

---

## CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE MILHO DECORRENTES DA APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO DOMÉSTICO<sup>1</sup>

GARCIA, Giovanni de Oliveira<sup>2</sup>

VENTURIN, Afonso Zucoloto<sup>3</sup>

RIBEIRO, Heitor Rodrigues<sup>4</sup>

GONÇALVES, Morgana Scaramussa<sup>5</sup>

SPADETTO, Marjorie de Freitas<sup>6</sup>

---

Recebido em: 2011-08-22

Aprovado em: 2012-04-27

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.644

---

**RESUMO:** Com o objetivo de avaliar o crescimento e a nutrição em plantas de milho decorrente da aplicação de lodo de esgoto doméstico provenientes da estação de esgoto doméstico do Município de Jerônimo Monteiro foi montado um experimento no delineamento inteiramente casualizados no esquema fatorial 4X3 com cinco repetições. Os fatores constituíram na avaliação em quatro fases fenológicas do desenvolvimento da cultura do milho (crescimento vegetativo, floração, formação da colheita e maturação dos grãos) e três tratamentos constituídos de uma adubação mineral, utilização de lodo de esgoto equivalente a dose de nitrogênio recomendada para a cultura e aplicação de lodo de esgoto com complementação da adubação mineral. Nas fases fenológicas do crescimento vegetativo, floração, formação de colheita e maturação dos grãos foi determinada uma análise de crescimento e na floração uma análise nutricional. Os resultados obtidos mostraram que a aplicação de lodo de esgoto doméstico + adubação mineral proporcionou aumento da massa seca total e da parte aérea, área foliar e dos teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, manganês, cobre e boro e cobre nas plantas de milho.

**Palavras - chave:** Biossólidos. Adubação. *Zea mays*.

**SUMMARY:** In order to evaluate the growth and nutrition in corn plants resulting from the application of sewage sludge from the sewage station in the city of Jerônimo Monteiro was mounted in a completely randomized experiment in 4X3 factorial design with five replications. The factors in the evaluation consisted of four phases of phenological development of maize (vegetative growth, flowering, harvesting and formation of grain maturity) and three treatments consisting of a mineral fertilizer, use of sewage sludge nitrogen equivalent dose recommended for culture and application of sewage sludge with supplementation of mineral fertilizer. Phenological phases of vegetative growth, flowering, formation and maturation of the grain harvest was a particular analysis of growth and flowering a nutritional analysis. The results showed that the application of sewage sludge provided + mineral fertilizer increased the total dry mass and shoot, leaf area and leaf nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, zinc, manganese, copper and boron and copper in maize plants.

**Keywords:** Biosolids. Fertilization. *Zea mays*.

---

### INTRODUÇÃO

Nas estações de tratamento de efluentes é gerado o biossólido, também chamado de lodo de esgoto, rico em matéria orgânica e apresenta em sua composição alguns nutrientes de interesse agrônomo. Por outro lado, também existe a presença de poluentes como metais pesados, patógenos e compostos químicos persistentes que podem provocar impactos ambientais negativos (PIRES, 2006).

---

<sup>1</sup> Trabalho desenvolvido no Programa Institucional de Iniciação Científica da Universidade Federal do Espírito Santo e com apoio do CNPq

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, D.S., Prof. do Depto. de Engenharia Rural, CCAUFES, Alegre, ES, giovanni.garcia@ufes.br

<sup>3</sup> Acadêmico de agronomia, Depto. de Engenharia Rural, CCAUFES, Alegre, ES, afonsozv@hotmail.com

<sup>4</sup> Acadêmico de agronomia, Depto. de Engenharia Rural, CCAUFES, Alegre, ES, heitor\_pancas@hotmail.com

<sup>5</sup> Acadêmica de agronomia, Depto. de Engenharia Rural, CCAUFES, Alegre, ES, morganscg@hotmail.com

<sup>6</sup> Acadêmica de agronomia, Depto. de Engenharia Rural, CCAUFES, Alegre, ES, marjorie\_yni@hotmail.com

---

O lodo de esgoto apresenta propriedades semelhantes a outros resíduos orgânicos de origem animal. Por questão de segurança sanitária, não se recomenda o uso desse material na horticultura e para os cultivos com produtos consumidos crus e que tenham contato direto com o resíduo, sendo indicado para culturas perenes e anuais como milho, trigo, cana-de-açúcar e sorgo (SANEPAR, 1997).

