

## Biossólido de reator anaeróbio de lodo fluidizado

Reginaldo Ferreira Santos<sup>1</sup>, Leila Piacentini<sup>1</sup> e Wesley Esdras Santiago<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE

<sup>2</sup>Faculdade Assis Gurgacz – FAG, Curso de Agronomia. Avenida das Torres n. 500, CEP: 85.806-095, Bairro Santa Cruz, Cascavel, PR.

rfsantos@unioeste.br, piacentinileila@bol.com.br, esdras\_w@hotmail.com

**Resumo:** O presente trabalho tem por objetivo avaliar a alteração química em lodo de esgoto de reator anaeróbio fluidizado desinfetado com cal a 30% e verificar a variação de elementos químicos no solo após a aplicação de doses crescentes deste material. Os tratamentos consistiram de solo retirado do horizonte B: (T) testemunha; (B<sub>1</sub>) biossólido aplicado na dose recomendada para suprir a necessidade de nitrogênio para a cultura da alface (DR) 8695,65 kg ha<sup>-1</sup> de N; (B<sub>2</sub>) duas vezes a DR de N; (B<sub>3</sub>) três vezes a DR de N; (B<sub>4</sub>) quatro vezes a DR de N; (B<sub>1</sub>+PK) B<sub>1</sub> mais complementação de P e K; (NPKB) NPK mais correção da acidez do solo e um tratamento (NPKA) com aplicação de NPK em solo retirado do horizonte A. Os resultados deste estudo permitem concluir que a aplicação cal no biossólido aumentou os macronutrientes P, Ca, Mg, S e P e dos micronutrientes Cu, Zn, Mn e B. Reduziu N, K, C e Fe, e aumentou a matéria orgânica e o pH do biossólido 2,60 para 10,25. No solo, o aumento crescente das doses de biossólido aumentou a concentração de Ca, Mg, K, P, Fe, Mn, Cu, Zn, soma de bases, capacidade de troca catiônica, saturação de base e pH. Entretanto carbono e matéria orgânica apresentaram redução com inclinação do valor da curva após a aplicação do tratamento que representou 4 vezes a dose recomenda de nitrogênio. Os tratamento avaliados apresentaram coeficientes de determinação acima de 0,83, o que indica que existir boa correlação entre o aumento das doses de biossólido aplicado no solo e o aumento do teor dos elementos estudados no solo.

**Palavras-chave:** Biossólido, produtividade, solo.

### Fertilizer potential of the bio-solid applied in lettuce culture

**Abstract:** The present study has for objective to evaluate the chemical alteration in silt of sewer of fluidized anaerobic reactor disinfected with whitewash 30% and to after verify the variation of chemical elements in the ground the application of increasing doses of this material. The treatments had consisted of ground removed of horizon B: (t) testifies; (B1) bio-solid applied in the recommended dose to supply the nitrogen necessity for the culture of lettuce (8695,65 DR) kg ha<sup>-1</sup> of N; (B2) two times the DR of N; (B3) three times the DR of N; (B4) four times the DR of N; (B1+PK) B1 more complementation of P and K; (NPKB) NPK more correction of the acidity of the ground and a treatment (NPKA) with application of NPK in ground removed of the horizon. The results of this study allow to conclude that the application whitewash in the bio-solid one increased macronutrients P, Here, Mg, S and P and of the micronutrients Cu, Zn, Mn and B. Reduced N, K, C and Faith, and increased the organic substance and pH of bio-solid the 2,60 for 10,25. In the ground, the increasing increase of the doses of bio-solid increased the concentration of Here, Mg, K, P, Faith, Mn, Cu, Zn, addition of bases, capacity of cation exchange, saturation of base and pH. However carbon and organic substance had presented reduction with inclination of the value of the curve after the application of the treatment that represented 4 times the dose recommends of

nitrogen. The treatment evaluated had presented coefficients of determination above of 0,83, what it indicates that to exist good correlation enters the increase of the doses of bio-solid applied in the ground and the increase of the text of the elements studied in the ground.

**Key words:** Bio-solid, productivity, soil.

## Introdução

O aumento demográfico associado a crescente concentração urbana mundial, gera a necessidade de definições científicas, tecnológicas e de ações políticas para solucionar o grave problema da limitação sócio-técnico, econômico e ambiental dos espaços apropriados para a destinação final de resíduos. Esta preocupação tem gerado um estímulo mundial sobre os estudos de práticas para minimizar a produção de resíduos, priorizando a reciclagem como opção de destino final do lodo de esgoto (Andreoli *et al.*, 2001).

A destinação agrícola merece atenção por ser uma alternativa que pode apresentar menor custo, por utilizar o solo como meio favorável ao consumo da carga orgânica potencialmente poluidora, por trazer benefícios inerentes da matéria orgânica, além de proporcionar a reciclagem de nutrientes (Oliveira *et al.*, 2005). Tanto no Brasil, como na Europa quanto na América do Norte, a utilização do lodo de esgoto como fertilizante vem se caracterizando como uma prática econômica e ambiental (Ferras Junior *et al.*, 2003).

