

## Uso de lodo de estação de tratamento de esgoto no cultivo de soja em Argissolo

**Giani Barwald Bohm** <sup>1</sup>  
**Glauco Rasmussen Betemps** <sup>2</sup>  
**Leticia Nunes Bierhals** <sup>3</sup>  
**Pedro José Sanches Filho** <sup>4</sup>  
**Sabrina Manke Schwanz** <sup>5</sup>

**Resumo:** O lodo de esgoto tratado é um resíduo de composição predominantemente orgânica que pode ser usado como fonte de nutrientes para o cultivo de soja. Este trabalho teve por objetivo avaliar a atividade microbiana do solo e os teores de metais pesados na parte aérea da planta. Neste contexto, desenvolveu-se um experimento em vasos, com cinco tratamentos, num delineamento inteiramente casualizado: testemunha sem adição de lodo; adubação mineral; tratamentos com 50g; 100 g e 200 g lodo. Foram realizadas análises de carbono da biomassa microbiana, carbono orgânico total, respiração basal, quociente metabólico no solo e os teores de zinco e chumbo na parte aérea das plantas. As aplicações de lodo de esgoto proporcionaram maior atividade microbiana do solo, resultando em maiores teores de carbono orgânico total do solo e taxa de respiração basal. As dosagens de lodo de esgoto aplicado ao cultivo de soja não afetaram as concentrações de zinco e chumbo na parte aérea da planta.

**Palavras-chave:** bio sólido, resíduo, metais pesados, atividade microbiana, *Glycine max*.

---

<sup>1</sup> Doutora em Biotecnologia Agrícola, Professora do Departamento de Tecnologia Ambiental do IFSul.

<sup>2</sup> Graduado em Gestão Ambiental e Técnico do Laboratório de Contaminantes Ambientais

<sup>3</sup> Graduanda do curso de Gestão Ambiental do IFSul

<sup>4</sup> Professor do Departamento de Tecnologia Ambiental e Química do IFSul

<sup>5</sup> Graduanda do curso de Gestão Ambiental do IFSul

**Abstract:** Sewage sludge is predominantly organic composition residue. Soybean cultivation with the use of sewage sludge as a nutrient source results in a new systematic replacement of nutrients and organic matter to the soil. Then have been developed into a pot experiment, in the harvest summer of 2012/2013, to asses soil microbial activity and heavy metal contents in shoots of the soybean plants that grown under different doses of sewage sludge. Have been done analyses of microbial biomass carbon, total organic carbon, basal respiration, metabolic quotient and the zinc and lead levels performed. According to the results, the applications of sewage sludge on soybean had caused greater soil microbial activity, had been resulting in higher levels of microbial carbon and total organic carbon of the soil. Dosages of sewage sludge applied to soybean did not affect the concentrations of zinc and lead in the aerial parts of the plant.

**Key words:** *biosolids, residue, heavy metals, microbial activity, Glycine max.*

## Introdução

O lodo de esgoto é um resíduo de composição predominantemente orgânica, obtido ao final do processo de tratamento de águas, que abastecem à população. Sua destinação racional se faz necessária diante dos problemas ambientais que podem ser causados pelo seu acúmulo. (OLIVEIRA et al. 2005). A possível presença de poluentes como metais pesados, patógenos e compostos orgânicos persistentes são fatores que podem provocar impactos ambientais negativos, uma vez adicionados ao solo, alguns dos poluentes podem entrar na cadeia alimentar ou acumular-se no próprio solo, no ar, nas águas superficiais, nos sedimentos e nas águas subterrâneas. O cultivo agrícola com a utilização de lodo de esgoto como fonte de nutrientes resulta em uma nova sistemática de reposição da matéria orgânica e de nutrientes ao solo. A aplicação de lodo poderá suprir as necessidades da planta e proporcionar melhor condicionamento do solo.

O lodo de esgoto, por possuir considerável percentual de matéria orgânica e de elementos essenciais para as plantas, poderá substituir, ainda que parcialmente, os fertilizantes minerais, desempenhando importante papel na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo (NASCIMENTO et al. 2004). Considerado como resíduo do tratamento do esgoto, atualmente denominado biossólido, é um produto que se acumula nos pátios das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), podendo constituir mais uma ameaça ao ambiente, caso não sejam encontradas alternativas viáveis do ponto de vista social, econômico e ambiental para sua utilização.

