



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO LODO DE ESGOTO COMO FONTE DE NITROGÊNIO

Fernanda Gusmão de **Azevêdo**^{1a}; Gabriella Feitosa **Camilo**^{1a}; Ronaldo Severiano **Berton**^{1b};
Aline Renée **Coscione**^{1c}.

¹ Instituto Agrônomo, Centro de Solos e Recursos Ambientais

Nº 13108

RESUMO – Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a eficiência do Lodo de Esgoto (LE) como fonte de nitrogênio (N) para as plantas. O LE foi aplicado em duas dosagens crescentes em um solo com textura média, com cinco repetições. A planta teste foi o milho (*Zea mays* L.), que foi cultivada em uma estufa no período de 40 dias. Os vasos foram incubados por 15 dias, e após este período foi adicionado os tratamentos e a adubação básica (sem adição de N). Após este período, o milho foi cortado, lavado e encaminhado para a estufa, depois ele foi moído e foi realizado a digestão para análise da massa seca (N, P, K, Ca e Mg), micronutrientes e metais pesados. Depois do término do ensaio, o solo foi seco, peneirado e analisado quimicamente para a fertilidade do solo. Os resultados obtidos mostraram que cerca de 1/3 do nitrogênio total presente no lodo estará disponível no primeiro ano de aplicação. Devido as grandes quantidades requeridas desse lodo para o suprimento total das necessidades de N pelas culturas recomenda-se o uso desse material como corretivo de solo.

Palavras-chaves: Biosólido, milho, resíduos urbanos, condicionador de solo

^a Bolsista CNPq: Graduação em Eng. Ambiental, PUC (fernandagusmao24@gmail.com)

^b Orientador: Pesquisador, IAC (berton@iac.sp.gov.br)

^c Colaboradora: Pesquisadora, IAC (aline@iac.sp.gov.br)



ABSTRACT – A study was performed to evaluate the agronomic efficiency of sewage sludge (SS) for plant development as a source of nitrogen (N). Two rates of SS were applied to a medium texture soil, with five replicates. The test plant was corn (*Zea mays* L.) which was cultivated under greenhouse conditions. Pots were incubated for 15 days and then received the SS treatments and nutrients, except N. After 40 days of crop development, plants were harvested and shoot were washed, dried, milled and digested for N, P, K, Ca and Mg, micronutrients and heavy metals content. Results showed that 1/3 of total N present on SS will be available to plants during the first year of cropping. Due to the high amount of SS required to supply the total amount of N demanded for the crops, it is recommended the use of this material as soil conditioner.

Key-words: Biosolids, corn, urban residues, soil conditioner

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional, em sua ampla maioria urbana, e o aumento do desenvolvimento industrial, têm sido gerados águas residuárias e resíduos sólidos em grandes quantidades. O tratamento dessas águas residuárias origina um material pastoso, denominado lodo de esgoto.

Estudos com lodo de esgoto indicam que ele possui alguns nutrientes essenciais às plantas, é rico em matéria orgânica, e atua como um condicionador do solo, melhorando sua estrutura. Quando tratado e processado, o lodo recebe o nome de biossólidos e adquire características que permitem sua utilização agrícola de maneira racional e ambientalmente segura. Atualmente, as perspectivas de desenvolvimento e a expectativa de incremento da produção de lodo pela ampliação da rede de coleta e tratamento de esgoto caracterizam a questão como um dos mais graves passivos ambientais urbanos no Brasil (Barbosa e Tavares Filho, 2006).

Dentre as opções de disposição final do lodo de esgoto, sua utilização em áreas agrícolas como fonte de nutrientes para as plantas e como condicionador de solo tem sido uma alternativa considerada viável do ponto de vista econômico e ambiental (ARAÚJO, 2004).

Melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo têm sido atribuídas à aplicação de lodo de esgoto, assim como desenvolvimento, estado nutricional, principalmente no que se refere ao fornecimento de N, e produtividade das plantas de interesse econômico semelhantes, ou mesmo superiores, ao promovido pelo manejo agrícola convencional (MELO et al., 2001 e ABREU JÚNIOR et al., 2005).



O lodo de esgoto tem sido utilizado na melhoria de solos em áreas florestadas (SMITH, 1997), na recuperação de áreas degradadas (WISNIEWSKI et al., 1996; WHITE et al., 1997), como fertilizante, nas culturas de soja e trigo (BROWN et al., 1997), milho (CROHN, 1996; BISCAIA & MIRANDA, 1996; LOURENÇO et al., 1996; SILVA et al., 1997), feijão e girassol (DESCHAMPS & FAVARETTO, 1997), em hortaliças, como tomate, abóbora (OZORES-HAMPTON et al., 1997) e até mesmo em alface (SLOAN et al., 1997).