Segundo Andreoli *et al.*, (2001) a reciclagem agrícola deste material poderá ainda reduzir a pressão sobre a exploração dos recursos naturais, os custos com fertilizante, minimizar impacto ao meio ambiente, evitar a incineração e a disposição em aterros sanitários.

Resultados de estudos têm mostrado que a matéria orgânica que compõe o lodo de esgoto pode exercer efeitos nas características físicas, químicas e biológicas do solo. Por apresentar teores consideráveis de N, P e C, pode, até mesmo, suprir parte das necessidades nutricional para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Para Raij, (1991) a utilização de adubo orgânico como fertilizante aumenta a capacidade de troca de cátions (CTC), a porosidade e a aeração, com redução do encrustamento da sua superfície, proporcionando maior volume de água disponível, devido à melhoria das condições físicas do solo.

Quanto aos aspectos químicos a aplicação do lodo de esgoto ao solo tem propiciado a redução pH e o aumento nos teores de matéria orgânica, nitrogênio total, sódio, magnésio (Nascimento *et al.*, 2004), fósforo (Silva *et al.*, 2002), potássio, cálcio, enxofre (Vaz e Gonsalvez, 2002) e capacidade de troca catiônica (Pigozzo, 2003).

A disposição do lodo de esgoto na agricultura dependerá da presença de patógenos, compostos orgânicos fitotóxicos, sais solúveis, metais pesados, odores e contaminação das águas subterrâneas e superficiais. A quantidade de agentes patogênicos no lodo varia com a sua origem, época do ano e do processo de tratamento ao qual foi submetido. A utilização do lodo não higienizado como adubo orgânico em culturas com ciclo de vida curto, cujas partes comestíveis tenham contato direto com o solo e que sejam consumidas “in natura” apresenta grande risco para a saúde humana e animal. Entretanto, para reduzir esse risco, o lodo deve ser tratado com os processos de digestão anaeróbia, calagem ou compostagem, antes de ser utilizado (Lopes *et al.*, 2005).

Dentre estes processos de higienização e estabilização do lodo de esgoto, a caleação é um dos mais difundidos, o que é decorrente, principalmente, do seu baixo custo e facilidade de aplicação, o que pode levar a utilização do lodo na correção da acidez do solo, necessária na maior parte dos solos brasileiros (Andreoli *et al.*, 2001).

A caleação é um tratamento químico, onde se adiciona cal ao lodo, de forma a elevar seu pH até valores superiores a 12, nesta condição, ocorre a inativação ou destruição de parte dos agentes patogênicos e proporciona a estabilização química e redução do odor do lodo (Eleutério, 2004).

Desde que atenda aos requisitos de concentração de metais pesados e patógenos, o lodo de esgoto tratado e transformado em biossólido, poderá servir de condicionador do solo, devido ao alto teor de matéria orgânica e pela quantidade de nutrientes, pode equiparar ou superar os benefícios alcançados com a adubação mineral (Silva *et al.*, 2002).

O conteúdo do nitrogênio no biossólido de lodo de esgoto pode atender as necessidades das culturas (Andreoli *et al.*, 2001), assim como o fósforo pode ser substituído pelo biossólido de lodo de esgoto sem prejudicar o rendimento da cultura.

Dentre os efeitos do biossólido de lodo de esgoto sobre as propriedades físicas do solo, os resultados dos trabalhos de Simonete e Kiehl, (2002) mostram que o aumento da matéria orgânica com o aumento das doses de biossólido facilitou o estado de agregação das partículas do solo, com consequente diminuição da densidade e aumento na aeração e retenção de água (Melo e Marques, 2000).

Para produção de milho, trabalho realizado por Brem (2005) verificou que biossólido pode ser empregado em doses de 60 t ha<sup>-1</sup>, sem apresentar toxicidade. As quantidades de lodo aplicadas e seus efeitos no sistema solo-planta dependem da sua própria qualidade e composição, do tipo do solo e planta cultivada (Martins *et al.*, 2003). Em plantas silvícolas

Guedes e Poggiani (2003) verificaram que o lodo de esgoto tratado pode apresentar efeito residual para as culturas subsequentes, quando empregado em doses elevadas.

O biofertilizante de lodo de esgoto em diversos estudos tem apresentado resultados satisfatórios, na produção de alface (Lopes *et al.*, 2005 e Eleutério, 2004); milho (Martins *et al.*, 2003) e arroz (Oliveira *et al.*, 2005), apresentando-se como um fertilizante potencial para diversas condições de solo e clima.

Do ponto de vista econômico, o uso do lodo como fertilizante orgânico representa o reaproveitamento integral de seus nutrientes e talvez a substituição de adubação química sobre as culturas, com rendimentos equivalentes, ou até superiores aos conseguidos com fertilizantes comerciais, dessa forma o lodo pode ser um forte candidato como fertilizante agrícola. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a alteração química no biofertilizante e no solo pela higienização através da caleação do lodo de esgoto produzido pela estação de tratamento de esgoto - ETE Oeste com o uso de reator anaeróbico de lodo fluidizado - RALF.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), no Campus de Cascavel, em ambiente protegido de 50 m<sup>2</sup>, tipo túnel alto com arcos galvanizado interno e cortinas laterais, com dimensões de 5 m x 10 m, altura central de 5 m, poste laterais de concreto, coberta por um filme de polietileno transparente de 100 micras de espessura.

