendimento médio de 3.000 kg.ha⁻¹, o potencial produtivo da soja na região está acima de 3.600 kg.ha⁻¹.

Foram conduzidos diversos experimentos em Latossolo Vermelho Amarelo, sendo dois locais no Maranhão e um no Piauí. Os experimentos envolvendo calagem e micronutrientes foram conduzidos a partir de 1997, em dois locais no Maranhão. Em 2000, iniciaram-se diversos trabalhos de campo no Piauí, com o objetivo de determinar o nutriente mais limitante para o cultivo da soja, assim como estudos envolvendo fósforo e potássio. Também vêm sendo realizados trabalhos envolvendo temas como a adubação foliar e o manejo do solo, visando a sustentabilidade dos sistemas de produção de grãos na Região Nordeste do Brasil.

1.3.1 Saturação por bases e micronutrientes

Os experimentos foram conduzidos em dois locais, em Latossolo Vermelho Amarelo, o primeiro com 280 g.kg⁻¹ de argila e o segundo com 500 g.kg⁻¹ de argila.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso com parcelas subdivididas, onde as doses de calcário foram localizadas nas parcelas e as doses de cada micronutriente nas subparcelas. Foram utilizadas seis doses de calcário calculadas por meio do método de saturação por bases e seis doses de cada micronutriente, Zn, Mn, Cu e B. Todos os tratamentos foram aplicados a lanço ao solo e os demais nutrientes em quantidades suficientes para a cultura.

O rendimento de grãos de milho aumentou com a saturação por bases, atingindo o potencial produtivo na saturação por bases de 60 % (Figura 1.4). A saturação por bases de 50 %, preconizada para solos de cerrado, está de acordo com os resultados obtidos, na qual é obtida a máxima eficiência econômica, 90 % a 95 % da máxima eficiência técnica. A resposta aos níveis de calagem foi observada também na cultura da soja no solo com 500 g.kg⁻¹ de argila. No solo com 280 g.kg⁻¹ de argila, o rendimento de grãos de milho foi superior a 8.000 kg.ha⁻¹ e no solo com 500 g.kg⁻¹ de argila o rendimento de soja foi superior a 3.000 kg.ha⁻¹, mesmo em saturações por bases próximas a 30 %. Isto demonstra que, nos solos de cerrado da Região Nordeste, originalmente ácidos e pobres em Ca²⁺ e Mg²⁺, é possível obter altos rendimentos de grãos, aplicando menores quantidades de calcário em relação ao preconizado para atingir saturação por bases de 50 %, reduzindo, assim, os custos de produção. No entanto, sugere-se a utilização do índice de saturação por bases em torno de 50 %, tendo em vista que, em situações de baixa disponibilidade de cálcio e magnésio, aumentam os riscos decorrentes de estresse hídrico, freqüente na região em estudo.

Os rendimentos de grãos de milho e de soja não foram influenciados pela aplicação dos micronutrientes Zn, Mn e B ao solo (Figuras 1.5 e 1.6). Foi observada pequena resposta à aplicação de Cu no solo com menor teor de argila. Isso demonstra a viabilidade de produção de grãos nos solos da região sem a aplicação dos micronutrientes Zn, Mn e B, uma vez que foram obtidas altas produtividades sem a aplicação desses micronutrientes.

1.3.2 Nutriente limitante

O objetivo deste trabalho é determinar a ordem de limitação nutricional para a produção de soja e culturas associadas no cerrado do Nordeste do Brasil e priorizar ações de pesquisa e desenvolvimento. O experimento em blocos ao acaso com quatro repetições vem sendo conduzido desde o ano 2000, após desmatamento de cerrado, em Latossolo Vermelho Amarelo com 280 g.kg⁻¹ de argila no sudoeste do Piauí. Os

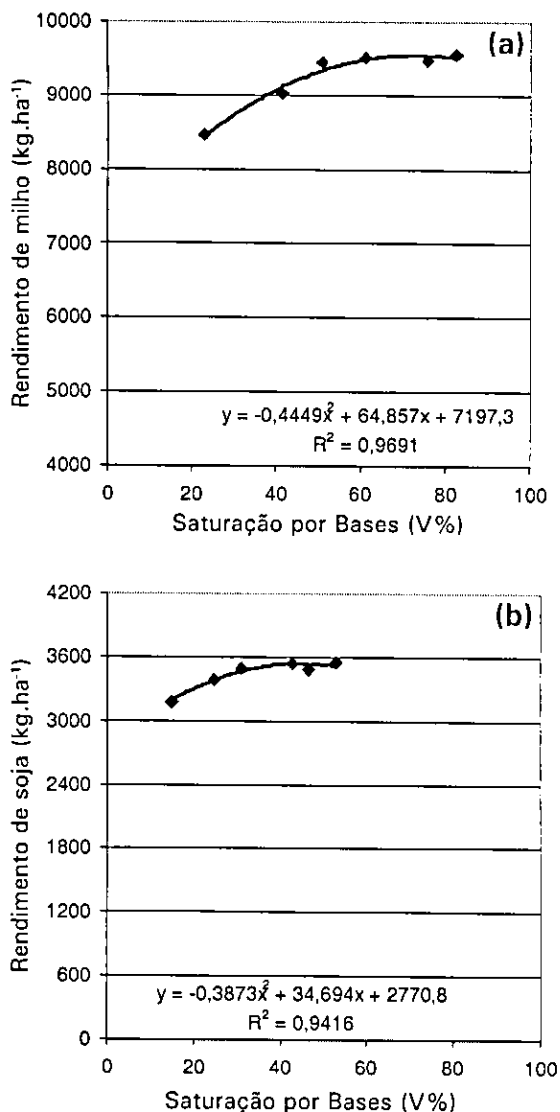


FIG. 1.4. Rendimento de milho (a) e soja (BRS Sambaíba) (b), em função da saturação por bases, em Latossolo Vermelho Amarelo no Maranhão, safra 2002/2003. Fazenda Parnaíba, 280 g.kg⁻¹ de argila (a); Fazenda Agroserria, 500 g.kg⁻¹ de argila (b). (Valores médios). Embrapa Soja. Balsas, MA. 2004.