Em regiões de clima tropical predominam solos intemperizados, com baixa concentração de matéria orgânica e nutrientes (BRADY, 1989). Nesse sentido, a utilização agrícola do lodo de esgoto pode vir a apresentar benefícios sociais pela disposição final menos impactante do resíduo no ambiente e agrônômicos tais como a elevação do pH do solo (SILVA *et al.*, 2001), redução da acidez potencial (BERTON *et al.*, 1989) e aumento na disponibilidade de macronutrientes (DA ROS *et al.*, 1993; BERTON *et al.*, 1997).

Pesquisas correlacionando a aplicação de lodo de esgoto têm mostrado aumentos na produção de matéria seca e grãos por espécies de interesse agrônômico (BERTON *et al.*, 1997). Em alguns casos, os aumentos são equiparáveis ou superiores aos obtidos com a adubação mineral recomendada para a cultura (SILVA *et al.*, 2001). Nesse contexto, o lodo de esgoto tem sido estudado como fertilizante orgânico na produção de várias culturas, dentre elas o milho com resultados positivos (PEREIRA *et al.*, 1997; SILVA *et al.*, 2002).

Biscaia e Miranda (1996) avaliaram a importância da adição de lodo para o incremento potencial produtivo do solo e a nutrição das plantas, permitindo a elevação da produtividade. Do mesmo modo, Simonete *et al.* (2003) avaliando o efeito da aplicação de lodo de esgoto na nutrição mineral em plantas de milho verificaram o aumento do acúmulo de macronutrientes com a aplicação do resíduo.

Diante do exposto este trabalho teve por objetivo o crescimento e na nutrição mineral do milho decorrentes da aplicação de lodo de esgoto doméstico em comparação a adubação mineral no momento do plantio.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em vasos com capacidade de 15 litros, no período de outubro de 2009 a fevereiro de 2010 na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo com coordenadas geográficas de 20° 45' S, 41° 29' W e altitude de 150 m.

Os dados climáticos (Tabela 1) foram coletados numa estação meteorológica, localizada próxima ao experimento. De posse dos dados climáticos foi estabelecido um manejo de irrigação onde a evapotranspiração da cultura foi corrigidos pontualmente, em cada vaso, por meio do balanço de água do solo com base numa frequência de irrigação de três dias.

**Tabela 1.** Médias das variáveis climáticas dos dados climáticos durante o período experimental

Variável climática	Valores
Temperatura média (°C)	27,40
Umidade relativa média (%)	71,50
Pressão Atmosférica (mPa)	997,9
Velocidade média do vento (m s <sup>-1</sup> )	1,44
Radiação solar média (KJm <sup>-2</sup> )	987,4
Precipitação total acumulada (mm)	391,22

O solo utilizado no preenchimento dos vasos foi retirado do perfil natural de um Latossolo Vermelho Álico onde após coletado foi seco ao ar, destorroado e passado em peneiras de quatro milímetros. Do montante do material de solo foi retirada uma amostra a qual foi encaminhada para laboratório para determinação de análise de rotina (Tabela 2) conforme metodologia proposta pela Embrapa (2009).

**Tabela 2.** Valores das características químicas do solo utilizado para o preenchimento dos vasos no experimento com o lodo de esgoto.

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
pH	5,7
Fósforo ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	7
Potássio ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	35
Cálcio ( $\text{cmmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	1,8
Magnésio ( $\text{cmmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0,9
Sódio ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	32
Alumínio ( $\text{cmmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0
H+AL ( $\text{cmmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	2
CTC total ( $\text{cmmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	4,9
CTC efetiva ( $\text{cmmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	2,9
Saturação por bases (%)	59,4
Soma de bases ( $\text{cmmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	2,9

O lodo de esgoto utilizado no experimento foi proveniente da estação de tratamento de esgoto de Pacotuba. Parte do material foi retirada e encaminhado ao laboratório para caracterização química (Tabela 3) conforme metodologia estabelecida pela Embrapa (2009).

