



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbc.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

Backes, Clarice; Marques Santos, Alessandro José; Grava de Godoy, Leandro José; Lyra Villas Bôas,
Roberto; de Oliveira, Maurício Roberto; Carvalho de Oliveira, Fernando

DOSES DE LODO DE ESGOTO COMPOSTADO EM PRODUÇÃO DE TAPETE DE GRAMA
ESMERALDA IMPERIAL

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 37, núm. 5, 2013, pp. 1402-1414

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180228849029>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Comissão 3.5 - Poluição, remediação do solo e recuperação de áreas degradadas

DOSES DE LODO DE ESGOTO COMPOSTADO EM PRODUÇÃO DE TAPETE DE GRAMA ESMERALDA IMPERIAL⁽¹⁾

Clarice Backes⁽²⁾, Alessandro José Marques Santos⁽³⁾, Leandro José Grava de Godoy⁽⁴⁾, Roberto Lyra Villas Bôas⁽⁵⁾, Maurício Roberto de Oliveira⁽⁶⁾ & Fernando Carvalho de Oliveira⁽⁷⁾

RESUMO

A eficiência da adubação nitrogenada para gramados pode ser aumentada com a utilização de fontes de liberação lenta, como composto de lodo de esgoto, que, em razão das suas características, pode ser um substituto de parte ou do total da adubação inorgânica para as gramas. Não foram encontrados resultados referentes à utilização de lodo compostado na cultura da grama, no Brasil. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de doses de composto de lodo de esgoto na produção da grama esmeralda Imperial. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de composto de lodo de esgoto (0, 12, 24, 36 e 48 Mg ha⁻¹, base seca), mais um tratamento com adubação inorgânica (300 kg ha⁻¹ N, 80 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 200 kg ha⁻¹ K₂O). Os compostos orgânicos presentes no composto têm diferentes taxas de mineralização, liberando aos 120 dias após a aplicação do lodo mais Mg (100 %), K (90 %) e N (67 %) do que S (57 %), P (40 %) e Ca (31 %). A utilização do composto de lodo na cultura da grama Imperial proporcionou adequado fornecimento de nutrientes, quando aplicado superficialmente, em doses maiores que 36 Mg ha⁻¹. As doses de composto proporcionaram, após a colheita do tapete, aumento linear da acidez potencial e do teor de matéria orgânica, P, S, Fe, Cu, Mn, Zn, As, Cu e Ni e redução linear do pH, do teor de Ca e Mg e da saturação por bases

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 1º de junho de 2012 e aprovado em 9 de julho de 2013.

⁽²⁾ Profa. Dra., Universidade Estadual de Goiás - UEG. Campus de São Luís de Montes Belos. Rua da Saudade com Viela B, 56. Vila Eduarda. CEP 76100-000 São Luís de Montes Belos (GO). E-mail: claricebackes@yahoo.com.br

⁽³⁾ Prof. Dr., UEG. Campus de São Luís de Montes Belos (GO). E-mail: alessandro.marques30@yahoo.com.br

⁽⁴⁾ Prof. Dr., Universidade Estadual Paulista - UNESP. Campus Experimental de Registro (SP). Av. Nelson Brihi Badur, 430, Vila Tupy. CEP 11.900-000 Registro (SP). E-mail: legodoy@registro.unesp.br

⁽⁵⁾ Prof. Titular, Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA/UNESP. Fazenda Lageado. Rua José Barbosa de Barros, 1780. CEP 18.610-307 Botucatu (SP). E-mail: rlvboas@fca.unesp.br

⁽⁶⁾ Pós-Graduando em Agronomia/Agricultura - FCA/UNESP. E-mail: oliveira_mr@yahoo.com.br

⁽⁷⁾ Dr., Diretor da Biossola Agricultura e Ambiente Ltda. Rua Campos Salles, 1152, Cidade Jardim. CEP 13416-310 Piracicaba (SP). E-mail: fernando@biossola.com.br

do solo. O aumento das doses do composto de 0 a 48 Mg ha⁻¹ reduziu a massa dos tapetes de grama, atingindo valores de 4,0 kg/tapete, quando a maior dose foi aplicada. Altas doses também proporcionaram os maiores valores de resistência dos tapetes na ordem de 35 e 33 kgf, com as doses de 36 e 48 Mg ha⁻¹, respectivamente.

Termos de indexação: gramado, adubação, nitrogênio.

SUMMARY: RATES OF SEWAGE SLUDGE COMPOSTED IN THE ZOYSIAGRASS SOD PRODUCTION

The efficiency of nitrogen fertilization for sod production can be increased by using slow-release sources such as sewage sludge compost, which, due to its characteristics can be a substitute of part or all inorganic fertilization for grass. No results were found for the use of sludge compost in sod production in Brazil. This study evaluated the effect of rates of sewage sludge compost on the production of zoysiagrass. Treatments consisted of five rates of composted sewage sludge compost (0, 12, 24, 36 and 48 Mg ha⁻¹, on a dry basis), plus a treatment of inorganic fertilization (300 kg ha⁻¹ N, 80 kg ha⁻¹ P₂O₅, and 200 kg ha⁻¹ K₂O). The results indicated different mineralization rates of the organic compounds present in the sludge; 120 days after sludge application, more Mg (100 %), K (90 %) and N (67 %) has been released than S (57 %), P (40 %) and Ca (31 %). The use of composted sewage sludge for zoysiagrass adequately supplied nutrients when applied to the soil surface at rates more than 36 Mg ha⁻¹. After sod cutting, the rates of sewage sludge compost provided a linear increase in potential soil acidity, soil contents of OM, P, S, Fe, Cu, Mn, Zn, Cu and Ni, and linear decrease in pH, soil concentration of Ca and Mg and base saturation. Compost rates, increasing from 0 to 48 Mg ha⁻¹, reduced the sod mass, reaching values of 4.0 kg / sod at the highest rate. High compost doses (36 and 48 Mg ha⁻¹, respectively) also induced the highest resistance, with values in the order of 35 and 33 kgf.

Index terms: grass sod, fertilization, nitrogen.

INTRODUÇÃO

A produção de tapetes de grama é uma alternativa para utilização do lodo de esgoto, por se tratar de cultura que não é empregada na alimentação humana e de animais. Além disso, boa parte do resíduo é “exportada” juntamente com o tapete, o que permitiria aplicação prolongada na mesma área (Backes et al., 2009). Backes et al. (2009) obtiveram bons resultados quando utilizaram lodo de esgoto na produção de grama esmeralda. A aplicação de 31 Mg ha⁻¹ reduziu o peso dos tapetes por unidade de área, permitindo ampliar a quantidade a ser transportada; aumentou a resistência dos tapetes ao manuseio e, conseqüentemente, o rendimento por área; e possibilitou a produção dos tapetes em menor tempo. Em 2006, o Conselho Nacional de Meio Ambiente, por meio da Resolução nº 375 (CONAMA, 2006), regulamentou o uso do lodo de esgoto em solos agrícolas, especialmente com relação à presença de patógenos. Dentre as opções do pós-tratamento, a compostagem é considerada ótima alternativa para o tratamento do lodo de esgoto com finalidade agrônômica, pois permite o controle satisfatório de microrganismos patogênicos (Soccol et al., 1997; Corrêa et al., 2007) e resulta em insumo agrícola de boa qualidade (Nogueira et al., 2007).

A presença de elementos-traço pode constituir em outra limitação no uso do lodo na agricultura; entretanto, pelos estudos realizados, verificou-se que os níveis encontrados nesse material estão abaixo dos níveis críticos restritivos para sua utilização agrícola, o que permite sua aplicação no solo, dentro de limitações toleráveis de impacto ambiental (Silva et al., 2002; Backes et al., 2009).