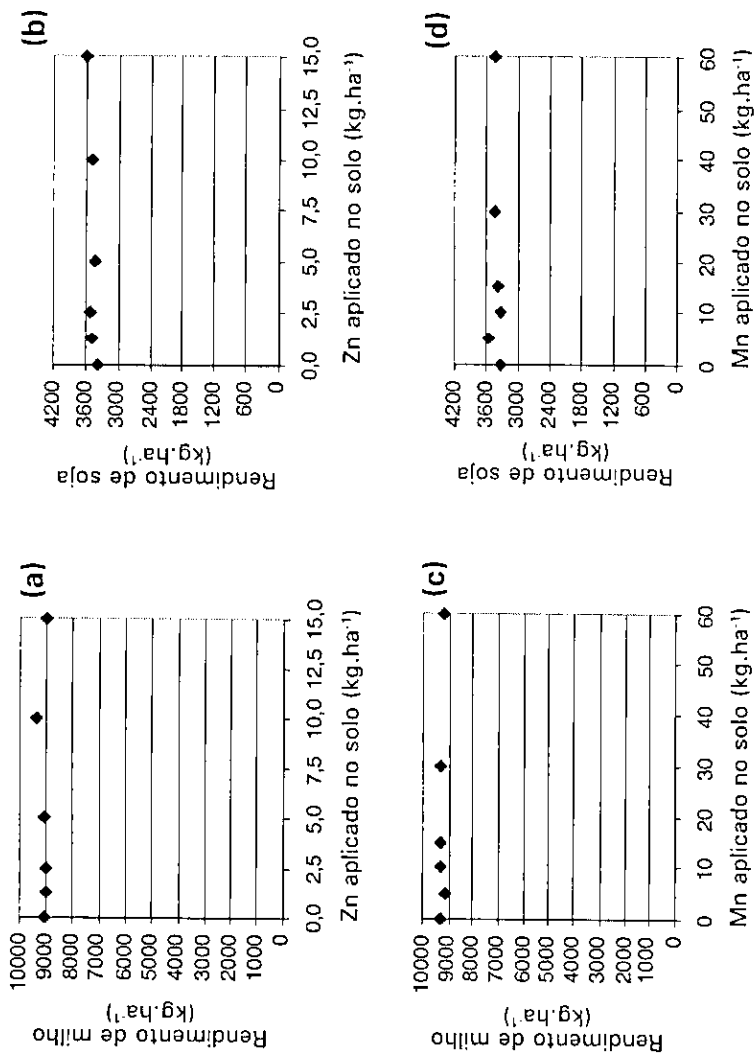


FIG. 1.5. Rendimento de grãos de milho e de soja, em função das doses de zinco (a, b) e manganês (c, d) aplicadas a lanço no solo, no ano de 1997, em Latossolo de cerrado no Maranhão. Safra 2002/2003 (valores médios). Solo com 280 g.kg⁻¹ de argila (a, c); solo com 500 g.kg⁻¹ de argila (b, d). Embrapa Soja. Balsas, MA, 2004.

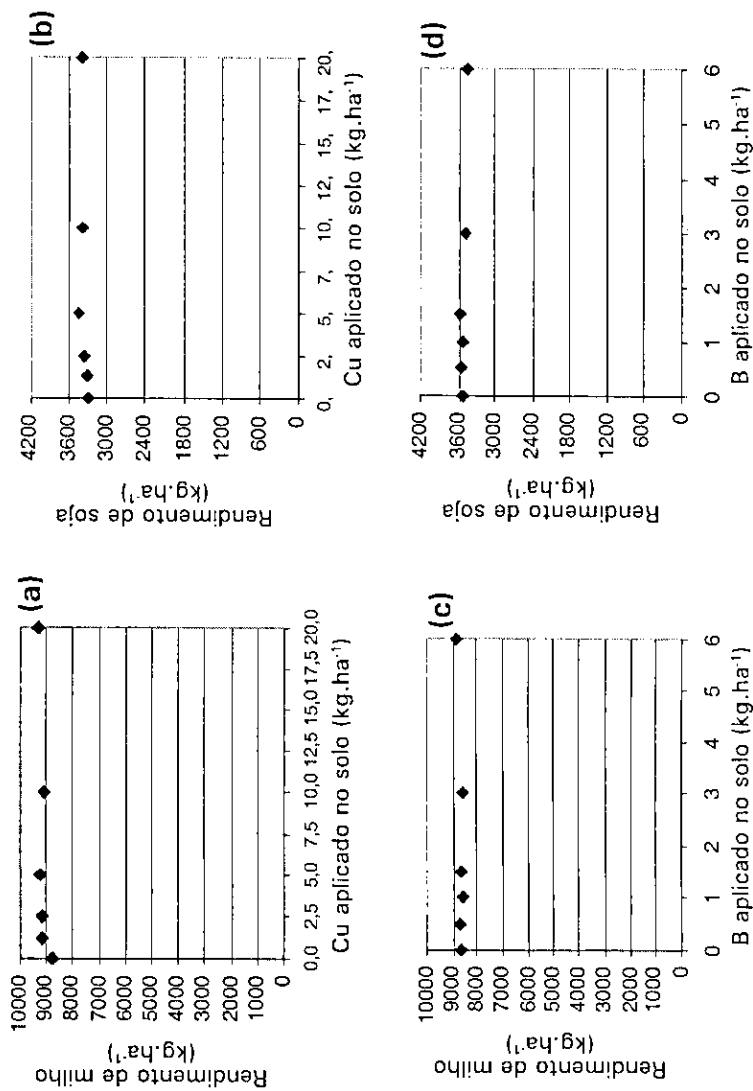


FIG. 1.6. Rendimento de grãos de milho e de soja, em função das doses de cobre (a, b) e boro (c, d) aplicadas a lanco no solo, no ano de 1997, em Latossolo de cerrado no Maranhão. Safra 2002/2003 (valores médios). Solo com 280 g.kg⁻¹ de argila (a, c); solo com 500 g.kg⁻¹ de argila (b, d). Embrapa Soja. Balsas, MA, 2004.