**Tabela 3.** Valores médios das características químicas do lodo de esgoto utilizado no experimento.

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
pH	6,1
Nitrogênio ( $\text{dag kg}^{-1}$ )	1,1
Fósforo ( $\text{dag kg}^{-1}$ )	0,4
Potássio ( $\text{dag kg}^{-1}$ )	0,1
Cálcio ( $\text{dag kg}^{-1}$ )	0,8
Magnésio ( $\text{dag kg}^{-1}$ )	0,3
Enxofre ( $\text{dag kg}^{-1}$ )	0,6
Carbono ( $\text{dag kg}^{-1}$ )	8,0
Matéria orgânica ( $\text{dag kg}^{-1}$ )	13,0
Zinco ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	465,3
Ferro ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	413,0
Manganês ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	118,5
Cobre ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	73,3
Boro ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	3,0

A cultivar de milho indicadora utilizada no experimento foi o PL 6880, sendo o plantio feito manualmente, nos vasos com quatro sementes por vaso. Aos 15 dias após o plantio foi feito o desbaste, permanecendo uma planta por vaso. Os demais tratamentos culturais foram feitos manualmente ao longo do ciclo da cultura.

O delineamento experimental utilizado no experimento foi o inteiramente casualizado no esquema fatorial 4X3 com cinco repetições. Os fatores constituíram em avaliações em quatro fases fenológicas do desenvolvimento da cultura do milho correspondentes ao crescimento vegetativo, floração, formação da colheita e maturação dos grãos e três tratamentos constituídos de uma adubação mineral, utilização de lodo de esgoto e aplicação de lodo de esgoto com complementação da adubação mineral.

A adubação de plantio constituiu na recomendação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, 50 Kg ha<sup>-1</sup> de fósforo e 80 Kg ha<sup>-1</sup> de potássio. Aos 30, 45 e 60 dias após o plantio foram feitas três adubações nitrogenadas de cobertura na dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> e aos 30 dias após o plantio uma adubação potássica na dose de 20 kg ha<sup>-1</sup>.

A determinação da dose de lodo de esgoto doméstico correspondente aos tratamentos com lodo de esgoto foi obtida em função da concentração de nitrogênio presente no próprio resíduo (Tabela 3) e a requerida pela cultura conforme recomendação acima descrita.

A adubação de cobertura seguiu as mesmas diretrizes da feita no momento do plantio, ou seja, feita somente com adubos minerais, utilização apenas de lodo de esgoto e aplicação de lodo de esgoto com complementação da adubação mineral.

A determinação dos efeitos dos tratamentos sobre o crescimento da cultura do milho, nas fases fenológicas do crescimento vegetativo, floração, formação da colheita e maturação dos grãos foi feita coletando-se aleatoriamente cinco plantas de cada tratamento que foram encaminhadas ao laboratório para determinação da área foliar útil na forma de discos de área conhecida, ou seja, a área foliar foi igual à relação entre o peso total das folhas e peso dos discos secos multiplicada pela área dos discos.

Após a determinação da área foliar útil as amostras foram colocadas em estufa a  $\pm 70^{\circ}\text{C}$  por 72 horas até atingir peso constante. Posteriormente foram realizadas as determinações das massas secas total, da parte aérea e das raízes. De posse dos resultados da área foliar e da massa seca total foi determinada a razão de área foliar conforme equação abaixo:

$$\text{RAF} = \text{área foliar/massa seca total (cm}^2 \text{ g}^{-1}) \quad (1)$$

Durante a fase de floração do cultivar de milho PL 6880 foram coletadas folhas localizadas abaixo da inserção da espiga de cada unidade experimental e encaminhadas ao laboratório para determinação dos teores de macro e micronutrientes conforme metodologia descrita pela Embrapa (2009).

Os dados obtidos foram analisados por meio de análise de variância e para comparar a adubação mineral com a aplicação do lodo de esgoto doméstico foi utilizado o teste de Tukey, adotando-se um nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação dos fatores afetou significativamente o crescimento das plantas de milho somente quando avaliada a área foliar útil e as massas secas da parte aérea e total, enquanto que a massa seca das raízes e a razão de área foliar não foram afetadas. Na Tabela 4 encontra-se o resultado do teste de comparação de médias para cada característica avaliada em função dos tratamentos aplicados.