Na literatura brasileira, não foram encontrados dados referentes à utilização de lodo compostado na cultura da grama; porém, existem resultados de pesquisa disponíveis em outros países. Murray (1991), avaliando a aplicação de lodo de esgoto compostado para a produção de grama azul de Kentucky (*Poa pratensis* L.) e bermuda (*Festuca rubra* L.), verificou que doses crescentes do lodo até 200 t ha⁻¹, incorporadas ou aplicadas em superfície, promoveram aumento de pH e CTC e resultou em maior agregação, teor de matéria orgânica e retenção de água do solo; em contraste, a densidade do solo e o peso dos tapetes por unidade de área reduziram. Cheng et al. (2007), em um experimento em Pequim, China, com composto de lodo de esgoto em grama *perennial ryegrass* (*Lolium perenne* L.), verificaram que a adição desse, em níveis de 10 a 20 % (m/m) pode melhorar grandemente o suprimento de nutrientes para o crescimento da grama, sem interferir significativamente o teor de

elementos-traço e sais no solo. Em experimento realizado na África do Sul para a produção da grama *kikuyu* (*Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov.), Tesfamariam et al. (2009) observaram que a aplicação de dose acima de 67 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto melhora a taxa de estabelecimento da grama e a sua coloração, podendo reduzir ao mínimo a perda de solo pela colheita do tapete, na dose de 100 Mg ha⁻¹; entretanto, nessa dose, a integridade dos tapetes é reduzida e as perdas de N por lixiviação foram inaceitáveis para o padrão do país.

Dessa forma, objetivou-se com este experimento avaliar o efeito de doses de composto de lodo de esgoto na produção de grama esmeralda Imperial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, no período de dezembro de 2008 a janeiro de 2010, em propriedade comercial no município de Itapetininga, SP, 23° 91' S e 48° 03' O, altitude média de 636 m. O clima da região, segundo os critérios de Köppen, é o Cfa (clima temperado chuvoso). Os dados de precipitação pluvial e as temperaturas máximas e mínimas do local do experimento são apresentados na figura 1. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico e de acordo com a análise realizada na camada de 0-0,1 m possuía as seguintes características químicas, antes da instalação do experimento: pH (CaCl₂) de 5,4; 40 g dm⁻³ de matéria orgânica; 6 mg dm⁻³ de P (resina); 26; 0,1; 24; 7 e 57 mmol_c dm⁻³ de H+Al, K, Ca, Mg e CTC, respectivamente; e saturação por bases (V) de 55 %.

Para o experimento, foi utilizada a grama esmeralda Imperial (*Zoysia japonica* Steud.), rizomatosa e estolonífera, podendo ser colhida em área total, pois os rizomas subsuperficiais são capazes de brotar e cobrirem novamente o solo. Essa espécie de

grama é a mais comercializada no Brasil (Zanon & Pires, 2010).

As parcelas experimentais foram de 2,5 x 5 m, com bordadura de 0,5 m em cada extremidade da parcela. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos de cinco doses de composto de lodo de esgoto: 0, 12, 24, 36 e 48 Mg ha⁻¹, correspondentes a 0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ de N, mais um tratamento em que foram aplicados 300 kg ha⁻¹ N, 80 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 200 kg ha⁻¹ K₂O. As doses do composto foram definidas de acordo com a concentração de N e a umidade do resíduo (Quadro 1), considerando a taxa de mineralização de 30 % ao ano, que é a preconizada pela CETESB (1999) para lodo digerido aerobicamente.

O composto de lodo de esgoto utilizado foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Jundiaí, SP, onde se utiliza o processo de lagoas aeradas de mistura completa, seguida de lagoa de decantação. O lodo, recém-desaguado (com 800 g kg⁻¹ de água), foi misturado ao material celulósico (podas de árvores trituradas), na proporção volumétrica de 1:1. A mistura lodo e agregante celulósico foi revolvida diariamente, por um período de 21 dias. Após esse período, as leiras foram empilhadas em área protegida por mais 30 dias.

Foram feitas análises iniciais no composto para verificar a presença de microrganismos e parasitas patogênicos. Coletaram-se quatro amostras compostas dos vários pontos do monte de composto de lodo, logo após a chegada dele ao local do experimento, que foram enviadas para o Departamento de Patologia Básica - Laboratório de Parasitologia Molecular - da Universidade Federal do Paraná, em caixa de isopor contendo gelo (temperatura de 4 °C). Para a determinação de coliformes termotolerantes, *Salmonella* e ovos viáveis de helmintos, foram utilizados os métodos de Higaskino (1998), Andraus et al. (1998) e Soccol et al. (2000), respectivamente. O processo da compostagem permitiu a inviabilização

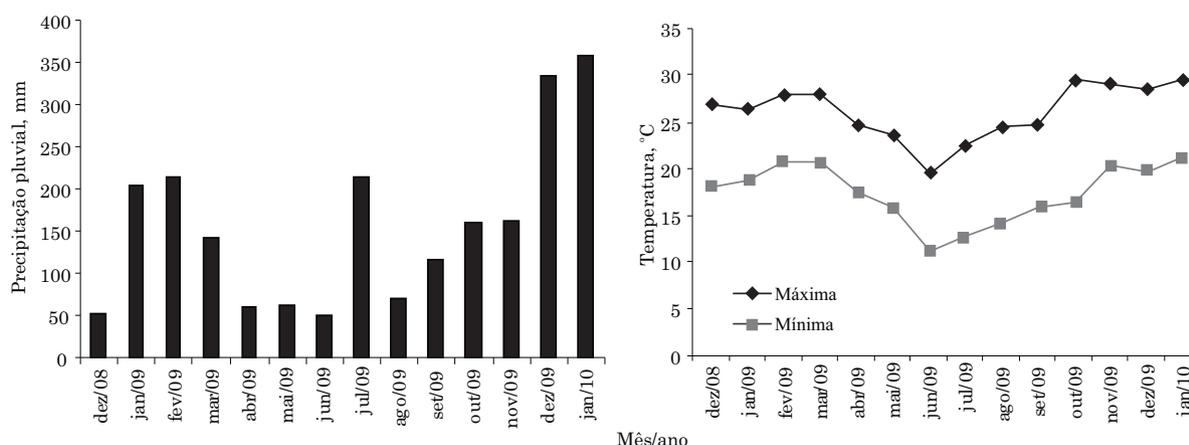


Figura 1. Dados de precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas em Itapetininga, SP, no período de dezembro de 2008 a janeiro de 2010.

Quadro 1. Composição química do composto de lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Jundiá, SP, com base na matéria seca, utilizado no experimento, e as quantidades totais de elementos químicos adicionadas, de acordo com os tratamentos propostos

Caract. ⁽¹⁾	Teor	Quantidade total adicionada				Elemento	Teor	Quantidade total adicionada			
		Dose do composto de lodo						Dose do composto de lodo			
		12	24	36	48			12	24	36	48
	g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹					mg kg ⁻¹	g ha ⁻¹			
N ^(1,4)	27,4	328,8	657,6	986,4	1315,2	Cu ⁽²⁾	217,8	2,6	5,2	7,8	10,5
P	18	216,0	432,0	648,0	864,0	Fe	21750	261	522	783	1044
K	18	216,0	432,0	648,0	864,0	Mn	582	7,0	14,0	21,0	27,9
Ca	11	132,0	264,0	396,0	528,0	Zn ⁽²⁾	1098,3	13,2	26,4	39,5	52,7
Mg	2	24,0	48,0	72,0	96,0	As ⁽²⁾	2,5	0,0	0,1	0,1	0,1
S	1,8	21,6	43,2	64,8	86,4	Cd ⁽²⁾	4,1	0,0	0,1	0,1	0,2
Mat. Org.	530	-	-	-	-	Cr ⁽²⁾	233,6	2,8	5,6	8,4	11,2
Umidade	550	-	-	-	-	Hg ⁽³⁾	n.d.	-	-	-	-
C/N	11/1	-	-	-	-	Ni ⁽²⁾	32,0	0,4	0,8	1,2	1,5
pH	7,2	-	-	-	-	Pb ⁽²⁾	82,7	1,0	2,0	3,0	4,0

Caract.: característica; n.d.: não detectado; ⁽¹⁾ métodos segundo Embrapa (1999); ⁽²⁾ métodos: SW 846 U.S. EPA 3051 (extração) e 6010C, determinação por ICP-AES; ⁽³⁾ métodos: SW 846 U.S. EPA 3051 (extração) e 7470A (determinação por ICP-AES); ⁽⁴⁾ quantidades totais de N adicionadas com as doses de lodo, considerando a taxa de mineralização de 30 %, preconizada pela CETESB (1999) equivalem às doses de N utilizadas nos tratamentos (100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ de N).

dos ovos de helmintos, como *Ascaris* sp., *Toxocara* sp., *Trichuris trichiura*, *Trichuris vulpis*, *Trichuroidea*, *Hymenolepis diminuta*, *Hymenolepis nana* e *Taenia*, presentes no lodo, e reduziu a quantidade de coliformes termotolerantes ($1,9 \times 10^1$ NMP g⁻¹ ST, sendo NPM: Número Mais Provável e ST: Sólidos Totais). Ainda, de acordo com a análise, não foi detectada a presença de *Salmonella*.