tratamentos foram distribuídos a lanço no solo, sendo aplicados todos os nutrientes necessários à cultura, exceto aquele em estudo no respectivo tratamento. O delineamento experimental foi blocos ao acaso com quatro repetições, num total de 36 tratamentos

O fósforo foi o nutriente mais limitante para a produção de soja, no terceiro ano de cultivo, determinando redução de 93% do potencial produtivo (Figura 1.7). A ordem de limitação nutricional foi fósforo > calcário > potássio > enxofre e demais nutrientes avaliados. Dos micronutrientes, apenas o cobre apresentou evidências de limitação nutricional, embora não significativa, a exemplo do observado em experimentos de calibração de micronutrientes no Maranhão (Figura 1.7).

Devido ao fato de o fósforo ser a principal restrição nutricional para o cultivo de grãos nos cerrados do MA, PI e TO e em função destes resultados, estão sendo priorizados trabalhos envolvendo o manejo desse nutriente.

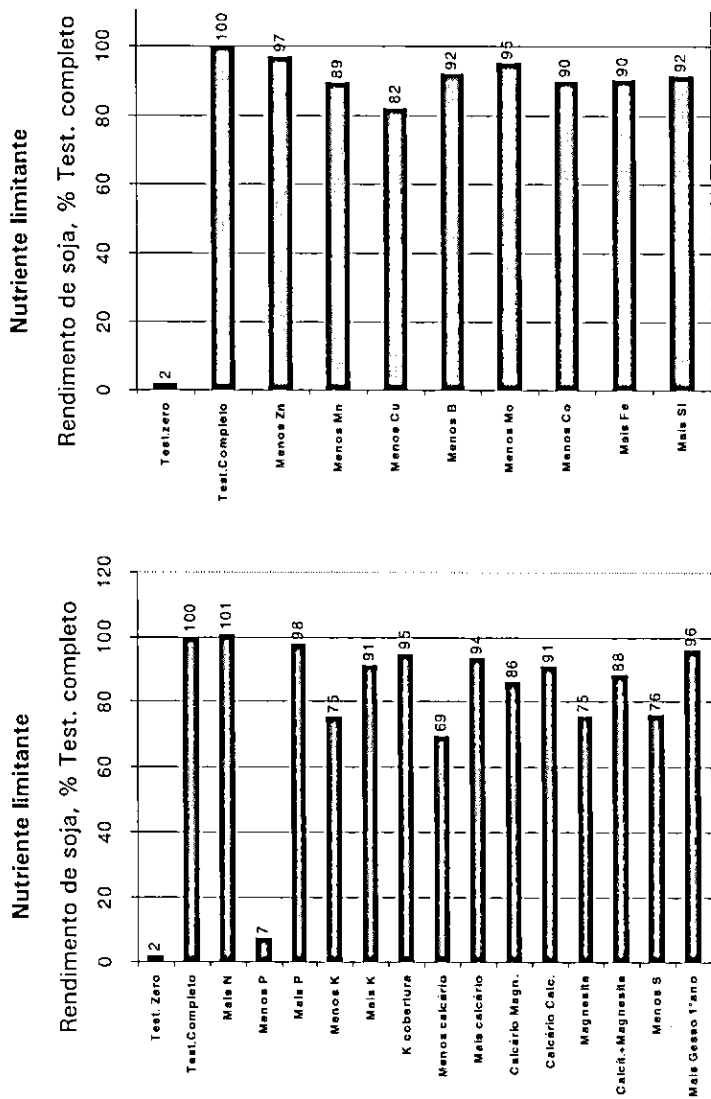
1.3.3 Adubação fosfatada

Este trabalho, instalado imediatamente após o desmatamento do cerrado, vem sendo conduzido desde o ano 2000, em Latossolo Vermelho Amarelo, com 280 g.kg⁻¹ de argila. O experimento, em blocos ao acaso com três repetições, consta de 14 tratamentos, onde estão sendo avaliadas doses de fósforo e o manejo da adubação fosfatada. Os tratamentos foram aplicados a lanço no solo e incorporados com grade.

O rendimento de grãos de soja aumentou com a dose de fósforo aplicada (Figura 1.8). Os resultados evidenciam a importância desse nutriente na produtividade de soja no cerrado do Piauí.

1.3.4 Adubação potássica

Neste experimento, instalado ao lado do experimento de fósforo acima apresentado, em Latossolo Vermelho Amarelo, com 280 g.kg⁻¹ de argila, com 14 tratamentos em blocos ao acaso e três repetições, estão sendo avaliadas doses de potássio e época de aplicação.



DMS Tukey 5% = 19,2%

FIG. 1.7. Rendimento relativo de soja (BRS Sambaíba), em função dos tratamentos aplicados a lanco no solo em Latossolo Vermelho Amarelo de cerrado com 280 g.kg⁻¹ de argila. Fazenda São Luís, Bom Jesus – PI. Safra 2002/2003 (valores médios). Embrapa Soja. Balsas, MA. 2004.

