

Carbono orgânico total e atribuídos microbiológicos de solo com aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto e cultivo de *Pennisetum purpureum* Schumach⁽¹⁾.

Paulo Henrique Silveira Cardoso⁽²⁾; Agda Loureiro Gonçalves Oliveira⁽³⁾; Marcos Antônio Neris Coutinho⁽³⁾; Anarely Costa Alvarenga⁽⁴⁾; Leidivan Almeida Frazão⁽⁵⁾; Reginaldo Arruda Sampaio⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos CNPq.

⁽²⁾ Estudante de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Instituto de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG); Montes Claros – MG; paulohenrique.sc@hotmail.com; ⁽³⁾ Estudantes de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Instituto de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG); ⁽⁴⁾ Estudante de doutorado em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES); ⁽⁵⁾ Professora Adjunta, Instituto de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG); ⁽⁶⁾ Professor Associado 4, Instituto de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG).

RESUMO: Uma alternativa economicamente viável e ambientalmente correta para a disposição do lodo de esgoto é sua utilização na agricultura, visto que apresenta constituintes que melhoram as propriedades químicas e físicas do solo. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto ao solo sobre a atividade microbiana e carbono orgânico do solo. Em DIC, as doses de lodo de esgoto foram 0, 20, 40, 60, 80% em vasos de seis litros onde foi cultivado a gramínea *Pennisetum purpureum* Schumach. Aos cinco meses de plantio o solo foi retirado e levado a laboratório para análise da respiração basal do solo (RBS), carbono da biomassa microbiana (C-BMS) e carbono orgânico total (COT) e posterior cálculo do quociente metabólico (qCO_2) e quociente microbiano ($qMIC$). Os parâmetros RBS e C-BMS aumentaram juntamente com as doses de lodo de esgoto aplicadas, evidenciando a elevação da atividade microbiana pelo aumento da disponibilidade de COT. Os elevados valores de qCO_2 mostraram aumento da atividade microbiana do solo pela adição de lodo de esgoto ao solo. Os baixos valores de $qMIC$ indicam menor disponibilidade de matéria orgânica para os microorganismos. A aplicação de lodo de esgoto proporcionou estresse metabólico na microbiota do solo pela alta incorporação de matéria orgânica e elevação da sua atividade.

Termos de indexação: atividade microbiana; matéria orgânica; impacto ambiental.

INTRODUÇÃO

A eminência de grandes crises ambientais, como a escassez de água potável em futuro próximo, que ameaçam a vida na Terra, fez com que a população

aumentasse sua conscientização ambiental (Martins et al., 2003). Pressionados por movimentos ambientalistas, os governos têm direcionado recursos para investimentos em saneamento. Estações de tratamento de esgoto (ETE) estão sendo implementadas em diversos municípios brasileiros. No entanto, durante o tratamento da água residuária é gerado um subproduto denominado de lodo de esgoto.

A disposição final desse resíduo, de forma economicamente viável e ambientalmente correta, é dos maiores desafios enfrentados pelas ETES na atualidade (Godoy, 2013; Saito, 2007). Uma alternativa promissora para sua destinação é a utilização do lodo de esgoto na agricultura como fertilizante orgânico, uma vez que apresenta quantidades consideráveis de fósforo, nitrogênio e alguns micronutrientes essenciais às plantas (Betiol & Camargo, 2006).

Além da melhoria química do solo, o lodo de esgoto é considerado um condicionador de solo devido ao seu alto teor de matéria orgânica (MO), melhorando suas características físicas pelo aumento da estabilidade e formação de agregados e diminuição da densidade, melhorando a estrutura, aeração, capacidade de retenção de água e resistência à erosão do solo (De Maria et al., 2007; Mattana et al. (2014).

O incremento de MO e nutrientes no solo, promovido pela aplicação do lodo, também influencia, de forma positiva, a atividade da microbiota do solo e sua biodiversidade (Albiach et al., 2000). Os microrganismos desempenham um importante papel na ciclagem de nutrientes, pois realizam a imobilização e mineralização destes para as plantas. Porém, segundo Fernandes et al. (2005), a aplicação de lodo pode influenciar de forma negativa a atividade microbiana porque em



sua constituição encontram-se metais pesados e poluentes orgânicos.