**Tabela 4.** Valores médios<sup>1</sup> da área foliar e das massas secas da parte aérea e total nas fases fenológicas do crescimento vegetativo, floração, formação da colheita e maturação dos grãos em função da adubação mineral e da aplicação do lodo de esgoto doméstico

Fases Fenológicas	Tratamentos		
	Adubação Mineral	Lodo de Esgoto	Adubação Mineral + Lodo de Esgoto
	Massa seca da parte aérea (g)		
Crescimento Vegetativo	6,66 d A	4,05 d A	3,54 d A
Floração	29,60 c A	31,03 c A	39,25 c A
Formação da Colheita	42,85 b C	50,90 b B	60,78 b A
Maturação dos Grãos	49,65 a C	74,42 a B	95,43 a A
	Massa seca total (g)		
Crescimento Vegetativo	11,83 d A	8,31 d A	7,27 d A
Floração	45,29 c A	50,32 c A	57,65 c A
Formação da Colheita	64,91 b C	69,43 b B	78,37 b A
Maturação dos Grãos	75,33 a C	86,38 a B	110,55 a A
	Área foliar (cm <sup>2</sup> )		
Crescimento Vegetativo	544,46 d A	543,75 d A	545,14 d A
Floração	2.203,83 a C	2.321,31 a B	3.188,37 a A
Formação da Colheita	1.128,46 b C	1.691,35 b B	2.168,95 b A
Maturação dos Grãos	973,86 c C	1.156,82 c B	1.381,36 c A

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula em linha e minúscula em coluna, não diferem entre si a 5% de significância pelo Teste de Tuckey.

Na Tabela 4 observa-se que as massas secas total e da parte aérea aumentaram ao longo das fases fenológicas de cultivo nos três tratamentos aplicados. Por outro lado, nas fases do crescimento vegetativo e floração as massas secas total e da parte aérea das plantas de milho cultivadas com lodo de esgoto e lodo esgoto + adubação mineral não diferiu da adubação mineral. No entanto, nota-se que nas fases fenológicas da formação da colheita e maturação dos grãos a aplicação de lodo de esgoto + adubação mineral proporcionou maiores incrementos de massa seca total e da parte aérea nas plantas de milho, seguidas da aplicação de lodo de esgoto somente e conseqüentemente da adubação mineral.

Considerando os efeitos positivos da aplicação de lodo na fertilidade do solo e sobre as características físicas e químicas, o aumento de produção de massa seca das plantas de milho era esperado. No entanto, quando comparado o acúmulo de massa seca obtida com a adubação mineral com obtidas pela aplicação de lodo de esgoto + adubação mineral, observa-se que o ganho de massa seca pode ser afetado positivamente com a suplementação de fertilizantes minerais. Em concordância com esse trabalho, Nascimento *et al.* (2004) verificaram que o aumento de doses de lodo de esgoto proporcionaram maior produção de matéria seca do milho e do feijoeiro, embora abaixo da obtida pela fertilização mineral completa. Martins dos Anjos e Matiazzo (2000) adicionaram nitrogênio e fósforo via fertilizantes minerais em dois solos tratados com biossólido e cultivados com milho, por terem constatado sintomas de deficiência destes macronutrientes nas plantas.

Verifica-se na Tabela 4 que a área foliar das plantas de milho, em todos os tratamentos, aumentou até a fase de floração diminuindo nas fases de formação da colheita e maturação dos grãos. Esse efeito deve-se ao próprio desenvolvimento da cultura onde após a fase de floração a planta transfere a maior parte da produção de fotossintetizados para a formação da espiga e conseqüentemente o enchimento dos

grãos, diminuindo assim a área foliar. Nota-se que na fase do crescimento vegetativo os tratamentos não diferiram-se entre si. No entanto, na floração, formação da colheita e enchimento de grãos a aplicação de lodo de esgoto + adubação mineral proporcionou maior área foliar em relação à aplicação de lodo de esgoto e adubação mineral.