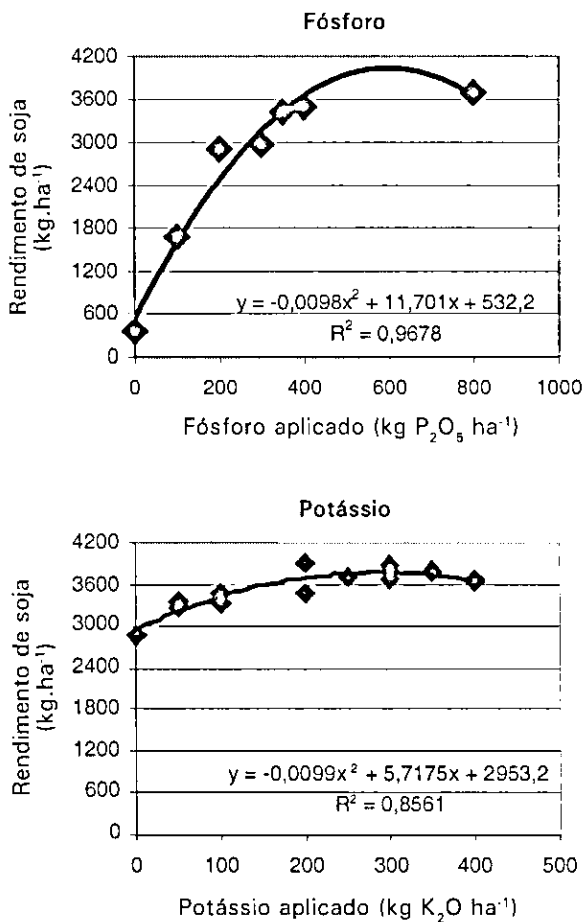
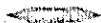


FIG. 1.8. Rendimento de soja (BRS Sambaíba) em função das doses de fósforo e potássio aplicadas a lanço no solo em Latossolo Vermelho Amarelo de cerrado com 280 g.kg⁻¹ de argila. Fazenda São Luís, Bom Jesus, PI. Safra 2002/2003 (valores médios). Embrapa Soja. Balsas, MA. 2004.

A resposta da soja à adubação potássica foi menor em relação à fosfatada, embora tenha ocorrido incremento no rendimento de grãos com a aplicação de potássio ao solo (Figura 1.8). Não houve diferenças em relação à época de aplicação, na semeadura, ou em cobertura, 30 dias após a emergência.



1.4 Adubação da soja com macro e micronutrientes e manejo da fertilidade do solo em rotação de culturas em solos do Brasil (04.2000.326-04)

Fábio Alvares de Oliveira; César de Castro; Clóvis Manuel Borkert;
Gedi Jorge Sfredo; Adilson de Oliveira Júnior¹

Na safra 2002/03, o Estado do Mato Grosso foi responsável pela produção de 13,4 milhões de toneladas em 4,6 milhões de ha, consolidando-se como o principal produtor nacional. O Estado, do Paraná é o segundo produtor de soja, com médias de produção um pouco menores. Apesar das condições climáticas e de solos com fertilidade original distinta, muitos dos problemas de fertilidade do solo e de nutrição de plantas que limitam a produtividade são equivalentes. Esses problemas relacionam-se às épocas de aplicação de potássio, às fontes de fósforo e à calibração de micronutrientes para definição das classes de teores de zinco, cobre, manganês e boro no solo e nas folhas de soja e girassol, bem como a resposta dessas culturas à adubação em sistema de manejo do solo, em semeadura direta e sucessão/rotação de culturas.

Com o objetivo de avaliar esses problemas e indicar estratégias de manejo mais adequadas, foram iniciados, na safra 1997/98, experimentos em Pedra Preta, MT; Itiquira, MT; Mamborê, PR e Ponta Grossa, PR. Os resultados apresentados e discutidos referem-se ao cultivo de soja, na safra 2002/03.

¹ Doutorando USP/ESALQ, Piracicaba, SP

1.4.1 Doses e épocas de aplicação de potássio na cultura da soja cultivada em Mato Grosso

A maioria dos solos sob cultivo de soja no Mato Grosso, pertence à classe dos Latossolos de textura média a argilosa, variando de 300 a 500 g.kg⁻¹ de argila. No entanto, com a expansão da área cultivada no estado, foram sendo incorporadas áreas cada vez mais arenosas, com necessidades específicas de manejo da fertilidade.

Devido à fertilidade natural baixa desses solo e à CTC reduzida, o manejo da adubação potássica sempre envolveu a recomendação de parcelamento com aplicação na semeadura e de cobertura, 20 - 30 dias após a semeadura, com o objetivo de reduzir as perdas de potássio por lixiviação. No entanto, sempre houve preocupação com o custo dessa operação adicional e, também, com a necessidade de tornar a semeadura mais eficiente, reduzindo-se a quantidade de adubo aplicado e, conseqüentemente, diminuindo o número de reabastecimentos com adubo.

Dessa maneira, as definições sobre o manejo das épocas e as quantidades aplicadas de potássio se constituíram em demanda dos produtores de soja, em solos menos argilosos. Assim, com o objetivo de avaliar épocas e doses de aplicação de potássio foi instalado um experimento em 2001/02, em Latossolo Vermelho Amarelo, com 220 g.kg⁻¹ de argila (textura média), no município de Itiquira, MT, cultivado com soja/milheto e histórico de disponibilidade baixa de K. O preparo do solo exigiu a correção da acidez para elevar para 50% a saturação por bases. Após cada ciclo de cultivo, o solo foi amostrado nas profundidades de 0 - 20, 20 - 40, 40 - 60 cm e as características químicas avaliadas foram pH (CaCl₂), Al, Ca, Mg (KCl 1 mol/L) e K trocáveis (Mehlich 1).

Os tratamentos foram aplicados anualmente e variaram as quantidades de K aplicadas à lanço até o máximo de 200 kg.ha⁻¹ de K₂O, em três épocas, 30 dias antes da semeadura (DAS), na rolagem do milho (LR), na semeadura (LS), ou 40 kg.ha⁻¹, na semeadura e o restante em cobertura aos 30 DAE (LS + LC).

Na safra 2002/03, a produtividade média experimental foi elevada, não havendo resposta à adubação potássica, apesar da elevação dos teores de K na folha (Figura 1.9).

