



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

ISSN 1678-9601

Dezembro, 2008

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 30

Índices adequados de pH e de saturação por bases na produtividade do feijoeiro em solo de cerrado no Sistema Plantio Direto

Nand Kumar Fageria
Alberto Baêta do Santos
Luís Fernando Stone

Santo Antônio de Goiás, GO
2008

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Arroz e Feijão

Rodovia GO 462 - Km 12 - Zona Rural - Caixa Postal 179

75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO

Fone: (62) 3533 2123

Fax: (62) 3533 2100

www.cnpaf.embrapa.br

sac@cnpaf.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Luís Fernando Stone*

Secretário-Executivo: *Luiz Roberto Rocha da Silva*

Supervisor editorial: *Camilla Souza de Oliveira*

Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*

Revisão de texto: *Camilla Souza de Oliveira*

Capa: *Sebastião José Araújo*

Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*

1ª edição

1ª impressão (2008): 500 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).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Arroz e Feijão

Fageria, Nand Kumar.

Índices adequados de pH e de saturação por bases na produtividade do feijoeiro em solo de cerrado no sistema plantio direto / Nand Kumar Fageria, Alberto Baêta dos Santos, Luís Fernando Stone. - Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2008.

16 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9601 ; 30)

1. Feijão Acidez do solo. 2. Feijão - Plantio direto. 3. Cerrado - Propriedade físico-química. I. Santos, Alberto Baêta dos. II. Stone, Luís Fernando. III. Título. IV. Embrapa Arroz e Feijão. V. Série.

CDD 635.6521 (21. ed.)

© Embrapa 2008

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e métodos	10
Resultados e Discussão	11
Conclusões	14
Referências	15

Índices adequados de pH e de saturação por bases na produtividade do feijoeiro em solo de cerrado no Sistema Plantio Direto

*Nand Kumar Fageria*¹

*Alberto Baêta do Santos*²

*Luis Fernando Stone*³

Resumo

A acidez dos solos dos cerrados é um dos fatores mais limitantes na produtividade das culturas. O objetivo deste trabalho foi determinar os índices adequados de acidez (pH e saturação por bases) de um Latossolo Vermelho distrófico típico na produtividade do feijão. Foram conduzidos cinco ensaios de campo durante três anos consecutivos. As doses de calcário aplicadas foram 0,12 e 24 Mg ha⁻¹ para criar ampla faixa de acidez. Houve aumento significativo e quadrático na produtividade de grãos com o aumento do pH e da saturação por bases. Para obter a produtividade máxima do feijoeiro, os índices de acidez foram maiores na profundidade de 0-10 cm em comparação com a profundidade de 10-20 cm. Considerando a média de duas profundidades (0-10 e 10-20 cm), os valores adequados do índice de acidez do solo para a cultura do feijoeiro no Sistema Plantio Direto em solo de cerrado foram: pH 6,5 e saturação por bases 67%. Os componentes de produtividade, como número de vagens, grãos por vagem e massa de 100 grãos aumentaram com a calagem e foram positivamente associados à produtividade.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris* L., *propriedades químicas do solo*, *componentes de produtividade*.

¹ Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Fertilidade de Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Rod. GO 462, Km 12, 75375-000 Santo Antônio de Goiás-GO, fageria@cnpaf.embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitotecnia, Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, baeta@cnpaf.embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, stone@cnpaf.embrapa.br

Optimum soil pH and base saturation indices for dry bean production in Cerrado soil in no-tillage system

Abstract

Soil acidity is one of the major yield constraint to crop production in various parts of the world. Quantifying optimum soil acidity indices (pH and base saturation) is an important strategy for achieving maximum economic crop yields on acid soils. Five field experiments were conducted for three consecutive years using dry bean as a test crop on an Oxisol. The lime rates used were 0, 12 and 24 Mg ha⁻¹ to create wide range of soil acidity in no-tillage cropping system. Grain yield of dry bean was significantly and quadratically increased with improving soil pH and base saturation. These soil acidity indices were higher in the 0-10 cm soil layer compared with 10-20 cm soil layer for maximum grain yield. Across two soil depths, optimum values for maximum bean yield was pH 6.5, and base saturation 67%. Yield components, such as pod number, grain per pod and 100 grain weight were significantly improved with liming and bean yield was significantly associated with these yield components.

Index terms: Phaseolus vulgaris L., soil chemical properties, yield components.