Andreoli (1999) observou que, com elevação do pH pela adição do lodo caleado, a produtividade foi reduzida, em razão de o estoque de N no sistema solo-planta apresentar níveis muito acima do necessário. Portanto, o pH inicial do solo representa um dos fatores que devem ser considerados como limitante de dosagens para o lodo caleado.

Com base no exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação do lodo de esgoto produzido pelo sistema Bioset como fonte de N para plantas de milho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um experimento em casa de vegetação no Centro de P&D de Solos e Recursos Ambientais, no Instituto Agronômico, em Campinas/SP, utilizando-se amostra superficial (0-20 cm de profundidade) de um solo de textura arenosa coletado no município de Piracicaba/SP.

A análise química do solo foi realizada de acordo com os métodos descritos por Raij et al. (2001), apresentando os seguintes valores: argila = 69 g kg⁻¹; silte: 145 g kg⁻¹, areia total = 786 g kg⁻¹, pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ = 6,2; matéria orgânica = 13 g dm⁻³; P resina = 10,0 mg dm⁻³; K = 2,0 mmol_c dm⁻³; Ca = 13,0 mmol_c dm⁻³; Mg = 4,0 mmol_c dm⁻³; CTC = 53 mmol_c dm⁻³; SB = 19 mmol_c dm⁻³; H+Al = 34 mmol_c dm⁻³; V % = 36%; Zn = 1,0 mg dm⁻³; Cu = 1,0 mg dm⁻³; Mn = 56,3 mg dm⁻³; Fe = 38 mg dm⁻³; B = 0,18 mg dm⁻³; Cd = 0,01 mg dm⁻³; Cr = <0,01 mg dm⁻³; Ni = 0,15 mg dm⁻³ e Pb = 1,1 mg dm⁻³.

Os materiais usados neste estudo foram Lodo de Esgoto (**LE**) gerado a partir do sistema BIOSET que utiliza cal hidratada e ácido sulfâmico no seu tratamento e nitrogênio mineral (**NM**) na forma de nitrato de amônio (**NA**), sulfato de amônio (**SA**) e nitrato de cálcio (**NC**) P.A. como padrão.

A análise química do **LE** foi realizada de acordo com os métodos descritos por Andrade & Abreu, 2006, apresentando os seguintes valores: PN (%CaCO₃): 73,7; pH (em água 1:10): 12,8; U_{60c}: 57,5%; ST: 41,4%; SV: 26,8%, Al: 6627; B: 4,0; Cd: 3,0; Pb: 17,3; Cu: 193; Cr: 41,4; Fe: 51379; Mn: 111; Mo: 3,2; Ni: 27,8; Zn: 492; As: 6,1; Ba: 280; Hg: <1,0; Se: <1,0; Na: 389 (em mg kg⁻¹), K: 1,64; Ca: 216; S: 30,5; P: 8,5; Mg: 9,9; N-Kjeldahl: 15,6; C.O.: 181 (em g kg⁻¹).

As amostras de solo foram secas, peneiradas e acondicionadas em vasos de polipropileno com capacidade para 3 dm³ de solo. O **LE** foi seco a 60°C e moído antes de ser aplicado ao solo, o



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013

13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

NM, **NA**, **SA** e **NC** foram mantidos em dessecador antes do uso. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, no esquema fatorial, 1 solo x 2 tratamentos (**LE**; **NM**) x 2 doses (0, 500 mg de **N**/vaso) x 5 repetições. Além de um tratamento **CONTROLE (T)** (sem **N**) e um tratamento adicional (**LE 1000**) que empregou 1000 mg de **N**/vaso como **LE**, em 5 repetições, totalizando 20 parcelas.

As doses de **LE** e **NM** foram calculadas em função da concentração de **N** total nas fontes utilizadas, que correspondeu a 0, 32 e 64 g/vaso de **LE** nos tratamentos 0, 500 e 1000 mg **N**/vaso. O **NM 500** foi aplicado de forma parcelada, em cobertura, na forma de solução, até completar a dose de 500 mg/vaso. Para tal foram aplicados 200 mg de **N** na forma de **NA**, 200 mg de **N** na forma de **SA** e 100 mg na forma de **NC**.

