

# Caracterização do lodo proveniente do reator anaeróbico de leito fluidizado, localizado no município de Pelotas / RS

Ribeiro, Lilian Medeiros<sup>1</sup>  
Schneider, Léa<sup>1</sup>  
Sanches Filho, Pedro José<sup>2</sup>  
Bohm, Giani Barwald<sup>3</sup>

**Resumo:** o lodo é o resíduo do tratamento de esgoto, rico em matéria orgânica e nutrientes indispensáveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Neste contexto, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de caracterizar o lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Pelotas, para analisar seu potencial para utilização na agricultura. Realizou-se a análise físico-química do lodo, a análise da atividade microbiana e a análise dos metais pesados Zinco, Ferro, Cromo, Cobre, e Chumbo. O lodo proveniente do leito de secagem apresentou teores de nitrogênio bem elevados – evidenciando potencial para a agricultura – bem como a maior atividade microbiana. Os teores de metais pesados presentes no lodo foram mais elevados na parte superior do reator, porém ficaram dentro dos limites estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), permitindo sua utilização para cultivos agrícolas.

**Palavras-chave:** Lodo de esgoto. Composição Química. Atividade microbiana. Metais pesados.

**Abstract:** the sludge is the residue of sewage treatment, rich in organic matter and nutrients needed for growth and development of plants. In this context, we developed this study aiming to characterize the sewage sludge treatment plant of Pelotas, to analyze its potential for use in agriculture. We carried out the physical-chemical analysis of the sludge, the analysis of microbial activity and the analysis of heavy metals Zinc, Iron, Chromium, Copper and Lead. The sludge from the drying bed had very high levels of nitrogen - showing potential for agriculture - as well as increased microbial activity. The levels of heavy metals in the sludge were higher at the top of the reactor, but were within the limits established by the National Council for the Environment (CONAMA), allowing its use for agricultural crops.

**Keywords:** Sewage sludge. Chemical composition. Microbial activity. Heavy metals.

---

<sup>1</sup> Graduada no curso superior de Gestão Ambiental- IFSul/ Campus Pelotas.

<sup>2</sup> Professor do departamento de química- IFSul/ Campus Pelotas.

<sup>3</sup> Professora do departamento de Gestão Ambiental- IFSul/ Campus Pelotas.

## INTRODUÇÃO

A estação de tratamento de esgoto (ETE) administrada pelo Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas-RS (SANEP) coleta em torno de 30% do esgoto predominantemente doméstico da cidade de Pelotas, provenientes da Bacia da várzea do São Gonçalo. Para o tratamento do esgoto, esse sistema utiliza o Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado (RALF).

No Brasil, existem vários sistemas para tratamento dos resíduos gerados pelo esgoto urbano, instalados com diferentes tecnologias. O RALF consiste em um sistema de tratamento no qual se processa uma reação biológica em cadeia decompondo e estabilizando a matéria orgânica pela ação de microrganismos anaeróbios.

Lodo de esgoto ou biossólido é o resíduo do tratamento de esgoto, rico em matéria orgânica e nutrientes indispensáveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas (BETTIOL & CAMARGO, 2000a, 2000b). Uma opção ambientalmente sustentável para a disposição final do lodo de esgoto é seu uso como fertilizante e condicionador de solo na agricultura e em atividades florestais (TRANNIN et al., 2005; LEMAINSKI & SILVA, 2006a, 2006b). Para isso, o lodo de esgoto deve apresentar concentrações de agentes patogênicos e de metais pesados abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução nº 375/2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Além disso, os efeitos da aplicação do lodo nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo devem ser monitorados ao longo do tempo (TRANNIN et al., 2007, 2008).

O destino final do lodo é, portanto, uma atividade de grande importância e complexidade, pois ele frequentemente extrapola os limites das estações de tratamento e exige a integração com outros setores da sociedade. Segundo a legislação de diversos países, e mesmo a brasileira, a responsabilidade pelos problemas que podem ser causados pelo destino inadequado do lodo é sempre dos produtores do resíduo, que podem ser enquadrados na própria lei de crimes ambientais (Lei nº 9.605 de 12/02/98). Nesse sentido, alguns órgãos ambientais estão exigindo o detalhamento da alternativa de disposição final no processo de licenciamento das estações de tratamento de esgotos, o que representa um grande avanço na gestão ambiental do nosso país (ANDREOLI & PINTO, 2001).