Aproximadamente sete dias após a colheita dos tapetes de cultivo anterior, iniciou-se o experimento com a marcação da área, onde se realizou a passagem de escarificador, na profundidade de aproximadamente 0,02 m, por quatro vezes, em todas as parcelas.

A calagem foi realizada na área total, aplicando-se sobre a superfície do solo calcário dolomítico (PRNT de 91 %) na dose de 0,9 Mg ha⁻¹, considerando-se a saturação por bases desejada para pastagens igual de 70 %. O composto de lodo de esgoto foi aplicado manualmente em uma única parcela, aos 12 dias após a colheita dos tapetes (15 de dezembro de 2008), espalhado sobre a superfície do solo, imediatamente após a aplicação do calcário. Nas parcelas que receberam a adubação inorgânica, aplicaram-se na mesma data 80 kg ha⁻¹ P₂O₅, na forma de superfosfato simples. A adubação nitrogenada e a potássica foram parceladas em três vezes, sendo a dose total aplicada de 300 kg ha⁻¹ N, na forma de ureia, e 200 kg ha⁻¹ K₂O, na de cloreto de potássio. A ureia e o cloreto de potássio foram aplicados manualmente na superfície do solo, aos 17 (20/12/08), 70 (01/03/09) e 150 (20/05/09) dias, após o corte do tapete anterior, sendo essas

parcelas irrigadas até 24 h após a aplicação. A irrigação da área experimental foi realizada por aspersão e o controle de plantas daninhas e pragas foram realizados de acordo com Christians (1998).

A taxa de cobertura do solo pela grama (TCS) foi avaliada por meio da análise de imagem digital. As imagens digitais foram obtidas de câmera digital Sony DSC-W30 com 6.0 mega *pixels* de resolução, fixada na extremidade de estrutura na forma de um “L” invertido, para que as imagens fossem obtidas paralelamente à superfície do gramado, em mesma altura (1,6 m). As imagens foram descarregadas em computador e as figuras foram analisadas no programa Corel Photo Paint v. 10.410 (Corel Corporation, 2003), determinando a TCS, conforme Godoy (2005), aos 45, 130, 190 e 380 dias, após a aplicação do composto de lodo de esgoto (DAA).

Os tapetes produzidos no experimento foram cortados 13 meses após a aplicação do composto (fevereiro de 2010), em tamanhos de 0,40 x 0,625 m. O corte dos tapetes, no experimento, foi realizado mecanicamente utilizando colhedora acoplada ao trator, na espessura de 1,8 cm, colhendo-se 10 tapetes por parcela. Esses foram separados de acordo com cada tratamento e foi realizada a pesagem, calculando a massa em kg/tapete. Fez-se a avaliação de resistência dos tapetes de grama ao manuseio usando equipamento de ensaio de resistência, conforme método descrito por Santos et al. (2010). Essas avaliações foram efetuadas em quatro tapetes de cada repetição.

Para avaliar a taxa de mineralização do composto, foram alocados sobre o solo saquinhos confeccionados em poliéster, com malha de 0,005 m, com dimensões de 0,15 x 0,15 m, preenchidos com doses equivalentes do composto de lodo de esgoto na mesma condição do utilizado no experimento. Foram utilizados oito saquinhos por repetição, alocados ao lado de cada parcela, para não ficar sobre o composto aplicado, que foram coletados aos 30, 60, 90 e 120 dias após a colocação no solo. As amostras (saquinhos) foram secas em estufa a 65 °C, por 24 h, e, posteriormente, determinaram-se a massa de matéria seca e os teores de macronutrientes no composto.

Após a colheita dos tapetes, foram recolhidas cinco amostras simples de solo por parcela, na profundidade de 0-0,2 m, as quais foram secas em estufa, passadas em peneira de 2 mm e determinando-se as características químicas para fins de definição do nível de fertilidade, segundo Raij et al. (2001). Os teores totais de Hg foram determinados pelo método SW 846 USEPA 3051 (extração) e 7470A (determinação por ICP-AES) e os de As, Pb, Cu, Cr, Cd, Ni, Zn, pelo método SW 846 USEPA 3051 e 6010C (determinação por ICP-AES), segundo USEPA (2013).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão, utilizando-se programa Sisvar versão 4.2 (Ferreira, 2004). A comparação da adubação inorgânica com as doses do composto foi avaliada pelo teste Tukey, a 5 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Carga de elementos-traço no composto e teor no solo após a colheita

A carga total de elementos-traço adicionada ao solo com a aplicação das doses do composto de lodo não ultrapassou os valores máximos citados por Silva et al. (2002) para Cd (1,0 kg ha⁻¹), Cu (15 kg ha⁻¹), Ni (15 kg ha⁻¹), Pb (115 kg ha⁻¹), Zn (3,0 kg ha⁻¹) e Se (0,5 kg ha⁻¹), mesmo na maior dose do composto. Os teores de As, Cd, Cr, Pb, Ni e Zn observados no composto corresponderam a 3,3; 4,8; 7,8; 9,8; 7,6; e 14,6 %, respectivamente, dos valores-limite estabelecidos para elementos-traço pela CETESB (1999), quando se visa o uso do lodo de esgoto na agricultura.

Para os teores de elementos-traço no solo, verificou-se que houve influência dos tratamentos apenas para As, Cu, Ni e Zn (p<0,01). Os teores médios, para todas as doses do composto, de Cd, Pb e Cr total no solo foram de 0,08; 12,9; e 51,8 mg kg⁻¹, respectivamente. O Hg não foi detectado em razão do método analítico utilizado neste estudo. As quantidades de elementos-traço ajustaram-se de forma linear às doses do composto (Figura 2). Os máximos valores obtidos foram de 0,27; 13,5; 4,7; e 14,6 mg kg⁻¹ de As, Cu, Ni e Zn, respectivamente, quando aplicada a dose de 48 Mg ha⁻¹

do composto de lodo. Oliveira & Mattiazzi (2001) também verificaram aumentos lineares na camada de 0-0,2 m, para os teores totais de Cu e Zn no solo, proporcionados pela aplicação de lodo de esgoto, chegando a valores de 43 e 97 mg kg⁻¹, quando aplicada a dose de 110 Mg ha⁻¹.

Mesmo tendo sido observado o aumento do As com o aumento das doses do composto, verificou-se que houve contribuição natural do solo, equivalente a 0,71 mg kg⁻¹, e os valores encontrados na adubação inorgânica também foram elevados, relativos às doses de 24 e 36 Mg ha⁻¹ do composto. O emprego de determinados lodos pode ser limitado pela presença de elementos-traço, como Cu, Ni, Fe, Zn, Mn, Co, Hg, Cd, Pb e Cr, em quantidades altas, e sua aplicação pode levar à contaminação do solo. Os teores totais máximos de As, Cu, Ni, Zn, Cd, Pb e Cr encontrados no solo não ultrapassaram os limites de prevenção estabelecidos pela CETESB (2005). Segundo alguns autores (Bell et al., 1991; Warkentin, 1992), a aplicação anual prolongada de lodo de esgoto ao solo pode tornar-se restritiva ao sistema de produção agrícola, pelo enriquecimento de elementos-traço no ambiente; porém, em sistema de produção de tapete de grama, em que pequena camada de solo e praticamente todo o lodo ou composto aplicado é levado juntamente com o tapete, a aplicação prolongada de lodo pode não ser problema.