Os microorganismos do solo podem ser utilizados como indicadores de qualidade do solo devido a sua alta sensibilidade às mudanças no ambiente. O carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), a respiração basal do solo (RBS) e o quociente metabólico (qCO_2) (Jorge-Mardomingo et al., 2013) são indicadores eficazes na identificação de modificações das características biológicas do solo pela aplicação de lodo de esgoto.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o carbono e a atividade da biomassa microbiana e carbono total do solo após a aplicação de diferentes doses de lodo de esgoto em solo cultivado com capim-elefante roxo.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento e caracterização do solo e lodo de esgoto

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Campus regional de Montes Claros, latitude $16^{\circ}51'38''$ S e longitude $44^{\circ}55'00''$ W, no período de setembro de 2014 a janeiro de 2015. Conforme a classificação de Köppen, o clima predominante na região é o Aw – tropical de savana, com verão chuvoso e inverno seco.

O solo utilizado no experimento foi coletado em área de Argissolo Vermelho-Amarelo, localizada no próprio Campus da UFMG em Montes Claros, na camada de 0 a 20 cm, possuindo os seguintes atributos: textura franco siltoso, matéria orgânica = $5,22 \text{ dag kg}^{-1}$, pH em água = 6,1; P-Mehlich1 = $6,4 \text{ mg dm}^{-3}$; P-remanescente = $16,7 \text{ mg L}^{-1}$; K = 320 mg dm^{-3} ; Ca = $4,8 \text{ cmolc dm}^{-3}$; Mg = $1,60 \text{ cmolc dm}^{-3}$; Al = $0,10 \text{ cmolc dm}^{-3}$; H+Al = $2,92 \text{ cmolc dm}^{-3}$; Soma de bases = $7,22 \text{ cmolc dm}^{-3}$; CTC efetiva = $7,32 \text{ cmolc dm}^{-3}$; m = 1,36%; CTC total = $10,14 \text{ cmolc dm}^{-3}$; V = 71,2%, Si (solúvel) = $8,7 \text{ mg dm}^{-3}$.

O lodo de esgoto utilizado foi coletado na Estação de Tratamento de Montes Claros (ETE Vieira), durante o mês de setembro de 2014. Apresentando os seguintes atributos: matéria orgânica = $42,5 \text{ dag kg}^{-1}$, pH em água = 6,2; P_2O_5 (total) = 25 g dm^{-3} ; K_2O (total) = $2,9 \text{ mg dm}^{-3}$; Ca (total) = 75 g dm^{-3} ; Mg (total) = 26 g dm^{-3} ; S = $10,1 \text{ g dm}^{-3}$, Si (solúvel) = $14,2 \text{ mg dm}^{-3}$.

Tratamento e amostragens

Em delineamento inteiramente casualizado (DIC), o experimento foi constituído de cinco

tratamentos com quatro repetições, utilizando solo com doses de 0 (testemunha), 20, 40, 60 e 80% de lodo de esgoto em vasos de seis litros com plantio de capim-elefante roxo (*Pennisetum purpureum* Schumacher).

Após cinco meses do plantio, o solo foi levado para Laboratório de Análises de Resíduos do ICA/UFMG, onde foi seco ao ar, passado por peneira de 2 (dois) mm, realizada a separação das raízes e determinada a umidade, a capacidade de campo e separada uma alíquota de cada tratamento para determinação do carbono orgânico total.

Posteriormente, as amostras foram incubadas em potes de polipropileno translúcidos de um litro com umidade corrigida a 60% da capacidade de campo e armazenadas em câmara BOD durante sete dias para estabilização da atividade microbiana em temperatura controlada (25°C).