Considerando-se a alternativa de utilização de lodo de esgoto sanitário na agricultura, KORENTAJER (1991) comenta que, do ponto de vista econômico, essa opção é a mais vantajosa. O lodo pode ser considerado um adubo orgânico que proporciona diversos benefícios para as plantas, entre eles o fornecimento de nutrientes – como Nitrogênio (N) e Fósforo (P) –, o aumento do teor de alguns micronutrientes essenciais – especialmente Zinco (Zn), Cobre (Cu), Manganês (Mn) e Molibdênio (Mo) –, o aumento da capacidade de retenção de água e uma melhor estruturação do solo pela presença de matéria orgânica (ANGLIAN, 1991).

Entretanto, deve-se levar em consideração a disponibilidade e o acúmulo de substâncias ou elementos tóxicos no solo, como acontece no caso dos metais pesados (OLIVEIRA & MATTIAZZO, 2001, MELFI & MONTES, 2001). A transferência de metais do solo para as culturas e daí para os animais e seres humanos pode resultar em prejuízo à saúde (DAMASCENO & CAMPOS, 2004).

A Resolução CONAMA nº 375/2006 preconiza que o lodo de esgoto pode conter elementos químicos e agentes patogênicos danosos à saúde e ao ambiente. Devido a isso, a resolução estabelece parâmetros para concentrações de metais pesados que devem ser observados, a fim de evitar a contaminação do solo e, conseqüentemente, dos alimentos.

A mobilidade dos metais no solo é determinada pela solubilidade do composto, pelo pH e pela salinidade, entre outros fatores. O lodo de esgoto pode ser aplicado na agricultura com a finalidade de reciclagem de nutrientes e de matéria orgânica desde que sejam obedecidos os limites de macronutrientes e micronutrientes estabelecidos para cada tipo de cultivo, bem como os limites de metais pesados.

Com base no exposto, desenvolveu-se este estudo, com o objetivo de caracterizar o lodo de esgoto proveniente do reator anaeróbio de leito fluidizado quanto aos aspectos físico-químicos, microbiológicos e à concentração de metais pesados, para viabilizar seu uso como fertilizante agrícola.

## MATERIAL E MÉTODOS

A coleta das amostras foi realizada em maio de 2010, em dia seco, com temperatura em torno de 25°C, em três pontos distintos da estação do sistema de tratamento. Em cada ponto coletaram-se duas amostras, sendo que no ponto da camada superior do reator utilizou-se draga de aço inoxidável do tipo *Van Veen* para coletar o lodo. O material da parte central da draga foi retirado e armazenado em pote de polietileno, previamente descontaminado.

Os pontos de coleta do lodo foram caracterizados neste estudo como: SR – amostra da camada superior do reator de 0-25 cm de profundidade; MR – amostra da parte mediana do reator; e LS – amostra do leito de secagem.

As análises foram realizadas em triplicata, sendo caracterizadas quanto aos aspectos físico-químicos (umidade, pH, relação C/N, P, K, N, Ca, Mg), microbiológicos (carbono orgânico total – CO – e respiração basal – RB) e concentração de metais pesados (Zn, Fe, Cr, Cu e Pb).

As características físico-químicas do lodo foram determinadas conforme proposto por TEDESCO *et al.* (1995). As amostras foram submetidas à digestão sulfúrica para determinação do nitrogênio total pelo método Kjeldhal. Para determinação de cálcio, fósforo e potássio, realizou-se a nitrato-perclórica e, posteriormente, procedeu-se à quantificação do cálcio por espectrofotometria de absorção atômica, de fósforo por colorimetria e de potássio por fotometria de chama. Os teores de CO foram determinados pelo método de Walkley-Black (TEDESCO *et al.*, 1995).

A respiração basal foi determinada conforme método proposto por ANDERSON & DOMSCH (1990). Cada repetição de 100 g de lodo 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 lodo foi determinada pela quantificação do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) liberado no processo de respiração microbiana no período de 24 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 3 gotas de fenolftaleína (1%) como indicador. Os resultados foram expressos em mg C-CO<sub>2</sub> 100g<sup>-1</sup>.

Para análise de metais pesados, as amostras de lodo foram secas em estufa a 60°C por 48 horas. Em seguida foram peneiradas e a fração <63 µm foi utilizada para o tratamento químico de extração. Foram pesadas cerca de 2g de cada sedimento e adicionaram-se 4 mL de água régia (3:1 HCl:HNO<sub>3</sub>), 4 mL de água de Milli-Q e 1 mL de ácido perclórico HClO<sub>4</sub>, aquecendo-se por 30 min a 90°C em banho maria, segundo uma modificação do procedimento de HORTELLANI *et al.* (2008).