Liberação de macronutrientes contidos no composto

Houve influência apenas das datas de coleta na taxa de mineralização dos macronutrientes presentes no composto, não havendo influência das doses (Figura 3) por causa de o composto possuir relação C/N baixa, próxima de 10, acima da qual o aumento na disponibilidade de N, reduzindo mais a relação C/N, não aceleraria a taxa de mineralização. Para o N, verificou-se que, aos 30 dias após a aplicação, a taxa de mineralização foi de 12 %. Vieira et al. (2005) verificaram taxa de mineralização do N orgânico do lodo de esgoto (relação C/N média de 9,1), aplicada na cultura do milho de até 22 %, em apenas seis dias. A cada 30 dias essa taxa aumentou, em média, 12,2 e 21 %, atingindo valor de 67 % aos 120 dias, o que corresponde, em média, a liberação de 6,2 % do N contido no composto, a cada 10 dias. A porcentagem final de N mineralizado do composto foi semelhante às obtidas por Leite et al. (2010), quando esses autores estudaram a liberação de nutrientes de resíduos vegetais (braquiária e milheto), em condições de campo, num período de 100 dias. Contudo, essa taxa de mineralização do N é bem superior à sugerida pela CETESB (1999), para lodos digeridos aerobicamente (30 % ao ano), em razão das altas temperaturas e da disponibilidade adequada de água (Figura 1), às quais o composto deste experimento foi submetido nesse período (dezembro a março). As taxas adotadas pela CETESB (1999), semelhante às observadas por Boeira & Maximiliano (2009), são obtidas em condições de

laboratório e, segundo os últimos autores, o lodo utilizado nesses experimentos possuíam teor de água muito mais baixo em relação aos utilizados em experimento de campo, como no caso deste trabalho (umidade de 550 g kg⁻¹).

Segundo Boeira (2004) e Dynia et al. (2006), o lodo aplicado em campo pode liberar, à solução do solo,

grande quantidade de N mineral nos primeiros dias após a aplicação, se houver condições propícias à mineralização da matéria orgânica, podendo ficar susceptível à lixiviação. No quarto mês, obteve-se ainda aumento na quantidade de N mineralizado por causa das condições propícias à mineralização (Figura 1), uma vez que alta temperatura e umidade elevada

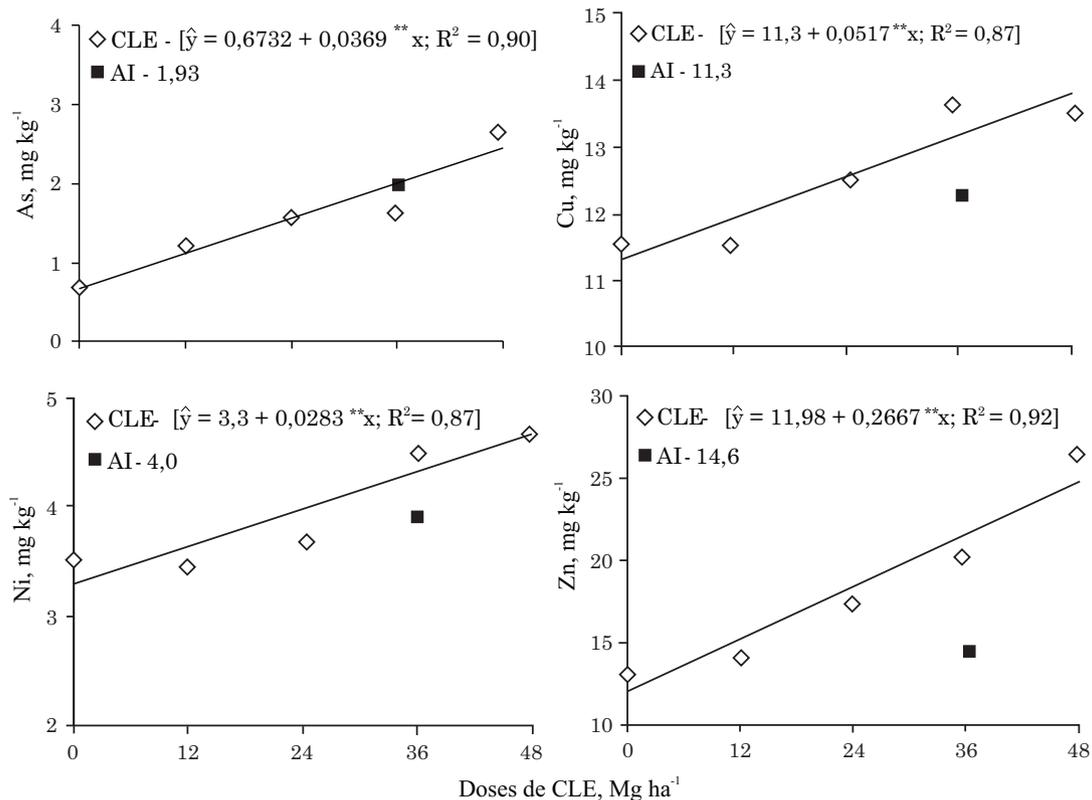


Figura 2. Teores de elementos-traço no solo na camada de 0-0,2m, após o corte de tapetes da grama Imperial, em função de doses de composto de lodo de esgoto (CLE) e adubação inorgânica (AI), aos 13 meses após a aplicação do composto.

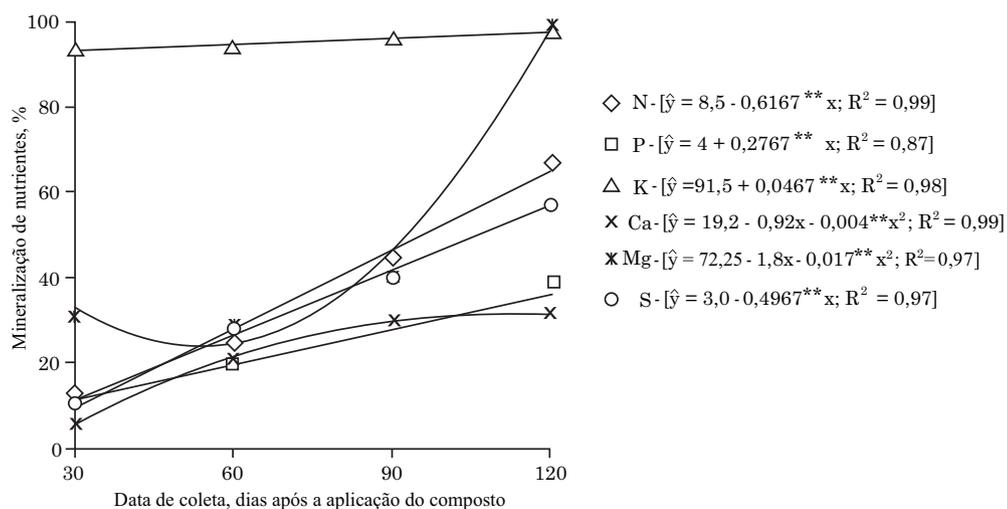


Figura 3. Média da taxa de mineralização de macronutrientes presentes nas doses de composto do lodo de esgoto em função dos dias após a disposição dos saquinhos sobre a superfície do solo.

umentam a atividade microbiana do solo e, conseqüentemente, a taxa de decomposição (Moreira & Siqueira, 2002). Vieira et al. (2005) concluíram que o cálculo da dose de lodo de esgoto com base na taxa de mineralização de N (30 % ao ano) pode superestimar a dose de lodo a ser aplicado.

Para o P, verificou-se que a máxima taxa de mineralização foi de 40 % aos 120 dias, após a disposição dos saquinhos sobre o solo, com uma taxa de mineralização menor que a metade da taxa do N. A mineralização do K foi elevada já no primeiro mês, atingindo taxas maiores que 90 %, que pode ser explicada pelo fato de que o K não faz parte de compostos orgânicos. Essa rápida liberação faz com que a taxa de mineralização em seguida seja muito reduzida (0,5 % a cada 10 dias), em razão da menor presença do elemento no composto. As quantidades mineralizadas vão diminuindo ao longo do tempo, com tendência de estabilização após os três primeiros meses, ou seja, a mineralização torna-se lenta, mas contínua (Boeira, 2004). Esses resultados corroboram com os alcançados por Damatto Jr. (2008), o qual obteve a rápida liberação de K e lenta de P e N de adubo orgânico, obtido da compostagem de esterco bovino e serragem, aplicado na cultura da banana. Assim, por causa dessa rápida liberação do K do composto, dentro de 30 dias pode ser que se faça necessária a complementação da adubação potássica, no decorrer do ciclo de produção do tapete de grama esmeralda, que, em média, acumula $110 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$, em nove meses (Godoy et al., 2012).