Os níveis de K no solo foram influenciados pelas quantidades e épocas de aplicação (Figura 1.10). A tendência geral foi de aumento significativo da disponibilidade de K no solo. A retenção do potássio na camada mais superficial foi inferior a $0,20 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$. Devido à CTC baixa desse solo, foi verificado o acúmulo K na camada 20 - 40 cm, indicando o processo de lixiviação. Esse processo foi mais intenso quando as quantidades superiores a $80 \text{ kg}.\text{ha}^{-1}$ de K_2O não foram parceladas, sendo aplicadas inteiramente aos 30 DAS (LR) ou no momento da semeadura (LS).

Quando foi realizado o parcelamento da adubação, a distribuição do K, no perfil até 40 cm de profundidade, foi mais equilibrada. Assim, verifica-se a necessidade de continuação dos trabalhos para a avaliação do processo de lixiviação de potássio e a definição da época mais eficiente técnica e economicamente para a sua aplicação.

1.4.2 Experimentos de calibração de micronutrientes

No Paraná, os experimentos foram instalados em Ponta Grossa em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) textura argilosa, com $410 \text{ g}.\text{kg}^{-1}$ de argila, $70 \text{ g}.\text{kg}^{-1}$ de silte e $520 \text{ g}.\text{kg}^{-1}$ de areia, e em Mamborê, em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) textura média, com $310 \text{ g}.\text{kg}^{-1}$ de argila, $10 \text{ g}.\text{kg}^{-1}$ de silte e $68 \text{ g}.\text{kg}^{-1}$ de areia. Os experimentos de calibração de micronutrientes (Cu, Mn e Zn) foram planejados para avaliar o potencial de resposta dos solos à adubação e, também, estudar três fontes de cada um dos micronutrientes, em fatorial 3×5 , em parcelas subdivididas, com as fontes nas parcelas e cinco doses nas subparcelas, e quatro blocos casualizados.

Na safra 2002/03, os experimentos foram cultivados com soja no verão, porém, no inverno, somente foi possível o cultivo de trigo, em Ponta Grossa. Avaliando as produções relativas médias da soja e do trigo, verificou-se ausência de resposta à adubação com

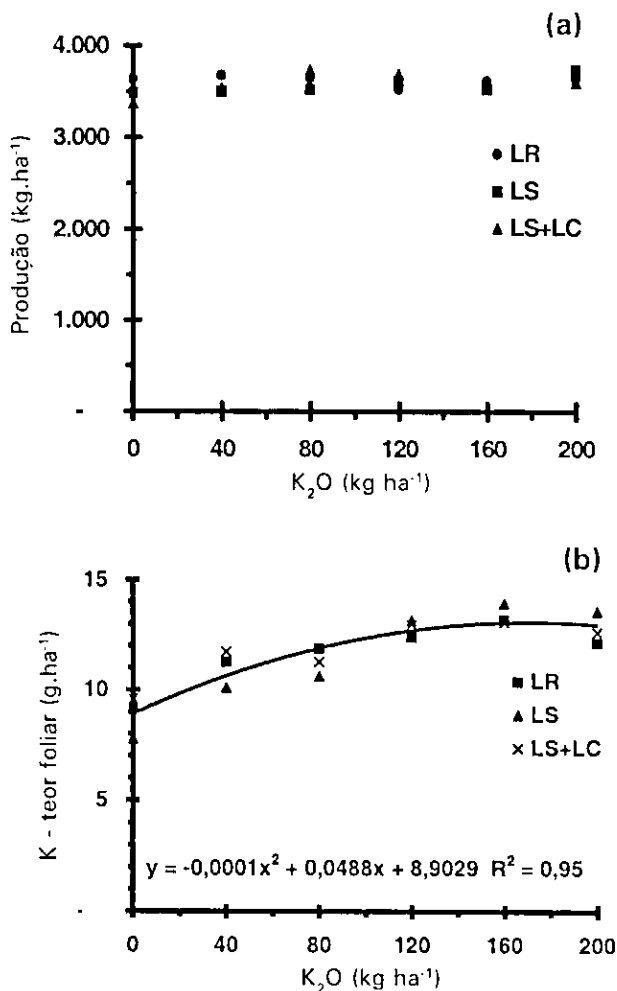


FIG. 1.9. Produção média da soja e teor foliar de K em resposta à adubação potássica em Latossolo Vermelho Amarelo de cerrado com 220 g.kg⁻¹ de argila. Fazenda Ana Paula, Itiquira, MT. Safra 2002/2003 (valores médios). Embrapa Soja. Londrina, PR. 2004.

