

Cu, Fe, Mn, Zn e PRODUTIVIDADE DA SOJA APÓS REAPLICAÇÃO SUPERFICIAL DE LODO DE ESGOTO, LAMA CAL E ESCÓRIA DE ACIARIA EM SISTEMA SEMEADURA DIRETA

Alessandra Elena Miggiolaro¹; João Arthur Antonangelo²; Leonardo Theodoro Büll¹; Dirceu Maximino Fernandes¹; Maria Anita Gonçalves da Silva³

¹Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA, Departamento de Solos e Recursos Ambientais. CEP: 18610-307, Botucatu, SP. E-mail: almiggiolaro@fca.unesp.br

²Universidade de São Paulo – USP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Departamento de Ciência do Solo. Avenida Pádua Dias, nº 11, CEP: 13418-900, Piracicaba, SP. E-mail: joaoantonangelo@usp.br

³Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia. Avenida Colombo 5790, Jardim Universitário - Área de Solos (Fertilidade e Adubação) Jardim Universitário. CEP: 87020-900 - Maringá, PR – Brasil. E-mail: magsilva@uem.br

RESUMO: A utilização de resíduos industriais e lodos de esgoto na agricultura podem contribuir para o aproveitamento, pelas plantas, dos elementos essenciais e compostos orgânicos neles contidos e favorecer ao desenvolvimento e à produtividade das espécies vegetais cultivadas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o teor de Cu, Fe, Mn e Zn e a produtividade da soja dezesseis meses após a quarta reaplicação superficial de lodo de esgoto, lama cal e escória de aciaria em sistema semeadura direta. O trabalho foi implantado no campo no ano agrícola de 2010/2011, na Fazenda Experimental Lageado da FCA/UNESP de Botucatu, SP, em um Latossolo Vermelho distrófico em sistema semeadura direta, delineamento experimental em blocos casualizados e esquema fatorial 4x4, com quatro repetições. O experimento vem sendo conduzido em sistema semeadura direta com reaplicação de resíduos urbanos e industriais desde 2002 e encontra-se em sua quarta reaplicação. Os tratamentos foram constituídos por quatro resíduos, lodo de esgoto centrifugado e tratado com cal virgem (LC), lodo de esgoto de biodigestor (LB), escória de aciaria (E) e lama cal (Lcal), interagindo com quatro doses, 0, 2, 4, 8 Mg ha⁻¹, sendo a última reaplicação realizada em agosto de 2009. Em dezembro de 2010, dezesseis meses após a quarta reaplicação, foi semeada a cultura da soja, cultivar EMBRAPA 48, cuja colheita ocorreu no mês de abril de 2011, onde após trilha mecânica os grãos foram pesados e a umidade corrigida para 13% para determinação da produtividade da soja. A amostragem de folhas para determinação dos teores de Cu, Fe, Mn e Zn ocorreu no estágio de pleno florescimento da soja. Após a quarta reaplicação de LB na cultura da soja, em Sistema Semeadura Direta, o teor de Mn e Zn encontra-se com teores superiores ao aceitável para a cultura. Os resíduos LC, Lcal e E aplicados em Sistema Semeadura Direta, proporcionou incremento de produtividade em doses até 8 Mg ha⁻¹ dezesseis meses após a quarta reaplicação.

PALAVRAS-CHAVE: Soja, lodo de esgoto, lama cal e escória de aciaria.

Cu, Fe, Mn, Zn and PRODUCTION OF SOYBEAN AFTER SUPERFICIAL REAPPLICATION OF SEWAGE SLUDGE, LIME MUD AND STEEL SLAG IN DIRECT SEEDING SYSTEM

ABSTRACT: The use of industrial waste and sewage sludge in agriculture can contribute to the use, by plants, of the essential elements and organic compounds contained therein and encourage the development and productivity of cultivated plant species. The objective of this study was to evaluate the contents of Cu, Fe, Mn and Zn, as well as the soybean yield, sixteen months after the fourth surface application of sewage sludge, lime sludge and steel slag in no-till system. The work was deployed in the field in the agricultural year 2010/2011, at the Experimental Farm Lageado FCA / UNESP, Botucatu, SP, in an Oxisol under no-tillage. The experimental design was randomized blocks in a 4x4 factorial structure with four replications. The experiment has been conducted in tillage system with application of municipal and industrial waste since 2002 and is in its fourth surface application. The treatments consisted of four residues, centrifuged sewage sludge and treated with quicklime (LC), biodigester sewage sludge (LB), steel slag (E) and lime mud (Lcal), in four rates, 0, 2, 4, 8 Mg ha⁻¹, with the last application in August 2009. In December 2010, sixteen months after the fourth application, the soybean crop (EMBRAPA 48) was sown. The harvest has been taken in place in April 2011, where the grains were weighed after mechanical strip and the moisture has been corrected to 13%, for determination of soybean yield. The leaf sampling for determination of Cu, Fe, Mn and Zn occurred in the soybean flowering stage. After the fourth application of LB in the soybean crop in direct sowing system, the contents of Mn and Zn were at higher levels than those acceptable to the soybean crop. The supply of LC, Lcal and E provided increment of production at doses up to 8 Mg ha⁻¹, sixteen months after the fourth application.