A fração de mineralização do Ca presente no composto foi baixa, chegando a uma taxa de apenas 31 % aos 120 dias, após a disposição dos saquinhos sobre o solo. Verificou-se que houve tendência de estabilização na taxa de mineralização desse nutriente após os três primeiros meses. Bernardes et al. (2010) também verificaram que, dentre os macronutrientes liberados da biomassa de capins braquiária e mombaça, o Ca foi o de menor liberação (35 a 40 %). Aos 120 dias após a disposição dos saquinhos, todo o Mg presente no composto foi disponibilizado, apresentando a maior taxa de mineralização dentre os macronutrientes, a partir dos 60 dias após a disposição dos saquinhos sobre o solo. Essa mineralização do Mg diferiu do observado para resíduos vegetais por Bernardes et al. (2010) e Calonego et al. (2012). Para o S, notou-se que aos 30 dias após a aplicação, a taxa de mineralização foi semelhante a do N e P; entretanto, a velocidade da mineralização foi mais rápida que a do P e mais lenta que a do N, atingindo taxas de 57 % aos 120 dias.

Atributos químicos do solo

Para as características químicas do solo não houve influência dos tratamentos apenas para os teores de K ($p > 0,05$). Os teores de K determinados no solo, que recebeu a adubação inorgânica ($0,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), foram maiores que no solo que recebeu o composto

($0,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Esses resultados se devem pelo fato de que nas gramas que receberam o composto não foi realizada a complementação potássica.

As doses de composto proporcionaram aumento da acidez potencial (H+Al) e redução do pH, do teor de Ca e Mg e da saturação por bases do solo, proporcionalmente ao aumento da dose aplicada (Figura 4). A redução no pH do solo também foi verificada por Obbard (2001) e Bezerra et al. (2006); entretanto, em diversos trabalhos têm sido relatado efeito oposto (Melo & Marques, 2000; Oliveira et al., 2002). Esse comportamento pode ser atribuído, principalmente, à presença de ácidos orgânicos produzidos durante a decomposição microbiológica da matéria orgânica presente no lodo (Bezerra et al., 2006) ou pelo processo de nitrificação dos resíduos orgânicos do composto (Obbard, 2001). Neste experimento, o composto de lodo de esgoto utilizado não foi tratado com cal.

O aumento do teor de matéria orgânica (MO) no solo pelo tratamento com o composto de lodo de esgoto é razão de sua composição, 530 g kg^{-1} de MO (Quadro 1) e pela presença de raízes e rizomas em decomposição, já que na adubação inorgânica também houve aumento da MO. Esses incrementos também foram verificados por Simonete et al. (2003) e Rocha et al. (2004).

Para os teores de P, houve efeito linear positivo em função das doses do composto. Para os tratamentos que receberam a adubação inorgânica, os teores de P do solo ($8,3 \text{ mg dm}^{-3}$) foram inferiores, quando comparados aos tratamentos que receberam 24, 36 e 48 Mg ha^{-1} do composto, atingindo valores duas vezes maiores ($15,5 \text{ mg dm}^{-3}$) na dose mais alta aplicada.

O aumento de P disponível no solo por causa da aplicação de lodo de esgoto foi demonstrado por vários trabalhos, como os de Silva et al. (2002), Nascimento et al. (2004) e Galdo et al. (2004), em razão de o lodo de esgoto diminuir a adsorção do nutriente ao solo, devido à MO presente nesse resíduo fornecer ânions orgânicos que competem com o fosfato, bem como a formação de complexos e quelatos (Hue, 1995). Houve aumento nos teores de S no solo com o aumento das doses do composto, possivelmente pela concentração desse nutriente no resíduo. Quando comparada à adubação inorgânica, verificaram-se maiores valores nas parcelas que receberam o composto.

Não houve efeito significativo dos tratamentos utilizados para os teores de B no solo ($p > 0,05$). Para os demais micronutrientes catiônicos, os efeitos foram lineares crescentes, com o aumento das doses do composto (Figura 5).

Ao analisar o tratamento que recebeu a adubação inorgânica, notou-se que para Cu, Fe, Mn e Zn no solo, os teores foram menores quando comparados aos tratamentos que receberam o composto, fato que pode ser justificado pela composição química do resíduo (Quadro 1). Com a maior dose de composto de lodo de esgoto aplicada (48 Mg ha^{-1}), foram adicionados ao solo $10,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de Cu; 1.044 kg ha^{-1} de Fe; $27,9 \text{ kg ha}^{-1}$

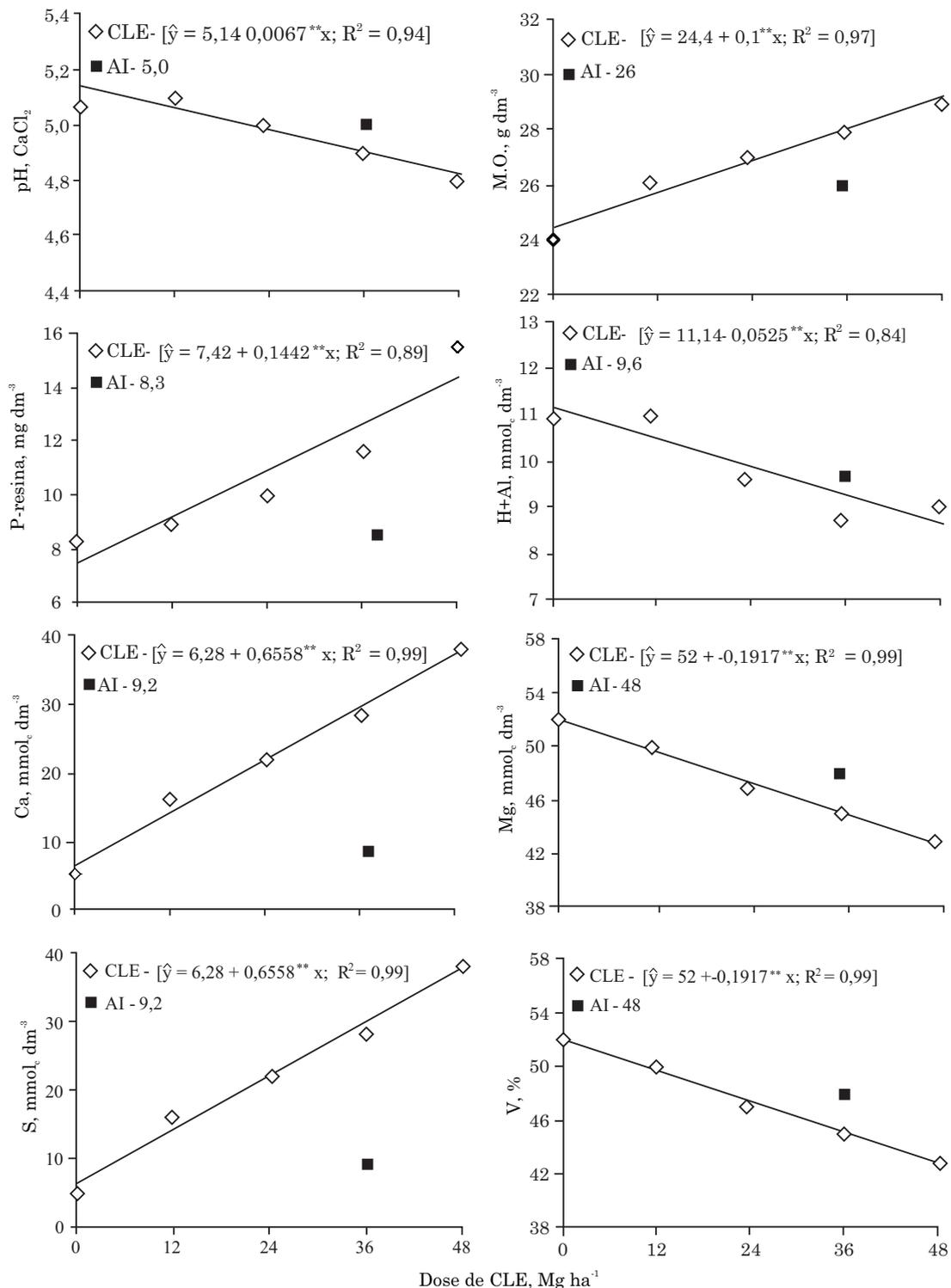


Figura 4. Características químicas do solo, na camada de 0-0,2 m, após o corte de tapetes da grama Imperial, em função de doses de composto de lodo de esgoto (CLE) e adubação inorgânica (AI), aos 13 meses após a aplicação do composto.