O lodo, quando proveniente de ETEs destinadas a tratamento de esgoto doméstico, é enquadrado como resíduo classe II A, ou até mesmo B, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 10004 (ABNT, 2004), o que permite seu uso com maior segurança na agricultura. Essa aplicação é possível desde que o resíduo seja avaliado quanto ao seu valor agrônômico e sejam respeitados os limites de uso. Para tanto, deve-se determinar os potenciais impactos de sua aplicação sobre atributos do solo de forma que atenda critérios técnicos e de segurança à saúde humana e ambiental, estabelecidos para o uso agrícola deste tipo de material (TRANNIN et al. 2008).

Com base no exposto, o objetivo do estudo foi determinar a atividade microbiana e os teores de metais pesados no solo e na parte aérea de plantas de soja (*Glycine max*), cultivadas em solo com diferentes dosagens do lodo de esgoto. Foi escolhida a soja por ser um alimento de grande importância econômica no Brasil. A área colhida cresceu 9,7%, alcançando 27.365.292 hectares. (IBGE, 2013). A hipótese desse trabalho é que a aplicação de lodo de esgoto no cultivo agrícola pode melhorar a atividade microbiana do solo, porém pode resultar em elevados teores de metais pesados na planta.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido em área experimental do curso de química do Instituto Federal Sul-rio-grandense no período de 2012/2013.

O solo utilizado no experimento foi classificado como Argissolo vermelho-amarelo distrófico (PVAd). A caracterização físico-química foi realizada conforme a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995) e apresentou a seguinte composição: pH (H<sub>2</sub>O) – 5,6; argila – 16 %; matéria orgânica – 1,1%; P-Mehlich – 6,5 mg dm<sup>-3</sup>; K – 68mg dm<sup>-3</sup>; Ca – 1,5 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg – 0,7 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al – 0,2cmolc dm<sup>-3</sup>; CTC em pH 7,0 – 2,6 cmolc dm<sup>-3</sup>, sendo realizada antes do início do experimento. As análises de metais pesados no solo foram realizadas conforme método descrito por Hortellani et al. (2008) e a determinação por espectrofotometria de absorção atômica em chama, tendo como resultados: Cr – 5,56 mg kg<sup>-1</sup>, Zn– 0,05 mg kg<sup>-1</sup>, Cu– 0,2 mg kg<sup>-1</sup> e Pb– 0,5 mg kg<sup>-1</sup>.

O lodo anaeróbico utilizado foi obtido da Estação de Tratamento de Esgotos de Pelotas - SANEP, após passar pelo reator anaeróbico de leito fluidizado – RALF, localizada no município de Pelotas/RS. A coleta foi realizada no mês de maio de 2010, em dia seco, com temperatura ambiente de 20°C. Sua caracterização química foi realizada conforme metodologias descritas por Tedesco et al. (1995) e apresentou a seguinte composição: pH (H<sub>2</sub>O) – 5,21; N – 39,96 g kg<sup>-1</sup>; C orgânico – 348,47 g kg<sup>-1</sup>; P – 1,56 g kg<sup>-1</sup>; K – 1,92 g kg<sup>-1</sup>; Ca – 22,12 g kg<sup>-1</sup>.

Os tratamentos estudados foram: T1 – testemunha; T2 - Adubação mineral + calcário; T3 – 50 g lodo vaso<sup>-1</sup> + calcário; T4 – 100 g lodo vaso<sup>-1</sup> + calcário; T5 – 200 g lodo vaso<sup>-1</sup> + calcário.

As doses de NPK foram determinadas de acordo com a análise do solo e segundo o manual de adubação e calagem SBCS/NRS (2004) para a cultura da soja. Foram aplicados 300 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e 300 Kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, como fonte de P e K utilizou-se superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. Para correção do pH, os tratamentos receberam 2500 Kg ha<sup>-1</sup> de calcário PRNT 98%.