O solo que foi utilizado para o experimento se classifica como Latossolo Vermelho distroférrico - LVd (Embrapa, 1999). Foi coletada uma quantidade de solo de horizonte A de 0 - 0,2 m de profundidade e um solo de horizonte B de 0,3 - 0,5 m de profundidade.

Para determinar a quantidade de biofertilizante a ser aplicado, fez-se a análise química do solo antes da aplicação dos tratamentos. O Solo de horizonte A apresentou-se com as seguintes características em cmolc dm<sup>-3</sup>: Ca=2,96; Mg=1,30; K=0,04; Soma de bases=4,30; CTC=6,33; C=3,90; MO=6,71 g dm<sup>-3</sup>; em % Saturação de bases = 67,93; em mg dm<sup>-3</sup> P=1,36; Fe=21,27; Mn=40,81; Cu=2,97; Zn=8,52; pH em CaCl<sub>2</sub>=5,7. O solo de horizonte B apresentou-se com as seguintes características: Ca=0,92; Mg=0,31; K=0,11; Soma de bases=1,34; CTC=5,95 cmolc dm<sup>-3</sup>; C=3,12; MO=5,37 g dm<sup>-3</sup>; Saturação de bases = 22,52 %; P=0,67; Fe=35,18; Mn=12,94; Cu=2,14; Zn=0,85 mg dm<sup>-3</sup>; pH em CaCl<sub>2</sub>=5,0 mg dm<sup>-3</sup>.

Para a realização da higienização do lodo de esgoto, o mesmo foi caleado com a Cal virgem (CAO) em 30% de seu peso seco segundo Teixeira (2001).

A taxa de aplicação do biofertilizante foi calculada em função do nitrogênio presente no mesmo segundo Andreoli *et al.*, (2001). Para o primeiro ano admite-se como taxa de nitrogênio e fósforo disponível 50% do valor total presente no biofertilizante.

Para a aplicação dos tratamentos foi coletada uma quantidade de solo de horizonte B proveniente e colocou-se em tubos de PVC com diâmetro de 0,2 m e altura de 0,6 m. Esses tubos foram preenchidos com solo até a profundidade de 0,4 m. E os 0,2 m restantes foram incorporados com o lodo de esgoto calcado em 30% de seu peso seco e solo. Foi analisado um total de 8 tratamentos: (T) testemunha, sem adição de qualquer nutriente, apenas calcário para correção da acidez; ( $B_1$ ) biofertilizante aplicado na DR de N ( $8.695,65 \text{ kg ha}^{-1}$ ); ( $B_2$ ) biofertilizante aplicado duas vezes a DR de N ( $17.391,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ); ( $B_3$ ) biofertilizante aplicado três vezes a DR de N ( $26.086,95 \text{ kg ha}^{-1}$ ); ( $B_4$ ) biofertilizante aplicado quatro vezes a DR de N ( $34.782,6 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias (Teste de Tukey). O nível de significância dos testes considerado foi de 5%.

## Resultados e Discussão

### *Análise química do lodo de esgoto e biofertilizante*

Os resultados dos valores médios da análise química do lodo de esgoto e do biofertilizante é apresentada na Tabela 1 abaixo.

**Tabela 1 - Análise química do lodo de esgoto e biofertilizante**

Elementos	Lodo de esgoto	Biofertilizante
Nitrogênio Total	22,97	20,7
Fósforo	1,42	13,50
Potássio	9,00	2,00
Cálcio	8,50	45,05
Magnésio	$\text{g kg}^{-1}$	0,45
Enxofre		23,20
Carbono		200,64
Matéria orgânica		345,10
Cobre	148,0	169,0
Zinco	150,0	180,0
Ferro	$\text{mg kg}^{-1}$	30330,0
Manganês		79,50
Boro		2,76
pH $\text{CaCl}_2$		2,60
		10,25

Verificou-se pela análise química que a aplicação da cal no lodo de esgoto propiciou aumento na concentração dos macronutrientes P, Ca, Mg e S e redução N, K e C. Observou-se um aumento dos micronutrientes Cu, Zn e B.

Aumento considerável na concentração de fósforo no solo também foi observado por Fia *et al.*, (2005). Esses valores podem estar acima da quantidade real de P disponível no solo, uma vez que foi utilizado Mehlich como extrator. Entretanto, segundo o autor, este extrator pode superestimar fósforo.

Após a caleação Fia *et al.*, (2005) verificaram que as quantidades disponíveis ou trocáveis de N, P, K, Na, Ca, Mg, Cu, Zn, Cr, Ni, Cd e Pb aumentaram nos substratos em que o lodo caleado foi aplicado, com exceção do Al que diminuiu. Com base nos resultados obtidos, verificou-se que o solo teve aumento na sua fertilidade com a adição de lodo caleado. Entretanto, tendo em vista a alteração proporcionada no pH do solo pode se afirmar que o biossólido caleado pode ser recomendado mais como corretivo do que como fertilizante.