de Mn; e 52,7 kg ha⁻¹ de Zn, que, mesmo sendo absorvidos pela planta e transportados com os tapetes, ainda encontraram-se presentes no solo após a colheita em quantidades elevadas. Os máximos teores de Cu, Fe, Mn e Zn no solo, quando aplicada a dose de

48 Mg ha⁻¹, foram de 1,6; 52, 3; e 4,0 mg dm⁻³, respectivamente. Apesar de o Fe ser o metal em maior concentração no composto (Quadro 1), esse apresentou aumento relativamente pequeno de disponibilidade no solo, indicando encontrar-se no resíduo em formas de

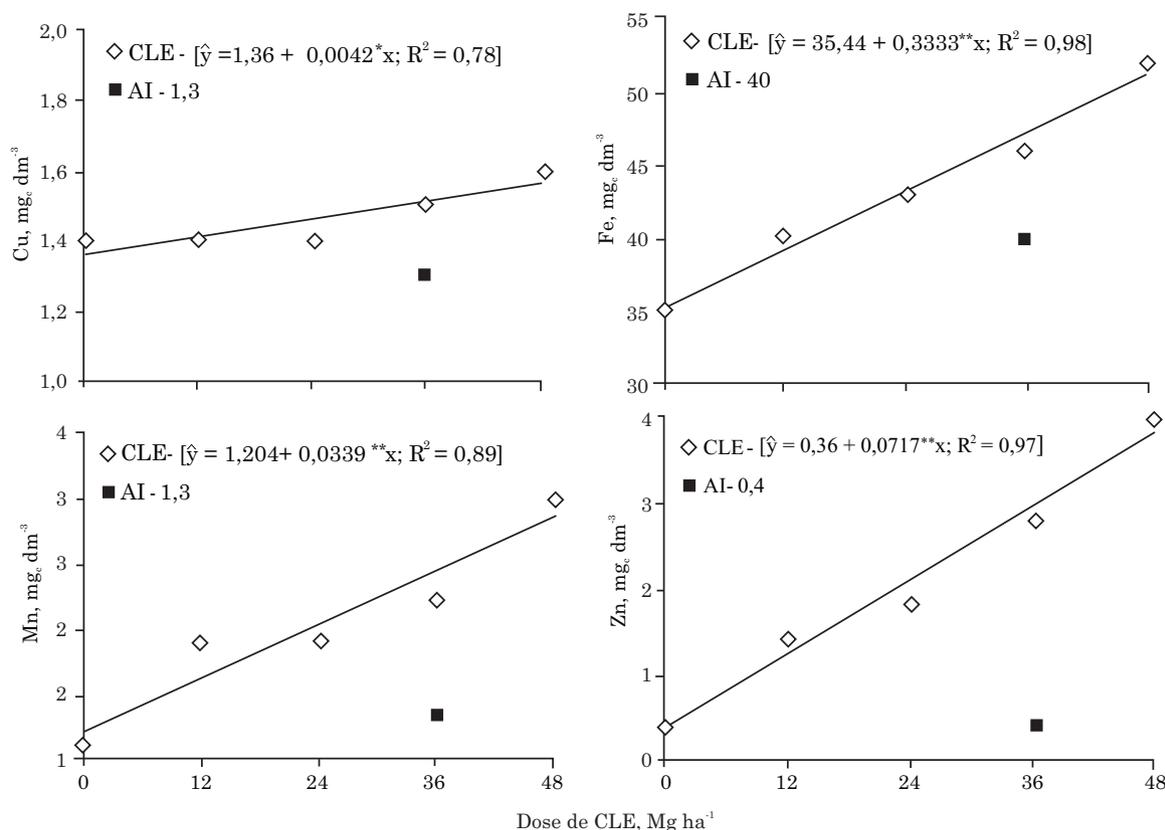


Figura 5. Teores de micronutrientes no solo, na camada de 0-0,2 m, após o corte dos tapetes de grama Imperial, em função de doses de composto de lodo de esgoto (CLE) e adubação inorgânica (AI), aos 13 meses após a aplicação do composto.

baixa disponibilidade, como, por exemplo, óxidos de ferro. Silva et al. (1998) verificaram que 144 dias após a aplicação de 530 kg ha⁻¹ de Fe com o lodo de esgoto, a concentração no solo foi de 35 mg dm⁻³, valor maior que os obtidos neste experimento para a maior dose de composto, em que se aplicaram aproximadamente 1.152 kg ha⁻¹ de Fe. No sistema de produção de tapetes de grama, uma camada de solo e praticamente todo o composto de lodo de esgoto aplicado superficialmente pode ser levado juntamente com o tapete. Silva et al. (1998) também verificaram aumento no teor de Zn no solo aos 114 dias após a aplicação do lodo, atingindo valor máximo de 2,6 mg dm⁻³ com a dose de 30 Mg ha⁻¹.

Atributos fitotécnicos

A taxa de cobertura do solo (TCS) pela grama esmeralda Imperial foi influenciada pelas doses de composto de lodo de esgoto em todas as épocas avaliadas ($p < 0,01$). Aos 45, 130 e 190 DAA, o comportamento da TCS em função das doses foi mais bem representado por equações lineares (Figura 6). Com a maior dose aplicada, as taxas de cobertura obtidas foram de 42, 66 e 75 %.

Aos 380 DAA, houve efeito quadrático em que a dose estimada de 46,8 Mg ha⁻¹ proporcionou a máxima TCS. Backes et al. (2009), testando doses de lodo de

esgoto não compostado, obtiveram o fechamento completo do tapete de grama com a dose de 31 Mg ha⁻¹, em seis meses. Essa diferença no tempo de produção pode ser atribuída às características do solo, aos fatores climáticos e à espessura do corte dos tapetes anteriores (cortes mais profundos reduzem a brotação por deixarem no solo menores quantidades de raízes e rizomas). A necessidade da maior dose de composto para atingir a máxima TCS verificada neste experimento se deveu ao fato de que com o processo de compostagem ocorre diluição dos nutrientes presentes no lodo por causa da mistura com o material agregante (maior relação C:N).

Em comparação com as parcelas que não receberam adubação, verificaram-se, nas gramas que receberam 48 Mg ha⁻¹ do composto, aumentos de 61, 65 e 61 % de cobertura do solo aos 45, 130 e 190 DAA, respectivamente. Godoy et al. (2007) ressaltaram a importância da adubação de base em um primeiro arranque no crescimento da parte aérea, principalmente em meses com temperatura adequada. Aos 380 DAA, essa diferença entre o controle e a maior dose de composto foi menor, possivelmente pela liberação de boa quantidade de N nos primeiros meses. Conforme a avaliação de liberação de nutrientes, 67 % do N foi liberado até os 120 dias após a aplicação no solo.