Os 24 vasos foram distribuídos em seis tratamentos com quatro repetições. Quinze dias após a germinação, foi feito o desbaste deixando-se três plantas que apresentavam folhas bem desenvolvidas em cada vaso estando na fase R2, segundo Fehr e Caviness (1977). Após 30 e aos 90 dias de cultivo, foram retiradas amostras de solo de 0 – 15 cm de profundidade para a análise da biomassa microbiana (CBM) e carbono orgânico total (COT) e respiração basal (RB). A coleta da parte aérea da planta, para análise de metais pesados, foi realizada aos 100 dias após a semeadura, quando as vagens estavam formadas; nesse mesmo período fez-se a coleta do solo para análise de metais pesados.

De cada unidade experimental para análise química (carbono orgânico total-COT) e de atividade microbiana do solo (carbono da biomassa microbiana-CBM e respiração basal-RB), calculou-se a relação entre CBM/COT e RB/CBM. Os teores de COT foram determinados pelo método de Walkley-Black conforme descrito por Tedesco et al. (1995). O CBM foi determinado baseando-se no método descrito por Vance et al. (1987). Entretanto, para eliminação dos microrganismos, substituiu-se o clorofórmio por tratamento com microondas a 2.450 MHz, durante quatro minutos, procedimento validado por Ferreira et al.

(1999). O CBM foi calculado pela fórmula:  $CBM = (Ci - Cni) / Kc$ , sendo, CBM= carbono da biomassa microbiana do solo; Ci= Leitura da amostra irradiada; Cni= Leitura da amostra não irradiada; Kc= 0,33. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g g}^{-1}$  solo. A relação CBM/COT foi obtida pela razão entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total do solo.

A RB, que consiste em mensurar a atividade microbiana pela decomposição do carbono orgânico e da quantificação do CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) liberado, foi determinada conforme método proposto por Anderson e Domsch (1978) e adaptado por Santos et al. (2004). Cada repetição de 100 g de solo foi acondicionada em frascos de vidro com capacidade de 0,8 L, hermeticamente fechados. Em cada frasco, colocou-se um becker de 50 mL contendo 20 mL de NaOH 1 M, à temperatura de 21 °C. A RB do solo foi determinada pela quantificação do CO<sub>2</sub> liberado no processo de respiração microbiana durante 26 dias de incubação. O CO<sub>2</sub> foi quantificado por titulação, com solução de HCl 1 M, após a adição de solução de BaCl<sub>2</sub> (25% m/v) e três gotas de fenolftaleína (1%) como indicador. A quantidade de CO<sub>2</sub> liberada em cada tratamento e o período de avaliação foi calculada pela fórmula:  $RB = (VPB - VA) \times M \text{ ácido} \times \text{Eq. C-CO}_2$ , sendo: VPB= volume de HCl gasto na prova em branco; VA= Volume de HCl gasto na amostra; M ácido= concentração do HCl; Eq. C-CO<sub>2</sub>= equivalente grama do C-CO<sub>2</sub>. Os resultados foram expressos em mg C-CO<sub>2</sub> 100g<sup>-1</sup>.

A taxa de respiração por unidade de biomassa ou quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) foi obtida pela relação entre a taxa de respiração basal, que consiste na medida da produção de CO<sub>2</sub>, resultante da atividade metabólica do solo, e biomassa microbiana (ANDERSON; DOMSCH, 1990).

A parte aérea das plantas de soja foi submetida à análise de chumbo (Pb) e zinco (Zn), segundo metodologia descrita por Abreu et al. (2004). Esse método foi adaptado, pois foram utilizados tubos de vidros de maior volume (tubos de Nitrogênio Kjeldhal – NTK), e as massas pesadas foram diferentes das sugeridas pelo método original. Procedeu-se, para a aplicação desse método, a divisão das amostras em massas de 1,0 g, colocadas em tubos de vidro de NTK, que em triplicata foram submetidos à reação com 5 mL de HNO<sub>3</sub> e 1 mL de HClO<sub>4</sub>. Esses tubos foram levados ao bloco digestor e aquecidos a 210°C, finalizando a digestão quando a solução tornou-se límpida. O procedimento foi desenvolvido em sistema aberto e semi-fechado (com tampas de vidro relógio); posteriormente, as amostras foram filtradas e avolumadas com água de Milli-Q, em balões volumétricos de 25 mL.

Os extratos foram submetidos a análises por espectrofotometria de absorção atômica de chama em um espectrofotômetro GBC 932 plus.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e a significância determinada pelo teste F a 5%. Para comparação de médias utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa Statistix 8.0 (for Windows, Analytical Software Inc., Tallahassee, FL, USA).