KEYWORDS: Soybeans, sewage sludge, lime mud and steel slag.

INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos industriais e lodos de esgoto na agricultura pode contribuir para o aproveitamento, pelas plantas, dos elementos essenciais e compostos orgânicos neles contidos (Oliveira et al., 2002; Nascimento et al., 2004; Corrêa et al., 2008), e favorecer ao desenvolvimento e à produtividade das espécies vegetais cultivadas (Carvalho-Pupatto et al., 2004; Vieira et al., 2005; Lemainski e Silva, 2006; Corrêa et al., 2008).

Barbosa et al, (2007) afirma que, dentre as opções de disposição final do lodo de esgoto, sua utilização em áreas agrícolas tem sido uma solução considerada viável do ponto de vista econômico e ambiental. No Brasil, o uso agrícola de resíduos, principalmente de resíduos urbanos, como fertilizante orgânico ou condicionador do solo deve crescer substancialmente nos próximos anos, seguindo uma tendência mundial e acompanhando a demanda gerada por um acentuado crescimento do volume de esgoto (Corrêa et al., 2008).

No entanto, trabalhos de pesquisa, que demonstram os benefícios da reaplicação de resíduos no solo para cultura da soja, tratam da condição de incorporação desses resíduos (Corrêa et al, 2008), e entre eles o de Lemainski e Silva (2006), que observaram a viabilidade agronômica e econômica do uso do lodo de esgoto em substituição ao fertilizante mineral. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o teor de Cu, Fe, Mn, Zn e a produtividade da soja dezesseis meses após reaplicação superficial de lodo de esgoto, lama cal e escória de aciaria em sistema semeadura direta.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido durante o ano agrícola de 2010/2011, na Fazenda Experimental Lageado, Faculdade de Ciências Agronômicas - FCA, Campus de Botucatu/UNESP, na latitude de 22° 51' S, longitude de 48° 26' W e altitude de 740 m. Área esta que vem sendo manejada em sistema de semeadura direta com reaplicação de resíduos urbanos (lodo de esgoto) e industriais (escória de aciaria e lama cal) em superfície desde o ano de 2002. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 1999). O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições com parcelas de 5,7 m de largura e 7,0 m de comprimento. Os tratamentos foram constituídos por quatro tipos de resíduos, dois resíduos urbanos, um centrifugado com adição de cal, proveniente da Estação de tratamento de esgoto de Presidente Prudente e um de biodigestor, produzido pela Estação de tratamento de esgoto de Barueri, e dois resíduos industriais, a escória de aciaria cedida pela Mannesmann e a lama cal proveniente da empresa de celulose Ripaza, sendo suas características descritas na tabela 1 e 2, interagindo com quatro doses, 0, 2, 4, 8 Mg ha⁻¹. Os resíduos foram reaplicados em superfície em agosto de 2009.

O plantio da cultura da soja cultivar EMBRAPA 48 foi realizado no início de dezembro de 2010 com espaçamento de 0,45m entre linha e adubação de 300 kg ha⁻¹ de 0-20-20. Os tratos culturais foram realizados de acordo com a necessidade da cultura. A colheita foi realizada no início de abril de 2011 mediante colheita mecanizada com colhedora de parcela, três linhas centrais, com sete metros de comprimento cada. Depois da trilha mecânica o material foi pesado e teve a umidade dos grãos corrigidos a 13%, transformando a produtividade em kg ha⁻¹. A determinação do teor de Cu, Fe, Mn e Zn

seguiu metodologia descrita por Bataglia et al.(1983) e as amostragens de folhas para determinação foram realizadas conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Tabela 1 - Composição química dos resíduos industriais: Escória de aciaria (E¹) e Lama cal (Lcal²).

Resíduo	% de matéria seca					mg kg ⁻¹ de matéria seca				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
E	0,66	1,20	0,14	16	2,70	2600	480	7260	800	1040
Lcal	0,42	0,36	0,05	24	0,34	8800	400	800	400	1020

Tabela 2 - Composição química dos resíduos urbanos: Lodo de esgoto centrifugado tratado com cal virgem (LC³) e Lodo de esgoto de biodigestor (LB⁴).