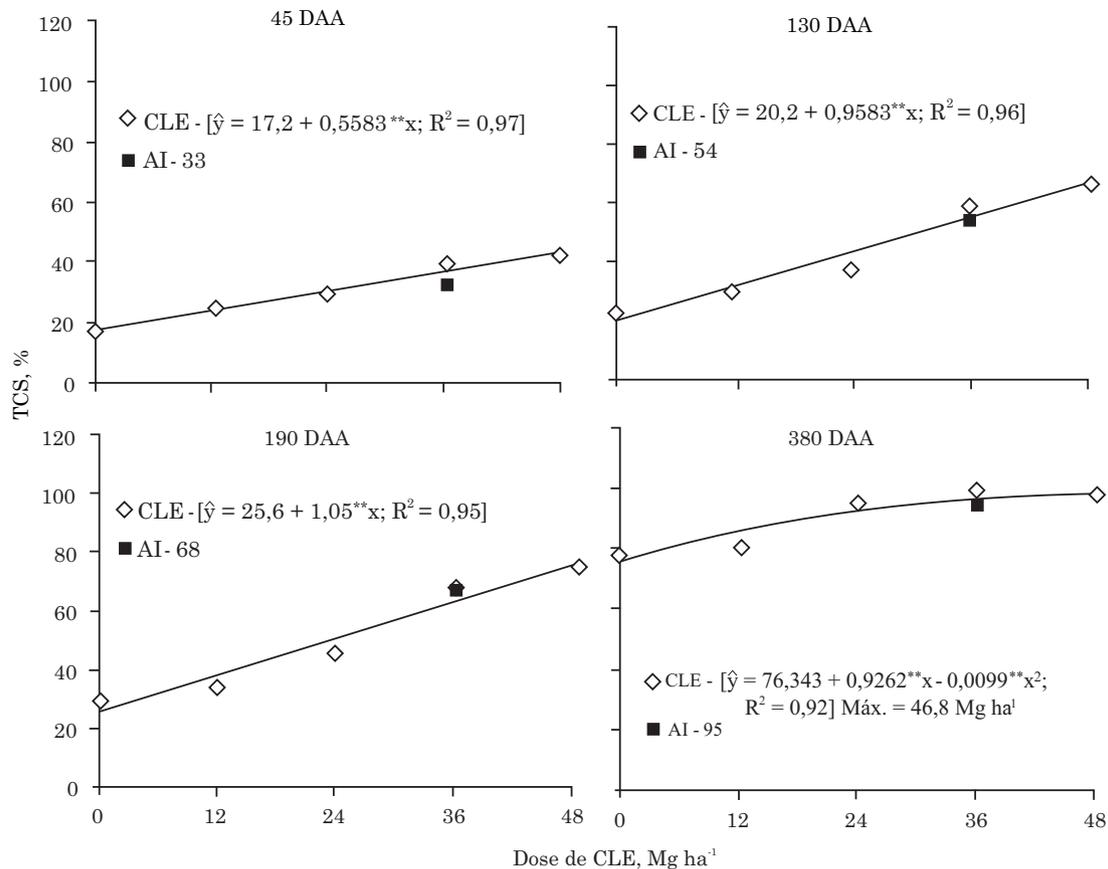


Figura 6. Taxa de cobertura do solo (TCS) pela grama Imperial em função de doses de composto de lodo de esgoto (CLE) aos 45, 135, 190 e 380 dias, após a aplicação (DAA). AI: adubação inorgânica.

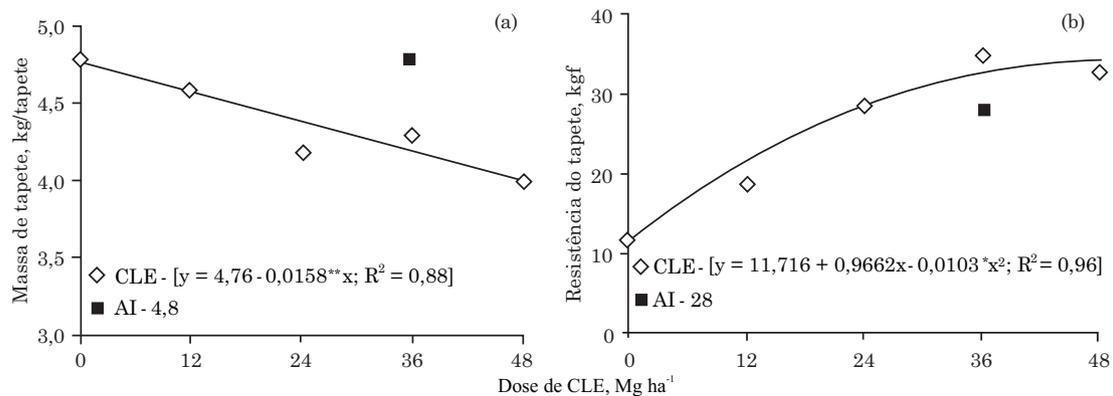


Figura 7. Massa (a) e resistência de tapetes (b) da grama Imperial em função de doses de composto de lodo de esgoto (CLE) e da adubação inorgânica (AI), aos 13 meses após a aplicação do composto.

A adubação inorgânica proporcionou TCS semelhante às maiores doses de composto aplicadas. As gramas que não receberam adubação inorgânica e nem o composto de lodo de esgoto e as que receberam as menores doses (12 e 24 Mg ha⁻¹) não formaram tapete, não chegando a cobrir o solo totalmente até o final do experimento (380 DAA).

Houve redução dos pesos dos tapetes com o aumento das doses do composto ($p < 0,01$) (Figura 7a). Quando

comparada com a adubação inorgânica, notou-se que, na dose de 48 Mg ha⁻¹, houve redução de 17% do peso dos tapetes. Essa característica tem implicação prática muito importante, uma vez que com a massa menor consegue-se levar maior número de tapetes com a mesma carga. Murray (1991), avaliando a aplicação de lodo de esgoto compostado para a produção de grama azul de *Kentucky* (*Poa pratensis* L.) e festuca (*Festuca rubra* L.), também verificou a diminuição do peso dos tapetes por unidade de área ao aplicar doses crescentes

do lodo até 200 Mg ha⁻¹, incorporadas ou aplicadas em superfície. Backes et al. (2009) observaram redução de 13 % do peso do tapete de grama esmeralda quando compararam a adubação inorgânica com a dose de 40 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto.

A máxima resistência dos tapetes foi obtida com a dose estimada de 46,9 Mg ha⁻¹ (Figura 7b). Doses maiores de N promovem menor resistência provavelmente por causa do maior crescimento das folhas em detrimento aos estolões, rizomas e raízes. A utilização de doses mais altas de N e a formação muito rápida do tapete podem prejudicar a *liftability* (capacidade de ser manuseado) pela redução no crescimento de rizomas, principais responsáveis pela resistência do tapete (Christians, 1998). Backes et al. (2009), avaliando a resistência de tapetes de grama esmeralda produzidos com doses de lodo de esgoto, obtiveram a mesma resistência de 36 kgf com a dose de 31 Mg ha⁻¹ de lodo, equivalente a aproximadamente 310 kg ha⁻¹ de N.

CONCLUSÕES

1. O aumento linear do teor no solo de As, Cu, Ni e Zn foi certificado, após a colheita do tapete, em função das doses do composto de lodo. A carga total de elementos-traço adicionada ao solo com a aplicação do composto não proporcionou teores no solo acima dos valores orientadores (de prevenção) estabelecidos no Brasil.

2. Os compostos orgânicos presentes no composto têm diferentes taxas de mineralização, liberando, aos 120 dias após a aplicação do lodo, mais Mg (100 %), K (90 %) e N (67 %) do que S (57 %), P (40 %) e Ca (31 %).

3. As doses de composto proporcionaram, após a colheita do tapete, aumento linear da acidez potencial, do teor de matéria orgânica, P, S, Fe, Cu, Mn e Zn e redução linear do pH, do teor de Ca e Mg e da saturação por bases do solo.

4. A dose estimada de 46,8 Mg ha⁻¹ do composto de lodo proporcionou a máxima taxa de cobertura do solo pela grama.

5. O aumento das doses do composto de 0 a 48 Mg ha⁻¹ reduziu a massa dos tapetes de grama, atingindo valores de 4,0 kg/tapete, quando aplicada a dose de 48 Mg ha⁻¹, e aumentou a resistência dos tapetes, que alcançou o valor de 34,4 kgf, na dose de 46,9 Mg ha⁻¹.

LITERATURA CITADA

ANDRAUS, S.; MEDEIROS, M.L.B.; BORGES, J.C.; SILVA, S.M.C.P. & TOLEDO, E.B.S. Pesquisa de *Salmonella* spp. em amostras de lodo de esgoto e solo: isolamento e identificação. In: ANDREOLI, C.V. & BONNET, B.R.P., coords. Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto. Curitiba, Sanepar, 1998. p.59-61.

BACKES, C.; BULL, L.T.; GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L.; LIMA, C.P. & PIRES, E.C. Uso de lodo de esgoto na produção de tapetes de grama esmeralda. Ci. Rural, 39:1045-1050, 2009.