Introdução

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ocupa posição de destaque no Brasil pela sua importância na alimentação da população. O feijoeiro é uma das principais culturas plantadas na entressafra em sistemas irrigados, nas regiões central e sudeste do Brasil (BARBOSA FILHO et al., 2001). Os solos da região central ou dos cerrados são ácidos e apresentam deficiência ou toxidez de alguns elementos, o que limita a produtividade agrícola (FAGERIA; STONE, 1999). Além de deficiência e/ou toxidez nutricional, os solos da região dos cerrados apresentam baixa capacidade de retenção de água e baixa atividade dos microrganismos. No entanto, com a correção da acidez, é possível transformá-los em solos férteis, ou seja, capazes de proporcionar produtividades mais elevadas. A calagem ainda é uma das práticas mais baratas e efetivas na correção da acidez do solo. No Brasil, existem vastas reservas de calcário distribuídas em todo o território nacional.

Nos últimos anos, a degradação do solo é preocupação constante da comunidade científica, por causar redução na produtividade das culturas, aumentar o custo de produção e poluir o meio ambiente. Uma das práticas mais eficientes de conservação do solo é o uso do cultivo mínimo ou do plantio direto. A prática de plantio direto reduz a erosão e aumenta a retenção de água do solo, controla a população de plantas daninhas e reduz o custo de produção. Além disso, o Sistema Plantio Direto permite racionalizar os custos, o uso de equipamentos e o próprio tempo, e melhorar a qualidade do solo (SALTON et al., 1998). O Sistema de Plantio Direto, junto com a rotação de culturas, promove a acumulação de carbono orgânico no solo e, dessa maneira, sequestra CO₂, que poderia ser liberado na atmosfera (WEST; POST, 2002).

O Sistema Plantio Direto é considerado componente importante dos sistemas de produção agrícolas sustentáveis. Essa prática agrícola é utilizada há muito tempo na região Sul do país, principalmente nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (SALTON et al., 1998). Na região central, a área plantada com o Sistema de Plantio Direto está aumentando nos últimos anos (SALTON et al., 1998), porém, são necessárias mais informações sobre calagem para incrementar o uso dessa prática na produção de feijão, na região dos cerrados. O objetivo desse trabalho foi estabelecer índices adequados de acidez na produtividade do feijoeiro em solos dos cerrados.

Material e Métodos

Foram conduzidos cinco ensaios de campo, durante três anos consecutivos, num Latossolo Vermelho distrófico típico (Oxissolo), na Fazenda Capivara, da Embrapa Arroz e Feijão, localizada no Município de Santo Antônio de Goiás-GO. Os resultados da análise química e granulométrica das amostras do solo da área experimental, coletadas antes da instalação do experimento, são apresentados na Tabela 1. Essas análises foram realizadas conforme Claessen (1997).

Tabela 1. Características químicas e texturais de amostras dos solos da área experimental. Os valores são média de cinco ensaios.

<i>Características</i>	<i>0 - 10 cm</i>	<i>10 - 20 cm</i>	<i>Média de duas profundidades</i>
pH (1:2.5 solo-água)	5,8	5,6	5,7
Ca (cmol _c kg ⁻¹)	2,06	1,66	1,86
Mg (cmol _c kg ⁻¹)	1,18	1,04	1,11
Al (cmol _c kg ⁻¹)	0,10	0,10	0,10
H+ Al (cmol _c kg ⁻¹)	5,62	5,74	5,68
P (mg kg ⁻¹)	20,40	11,58	15,99
K (mg kg ⁻¹)	115,00	79,60	97,30
Cu (mg kg ⁻¹)	4,40	4,12	4,27
Zn (mg kg ⁻¹)	6,96	6,90	6,93
Fe (mg kg ⁻¹)	84,40	96,80	90,60
Mn (mg kg ⁻¹)	13,04	11,68	12,36
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	17,60	17,40	17,50
Argila (g kg ⁻¹)	426	424	425
Silte (g kg ⁻¹)	218	218	218
Areia (g kg ⁻¹)	356	358	357