A solução resultante foi filtrada e transferida para balão volumétrico aferido de 25 mL, sendo o volume completado com água de Milli-Q. Os extratos foram submetidos a análises por espectrofotometria de absorção atômica em chama em um espectrofotômetro GBC 932 Plus.

Com base nestes dados, as análises físico-químicas, microbiológicas e de metais pesados do lodo de esgoto foram submetidas à análise de variância e à comparação de médias mediante o teste de Tukey utilizando-se o programa Statistix® 8.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros analisados são mostrados na tabela 1.

Tabela 1 – Características físico-químicas do lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgoto do SANEP - Pelotas, na camada superior do reator (SR) na parte mediana do reator (MR) e no leito de secagem (LS). Os resultados de umidade estão expressos em % e os resultados de C, N, P, K, Ca e Mg estão expressos em g.Kg<sup>-1</sup>.

	Umidade	C	N	P	K	Ca	Mg	pH	C/N
SR	72,74 <sup>a</sup>	232,95 <sup>b</sup>	58,72 <sup>a</sup>	5,88 <sup>ab</sup>	14,54 <sup>a</sup>	12,76 <sup>b</sup>	1,40 <sup>b</sup>	1,55	4:1 <sup>c</sup>
MR	86,93 <sup>a</sup>	249,72 <sup>b</sup>	41,69 <sup>ab</sup>	6,94 <sup>a</sup>	1,92 <sup>b</sup>	14,18 <sup>b</sup>	4,74 <sup>a</sup>	8,52	6:1 <sup>b</sup>
LS	24,97 <sup>b</sup>	348,47 <sup>a</sup>	39,96 <sup>b</sup>	1,56 <sup>c</sup>	1,95 <sup>b</sup>	22,12 <sup>a</sup>	1,18 <sup>b</sup>	5,21	9:1 <sup>a</sup>

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

Os resultados apresentados na tabela 1 indicam que o lodo de esgoto contém elevados teores de macronutrientes em todos os pontos analisados, com destaque para o Nitrogênio e o Carbono. Os maiores teores de Nitrogênio correspondem ao ponto superior SR com 58,72 g.kg<sup>-1</sup> e os menores teores no LS com 39,96 g.kg<sup>-1</sup>. Os teores de Carbono se diferem entre os pontos analisados, sendo o leito de secagem o que apresentou maiores teores, 343,47 g.kg<sup>-1</sup>, em torno de 50% a mais de Carbono do que a parte superior do reator. A maior relação C/N 9:1 também foi obtida pelo leito de secagem, indicando o alto potencial de mineralização desse lodo, o que é favorável para os cultivos agrícolas. Os valores de pH foram 8,52 e 5,21 respectivamente, ficando dentro da faixa encontrada para lodos de esgoto de natureza semelhante (PEQUENO et al., 2008). Entretanto, o lodo da camada superior do reator apresentou pH baixo, em um total de 1,55.

Os teores de K e P no leito de secagem são bem inferiores aos teores obtidos para o ponto da camada superior do reator, sendo em média 86,79% para o K e 73,47% para o P, indicando que, no processo de tratamento de esgoto por bactérias anaeróbias, pode haver uma redução significativa desses macronutrientes.

O lodo do leito de secagem (LS) apresenta características físico-químicas semelhantes a outros lodos que vêm sendo testados em diversos cultivos de espécies florestais, como o eucalipto (BARREIROS et al., 2007; SILVA et al., 2009), a acácia (CUNHA, 2006), o milho (BARBOSA et al., 2007) e a cana-de-açúcar (MARQUES et al., 2005), tendo sido obtidos resultados positivos para o desenvolvimento das plantas e fertilidade dos solos.

Quanto aos teores de CO<sub>2</sub>, o leito de secagem apresentou os maiores valores para essa variável, sendo 49,6% maior que o ponto superior do reator e 39,57% superior ao ponto mediano.

A atividade microbiana foi crescente para todos os pontos de estudo durante o período de 24 dias (Figura 01): as taxas de RB foram de 3,67; 1,73 e 6,81  $\mu\text{g CO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$  para SR, MR e LS respectivamente. Esse comportamento pode ser atribuído à maior disponibilidade de nutrientes nessa primeira fase (HANEY et al., 2002). A evolução de  $\text{CO}_2$  foi maior para o leito de secagem, atingindo uma taxa de 6,81  $\mu\text{g CO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$ , evidenciando que neste ponto há maior atividade microbiana, devido possivelmente à presença de maior população microbiana aeróbia no lodo, uma vez que os outros dois pontos analisados são internos ao reator anaeróbio.