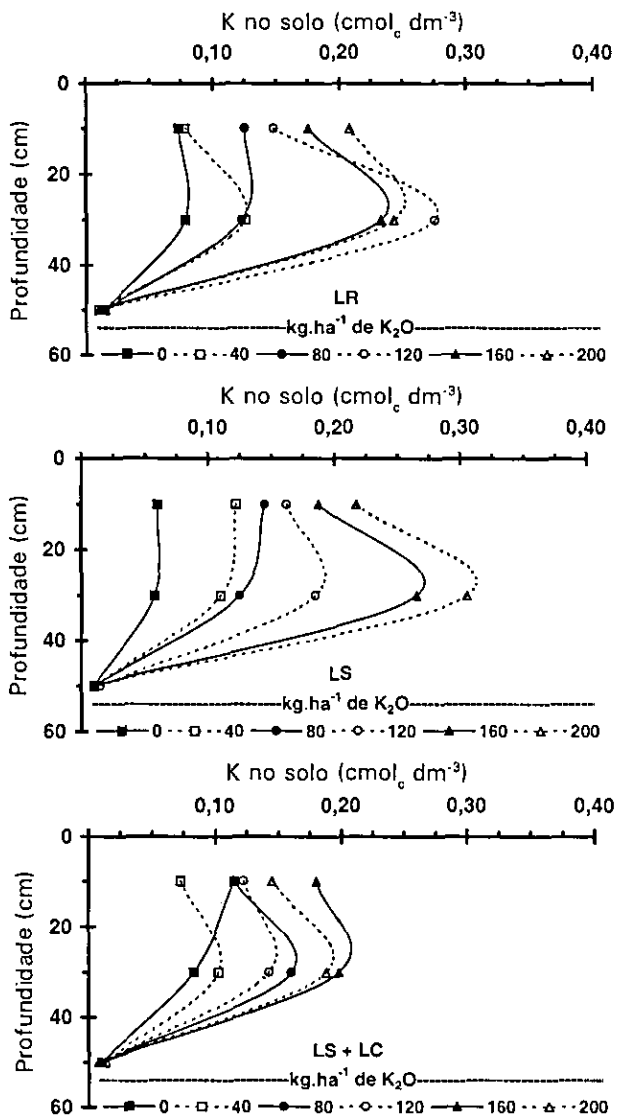


FIG. 1.10. Disponibilidade de potássio perfil do solo influenciado pelas doses e épocas da adubação potássica (LR - lanço aos 30 DAS; LS - lanço na semeadura; LS+LC - lanço na semeadura + lanço na cobertura) em Latossolo Vermelho Amarelo de cerrado com 220 g.kg⁻¹ de argila. Fazenda Ana Paula, Itiquira, MT. Safra 2002/2003 (valores médios). Embrapa Soja. Londrina, PR. 2004.

micronutrientes, independente das fontes utilizadas (Figura 1.11). De maneira geral, os solos paranaenses de textura média a argilosa e originários de basalto ou sedimentos derivados de basalto apresentam quantidades de micro-nutrientes disponíveis acima dos níveis de suficiência para as culturas da soja e do trigo, o que determina a ausência de resposta à adubação.

No Mato Grosso, os experimentos de calibração de micronutrientes (B, Cu, Mn e Zn) foram iniciados na safra 1997/98, em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) textura muito argilosa, com 680 g.kg⁻¹ de argila, 90 g.kg⁻¹ de silte e 230 g.kg⁻¹ de areia, no Município de Pedra Preta, MT. Cada um dos quatro experimentos foi planejado em fatorial 6X6, em parcelas subdivididas com seis níveis de saturação em bases (30%, 40%, 50%, 60%, 70% e 80%) nas parcelas e as seis doses de micronutrientes nas subparcelas, com quatro blocos casualizados. Na safra 2002/03, foram cultivados soja no verão e girassol em safrinha.

Considerando os resultados médios dos dois cultivos expressos em produção relativa, não foi observada resposta da soja ou do girassol aos níveis de saturação por bases e à adubação com micronutrientes (Figura 1.12). As produtividades médias de soja foram superiores a 3.000 kg.ha⁻¹, mesmo na ausência de adubação.

Os teores de B no solo encontravam-se baixos a médios, enquanto que os teores de Cu, Mn e Zn no solo, extraídos por Mehlich-1, mantiveram-se acima no nível de suficiência, mesmo quando a saturação foi elevada para 80% e na ausência de adubação. As classes de teores de micronutrientes não estão completamente estabelecidas para solos de cerrado, reforçando a necessidade de utilizar a diagnose foliar como parâmetro complementar para interpretação das suas disponibilidades.

A ausência de resposta à aplicação de micronutrientes, além da fertilidade natural dos solos, possivelmente, está associada à presença desses micronutrientes como "contaminantes" nos calcários e fertilizantes utilizados.