As doses de calcário utilizadas foram 0,12 e 24 Mg ha⁻¹, aplicadas e incorporadas ao solo com grade, cinco meses antes da semeadura do primeiro cultivo de feijão de inverno (última semana de maio a primeira semana de setembro). As doses foram escolhidas com base no trabalho de Fageria (2001a), que mostrou que a produção máxima de feijão foi obtida com a aplicação de 10 Mg ha⁻¹ de calcário, quando o teor de argila no solo de cerrado era em torno de 330 g kg⁻¹. O calcário utilizado possuía PRNT 88,3%, CaO, 32,5% e MgO, 13,3%. O feijão foi cultivado no inverno, com irrigação por pivô central, durante três anos consecutivos, sendo que nos dois últimos anos, foi utilizado o plantio direto. Foram aplicados 20 kg N ha⁻¹ (uréia), 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ (superfosfato triplo) e 60 kg K₂O ha⁻¹ (cloreto de potássio) por ocasião da semeadura. Aos 27

e 41 dias após o plantio, foram aplicados 50 kg de N ha⁻¹ (uréia) em cobertura. A mesma adubação básica foi repetida nos anos subsequentes. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições. A cultivar utilizada nos cinco cultivos foi a Pérola. O espaçamento foi de 40 cm entre fileiras, com 19 sementes por metro. O tamanho da parcela foi de 42 x 42 m, e de 7 x 7 m, a subparcela, com espaçamento de 2 m entre parcelas e de 1 m entre subparcelas. As plantas daninhas foram controladas com a aplicação do herbicida pós-emergente fusiflex. Foram colhidas as sete fileiras centrais com 4 m de comprimento para determinação da produtividade. Após a colheita, foram coletadas 50 subamostras de solo em cada parcela, a 0-10 e 10-20 cm de profundidade, para formar uma amostra composta. A Capacidade de Troca de Cátions (CTC), a saturação por bases, a saturação por acidez, a relação de Ca, Mg e K foram calculadas pelas seguintes fórmulas:

$$CTC \text{ (cmol}_c \text{ kg}^{-1}) = S \text{ (Ca, Mg, K)} / S \text{ (Ca, Mg, K, H, Al)}$$

$$\text{Saturação por bases (\%)} = S \text{ (Ca, Mg, K)} / (CTC) \times 100$$

$$\text{Saturação por acidez (\%)} = (H + Al) / (CTC) \times 100$$

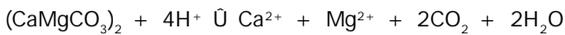
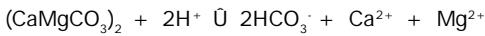
$$\text{Saturação por Ca, Mg, K (\%)} = (Ca) / (CTC) \times 100, (Mg) / (CTC) \times 100, (K) / (CTC) \times 100$$

Os dados foram submetidos à análise de variância e foram ajustadas equações entre os índices de acidez do solo e a produtividade de grãos.

Resultados e Discussão

A produtividade de grãos aumentou significativamente com o aumento do pH nas duas profundidade do solo (Fig. 1). A produtividade máxima de grãos foi obtida com o pH de 6,7 e 6,3, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente. Na média das duas profundidades, a produtividade máxima foi obtida com o pH de 6,5. Na profundidade de 0-10 cm, com pH de 5,3, a produtividade foi de 2.270 kg ha⁻¹. Porém, quando o pH foi aumentado para 6,7, a produtividade aumentou para 3.330 kg ha⁻¹, o que corresponde a um aumento de 47% na produtividade. Fageria (2001a) relatou que a produtividade máxima do feijoeiro foi obtida com o pH de 6,2, em solos de cerrados. A produtividade do feijoeiro tem apresentado aumento significativo com a aplicação de calcário ou aumento do pH em solos de cerrados (MIRANDA et al., 1980; QUAGGIO et al., 1982; CAIRES et al., 2000; FAGERIA, 2001b). Lathwell e Reid (1984) relataram que o pH adequado para a produtividade máxima de

leguminosas deve ser na faixa de 6,0 a 7,0. Da mesma maneira, Alley e Zelanzky (1987) relataram que o pH do solo deve ser aumentado no mínimo a 6,5 para criar ambiente favorável para a produção das leguminosas. O aumento na produtividade com o aumento do pH do solo pode estar associado ao aumento dos teores de Ca e Mg e redução do teor de Al (FAGERIA, 2002). Para corrigir a acidez do solo deve ser usado calcário dolomítico $[(CaMgCO_3)_2]$, que contém Ca^{2+} e Mg^{2+} e pode manter o balanço entre esses elementos. A equação abaixo mostra a reação que ocorre com a aplicação de calcário dolomítico e o aumento nos teores de Ca e Mg no solo (FAGERIA, 2009):