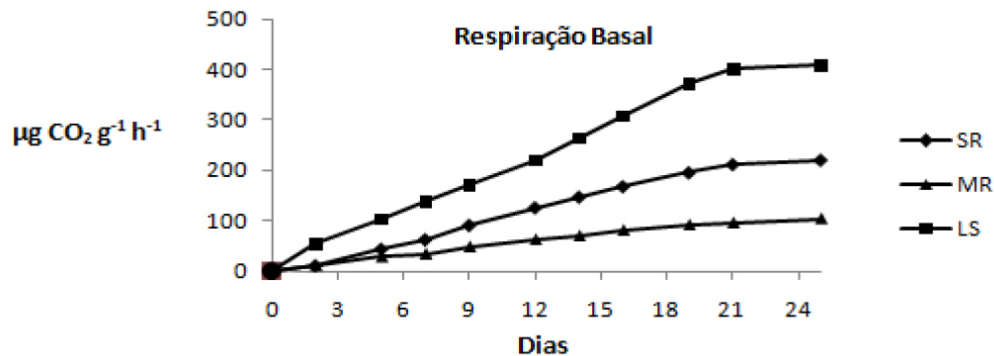


Gráfico 1. Liberação acumulada de  $\text{CO}_2$  no lodo, na camada superior do reator (SR) na parte mediana do reator (MR) e no leito de secagem (LS), no período de 24 dias de incubação medido em  $\mu\text{g CO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$ .

Os teores de Zinco foram diferentes entre os pontos analisados, sendo 151,99; 148,38 e 104,31  $\text{mg.Kg}^{-1}$  para SR, MR e LS respectivamente (tabela 2). Os teores de Zinco no leito de secagem são 31,37% menores que os teores de Zinco na parte superior do reator. Os teores de Ferro não se diferiram estatisticamente entre os pontos analisados – os teores médios de Ferro são 624,1  $\text{mg.Kg}^{-1}$ . Os maiores teores de Cromo foram obtidos parte superior do reator, sendo de 70,94  $\text{mg.Kg}^{-1}$ . Os teores de Cobre e Chumbo também foram maiores na parte superior do reator, sendo no LS, respectivamente, 37,37% e 48,61% menores que no SR.

Tabela 2 – Teores de metais pesados Zn, Fe, Cr, Cu e Pb na camada superior na parte mediana e no leito de secagem. Os resultados estão expressos em  $\text{mg.Kg}^{-1}$ .

	Zn	Fe	Cr	Cu	Pb
SR	151,99 <sup>a</sup>	690,95 <sup>a</sup>	70,94 <sup>a</sup>	213,32 <sup>a</sup>	88,48 <sup>a</sup>
MR	148,38 <sup>a</sup>	605,46 <sup>a</sup>	57,21 <sup>b</sup>	141,71 <sup>b</sup>	66,98 <sup>b</sup>
LS	104,31 <sup>b</sup>	575,9 <sup>a</sup>	32,48 <sup>c</sup>	133,38 <sup>b</sup>	45,47 <sup>c</sup>

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

Os limites de concentração estabelecidos pelo CONAMA (2006) para os metais Zinco, Cromo, Cobre e Chumbo são, respectivamente, de 2800  $\text{mg.Kg}^{-1}$ , 1000  $\text{mg.Kg}^{-1}$ , 1500  $\text{mg.Kg}^{-1}$  e 300  $\text{mg.Kg}^{-1}$ , sendo, portanto, bem superiores aos teores de metais pesados obtidos nos diversos pontos de estudo. Na avaliação da transferência de metais pesados do solo para algumas espécies de hortaliças (cenoura, brócolis, alface, espinafre, couve, beterraba, aipo e alho porro), KORENTAJER (1991) observou que a taxa de transferência varia de acordo com cada planta, podendo, em uma mesma planta, variar de acordo com o metal. Esse mesmo autor cita que os metais Cd e Zn são os que apresentam as maiores taxas de transferência, sendo o Cr e o Pb os que apresentam as menores taxas.

## **Conclusão**

O lodo de esgoto do RALF da estação de Tratamento de Pelotas apresentou teores de nitrogênio e atividade microbiana elevados, evidenciando potencial para uso na agricultura como fonte de macronutrientes para as plantas. Os teores de metais pesados foram mais elevados na parte superior do reator, porém estão dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA, não representando problema para o ambiente.