## Resultados e Discussão

Os teores de Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) não foram afetados pelos tratamentos (Tabela 1). Esse resultado é similar ao citado por Sullivan et al. (2006), que ao utilizarem dosagens de lodo de esgoto entre 2,5 e 30 mg ha<sup>-1</sup>, não observaram alterações na biomassa microbiana total como efeito da aplicação de lodo de esgoto e sugeriram que, nesse caso, houve rápida adaptação da microbiota do solo. Efeitos negativos sobre os atributos biológicos do solo, como o CBM, em função da utilização de doses de lodo contaminado com metais pesados são reportados na literatura (KIZILKAYA & BAYRAKLI, 2005) e evidenciam os impactos nocivos desses elementos químicos nas comunidades microbianas. Como o lodo de esgoto do RALF contém baixas quantidades de metais pesados (BOHM et al., 2012), tais efeitos deletérios não foram observados neste trabalho.

Tratamentos	CBM ug g <sup>-1</sup> lodo	COT %	Taxa RB ug Co <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>	CBM/COT	qCO x10 <sup>-3</sup>
T1 - Testemunha	602,10 <sup>ab</sup>	7,54	0,14 <sup>d</sup>	8,04 <sup>a</sup>	2,40 <sup>b</sup>
T2 - Adubação mineral NPK	595,74 <sup>a</sup>	7,75 <sup>ab</sup>	0,16 <sup>cd</sup>	7,83 <sup>a</sup>	2,79 <sup>b</sup>
T3 - 50g lodo vaso <sup>-1</sup>	629,66 <sup>a</sup>	7,79 <sup>ab</sup>	0,22 <sup>bc</sup>	8,89 <sup>a</sup>	4,41 <sup>a</sup>
T4 - 100g lodo vaso <sup>-1</sup>	718,71 <sup>a</sup>	8,75 <sup>ab</sup>	0,29 <sup>ab</sup>	8,29 <sup>a</sup>	4,76 <sup>a</sup>
T5 - 200g lodo vaso <sup>-1</sup>	676,30 <sup>a</sup>	9,08 <sup>aa</sup>	0,31	7,47 <sup>a</sup>	4,58 <sup>a</sup>
Média	644,50	8,18	3,78	8,10	3,79
CV (%)	9,7	8,42	13,94	15,65	13,94

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna não diferem significamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela1 - Teores de carbono microbiano, carbono orgânico total (COT), taxa de respiração basal (RB), relação carbono da biomassa microbiana/carbono orgânico total (CBM/COT) e quociente metabólico do solo.

Quanto ao Carbono Orgânico Total (COT), os maiores teores foram encontrados no T5, com valor 16,96% maior que a testemunha (T1), porém não se diferiu dos demais tratamentos (Tabela 1). Os maiores teores de COT indicam maior mineralização da matéria orgânica pelos microrganismos do solo, o que proporciona maior incorporação de carbono orgânico. Resultados semelhantes foram obtidos por VIEIRA et al. (2011), os quais verificaram que a aplicação de lodo anaeróbio da estação de tratamento do processo de parboilização do arroz

resulta em maiores valores de COT.

A taxa de respiração basal (RB) foi maior no tratamento T5, sendo 54,83% maior do que a testemunha (T1) e 48,38% maior que o tratamento com adubação mineral (T2). Maiores dosagens de lodo resultaram em maiores taxas de RB. Com o aumento das doses de lodo de esgoto, não foi observada inibição do processo respiratório, mesmo na dose mais elevada de lodo de esgoto ao solo. A Figura 1 mostra que a atividade microbiana foi crescente no período de estudo. O tratamento com aplicação de lodo T5 apresentou um aumento significativo na evolução de CO<sub>2</sub> em relação à testemunha T1. Resultados semelhantes foram observados por Cardoso et al. (2000) quando avaliaram o efeito da aplicação de lodo de esgoto sobre a atividade microbiana do solo, em que não identificaram efeito negativo com a adição do lodo.

Para a relação CBM/COT, que indica o percentual do carbono orgânico total representado pelo carbono microbiano, as aplicações de lodo não representaram reduções nem indicando que não houve efeito negativo do lodo sobre populações de microrganismos do solo.