Em todas as amostras foram realizadas as seguintes determinações: respiração microbiana do solo, por meio do CO_2 evoluído e extração com NaOH (JENKINSON & POWLSON, 1976). O CO_2 desprendido foi amostrado às 24, 72, 168, 288 e 504 horas após o período de estabilização, substituindo o recipiente contendo a solução de NaOH e retornadas a câmara a cada avaliação; o carbono da biomassa microbiana, pelo método da irradiação-extração (ISLAM & WEIL, 1998). O quociente metabólico foi estimado pela relação entre a respiração basal do solo e o carbono da biomassa microbiana e o quociente microbiano estimado pela relação entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total (ANDERSON & DOMSCH, 1993).

Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Os parâmetros respiração basal do solo (RBS), carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) e carbono orgânico total do solo foram submetidos a análise de regressão com testes dos coeficientes até 10% de probabilidade pelo teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de regressão da RBS apresentou resposta quadrática em relação às doses de aplicação de lodo de esgoto aplicadas, como apresentado no gráfico 1.

Percebe-se que houve um aumento da RBS com o acréscimo das doses de lodo de esgoto. O aumento desse parâmetro ocorreu de forma

pronunciada até a dose de 40% do resíduo. A partir desse dose, os acréscimos da RBS ocorreram de forma moderada, atingindo o máximo na dose de 80% (**Gráfico 1**). Xue & Huang (2013) também observaram esse comportamento em estudo com composto de lodo de esgoto em solo cultivado com peônia (*Paeonia suffruticosa*), porém o decréscimo da RBS foi observado a partir da dose com 45% de lodo de esgoto.

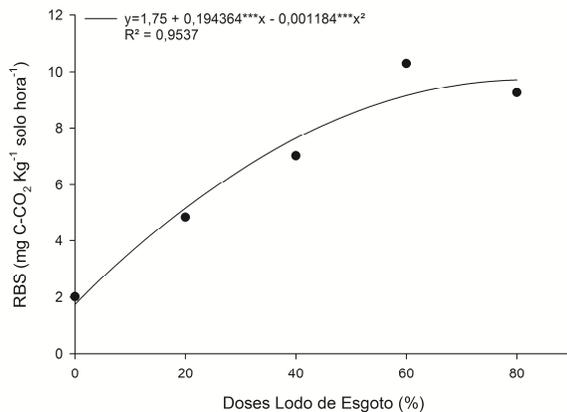


Gráfico 1 – Respiração basal do solo (RBS) em diferentes doses de lodo de esgoto cultivado com capim elefante roxo. ***, significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t.

Em relação ao C-BMS, a resposta da regressão foi linear, como mostrado no **gráfico 2**, mostrando que houve aumento da imobilização de carbono a sua biomassa com aumento da aplicação de lodo de esgoto.

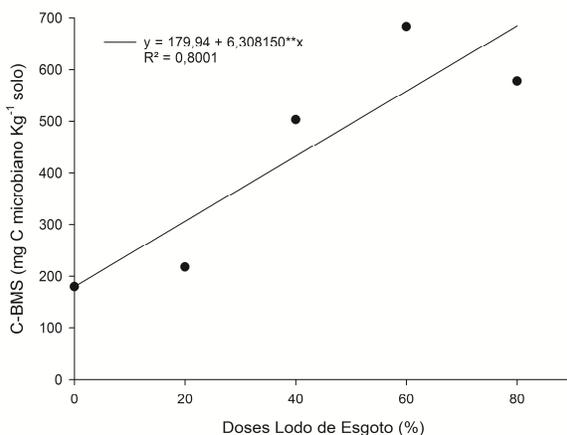


Gráfico 2 – Carbono da biomassa microbiana do solo em diferentes doses de lodo de esgoto cultivado com capim elefante roxo. Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

O aumento da atividade microbiana, evidenciado pela elevação da RBS e C-BMS, pode ser explicado pelo acréscimo no suprimento de MO, sendo essa

diretamente proporcional a dose do resíduo aplicado. Como amplamente discutido na literatura bactérias decompositoras utilizam o carbono da MO como fonte de energia (Kulikowska & Klimiuk, 2010). Assim, o maior suprimento de MO acarreta no aumento de energia disponível para os microrganismo, estimulando a atividade desses.