A aplicação de lodo de esgoto afetou significativamente a concentração foliar dos macro e micronutrientes nas plantas de milho. Na Tabela 5 encontra-se o resultado do teste de comparação de médias para cada característica avaliada em função dos tratamentos aplicados.

**Tabela 5.** Valores médios<sup>1</sup> dos macro e micronutrientes foliares e peso de sementes por vaso obtidos durante a floração para cada tratamento aplicado.

Características	Tratamentos		
	Adubação Mineral	Adubação Mineral + Lodo de Esgoto	Lodo de Esgoto
Nitrogênio (dag Kg <sup>-1</sup> )	1,82 B	2,77 A	2,80 A
Fósforo (dag Kg <sup>-1</sup> )	0,19 B	0,26 A	0,27 A
Potássio (dag Kg <sup>-1</sup> )	1,30 B	1,77 A	1,84 A
Cálcio (dag Kg <sup>-1</sup> )	0,20 B	0,31 A	0,31 A
Magnésio (dag Kg <sup>-1</sup> )	0,17 B	0,28 A	0,29 A
Enxofre (mg Kg <sup>-1</sup> )	0,16 B	0,20 A	0,20 A
Zinco (mg Kg <sup>-1</sup> )	43,80 B	47,60 A	48,20 A
Ferro (mg Kg <sup>-1</sup> )	348,80 A	345,80 A	329,80 A
Manganês (mg Kg <sup>-1</sup> )	110,20 B	122,60 A	118,8 A
Cobre (mg Kg <sup>-1</sup> )	5,20 B	6,00 A	7,00 A
Boro (mg Kg <sup>-1</sup> )	19,38 B	23,56 A	21,00 A
Peso de sementes por vaso (g)	38,70 C	61,99 A	52,15 B

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra em linha, não diferem entre si a 5% de significância pelo Teste de Tuckey.

A aplicação de lodo de esgoto proporcionou maiores valores dos em todos os nutrientes avaliados, exceto o ferro (Tabela 4). Segundo os limites de interpretação de teores foliares de macro e micronutrientes considerados adequados para a cultura do milho (Coelho *et al.*, 2002), observa-se que os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre e boro, encontram-se dentro dos padrões considerados adequados para a cultura quando submetidos aos tratamentos com lodo de esgoto em comparação ao tratamento com adubação mineral.

Analisando os teores de manganês e zinco (Tabela 4), verifica-se que a aplicação de lodo de esgoto proporcionou maiores valores quando comparado com a adubação mineral. No entanto, os teores foliares destes micronutrientes são considerados adequados independentemente do tratamento aplicado.

A adubação mineral não proporcionou efeito significativo nos teores foliares acumulado pelo milho até estágio da floração (exceto para o ferro, manganês e zinco), sugerindo que os nutrientes adicionados via lodo de esgoto foram suficientes para atender à exigência nutricional da cultura.

Resultado semelhante foi observado por Nascimento *et al.* (2004) para absorção de nitrogênio por plantas de milho cultivadas em solos tratados com lodo de esgoto. Do mesmo modo, Simonette *et al.* (2003) verificaram que os tores foliares de nitrogênio, enxofre, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em plantas de milho aumentaram com a aplicação de lodo de esgoto.

Jarausch-wehrheim et al. (2001) avaliando a distribuição e o acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e ferro em plantas de milho (*Zea mays* L.) decorrentes da aplicação de lodo de esgoto após dois anos em um solo de textura arenosa, verificaram que a aplicação do resíduo não influenciou na distribuição dos nutrientes nas diferentes partes das plantas, mas refletiu em níveis foliares mais adequados quando comparados com a fertilização mineral.

Martins *et al.* (2003) observaram que a adição de doses crescentes de lodo de esgoto aplicados de forma única e parcelada em 2, 3 e 4 anos aumentou significativamente as concentrações de zinco nas folhas. Por outro lado as nas concentrações de ferro e manganês diminuíram, enquanto que a concentração de cobre não sofreu alterações. Segundo os autores, a absorção do zinco, ferro e manganês pelo milho foi significativamente reduzida pela adição de calcário no lodo de esgoto.

Martins dos Anjos e Mattiazzo (2000) observaram que o aumento dos teores de cobre e zinco em plantas de milho foi decorrente da disponibilidade desses metais adicionados via biossólido.