Resíduo	C/N	pH (CaCl ₂)	Umidade	% de matéria seca					mg kg ⁻¹ de matéria seca					
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MO	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
LC	15/1	8,4	14,96	0,46	0,96	0,09	12	11,7	0,15	720	656	650	114	676
LB	7/1	6,93	41,6	3,26	2,89	0,15	43	1,3	0,21	1380	1024	23200	192	5200

⁽¹⁾ E= escória de aciaria (Mannesmann); ⁽²⁾ Lcal= lama cal (Ripaza); ⁽³⁾ LC= lodo de esgoto centrifugado (ETE de Presidente Prudente, SP); ⁽⁴⁾ LB= lodo de esgoto de biodigestor (ETE de Barueri, SP).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nota-se na Tabela 3 que a reaplicação dos resíduos LB, LC, LCal e E, em diferentes doses, não proporcionou incrementos nos teores de Cu e Fe na cultura da soja em relação a dose zero, no entanto, na dose de 8Mg ha⁻¹ foram observados os maiores teores de Mn e Zn com a reaplicação do resíduo LB.

Tabela 3 - Teor foliar de Cu, Fe, Mn e Zn da soja, em função de doses de LB (Lodo de biodigestor), LC (Lodo centrifugado), Lcal (Lama cal) e E (Escória), em Sistema Semeadura Direta, safra 2010/2011.

Dose Mg ha ⁻¹	Resíduos				Resíduos			
	LB	LC	Lcal	E	LB	LC	Lcal	E
	-----Cu (mg kg ⁻¹)-----				-----Fe (mg kg ⁻¹)-----			
0	13	13	13	13	90	90	90	90
2	13	12	12	12	90	92	86	87
4	13	14	13	12	92ab	96a	100a	84b
8	14	12	12	12	86	92	89	90
Média	13	13	12	12	89	92	91	87
CV	16,36				8,03			
	-----Mn (mg kg ⁻¹)-----				-----Zn (mg kg ⁻¹)-----			
0	180	180	180	180	58	58	58	58
2	174a	56b	42b	61b	106a	49b	41b	39b
4	128a	57b	65b	46b	89a	51b	38b	34b
8	235a	45b	58b	47b	210a	36b	36b	33b
Média	179a	84b	86b	83b	116a	48b	43b	41b
CV	30,24				20,86			

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo Teste t (LSD).

De maneira geral, os maiores teores médios de Mn e Zn foram obtidos com reaplicação de LB, talvez em decorrência do alto teor destes elementos em sua constituição (Tabela 2). Observa-se para Zn, efeito quadrático crescente para LB e linear decrescente para os tratamentos LC, Lcal e E (Figura 1) e comportamento quadrático com a reaplicação de LB, LC, LCal e E para o teor de Mn.