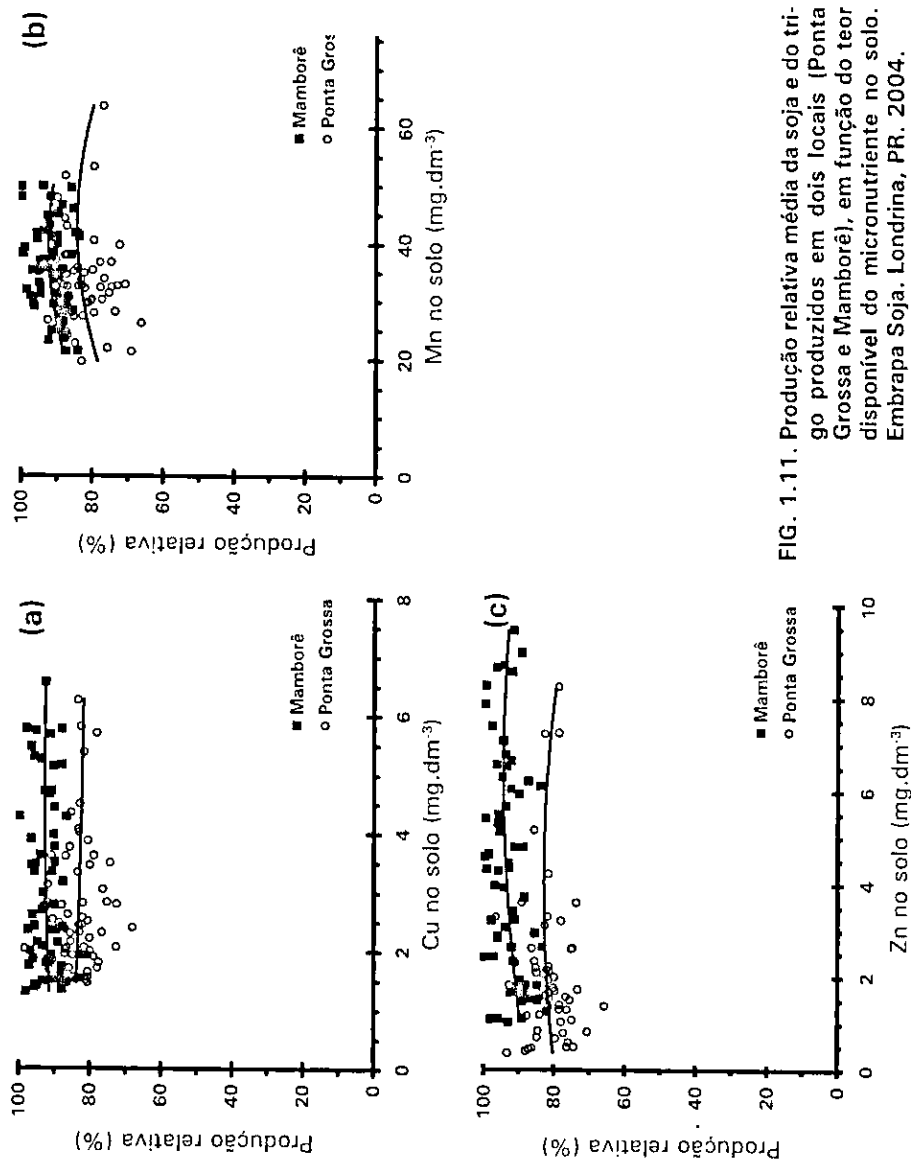


FIG. 1.11. Produção relativa média da soja e do trigo produzidos em dois locais (Ponta Grossa e Mamboré), em função do teor disponível do micronutriente no solo. Embrapa Soja. Londrina, PR, 2004.

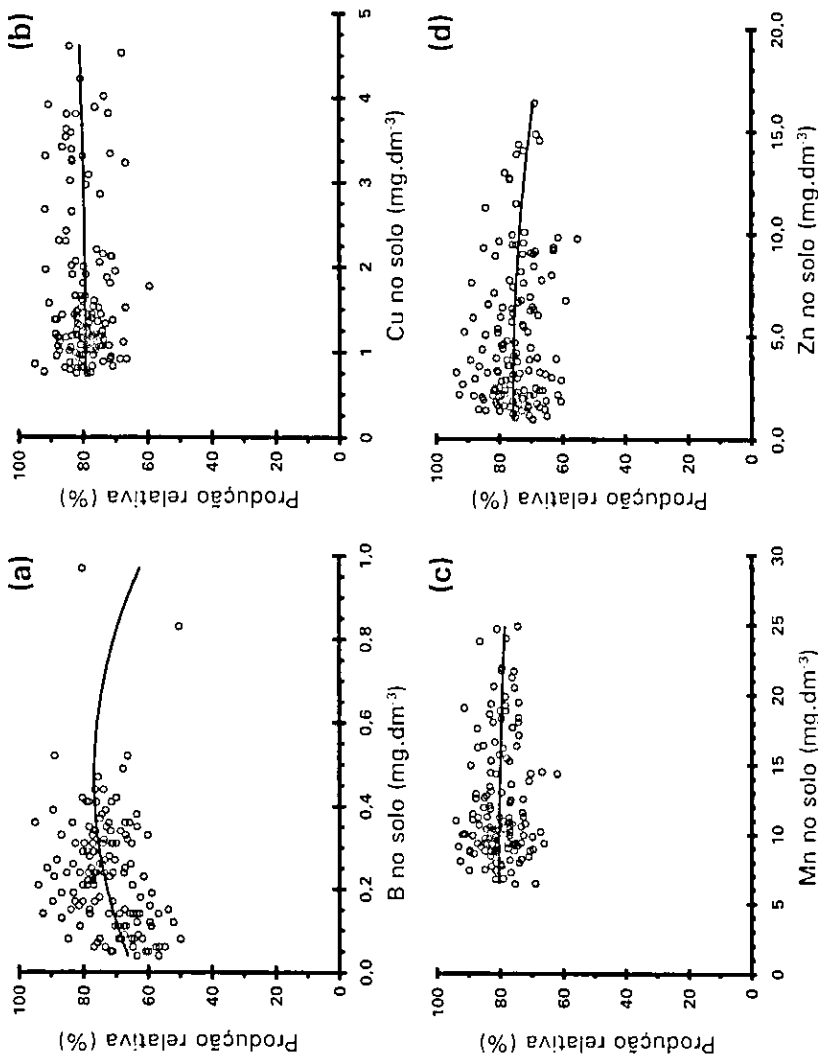


FIG. 1.12. Produção relativa média da soja e do girassol produzidos em função do teor disponível do micronutriente, B (a), Cu (b), Mn (c) e Zn (d), em Latossolo Vermelho de cerrado com 68 % de argila, Fazenda Bahia, Pedra Preta, MT. Safra 2002/2003 (valores médios de seis níveis de V%). Embrapa Soja. Londrina, PR, 2004.

1.5 Estudo da disponibilidade de enxofre para a cultura da soja em solos do Brasil (04.2000.326-05)

Gedi Jorge Sfredo; Dirceu Klepker; Rubson Sibaldelli; José Zucca de Moraes

Dos macronutrientes essenciais para as plantas, o enxofre (S) é o elemento menos estudado. Não que ele seja menos importante do que os demais para o desenvolvimento das plantas, mas devido ao fato desse elemento apresentar-se em boa disponibilidade, na maioria dos solos brasileiros. Além disso, grande parte dos fertilizantes adicionados ao solo possuem S em sua composição. Esse menor interesse pelo S resultou na falta de informações, necessárias para o estabelecimento de níveis críticos nos solos ou, até mesmo, para a elaboração de curvas de resposta das culturas a esse nutriente.

Hoje, a soja é um dos cultivos extensivos mais importantes no Brasil e, por isso, há grande preocupação para que a adição de adubos seja a mais racional possível.

Visando um estudo mais aprofundado, iniciou-se um trabalho de pesquisa com S, em vários locais do País. Na safra 1999/2000, foram instalados dois experimentos no Paraná, em Ponta Grossa (Latosolo Vermelho) e em Londrina (Latosolo Vermelho eutroférico) e um terceiro em Rondonópolis, MT, em Latossolo Vermelho distrófico. Em 2000/2001, um quarto experimento foi montado em Bom Jesus (PI). O objetivo desses experimentos foi determinar os efeitos do S sobre a produtividade da soja e estabelecer curvas de resposta e os níveis críticos desse elemento no solo e nas folhas.