Fageria e Stone (1999) relataram que o calcário aumenta a massa da matéria seca da parte aérea e os componentes da produtividade em solo ácidos. A relação entre a massa da matéria seca da parte aérea e os componentes de produtividade foi determinada (Tabela 2). Houve resposta quadrática de produtividade do feijoeiro com o aumento de massa da matéria seca da parte aérea. A massa da matéria seca da parte aérea foi responsável por 60% de variação na produtividade do feijoeiro. O número de vagens, o número de grãos por vagem e a massa de 100 grãos apresentaram relação significativa e linear com a produtividade. Fageria (2009) relatou aumento significativo na produtividade do feijoeiro com o aumento de massa da matéria seca da parte aérea e dos componentes da produtividade, como o número de vagens por área, o número de grãos por vagem e a massa de 100 grãos.

Tabela 2. Relação entre massa da matéria seca da parte aérea, número de vagens por área, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos e a produtividade de grãos do feijoeiro.

<i>Massa da matéria seca da parte aérea e componentes de produtividade</i>	<i>Equação de regressão</i>	<i>R²</i>
Massa seca da parte aérea	$Y = -2610,23 + 5,5806X - 0,0013X^2$	0,6011**
Número de vagens m ⁻²	$Y = 3,2726 + 10,1469X$	0,5476**
Número de grãos por vagem	$Y = -2342,4770 + 1382,2170X$	0,3600**
Massa de 100 grãos (g)	$Y = -6051,1120 + 342,7336X$	0,3181**

**Significativo a 1% de probabilidade.

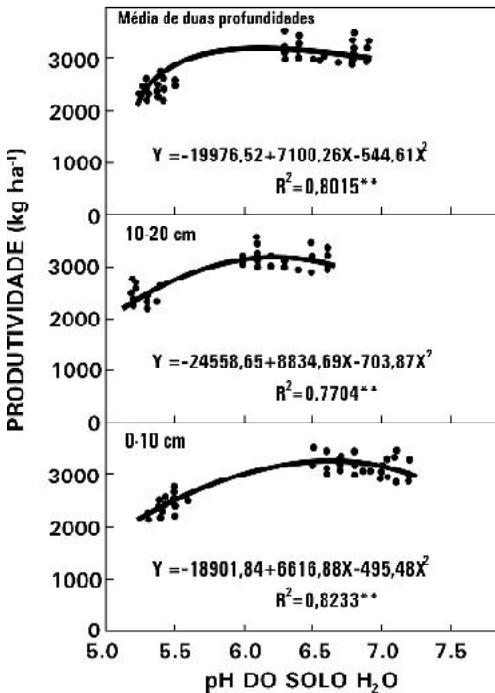


Fig. 1. Relação entre pH do solo e produtividade de grãos do feijoeiro.

A relação entre a saturação por bases e a produtividade de grãos do feijoeiro é apresentada na Fig. 2. Houve resposta quadrática da produtividade do feijoeiro com o aumento da saturação por bases na faixa de 20 a 80%, na profundidade do solo de 0-10 cm e na faixa de 20 a 70%, na profundidade 10-20 cm. As produtividades máximas foram obtidas com a saturação por bases de 73% e 62%, nas profundidades do solo de 0 a 10 e de 10 a 20 cm, respectivamente. Na média das duas profundidades, a produção máxima do feijoeiro foi obtida com a saturação por bases de 67% (Fig. 2). Os valores adequados de saturação por bases para o feijoeiro em solo de cerrado variam de 53% a 70% no sistema convencional (LOPES et al., 1991; FAGERIA, 2001b).

O aumento na produtividade de grãos do feijoeiro com o aumento da saturação por base está associado ao balanço apropriado de cátions no solo (FAGERIA, 2002). Os cátions básicos são baixos em solos ácidos do clima tropical e subtropicais e a calagem é a prática mais efetiva para melhorar os teores desses cátions nesses solos (DIEROLF et al., 1997). A saturação por bases aumentou significativamente com a aplicação de calcário, apresentando valores maiores na

camada superficial do que na subsuperficial (10-20 cm), valores esses relacionados com os maiores teores de Ca e Mg nessa camada. Isso se deve à não incorporação de calcário no Sistema Plantio Direto e também à acumulação de restos culturais na camada superficial (FAGERIA; STONE, 2004).