Quanto ao quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>), os menores valores foram para testemunha (T1) e o tratamento com adubação mineral (T2) e os maiores para os tratamentos com aplicação de lodo, independentemente da dosagem testada. Esse resultado é consequência da maior atividade microbiana, com maior liberação de CO<sub>2</sub> por unidade de CBM, promovida pela presença de substrato facilmente assimilável para o desenvolvimento da atividade microbiana. O qCO<sub>2</sub> tem sido utilizado como indicador biológico do equilíbrio do solo, uma vez que, à medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente, menos carbono é liberado como CO<sub>2</sub> pela respiração e maior proporção de carbono é incorporada à biomassa microbiana (ANDERSON; DOMSCH, 1990). É conhecido que fatores de estresse (herbicidas, metais pesados pH, limitações de nutrientes), assim como fatores de perturbação (condições ambientais) afetam esse metabolismo.

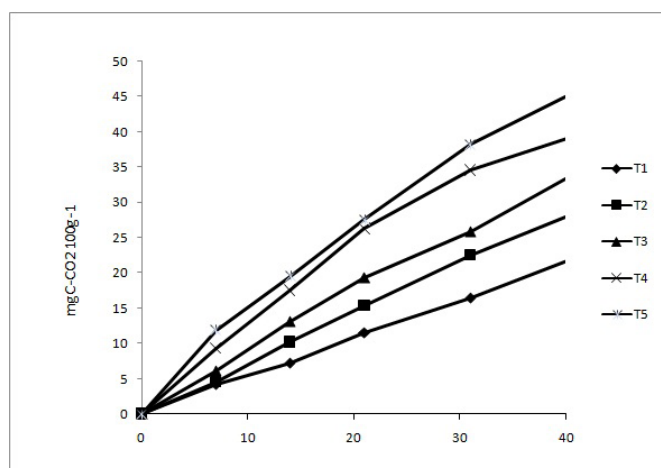


Figura 1- Liberação acumulada de CO<sub>2</sub> (respiração basal) no solo durante o período de 40 dias de incubação.

Os teores de zinco (Zn) não foram afetados pela aplicação do lodo de esgoto, diferentemente do que sugere Nogueira et al. (2008). Os teores médios desse metal foram de 99,75mg kg<sup>-1</sup> na parte aérea das plantas de soja.

Outros autores relataram incrementos nos teores de Zn em partes de plantas de milho cultivadas em solo tratado sucessivamente com lodo de esgoto (RANGEL et al., 2006). Entretanto, fatores como estágio de desenvolvimento da planta, tempo de exposição e espécies químicas dos elementos interferem na distribuição dos metais pesados nas plantas.

O metal chumbo não foi detectado na parte aérea da planta de soja em nenhum dos tratamentos. Isso pode ter ocorrido devido à capacidade de adsorção do solo com formação de quelatos, não ficando totalmente disponível para a planta.

Tratamentos	Zn (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)
T1 - Testemunha	83,42 <sup>a</sup> ±14,74	ND
T2 - Adubação mineral NPK	102,10 <sup>a</sup> ±9,94	ND
T3 - 50g lodo vaso <sup>-1</sup>	102,91 <sup>a</sup> ±26,32	ND
T4 - 100g lodo vaso <sup>-1</sup>	103,38 <sup>a</sup> ±20,95	ND
T5 - 200g lodo vaso <sup>-1</sup>	106,98 <sup>a</sup> ±14,81	ND
Média	99,75	-
CV (%)	8,3	-

Médias seguidas pelas mesmas letras, na mesma coluna, não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2 – Teores de metais pesados na soja em mg/Kg e respectivos desvios-padrão.



## **Conclusão**

As maiores doses de lodo de esgoto proporcionaram maior atividade microbiana do solo e resultaram em maiores teores de carbono orgânico total, respiração basal e quociente metabólico.

As dosagens de lodo de esgoto aplicado ao cultivo de soja não afetaram as concentrações de zinco e chumbo na parte aérea da planta.