Inicialmente foi aplicado ao solo 1,6 g de calcário domlomítico para elevar a saturação em bases a 60%. Os vasos permaneceram incubados por 15 dias. Após a estabilização do pH do solo foram adicionados os tratamentos e a adubação básica contendo macro e micronutrientes, exceto o **N** e procedeu-se a semeadura do milho CATIVERDE 02, utilizando-se dez sementes por vaso, deixando-se após o desbaste, cinco plantas por vaso. As plantas foram cultivadas por 30 dias. Os vasos foram mantidos com umidade mínima correspondente a 70% da diferença de peso entre o solo seco e o solo em sua capacidade máxima de retenção de água, recuperando-se o peso inicial com água destilada. Ao fim do período de avaliação, realizou-se o corte da parte aérea sendo o material vegetal lavado, seco, pesado, moído e submetido à digestão via seca segundo Bataglia et al. (1989) e os teores de macro e micronutrientes determinados por espectrometria de emissão óptica de plasma induzido de argônio (ICP-OES). Os vasos foram desmontados e o solo recuperado foi seco, peneirado e analisado quimicamente utilizando-se os métodos oficiais adotados pelo Instituto Agrônomo conforme descrito em Rajj et al. (2001).

As variáveis avaliadas após a colheita foram: massa seca da parte aérea (**MSA**), em g/vaso; teor de nitrogênio na parte aérea do milho (**N**), em g/kg e teor acumulado na parte aérea da planta (**Nac**), em g/vaso, calculado por: $[MSA \times N] / 1000$.

A avaliação do **LE** foi feita pelo Índice de Eficiência Agronômica (**IEA**), que representa a quantidade acumulada de **N** no **LE** comparada com a fonte padrão **NM**: **IEA** em %: $[(Nac \text{ obtida com o } LE - Nac \text{ obtida com o } T) / (Nac \text{ obtida com o } NM - Nac \text{ obtida com o } T)] \times 100$.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste Q para rejeição de dados discrepantes e então realizada a análise de variância e, quando o teste F foi significativo procedeu-se à comparação de médias pelo teste de Tukey ($p > 0,05$) com o auxílio do SISVAR (Ferreira, 2000).



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O **LE** apresentou-se como um resíduo sólido (57,5% de umidade), de reação alcalina (pH 12,8) e com teores apreciáveis de carbono orgânico (18,1%), cálcio (21,6%), potássio (0,16%), fósforo (0,85%), nitrogênio total (1,56%), magnésio (0,99%) e enxofre (3%), com baixos teores de elementos potencialmente tóxicos e um poder de neutralização (PN) de 73,7 % de CaCO_3 equivalente. O índice de pH e a determinação do PN são parâmetros importantes para estimar o efeito corretivo da acidez após aplicação do resíduo no solo e o potássio e o magnésio influenciam diretamente na saturação em bases do solo (V%) e na capacidade de troca de cátions do solo (CTC).

Na avaliação visual das plantas foram observados sintomas de deficiência de nitrogênio, caracterizados por amarelecimento da ponta para a base da folha, em forma de "V" invertido, no tratamento **T**.

A produção de massa seca da parte aérea do milho variou de 7,4 g/vaso a 4,8 g/vaso. O tratamento **NM 500** apresentou a maior produção de massa seca (14,8 g/vaso) seguido do **LE 500** (7,8 g/vaso). O tratamento adicional **LE 1000** apresentou uma produção média de massa seca de 4,4 g/vaso. A redução da produção de massa seca de 7,4 para 4,4 g/vaso, com o aumento da dose de **LE**, indica um efeito negativo do **LE 1000** (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Efeito da adição do LE nos teores de macro e micronutrientes e metais pesados na parte aérea do milho. Média de cinco repetições.

	Dose N	MSA	Nac	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg/vaso	g/vaso	mg/vaso	-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----			
T	0	7,4a	91,5a	12,3a	5,1	33,9	4,6	1,7	2,3	3,3	31,2	89,8	42,2
LE	500	7,8b	197,5b	25,5b	1,2	32,5	4,6	2,2	2,1	3,9	25,8	18,5	21,1
LE	1000	4,4b	165,5b	37,5c	1,7	32,5	4,4	2,0	3,5	4,6	27,2	21,3	22,6

Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 2. Efeito da adição de NM nos teores de macro e micronutrientes e metais pesados na parte aérea do milho. Média de cinco repetições.