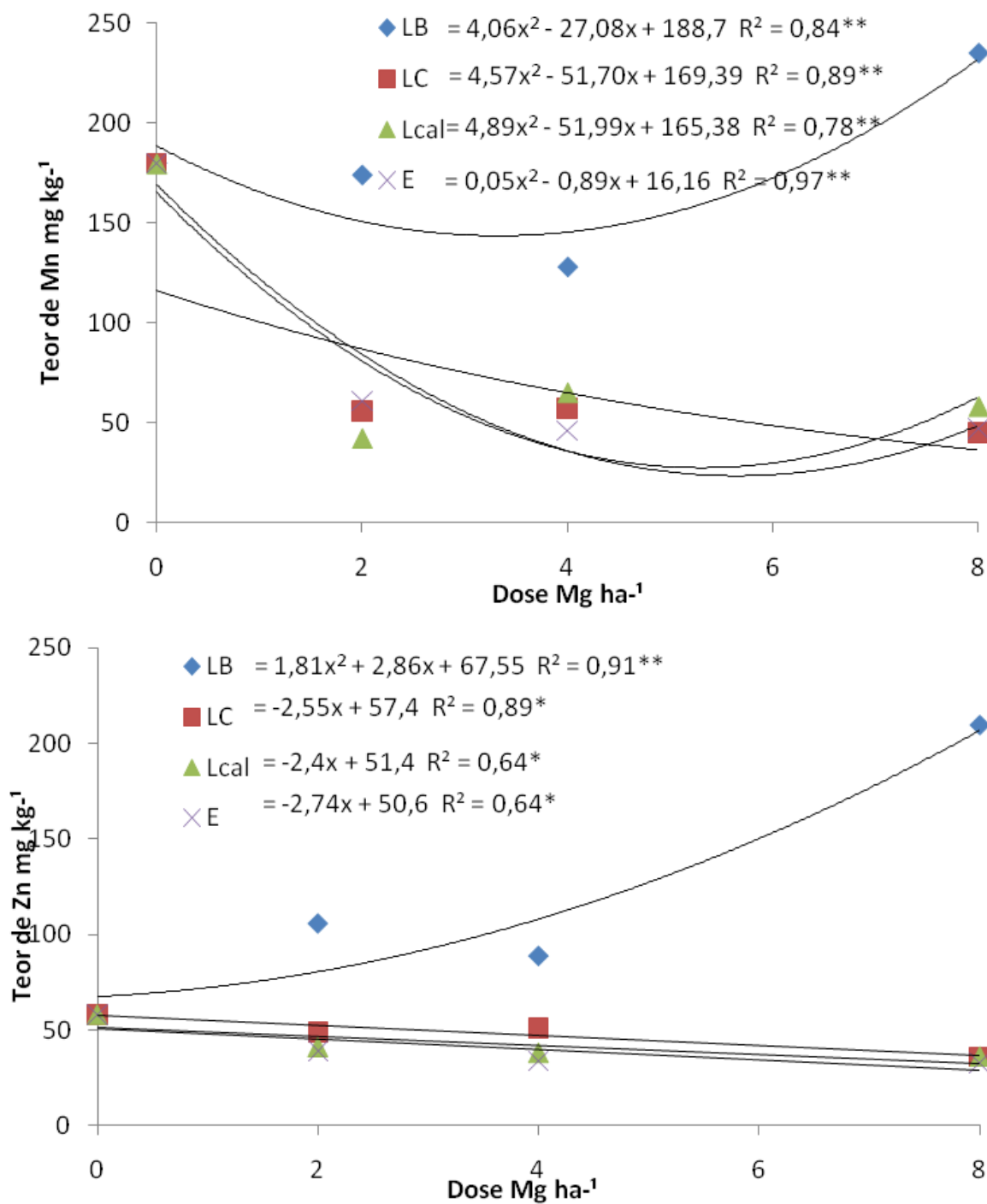


Figura 1: Teor foliar de Mn e Zn da soja (safra 2010/2011), em função de doses de LB (Lodo de biodigestor), LC (Lodo centrifugado), Lcal (Lama cal) e E (Escória) dezesseis meses após a quarta reaplicação dos resíduos em Sistema Semeadura Direta.

Nota-se na tabela 4 que a produtividade da cultura da soja apresentou diferenças significativas em relação aos valores médios de produtividade quando comparados os

resíduos E, Lcal e LC em relação ao resíduo LB, sendo a maior produtividade proporcionada com a reaplicação do resíduo E na dose 4 Mg ha⁻¹ (3774 kg ha⁻¹) e o menor valor (2158 kg ha⁻¹) com a reaplicação de 8 Mg ha⁻¹ do resíduo LB.

O resíduo LB na dose de 4 e 8 Mg ha⁻¹ proporcionou valores de produtividade inferiores ao obtido pelo tratamento dose zero (2457 kg ha⁻¹). Na dose de 8 Mg ha⁻¹ o LC foi o resíduo que obteve a maior produtividade 3763 kg ha⁻¹. Os resíduos LC e Lcal apresentaram comportamento linear crescente para produtividade em resposta ao aumento das doses e comportamento quadrático para o resíduo E (figura 2). Segundo Corrêa et al, (2008) a produtividade da soja é favorecida pela reaplicação superficial de escória de aciaria, lodo de esgoto centrifugado e de biodigestor, lama cal e calagem no sistema plantio direto.

Tabela 4 - Produtividade da soja, cultivar EMBRAPA 48, em função de doses de LB (Lodo de biodigestor), LC (Lodo centrifugado), Lcal (Lama cal) e E (Escória), em Sistema Semeadura Direta, safra 2010/2011.

Dose Mg ha ⁻¹	Resíduos			
	LB	LC	Lcal	E
	-----Produtividade (kg ha ⁻¹)-----			
0	2457	2457	2457	2457
2	3038	3334	3005	3046
4	2347c	3017bc	3101ab	3774a
8	2158b	3763a	3253a	3341a
Média	2500b	3143a	2954a	3155a
CV	17,63			

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo Teste t (LSD).