O delineamento experimental, nos experimentos de PR e MT, foi blocos casualizados com cinco tratamentos (Testemunha e quatro doses de S, 25, 50, 75 e 100 kg.ha⁻¹), utilizando-se como fonte o S-elementar (flor de enxofre) com 98% de S. Na safra 2002/2003, foram acrescentados dois tratamentos com doses de S (150 e 200 kg.ha⁻¹). No Piauí, foram avaliadas uma testemunha não adubada e as doses 20, 40, 80 e 120 kg.ha⁻¹ de S e três fontes (Superfosfato simples, S-elementar e Gesso). O teste de médias utilizado foi o Duncan a 5%.

Na safra 2002/03, a aplicação de S não afetou a produção da soja, em Rondonópolis e Londrina. Já em Ponta Grossa, houve resposta positiva a S até a dose de 150 kg.ha⁻¹ (Tabela 1.4). No Piauí, independente da fonte utilizada, houve resposta à aplicação do S, aumentando a produção da soja. A produção máxima foi atingida com doses em torno de 100 kg.ha⁻¹ de S (Tabelas 1.5 e 1.6 e Figura 1.13).

Nas avaliações realizadas nos quatro locais, durante quatro safras, os teores foliares de S não foram influenciados pela adubação com o nutriente.

TABELA 1.4. Produção de grãos de soja em função de doses de enxofre (S) em três locais do Brasil. Safra 2002/2003.

Dose de S kg.ha ⁻¹	Rondonópolis	Londrina	Ponta Grossa	Média
0	3252a	3155a	2629 b	3253
25	3050ab	3036a	2774ab	3050
50	3021ab	3183a	2824ab	3022
75	2852ab	3171a	2788ab	2852
100	2974ab	3165a	2801ab	2974
150	2352 c	3079a	2990a	2352
200	2816 b	3221a	2744ab	2817
GRAP 520	3119ab	3124a	2809ab	3015
CV (%)	8,78	5,38	7,29	

TABELA 1.5. Produção de grãos de soja, em função de doses e fontes de enxofre, aplicadas no 1º ano. Safra 2002/2003 (3º ano) e Média. Bom Jesus, PI.

Doses de S kg.ha ⁻¹	Fontes de S			
	SFS	Selem	Gesso	Média
	kg.ha ⁻¹			
0	2825 d	2825 c	2825 c	2825 c
20	3074 c	3174 b	3516a	3255 b
40	3346 b	3325ab	3265 b	3312 b
80	3366 b	3392ab	3372ab	3376 b
120	3701a	3423a	3503a	3542a
240	-	-	3819	-
GRAP 520	2930 cd	2888 c	2909 c	2909 c
CV (%)	4,44			

TABELA 1.6. Equações de produção de soja, coeficiente de determinação (R²), dose que proporciona a maior produtividade (MET) e a produtividade máxima alcançada no Piauí. Safra 2002/2003.

Fonte	Equações de Produção absoluta kg.ha ⁻¹	R ² (%)	MET (S) Pmax (grãos)	
			MET (S)	Pmax (grãos) kg.ha ⁻¹
Super simples	y = 6,5177S + 2924	90	120	3706
S-elementar	y = 3417(1-10 ^{-0,0199(S+38,27)})	99	95	3409
Gesso	y = 3457(1-10 ^{-0,0189(S+76,59)})	95	100	3449
Média	y = 3446(1-10 ^{-0,0183(S+40,7044)})	97	100	3436

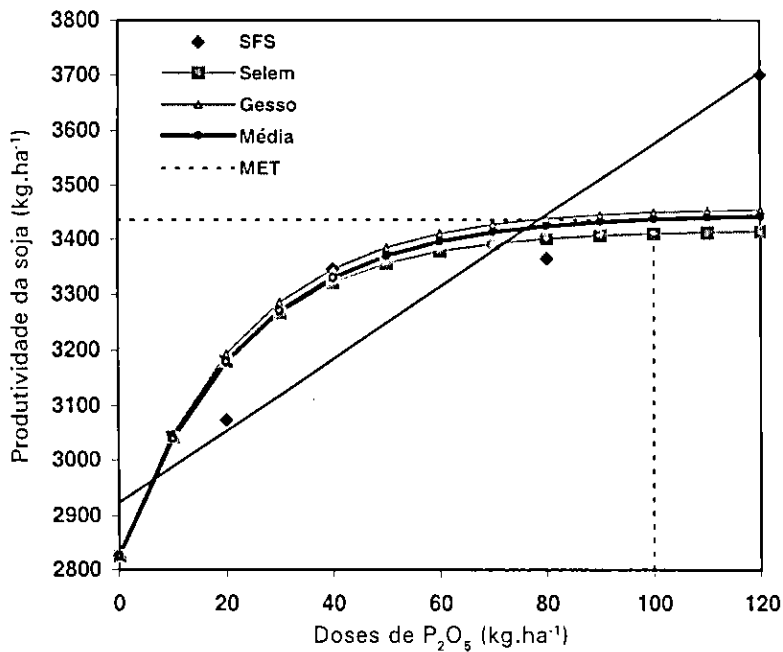
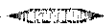


FIG. 1.13. Produção de grãos de soja (kg.ha⁻¹) em função de doses de S em solo de cerrado do Piauí. Safra 2002/2003.





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Soja
Rod. Carlos João Strass - Distrito de Warta
Fone: (43) 3371-6000 Fax: (43) 3371-6100
Caixa Postal 231 - CEP 86001-970 Londrina PR
Home page: <http://www.cnpso.embrapa.br>
E-mail: sac@cnpso.embrapa.br*

**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**

**Governo
Federal**