	Dose N	MSA	Nac	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg/vaso	g/vaso	mg/vaso	-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----			
T	0	7,4	91,5	12,3	5,1	33,9	4,6	1,7	2,3	3,3	31,2	89,8	42,2
NM	500	14,9	418,5	28,1	3,1	16,0	2,7	2,7	3,0	3,5	48,1	101,6	42,5



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013

13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

O teor médio de **N** na parte aérea do milho, em g kg^{-1} , variou de 12,3 (**T**) a 37,5 (**LE 1000**) (**Tabelas 1 e 2**) e estão dentro dos limites estabelecidos como adequados para o desenvolvimento do milho ($\text{N}=27,5\text{-}32,5 \text{ g kg}^{-1}$), por Raij et al (1996). Desta forma a adição de 500 mg/vaso de **N** tanto na forma mineral (**NM**) como na forma orgânica (**LE**) foram suficientes para proporcionar teores adequados de **N** para a cultura.

Os teores médios de macro e micronutrientes na parte aérea do milho nos tratamentos **LE** e **NM 500** encontraram-se dentro dos teores considerados adequados, exceto o **P** e o **Cu** que ficaram abaixo dos limites estabelecidos por Raij et al (1996), em ambos os tratamentos e o **Fe** e o **Mn** que ficaram abaixo do limite apenas no tratamento **LE (Tabelas 1 e 2)**.

O tratamento **LE 1000** reduziu a produção de matéria seca e os teores de **P**, **K**, **Ca**, **Fe**, **Mn**, **Zn**, **Cd**, **Cr** e **Pb** principalmente **P**, **Mn** e **Zn** que tiveram uma redução próxima ou superior a 50% (**Tabela 1**).

Esta tendência de redução na concentração dos nutrientes na parte aérea do milho deve-se provavelmente ao efeito do pH do solo que aumentou de 5,0 no tratamento **T** para 5,7 e 6,2 nos tratamentos **LE 500** e **LE 1000** o que reduziu a disponibilidade dos elementos no solo (**Tabela 3**).

Tabela 3. Efeito da adição de **LE** e **NM** nas características químicas e físico-químicas do solo após o cultivo do milho. Média de cinco repetições.

	Dose N	M.O	pH	P	Cu	Fe	Mn	Zn	K	Ca	Mg	H+Al	S.B	C.T.C	V
	mg/vaso	g dm^{-3}		----- mg dm^{-3} -----						----- $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----				%	
T	0	23	5,0	70,2	1,5	112,2	13,3	16,1	1,3	31,6	9,6	27,4	42,5	69,9	60,4
LE 500	500	22	5,7	153,6	1,8	46,8	3,5	18,5	1,1	29,3	11,6	8,2	42,0	50,2	84,6
LE 1000	1000	20	6,2	170,6	2,2	56,6	4,5	21,1	2,0	15,8	12,8	7,0	30,6	37,6	78,6
NM 500	500	18,4	4,4	66,6	1,5	133,4	24,5	13,8	1,24	35,6	8,2	32,2	45,04	77,24	57,2

A aplicação ao solo de 500 mg N/vaso na forma de **LE 500** reduziu o **H+Al** de 27,4 para 8,2 $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$, indicando o potencial corretivo do **LE 500** na neutralização da acidez do solo (**Tabela 3**).

Quanto aos teores dos micronutrientes e metais pesados, observa-se uma tendência de redução na disponibilidade de **Fe**, **Mn**, **Cr** e **Pb** e elevação na disponibilidade do **Cu** e **Zn** com a aplicação do **LE**. O efeito de redução na disponibilidade dos elementos deve-se provavelmente ao efeito do pH que aumentou de 5,0 no tratamento **T** para 5,7 e 6,2, respectivamente nos tratamentos **LE 500** e **LE1000**.

A eficiência do **LE 500** frente ao padrão **NM 500** foi 32% para o índice IEA indicando que o **LE 500** é capaz de suprir parte do nitrogênio requerido pelas plantas. Contudo aproximadamente 1/3 do nitrogênio total presente no **LE 500** estará disponível no primeiro ano de aplicação, ou seja,



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013

13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

será necessária a incorporação de grandes quantidades de **LE 500** ao solo, cerca de 20 t/ha para adicionar 100 kg de **N** disponível, o que poderá elevar o pH do solo para valores acima do recomendado e diminuir a absorção de fósforo e de micronutrientes, como o zinco e o cobre. Desta forma a utilização do **LE** como material como corretivo de solo parece ser mais adequada.

4 CONCLUSÃO

A adição do **LE** não acarretou sintomas de toxicidade durante o crescimento das plantas, mostrando não haver elementos ou substâncias fitotóxicas em sua composição.

O **LE** produzido pelo sistema Bioset pode ser utilizado como corretivo de solo e como fonte adicional de nitrogênio para as plantas.