Pegorini *et al.*, (2003) observaram que o processo de higienização aumentou a capacidade de correção do solo e adicionou ao resíduo grande quantidade de Ca e Mg, melhorando seu valor agronômico.

O teor de potássio encontrado no biossólido foi baixo, o que pode não ser uma boa fonte de nutriente para a planta, este dado foi também verificado por Melo e Marques (2000).

O valor do nitrogênio diminuiu com o processo da caleação. Isto pode ter ocorrido devido a adição da cal que aumentou a temperatura e promoveu a reação química dos compostos nitrogenados contidos no lodo e assim a formação do gás amônia com consequente perdas do nitrogênio.

Tsutya (2000) ressalta que os valores agronômicos para o lodo digerido e cal da ETE Barueri e lodo digerido da ETE de Franca - São Paulo, possuem quantidades, respectivamente, de nitrogênio ( $22,5 \text{ g kg}^{-1}$  e  $91,5 \text{ g kg}^{-1}$ ) e fósforo ( $14,8 \text{ g kg}^{-1}$  e  $18,1 \text{ g kg}^{-1}$ ) capazes de substituir os fertilizantes minerais como fonte de nutrientes para as plantas.

Andreoli *et al.*, (2001) relatam valores da composição do lodo de esgoto com as seguintes características em  $\text{g kg}^{-1}$  (N total, 50; P, 37; K, 3,5; Ca, 16,0; Mg, 6,0; pH, 5,9) e lodo de esgoto aeróbio caleado a 50% peso seco em  $\text{g kg}^{-1}$  (N total, 30; P, 18; K, 2,0; Ca, 90,0; Mg, 48,0; pH, 11,4). Observou-se diferenças nos teores de Ca, Mg e pH para o lodo de esgoto caleado. Destacam-se ainda as perdas de N, durante o processo de caleacão.

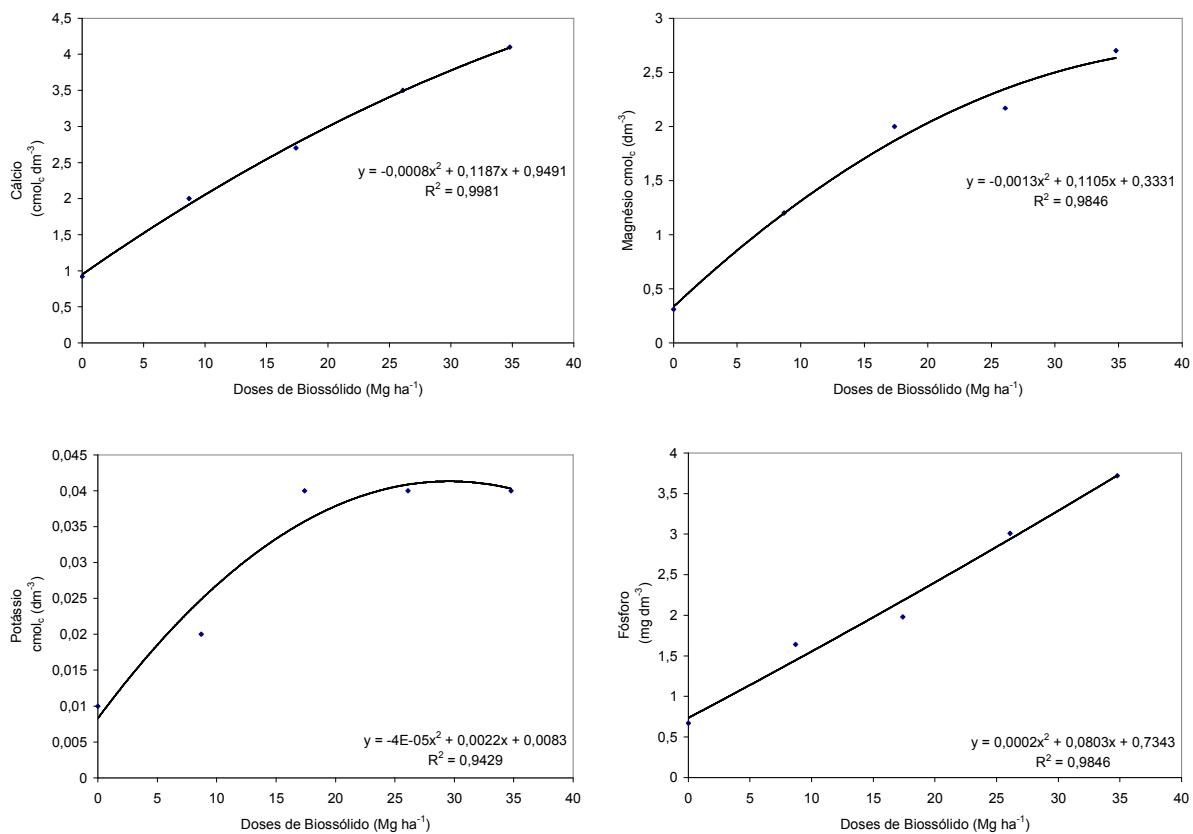
Boeira (2004) avaliou em laboratório a fração de minerilização potencial do N orgânico contido no lodo de esgoto anaeróbio da ETE de Franca – SP. As doses de lodo seco 3, 6, 12 e  $24 \text{ t ha}^{-1}$  indicaram uma estimativa de 34 % da quantidade de N mineral que é