BELL, P.F.; JAMES, B.R. & CHANEY, R.L. Heavy metal extractability in long-term sewage sludge and metal salt-amended soils. J. Environ. Qual., 20:481-486, 1991.

BERNARDES, T.G.; SILVEIRA, P.M.; MESQUITA, M.A.M.; AGUIAR, R.A. & MESQUITA, G.M. Decomposição da biomassa e liberação de nutrientes dos capins braquiária e mombaça, em condições de cerrado. Pesq. Agropec. Trop., 40:370-377, 2010.

BEZERRA, F.B.; OLIVEIRA, M.A.C.L.; PEREZ, D.V.; ANDRADE, A.G. & MENEGUELLI, N.A. Lodo de esgoto em revegetação de área degradada. Pesq. Agropec. Bras., 41:469-476, 2006.

BOEIRA, R.C. Uso de lodo de esgoto como fertilizante orgânico: disponibilização de nitrogênio em solo tropical. Jaguariúna, Embrapa, 2004. 3p. (Comunicado Técnico)

BOEIRA, R.C. & MAXIMILIANO, V.C.B. Mineralização de compostos nitrogenados de lodos de esgoto na quinta aplicação em Latossolo. R. Bras. Ci. Solo, 33:711-722, 2009.

CALONEGO, J.C.; GIL, F.C.; ROCCO, V.F. & SANTOS, E.A. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. Biosci. J., 28:770-781, 2012.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. Decisão da Diretoria N° 195/2005. Valores orientadores para solos e águas subterrâneas do estado de São Paulo, 2005. 4p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf> Acesso em: 28 abril 2013.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas - critérios para projeto e operação. São Paulo, 1999. 32p.

CHENG, H.; XU, W.; LIU, J.; ZHAO, Q.; HE, Y. & CHEN., G. Application of composted sewage sludge (CSS) as a soil amendment for turfgrass growth. Ecol. Eng., 29:96-104, 2007.

CHRISTIANS, N.E. Fundamental of turfgrass management. Chelsea, Arbor Press, 1998. 301p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução n° 375: Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. 2006. 41p.

COREL CORPORATION. Corel photopaint, version 12. 2003.

CORRÊA, R.S.; FONSECA, Y.M.F. & CORRÊA, A.S. Produção de bio sólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 11:420-426, 2007.

- DAMATTO JR, E.R. Adubação orgânica da bananeira Prata-nã e experiências com outras cultivares nas Ilhas Canárias. Botucatu, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2008. 94p. 2008. (Tese de Doutorado)
- DYNIA, J.F.; SOUZA, M.D. & BOEIRA, R.C. Lixiviação de nitrato em Latossolo cultivado com milho após aplicações sucessivas de lodo de esgoto. *Pesq. Agropec. Bras.*, 41:855- 862, 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, 1999. 310p.
- FERREIRA, D. Sisvar, versão 4.6, DEX/UFLA. 2004. 32p.
- GALDO, M.V.; DE MARIA, I.C. & CAMARGO, O.A. Atributos químicos e produção do milho em um Latossolo Vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:569-577, 2004.
- GODOY, L.J.G. Adubação nitrogenada para produção de tapetes de grama Santo Agostinho e Esmeralda. Botucatu, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2005. 106p. (Tese de Doutorado)
- GODOY, L.J.G.; BACKES, C.; VILLAS BÔAS, R.L. & SANTOS, A.J.M. Nutrição, adubação e calagem para produção de gramas. Botucatu, FEPAP, 2012. 146p.
- GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L.; BACKES, C. & LIMA, C.P. Doses de nitrogênio e potássio na produção de grama esmeralda. *Ci. Agrotec.*, 31:1326-1332, 2007.
- HIGASKINO, C.E.K. Determinação de coliformes fecais em amostras de lodo de esgoto por fermentação em tubos múltiplos. In: ANDREOLI, C.V. & BONNET, B.R., eds. Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto. Curitiba, Sanepar, 1998. p.27-35.
- HUE, N.V. Sewage sludge. In: RECHCIGL, J.E., ed. Soil amendments and environmental quality. Boca Raton, Lewis Publishers, 1995. p.199-247.
- LEITE, L.F.C.; FREITAS, R.C.A.; SAGRILO, E. & GALVÃO, S.R.S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. *R. Ci. Agron.*, 41:29-35, 2010.
- MELO, W.J. & MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O.A., eds. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto, Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.45-67.
- MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2002. 625p.
- MURRAY, J.J. Utilization of composted sewage sludge in sod production. In: SHEARD, R.W., ed. INTERNATIONAL TURFGRASS RESEARCH CONFERENCE, 4., Guelph, 1991. Proceedings... Guelph, University of Guelph, 1991. p.544.
- 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. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:385-392, 2004.
- NOGUEIRA, T.R.A.; SAMPAIO, R.A.; FONSECA, I.M.; FERREIRA, C.S.; SANTOS, S.E.; FERREIRA, L.C.; GOMES, E. & FERNANDES, L.A. Metais pesados e patógenos em milho e feijão caupi consorciados, adubados com lodo de esgoto. *R. Bras. Eng. Agríc. Amb.*, 11:331-338, 2007.
- OBARD, J.P. Ecotoxicological assessment of heavy metals in sewage sludge amended soils. *Appl. Geochem.*, 16:1405-1411, 2001.
- OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E.; MARCIANO, C.R. & ROSSETO, R. Efeito das aplicações sucessivas de lodo de esgoto em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana de açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:505-519, 2002.
- OLIVEIRA, F.C. & MATTIAZZO, M.E. Metais pesados em Latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar. *Sci. Agríc.*, 58:171-180, 2001.
- RAIJ, B.van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, IAC/FUNDAG, 2001. 285p.
- 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. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:623-639, 2004.
- SANTOS, A.J.M.; VILLAS BÔAS, R.L.; BACKES, C.; LIMA, C.P.; GODOY, L.J.G. & OLIVEIRA, M.R. Equipamento para a medição da resistência ao manuseio de tapetes de grama. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, SIGRA, 5., Botucatu, 2010. Anais... Botucatu, 2010. CD-ROM
- SILVA, F.C.; BOARETT, A.E.; BERTON, R.S.; ZOTELLI, H.B.; PEIXE, C.A. & MENDONÇA, E. Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com biossólido. *Pesq. Agropec. Bras.*, 33:1-8, 1998.
- 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. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:487-495, 2002.
- SIMONETE, M.A.; KIEHL, J.C.; ANDRADE, C.A. & TEIXEIRA, C.F.A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. *Pesq. Agropec. Bras.*, 38:1187-1195, 2003.
- SOCCOL, V.T.; CASTRO, E. A. & PAULINO, R. In: SANEPAR, Manual de métodos para análises parasitológicas em reciclagem de lodo. Curitiba, 2000. p.27-41.
- SOCCOL, V.T.; PAULINO, R.C.; CASTRO, E.A. & TRACZ, J. Eficácia dos diferentes processos de tratamento do lodo na redução da viabilidade de ovos de helmintos. *Sanare*, 8:24-32, 1997.
- TESFAMARIAM, E.H.; ANNANDALEA, J.G.; STEYNA, J.M. & STIRZAKERB, R.J. Exporting large volumes of municipal sewage sludge through turfgrass sod production. *J. Environ. Qual.*, 38:1320-1328, 2009.

- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. Wastes - Hazardous Waste - Test Methods. Disponível em: <<http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/online/>>. Acesso em: 10 jan. 2013.
- VIEIRA, R.F.; MAIA, A.H.N. & TEIXEIRA, M.A. Inorganic nitrogen in a tropical soil with frequent amendments of sewage sludge. *Biol. Fert. Soils*, 41:273-279, 2005.
- WARKENTIN, B.P. Soil science for environmental quality-how do we know what we know. *J. Environ. Qual.*, 21:163-166, 1992.
- ZANON, M.E. & PIRES, E.C. Situação atual e perspectivas do mercado de grama no Brasil. In: GODOY, L.J.G.; MATEUS, C.M.D.; BACKES, C. & VILLAS BÔAS, R.L., eds. *Tópicos atuais em gramados II*. Botucatu, FEPAF, 2010. p.47-53.