5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ – PIBIC, pela bolsa concedida. Ao IAC pela oportunidade de estágio.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU JÚNIOR, C.H.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J.C. **Uso agrícola de resíduos orgânicos: propriedades químicas do solo e produção vegetal**. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L.R.F.; COOPER, M.; SILVA, A.P.; CARDOSO, E.J. **Tópicos em Ciência do Solo IV**. Viçosa: SBCS, 2005. p.391-470.
- ANDRADE, J.C. & ABREU, M.F. **Análise Química de Resíduos Sólidos para Monitoramento e Estudos Agroambientais**. Campinas: Editora IAC, 2006. 178p.
- ANDREOLI, C. V. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura e sua influência em características ambientais no agrossistema**. 1999. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- ARAÚJO, A. S. F. **A compostagem do lodo têxtil e seu efeito sobre indicadores biológicos**. 2004. 89 f. Tese Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004
- BARBOSA, G. M. de C.; TAVARES FILHO, J. **Uso agrícola do lodo de esgoto: influência nas propriedades químicas e físicas do solo, produtividade e recuperação de áreas degradadas**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 27, n. 4, p. 565-580, out./dez. 2006.
- BATAGLIA, O. C., FURLANI, A. M. C., TEIXEIRA, J. P. F. FURLANI, P. R. & GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Editora IAC, 1983. 48 p. (Boletim Técnico).
- BISCAIA, R. C. M.; MIRANDA, G. **Uso do lodo de esgoto calado na produção de milho**. Sanare, Curitiba, v.5, p.86-89, 1996.
- CHIBA, M.K. **Uso de lodo de esgoto na cana-de-açúcar como fonte de nitrogênio e fósforo: parâmetros de fertilidade do solo, nutrição da planta e rendimentos da cultura**. 2005. 142f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013

13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

CROHN, D.M. **Planning biosolids land application rates for agricultural systems.** J. Environ. Eng., 122:1058-1066, 1996.

DESCHAMPS, C.; FAVARETTO, N. **Efeito do lodo de esgoto complementado com fertilidade mineral na produtividade e desenvolvimento da cultura de feijoeiro e do girassol.** Sanare, Curitiba, v.8, n.8, p.33-38, 1997.

LOURENÇO, R.S.; ANJOS, A.R.M.; LIBARDI, P.L. & MEDRADO, M.J.S. **Efeito do lodo de esgoto na produtividade de milho e feijão, no sistema de produção da racatinga.** Sanare, 5:90-92, 1996.

MELO, W.J.; MARQUES, M.O.; MELO, V.P. **O uso agrícola do bio sólido e as propriedades do solo.** In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; SOBRINHO, P.A.; HESPANOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; MELO, W.J.; MARQUES, M.O. **Bio sólidos na agricultura.** São Paulo: SABESP, 2001. p.289-363.

OZORES-HAMPTON, M.; HANLON, E.; BRIAN, H. & SCHAFFER, B. **Cadmium, copper, lead, nickel and zinc concentrations in tomato and squash grown in MSW compost-amended calcareous soil.** Compost Sci. Util., 5:40-45, 1997.

RAIJ, B. VAN., J. C. ANDRADE, H. CANTARELLA, J. A. QUAGGIO & A. M. C. FURLANI. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Editora IAC, 1996. 285 p.

RAIJ, van B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (eds) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

SILVA, F.C.; BOARETTO, A.E.; BERTON, R.S.; ZOTELLI, H.B.; PEXE, C.A.; MENDONÇA, E. **Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto: nutrientes, metais pesados e produtividade.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.1, p.1-8, 1998.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. & SHARMA, R.D.; I.. **Utilização do lodo de esgoto como fonte de fósforo e nitrogênio para milho..** In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 26, 1997, Rio de Janeiro. Resumos. Rio de Janeiro:SBCE, 1997. CD ROM.Silveira et al., 2003).

SLOAN, J.J.; DOWDY, R.H.; DOLAN, M.S. & LINDEN, D.R. **Long term effects of biosolids applications on heavy metal bioavailability in agricultural soils.** J. Environ. Qual., 26:966-975, 1997.

WHITE, C.S.; LOFTIN, S.R. & AGUILAR, R. **Application of biosolids to degrade semiarid rangeland: nine-year response.** J. Environ. Qual., 26:1663-1671, 1997.

WISNIEWSKI, C. et al. **Uso do lodo de esgoto da ETEBELÉM na recuperação de áreas degradadas por mineração de calcário.** Sanare, Curitiba, v.5, n.5, p.76-85, 1996.