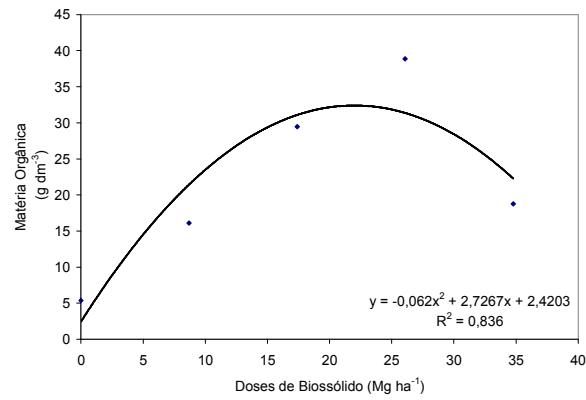
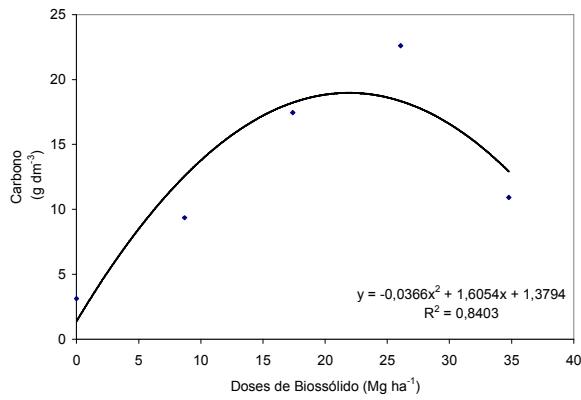
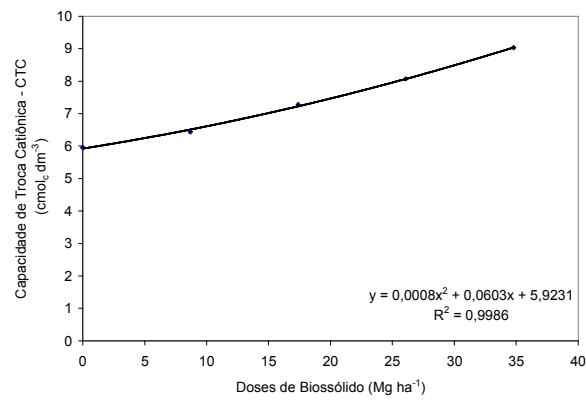
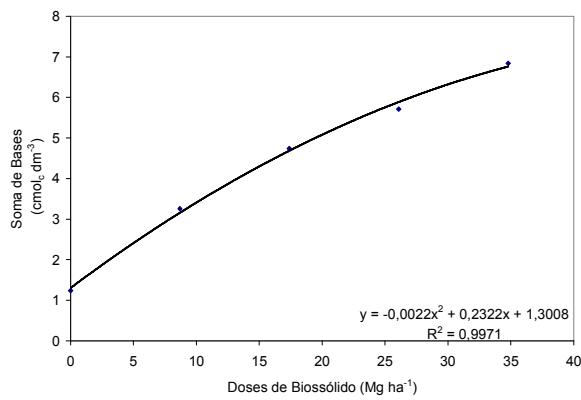
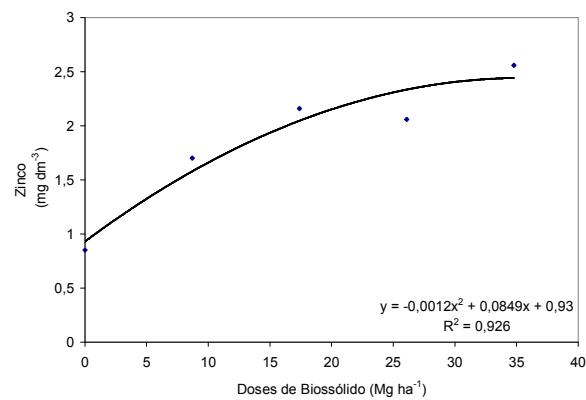
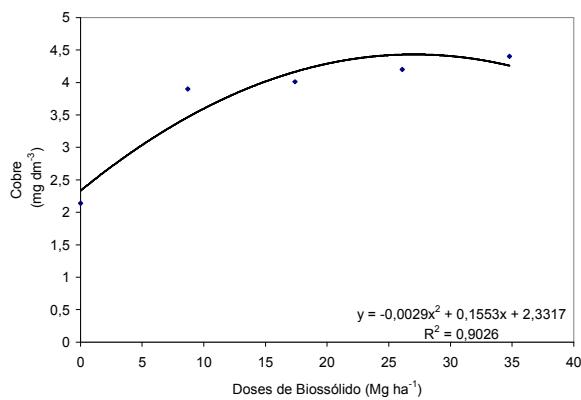
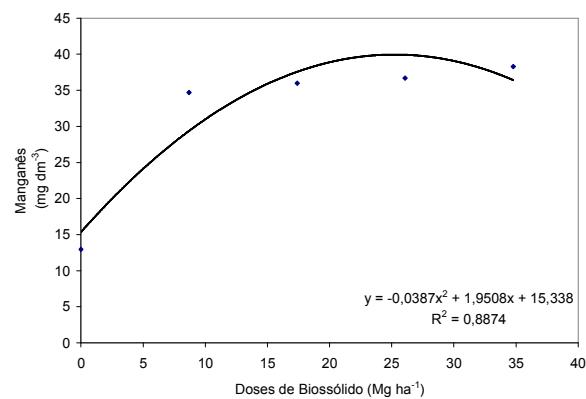
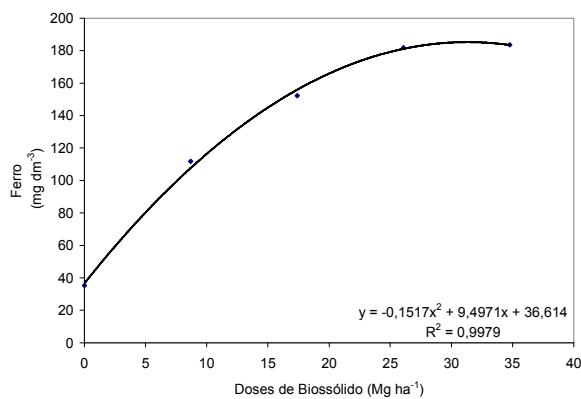
gerada a partir do N orgânico. Houve alta taxa de disponibilização de N mineral nos primeiros dias de incubação e foram diminuindo ao longo do tempo, a mineralização tornou-se lenta mais continua.