## Referências Bibliográficas

ABREU, M.F.; FURLANI, A.M.C.; ABREU, C.A.; SANTOS, P.H.; GONZALES, A.P. **Total element concentration quantification in substrates**. In: International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics, ed.9, Almeria: Universidad de Almeria, 2004.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. **A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil**. Soil Biology and Biochemistry, Oxford, v.10, p 215-221, 1978.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004: Resíduos Sólidos Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

BOHM, G.M.B.; RIBEIRO, L.M.; SCHNEIDER, L.; XAVIER, N.R.; SANCHES FILHO, P. **Caracterização do lodo proveniente do reator anaeróbio de leito fluidizado, localizado no município de Pelotas / RS**. Revista Thema, Pelotas, v.9, n.1, 2012.

CAMARGO, F.A.O.; e WIETHOLTER, S. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 10. ed.–Porto Alegre, 2004.

CARDOSO, E.J.B.N.; FORTES NETO, P. **Aplicabilidade do biossólido em plantações florestais: alterações microbianas no solo**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p.197-202, 2000.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. **Utilização do microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 991-996, 1999.

HORTELLANI, M. A.; SARKIS, J. E. S.; ABESSA, D. M. S.; SOUSA, E. C. M., **Avaliação da contaminação por elementos metálicos dos sedimentos do Estuário Santos – São Vicente**. Química Nova, v.31, n.1, p.10-19, 2008.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201301comentarios.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201301comentarios.pdf), 2013. Acesso em: 20 de janeiro de 2014.

INTERNATIONAL SERVICE FOR THE ACQUISITION OF AGRI-BIOTECH APPLICATIONS – ISAAA. **Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2009**. Disponível em: <[www.cib.org.br/apresentacao/relatorio\\_ISAAA\\_2009.pdf](http://www.cib.org.br/apresentacao/relatorio_ISAAA_2009.pdf)>. Acesso em: 16 maio 2011.

KIZILKAYA, R.; BAYRAKL, B. **Effects of N-enriched sewage sludge on soil enzyme activities**. Applied Soil Ecology, v.30, p.192-202, 2005.

NASCIMENTO, C.W.A.; FONTES, R.L.F. **Correlação entre características de latossolos e parâmetros de equações de adsorção de cobre e zinco.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p. 965 – 971, 2004.

NOGUEIRA, T.A.R., OLIVEIRA, L.R.; MELO, W.J.; FONSECA, I.M.; MELO, M.P.; MELO, G.M.P.; MELO, V.P.; MARQUES, M.O. **Cádmio, Cromo, Chumbo e Zinco em plantas de milho e em latossolo após nove aplicações anuais de lodo de esgoto.** Revista Brasileira de Ciência Solo, v.32, p.2195-2207, 2008.

OLIVEIRA, C.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MARQUES, V. S.; MAZUR, N. **Efeitos da aplicação do lodo de esgoto enriquecido com cádmio e zinco na cultura de arroz.** Revista Brasileira de Ciência Solo. Viçosa, v.29, p. 109 – 116, 2005.

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C. A.; BETTIOL, W.; DYNIA, J.F. **Efeito de aplicações de lodos de esgoto sobre os teores de metais pesados em folhas e grãos de milho.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, n.3, p. 583-594, 2006.

SANTOS, V. B.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R.M. V.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; SILVA, D.G. **Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um planossolo sob diferentes sistemas de manejo.** Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 10, n. 3, p. 333-338, 2004.

SULLIVAN, T.S.; STROMBERGER, M.E.; PASCHKE, M.W.; IPPOLITO, J.A. **Long-term impacts of infrequent biosolids applications on chemical and microbial properties of a semi-arid rangeland soil.** Biology and Fertility of Soils, v.42, p.258-266, 2006.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; BISSANI, A.C.; CAMARGO, F.A.O.; e WIETHOLTER, S. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina /Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo.** 10. ed.–Porto Alegre, 2004.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J; BONHEN, H. **Análises de solos, plantas e outros materiais.** 2º Ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do sul 174p. 1995 (Boletim Técnico 5).

TRANNIN, I.C.B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. **Atributos químicos e físicos de um solo tratado com biossólido industrial e cultivado com milho.** R. Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental, Campina Grande. v.12, n.3, p.223–230, 2008.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. **An extraction method for measuring soil microbial biomass c.** *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

VIEIRA, G. D.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V. **Atributos microbianos do solo após a adição de lodo anaeróbio da estação de tratamento de efluentes de parboilização do arroz.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.543-550, 2011.