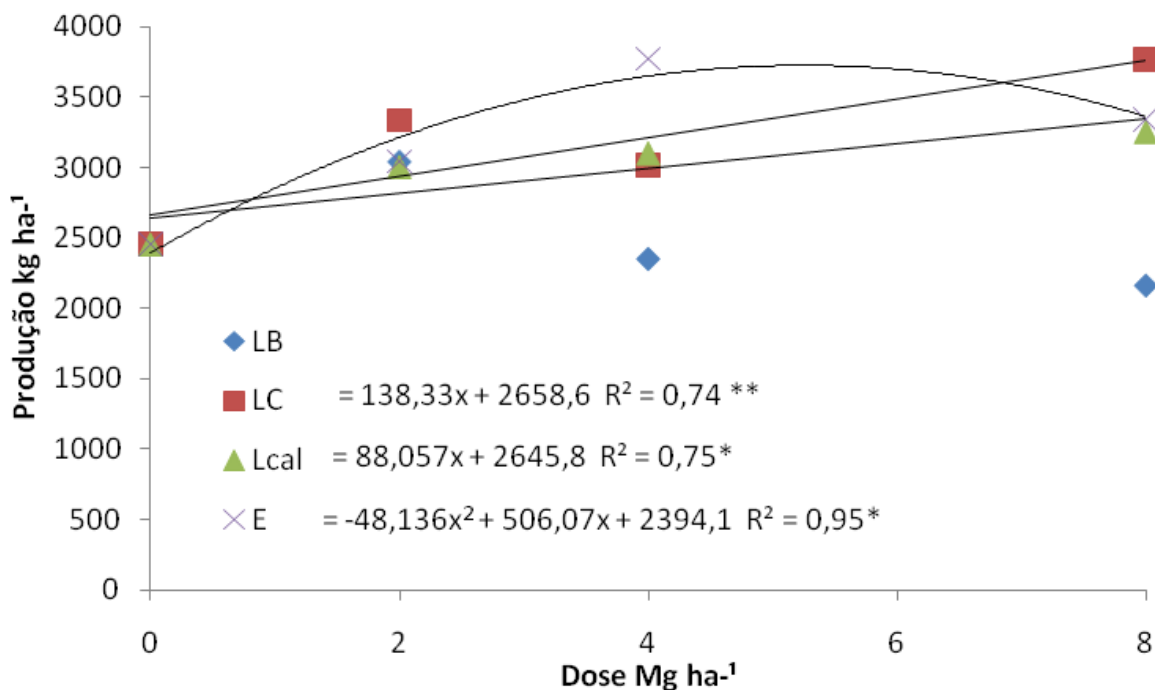


Figura 2 - Produtividade da cultura da soja, dezesseis meses após a quarta reaplicação dos resíduos LB, LC, Lcal e E em Sistema Semeadura Direta.

CONCLUSÕES

1. Após a quarta reaplicação de LB na cultura da soja, em SSD, o teor de Mn e Zn encontra-se com teores superiores ao aceitável para a cultura.
2. A reaplicação de 8 Mg ha⁻¹ de LB na cultura da soja em SSD em um Latossolo Vermelho distrófico proporciona menor produtividade pela cultura.
3. Os resíduos LC, Lcal e E aplicados em SSD, proporcionou incremento de produtividade em doses até 8 Mg ha⁻¹ dezesseis meses após a quarta reaplicação.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à FAPESP, pela bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, G.M.C.; TAVARES, J.F.; BRITO, O.R.; FONSECA, I.C.B. Efeito residual do lodo de esgoto na produtividade do milho safrinha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V. 31, n° 3, p.601 – 605, 2007.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de Análise Química de Plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983, 48p. (Boletim Técnico, 78).

CARVALHO PUPATTO, J.G.; BÜLL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a reaplicação de escórias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1213-1218, 2004.

CORRÊA, J. C.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, A.C.; TECCHIO M. A. Reaplicação superficial de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário na cultura da soja. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.43, n.9, p.1209-1219, set. 2008.

LEMAINSKI, J.; SILVA, J.E. da. Avaliação agronômica e econômica da reaplicação de biossólido na produtividade de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1477-1484, 2006.

NASCIMENTO, C.W.A.; BARROS, D.A.S.; MELO, E.E.C.; OLIVEIRA, A.B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após reaplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.385-392, 2004.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. 1997. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2. Ed. Piracicaba, Potafós. 319p.

OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E.; MARCIANO, C.R.; ROSSETO, R. Efeito de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em um Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.505-519, 2002.

VIEIRA, R.F.; TANAKA, R.T.; TSAI, S.M.; PÉREZ, D.V.; SILVA, C.M.M. de S. Disponibilidade de nutrientes no solo, qualidade de grãos e produtividade da soja em solo adubado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.919-926, 2005.