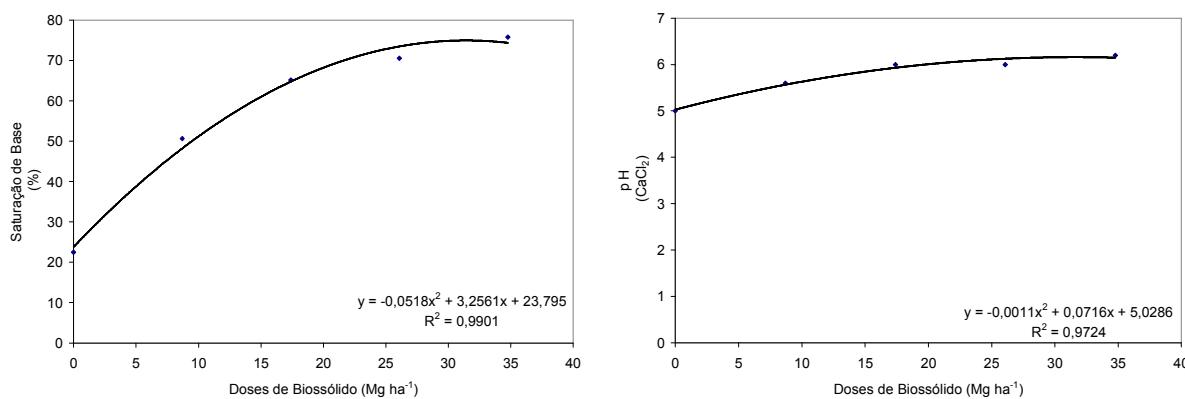
Observa-se na Tabela 1 que o pH do lodo passou de 2,6 para 10,25, este incremento se deve aplicação da cal. Andreoli *et al.*, (2001) observou significativa elevação do pH com a caleação, o que provocou redução na produtividade das culturas, em razão de o estoque de N no sistema solo-planta apresentar níveis muito acima do necessário. Portanto, para o autor o pH inicial do solo representa um dos fatores que devem ser considerados como limitante de dosagens para o lodo caleado.

#### *Análise química do solo ao final do experimento*

Foram realizadas análises químicas do solo para cada tratamento T, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e B<sub>4</sub>, verificando dessa forma os elementos químicos presentes no solo após o uso do biofertilizante. Os resultados do comportamento análise estão ilustrados na Figura 1.







**Figura 1** - Análise de regressão em função de doses de biossólido aplicada no solo

Verificou-se que houve alterações químicas no solo para cada tratamento após o uso do biossólido.

Foi observado o aumento do elemento Ca com o aumento da taxa de aplicação do biossólido nos tratamentos B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e B<sub>4</sub>, devido ao uso deste elemento na calagem do lodo de esgoto. Portanto o aumento da taxa de aplicação de biossólido aumentou a presença da cal no solo, podendo o mesmo contribuir para a correção da acidez do solo. Trabalhos com aplicação de biossólido caleado de Barbosa *et al.*, (2007) apresentaram aumentos significativos nos teores de Ca, Mg, pH e C orgânico, CTC e V %. O lodo de esgoto caleado promove o aumento de cargas negativas devido à sua alta concentração de MO, além de enriquecer o meio principalmente com Ca e Mg (Silva *et al.*, 1995).