A aplicação de lodo de esgoto aumentou o peso de sementes por vaso das plantas de milho (Tabela 4) confirmando os resultados de diversos autores para grãos (Higgins, 1984; Rappaport *et al.*, 1988; Martins *et al.*, 2003). O aumento na produção de grãos para os tratamentos com lodo de esgoto em relação à testemunha (adubação mineral) podem estar relacionados com o fornecimento de nutrientes às plantas, como o nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, cobre, zinco, ferro e manganês, todos presentes no lodo de esgoto (Tabela 3). em quantidades que permitiram atingir esse resultado. Do mesmo modo, os resultados positivos no incremento da produção também está relacionado ao possível efeito do lodo nas propriedades físicas do solo.

## CONCLUSÃO

- O lodo de esgoto doméstico proveniente da ETE de Jerônimo Monteiro apresenta reais possibilidades de uso agrícola, contanto que seja respeitada a dose adequada ao tipo de solo além das diretrizes técnicas fundamentadas nas exigências nutricionais da cultura instalada;
- A aplicação de lodo de esgoto + adubação mineral proporcionou maiores valores das massas secas total e da parte aérea e área foliar nas fases fenológicas da formação da colheita e maturação dos grãos, e;
- A aplicação de lodo de esgoto doméstico aumentou o peso de sementes por vaso e os teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, manganês, cobre e boro e cobre nas plantas de milho.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CNPq pela concessão das bolsas de iniciação científica.

## REFERÊNCIAS

BERTON, R. S.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 13, p. 187-192, 1989.

BERTON, R. S. *et al.* Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO<sub>3</sub> na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 685-691, 1997.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades do solo**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878 p.

BISCAIA, R.C.M.; MIRANDA, G.M. Uso de lodo de esgoto calado na produção de milho. **Sanare**, Foz do Iguaçu, v.5, p.86-89, 1996.

COELHO, A.M. *et al.* Cultivo do milho: diagnose foliar do estado nutricional da planta. Sete Lagoas: Embrapa, 2002. (Comunicado Técnico, 45).

DA ROS, C.O. *et al.* Lodo de esgoto: Efeito imediato no milheto e residual na associação aveia-ervilhaca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.17, p.257-261, 1993.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

HIGGINS, A.J. Land application of sewage sludge with regard to cropping systems and pollution potencial. **Journal Environment Quality**, Amsterdam, v.13, p.441-448, 1984.

JARAUSCH-WEHRHEIM, B.; MOCQUOT B.; MENCH, M. Effect of long-term sewage sludge application on the distribution of nutrients in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.24, n.9, p.1347-1365, 2001

MARTINS, A.L.C. *et al.* Produção de grãos e absorção de Cu, Fe, Mn e Zn pelo milho em solo adubado com lodo de esgoto, com e sem calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.563-574, 2003.

MARTINS DOS ANJOS, A.R.; MATTIAZZO, M.E. Metais pesados em plantas de milho cultivadas em latossolos repetidamente tratados com biossólido. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.769-776, 2000

NASCIMENTO, C. W. A. *et al.* Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.385-392, 2004

PEREIRA JR, A.B. *et al.* Utilização de lodo gerado em processo anaeróbio tipo tanque Imhoff como insumo agrícola para a cultura do milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., Foz do Iguaçu, 1997. **Anais...** Foz do Iguaçu, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997. 398p.

PIRES, M.M.A. **Uso agrícola do lodo de esgoto: aspectos legais**. Jaguariúna, 2006. Disponível em: <[www.agencia.cnptia.embrapa.br](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br)>. Acesso em 19 abr. 2009.

RAPPAPORT, B.D. *et al.* Metal availability in sludge-amended soils with elevated metal levels. **Journal Environment Quality**, Amsterdam, 17:42- 47, 1988.

SANEPAR. **Manual técnico para utilização agrícola do lodo de esgoto no Paraná**. Curitiba, 1997. 96p.

SILVA, F. C. *et al.* Efeito do lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 831-840, 2001.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no Distrito Federal. 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, 2002.

SIMONETE, M.A. *et al.* Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.10, p.1187-1195, 2003