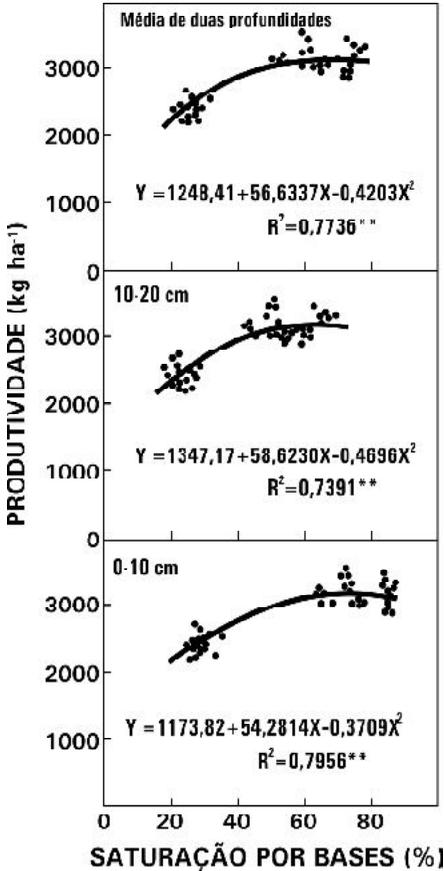


Fig. 2. Relação entre a saturação por bases e produtividade de grãos do feijoeiro.

Conclusões

1. A produtividade de grãos do feijoeiro situa-se em torno de 3.000 kg ha⁻¹, quando o pH do solo de cerrado (Oxissolo) está ao redor de 6,5 e os outros fatores de produção não são limitantes.
2. A produtividade de feijoeiro aumenta significativamente com o aumento da saturação por base, atingindo a produtividade máxima com 67%.

3. A magnitude dos parâmetros da planta no aumento da produtividade de grãos segue a ordem: massa da matéria seca da parte aérea > número de vagens por área > número de grãos por vagem > massa de 100 grãos.
4. Os valores dos índices de acidez do solo, como pH e saturação por bases, estabelecidos para produção máxima de feijão neste trabalho, podem ser utilizados como referência para calagem, visando à produção sustentável de feijão no Sistema de Plantio Direto.

Referências

ALLEY, M. M.; ZELANZY, L. W. Soil acidity: soil pH and lime needs. In: BROWN, J. R. (Ed.). **Soil testing: sampling, correlation, calibration and interpretation**. Madison: Soil Science Society of America, 1987. p. 65-72. (SSSA. Special Publication, 21).

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. da. **Aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 49).

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 161-169, jan./mar. 2000.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

DIEROLF, T. S.; ARYA, L. M.; YOST, R. S. Water and cation movement in an Indonesian Ultisol. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 4, p. 572-579, July/Aug. 1997.

FAGERIA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 11, p. 1419-1424, nov. 2001a.

FAGERIA, N. K. Resposta de arroz de terras altas, feijão, milho e soja à saturação por base em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 416-424, set./dez. 2001b.

FAGERIA, N. K. Nutrient management for sustainable dry bean production in the tropics. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 33, n. 9/10, p. 1537-1575, 2002.

FAGERIA, N. K. **The use of nutrients in crop plants**. Boca Raton: CRC Press, 2009. 430 p.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. **Manejo da acidez dos solos de cerrado e de várzea do Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 42 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 92).

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. Produtividade de feijão no sistema plantio direto com aplicação de calcário e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 73-78, jan. 2004.

LATHWELL, D. J.; REID, W. S. Crop response to lime in the northwestern United States. In: ADAMS, E. (Ed.). **Soil acidity and liming**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p. 305-332.

LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUILHERME, L. R. G. **Acidez do solo e calagem**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1991. 15 p. (ANDA. Boletim técnico, 1).

MIRANDA, L. N. de; MIELNICZUK, J.; LOBATO, E. Calagem e adubação corretiva. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO, 5., 1979, Brasília, DF. **Cerrado: uso e manejo**. Brasília, DF: Editerra, 1980. p. 523-591.

QUAGGIO, J. A.; MASCARENHAS, H. A. A.; BATAGLIA, O. C. Resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Roxo distrófico de cerrado: II efeito residual. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 113-118, maio/ago. 1982.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Dourados: Embrapa-CPAO, 1998. 248 p. (Coleção 500 Perguntas 500 Respostas).

WEST, T. O.; POST, W. M. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 66, n. 6, p. 1930-1946, Nov./Dez. 2002.