Pode-se perceber que os elementos como Mg, P, Fe, Mn, Cu e Zn, aumentaram de forma crescente na proporção das doses de biossólido aplicado (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e B<sub>4</sub>) em relação a testemunha T. Em trabalhos realizados por Simonete e Kiehl (2002), a aplicação crescente do lodo de esgoto também aumentou o teor de Fe, Mn, Zn, e Cu no solo. Estudos de Mantovani *et al.*, (2003) e Teixeira *et al.*, (2003), indicam teores elevados de micronutrientes como Cu, Fe, Mn e Zn e que podem surtir efeitos de toxicidade às plantas.

Embora crescente os valores de K apresentaram pouca diferença em relação à testemunha, em razão de o lodo ser deficiente neste elemento o que tem levado a sugestão de suplementação mineral potássica quando for utilizado somente o lodo de esgoto caleado como adubação complementar (Barbosa *et al.*, 2007). Brem (2005) mostrou que os teores de K finais presentes no solo foram menores que os valores iniciais analisados antes do plantio, pois não realizou complementação mineral no mesmo. Melo e Marques (2000) relatam de modo geral que os lodos de esgoto são pobres em potássio e que sozinhos não são capazes de suprir as necessidades das plantas em relação aos nutrientes.

Os metais pesados Zinco e Cobre encontrados no solo para todos os tratamentos estão abaixo do limite permitido para a reciclagem agrícola segundo Santos (2001), apesar de apresentarem relação direta com as doses crescentes de biofertilizante.

O teor de matéria orgânica (MO) e o carbono (C) aumentaram de forma crescente para doses de biofertilizante nos tratamentos T, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e B<sub>3</sub>, porém o tratamento B<sub>4</sub> apresentou valor baixo de MO. O que pode ter ocorrido que o C não humificou devido o curto período do experimento e as temperaturas baixas ocorridas, e por isso apresentou valores baixos na análise química.

Os valores de pH do solo através da aplicação da cal nos tratamentos T, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e B<sub>4</sub> aumentaram e permaneceram próximos na faixa de 6,0, o que possibilita a utilização do biofertilizante como material corretivo da acidez em solo com pH baixo.

Nos estudos de Ferraz Junior *et al.*, (2003) a aplicação de lodo de esgoto de cervejaria na cultura da Alface proporcionou aumento nos teores de fósforo e nos valores de pH.

A soma de bases (S) é calculada em função das bases trocáveis K, Ca, Na e Mg. Esse parâmetro apresentou comportamento semelhante, aumentando com o aumento das doses de biofertilizante.

A CTC corresponde a soma das bases trocáveis ( $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ ) mais a acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ ). Observou-se que a CTC aumentou de forma crescente com as doses de biofertilizante empregados nos tratamentos. O aumento da CTC também foi observada por Pigozzo (2003), Silva *et al.*, (2001) e Nascimento *et al.*, (2004), as quais concluíram que a CTC pode ser melhor explicada pela variação do pH do que pelo acréscimo de carbono orgânico decorrentes da aplicação do lodo no solo. Neste trabalho o aumento da CTC apresentou correlação positiva para os elementos Ca ( $R^2=0,92^{**}$ ) e Mg ( $R^2=0,94^{**}$ ) com o aumento das doses de biofertilizante. Enquanto o C ( $R^2=0,07$  NS) e pH ( $R^2=0,72$  NS) não apresentaram correlação significativa.

Os resultados de saturação de bases (V%) apresentaram valores crescentes com o aumento das doses de biofertilizante. Isto pode ter ocorrido por que V% depende da soma das bases (S) que também aumentou, devido os elementos Ca e Mg que aumentaram com a aplicação do biofertilizante. Em Silva *et al.*, (2001), Simonete e Kiehl (2002), também observaram aumento no percentual de saturação das bases com o aumento da dosagem de lodo na cultura da cana de açúcar e milho respectivamente.

Todos os elementos químicos analisados na fase final do experimento apresentaram valores superiores aos iniciais, assim a aplicação do biofertilizante melhorou as qualidades químicas do solo.

### Conclusões

A aplicação crescente da cal no lodo de esgoto aumentou a concentração no biossólido dos elementos P, Ca, Mg, S, P, Cu, Zn, Mn e B. Reduziu N, K, C e Fe, e aumentou a matéria orgânica e o pH do biossólido 2,60 para 10,25. No solo aumentou a concentração de Ca, Mg, P, Fe, Mn, Cu e Zn, de forma crescente na proporção das doses de biossólidos aplicados.