## Referências bibliográficas

- ALLOWAY, B.J. - **Heavy metals in soils**. Blackie Academic & Professional. 1995 368 p.
- ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. **Application of ecophysiological quociente (qCO<sub>2</sub> and Dq) on microbial biomasses from soils of different cropping histories**. Soil Biology and Biochemistry, v. 22, p.251-255, 1990.
- ANDREOLI, C.V.; PINTO, M.A.T. Introdução. In: ANDREOLI, C.V. (Coord.). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: RiMa/ABES, p.21-24, 2001.
- ANGLIAN WATER. **Manual of good practice for utilisation of sewage sludge in agriculture**. Cambridgeshire, p.53, 1991.
- BARBOSA G.M.C., FILHO J. T., BRITO O.R., FONSECA I.C.B., **Efeito Residual do Lodo de Esgoto na Produtividade do Milho Safrinha**, Revista Brasileira Ciência do Solo, v. 31, p.601-605, 2007.
- BARREIROS, R.M.; GONÇALVES, J.L.M; SANSÍGOLO, C.A; POGGIANI, F. **Modificações na produtividade e nas características físicas e químicas da madeira de Eucalyptus grandis causadas pela adubação com lodo de esgoto tratado**. Revista Árvore, v.31 n.1, 2007.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000b, 312 p.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. de. (Ed). **Reciclagem de lodo de esgoto na agricultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000a, 312 p.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 375**. Critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, de 29 de agosto de 2006, Diário Oficial da União, Brasília, DF, 29 ago. 2006.
- CUNHA, A.M. **Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de Acacia sp**. Revista Árvore, v.30, n.2, p.207-214, 2006.
- DAMASCENO, S.; CAMPOS, J.R. **Caracterização de lodo de estação de tratamento de esgotos sanitários para uso agrícola**, EL-NAIM MA, EL-HOUSSEINI M, NAEEM MH. Safety use of sewage sludge as soil conditioner. Journal of Environmental Science and Health Part A – Toxic/ Hazardous Substances and Environmental Engineering 39 v.2, p.435-444, 2004.
- HANEY, R.L.; SENSEMAN, S.A. & HONS, F.M. **Bioremediation and Biodegradation: Effect of Roundup Ultra on Microbial Activity and Biomass from Selected Soils**. Environmental Quality, v. 31, p.730–735, 2002.
- 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.
- KORENTAJER, L. **A review of the agricultural use of sewage sludge: benefits and potential hazards**. Water S.A., v.17, n.3, p.189-196, 1991.
- LEMAINSKI, J.; SILVA, J.E. da. **Avaliação agronômica e econômica da aplicação de biossólido na produção de soja**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.1477-1484, 2006a.

LEMAINSKI, J.; SILVA, J.E. da. **Utilização do biossólido da CAESB na produção de milho no Distrito Federal**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, p.741-750, 2006b.

MARQUES M.O., CAMILOTTI F., MARQUES T.A., JUNIOR L.C.T., SILVA A.R., Cana de Açúcar cultivada com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais, Colloquium Agrariae, v.1, n. 2, 2005.

MELFI, A.J.; MONTES, C.R. Impactos dos biossólidos sobre o solo. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; SOBRINHO, P.A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; DE MELO, W.J.; MARQUES, M.O. (Eds.) Biossólidos na agricultura. Sabesp, São Paulo, pp. 243-271, 2001.

OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E. Metais pesados em latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar, Scientia Agricola, v.58, n.3, p.581-593, 2001.

PEQUENO, P. L. L.; MENDES, J. R. N.; SCHELINDWEIN, J. A.; SERRADO, A.; LOCATELLI, M. Caracterização Química do lodo de esgoto tratado (biossólido) para uso agrícola e florestal no Estado de Rondônia. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA E EXTENSÃO RURAL - SEPEX, 2., 2008, Porto Velho. A agricultura familiar no agronegócio: anais. Porto Velho: UNIR, 2008.

ROCHA, G.N.; GONÇALVES, J.L.M.; MOURA, I.M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de Eucalyptus grandis fertilizado com biossólido. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p.623-639, 2004.

SILVA, B. V. N. Efeito da aplicação de Lodo de esgoto em cobertura no desenvolvimento silvicultural de espécies florestais nativas em áreas degradadas por pastagem. Inconfidentes, 2009. 43p. (Trabalho de Conclusão de Curso).

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no Distrito Federal. I – Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no Cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.26, p.487-495, 2002b

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no Distrito Federal. II - Aspectos qualitativos, econômicos e práticos de seu uso. Revista Brasileira de Ciência do Solo, n.2, v.26, p.497-503, 2002a.

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 milho1. Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental, Campina Grande. v.12, n.3, p.223–230, 2008.

TEDESCO, M. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

TRANNIN, I.C. de B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M. de S. Avaliação agrônômica de um biossólido industrial para a cultura do milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, p.261-269, 2005.

TRANNIN, I.C. de B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M. de S. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.1173-1184, 2007.