### Referências

- ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S.; FERNANDES, F. Disposição do lodo no solo in: ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. V.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos, tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná- Sanepar, v. 6, 484 p., 2001.
- BARBOSA, G.M.C.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O.R.; FONSECA, I.C.B. Efeito residual do lodo de esgoto na produtividade do milho safrinha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.601-605, 2007.
- BOEIRA, R. C. Uso do Lodo de esgoto como Fertilizante Orgânico: Disponibilização de Nitrogênio em Solo Tropical. **Comunicado 12 Técnico**. Jaguariúna, Embrapa, 2004.
- BREM, R. R. **Potencial do lodo de esgoto calado como insumo agrícola para a cultura do milho em latossolo vermelho**. 2005. 75p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.
- ELEUTÉRIO, M. F. **Uso do Biossíolido de Estação de tratamento de esgoto na cultura da alface**. Cascavel, 2004. 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção e informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999, 412 p.
- FERRAZ JUNIOR, A. S. L.; SOUZA , S. R. CASTRO, S. R. P.; PEREIRA, R. B. Adubação de alface com lodo de esgoto de cervejaria. **Revista Horticultura Brasileira**. v.21, n.1, Brasília jan./mar. 2003.
- FIA, R.; MATOS, A. T.; AGUIRRE, C. I. Características Químicas de Solo Adubado com Doses Crescentes de Lodo de Esgoto Caleado. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.13, n.4, 287-299, Out./Dez., 2005.
- GUEDES, M. C; POGGIANI, F.; Variação dos teores de nutrientes foliares em eucalipto fertilizado com biossólido. **Scientia Forestalis**, n. 63, p. 188-201, jun. 2003.
- LOPES, J. C.; RIBEIRO, L. G.; ARAUJO, M. G.; BERALDO, M. R. B. S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 23, n.1, p. 143-147, jan. – mar. 2005.

MANTOVANI, J.R. FERREIRA, M. E. ; CRUZ, M. C. P. ; CHIBA, M. K. E BRAZ, L. T. Calagem e adubação com vermicomposto de lixo urbano na produção e nos teores de metais pesados em alface. **Revista Horticultura Brasileira**, v.21, p.494-500, 2003.

MARTINS, A. L. C.; BATAGLIA, O. C.; CAMARGO O. A.; CANTARELLA, H. Produção de grãos e absorção de Cu, Fé, Mn e Zn pelo milho em solo adubado com lodo de esgoto, com e sem calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n.3, Viçosa maio/jun. 2003.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Embrapa, 2000. p.109-142.

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

OLIVEIRA, C.; SOBRINHO, N. M. B. A.; MARQUES, V. S.; MAZUR, N. Efeitos da Aplicação do Lodo de Esgoto Enriquecido com Cádmio e Zinco na Cultura do Arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:109-116, 2005.

PEGORINI, E.S.; ANDREOLI, C.V.; SOUZA, M.L.P.; FERNANDES, F. DOETZER, B; FERREIRA, A.C. Qualidade do lodo de esgoto utilizado na reciclagem agrícola na região metropolitana de Curitiba – Pr, **Anais...** III SIMPÓSIO SOBRE BIOSSÓLIDOS NO ÂMBITO MERCOSUL. São Paulo, 2003.

PIGOZZO, A. T. J. **Disposição de lodo de esgoto; Acúmulo de Metais Pesados no Solo e em Plantas de milho (*Zea mays* L.)**. Botucatu, 2003. 200 f. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas.

RAIJ, B. V.; **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo, Piracicaba: Ceres, 1991, 343 p.

SANTOS, H. F. Normatização para o uso agrícola dos bioссlidos no exterior e no Brasil. In: ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. V.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos, tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná- Sanepar, V. 6, p. 425-463. (2001).

SILVA, F. C. ; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H.B.; PEXE, C. A.; MENDONÇA, E.M. Efeito do Lodo de Esgoto na Fertilidade de um argissolo Vermelho-Amarelo Cultivado com Cana de açúcar . **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, nº5, p. 834-840 (2001)

SILVA, J. E.; RESCK, D.V.S. & SHARMA, R. D. Alternativa agronômica para o bioссlido produzido no Distrito Federal. I Efeito na produção de milho e adição de metais pesados em Latossolo no cerrado. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 26:487-495,2002.

SILVA, F.C.; BOARETTO, A.E. & BERTON, R.S. Características agrotecnológicas, teores de nutrientes e de metais pesados em cana-de-açúcar (soqueira), cultivada em solo adubado com o lodo de esgoto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO. 25., Viçosa, MG, 1995. **Anais...**Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.2279-228

SIMONETE, M. A.; KIEHL, J.C. Extração e Fitodisponibilidade de Metais em Resposta a adição de Lodo de Esgoto no Solo. **Scientia Agrícola**, v.59, nº3, p. 555-563 (2002).

TEIXEIRA PINTO, M. Higienização de lodos. In: ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. V.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos, tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná- Sanepar, v. 6, 2001. p. 261-297.

TSUTYA, M. T. Alternativa de Disposição Final de Biossólidos Gerados em Estações de tratamento de esgotos. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Embrapa, 2000, p.69-106.

VAZ, L. M. S.; GONSALVES, J. L. DE M.; Crescimento Inicial e Fertilidade do Solo em um Povoamento de *Eucalyptus Grandiz* Fertilizado com Biossólido. **Sitientibus**, Feira de Santana, n.26, p.151-174, jan./jun. 2002.

TEIXEIRA, L. B.; CARVALHO, J. E. V. de; MULLER, C. H.; FURLAN JÚNIOR, J.; DUTRA, S. **Uso de composto orgânico de lixo urbano na produção de mudas de abieiro**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. p. 1-3 (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 86).