O COT encontrado neste trabalho (**Gráfico 3**) também apresentou resposta crescente a aplicação de lodo de esgoto, o que corresponde com os valores encontrados por Xue & Huang (2013), que obteve aumento crescente do COT do solo com o aumento da aplicação de lodo de esgoto.

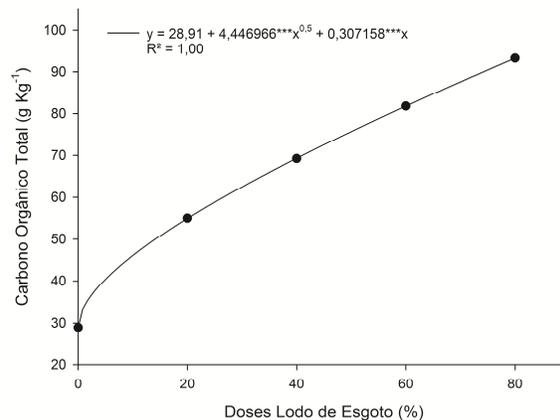


Gráfico 3 – Carbono orgânico total do solo (COT) em diferentes doses de lodo de esgoto cultivado com capim elefante roxo. ***, significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t.

A **tabela 1** evidencia que os parâmetros qCO₂ e qMIC não diferiram estatisticamente entre os tratamentos. E estes são utilizados para a quantificação dos efeitos ambientais sobre as comunidades microbianas do solo, ou seja, como um indicador de estresse microbiano do solo (Anderson & Domsch, 2010).

Resultados contrários foram encontrados por Fernandes et al. (2005), os quais observaram diferença estatística na taxa de qCO₂ com aumento das doses de lodo de esgoto. Anderson & Domsch, 2010, ressaltam que aumento das doses de lodo de esgoto pode afetar negativamente a taxa de qCO₂.

Tabela 1 – Atributos microbiológicos do solo cultivado com capim elefante roxo a diferentes doses de lodo de esgoto

Variável	Tratamentos				
	0%	20%	40%	60%	80%
qCO ₂	15,57 a	32,04 a	17,05 a	16,30 a	18,44 a
qMIC	0,62 a	0,39 a	0,73 a	0,83 a	0,62 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. qCO₂ – Quociente metabólico do solo (mg C-CO₂ g⁻¹ C-BMS hora⁻¹); qMIC – Quociente microbiano do solo (%).

Os elevados valores de qCO_2 encontrados neste estudo é devido os microorganismos liberar mais CO_2 do que sintetizar uma nova biomassa microbiana durante a mineralização da matéria orgânica, como explica Xue & Huang (2013), evidenciando um elevado estresse da microbiota do solo.

Em relação ao $qMIC$, foi observado que estes valores mostravam-se baixos, o que pode ser explicado pela alta concentração de COT. Esses resultados, segundo Xue & Huang (2013), evidenciam que a taxa de metabolismo dos microorganismos é muito lenta devido à grande disponibilidade de COT, o que provocará uma baixa capacidade de mineralização do carbono orgânico, apesar de apresentar elevados valores de qCO_2 .

CONCLUSÕES

Os parâmetros RBS, C-BMS e COT apresentaram aumento com a elevação das doses de lodo de esgoto aplicadas ao solo.

A aplicação de lodo de esgoto promoveu estresse metabólico na comunidade microbiana do solo, evidenciado pelos altos índices de qCO_2 .

AGRADECIMENTOS

À CNPq, CAPES, FAPEMIG, COPASA e UFMG pelo financiamento e apoio ao trabalho.

REFERÊNCIAS

ALBIACH, R.; CANET, R.; POMARES, F.; INGELMO, F. Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology*, 75:43-48, 2000.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Soil microbial biomass: The eco-physiological approach. *Soil Biology and Biochemistry*, 42:2039-2043, 2010.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 25:393-395, 1993.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. p.25-35.

DE MARIA, I. C.; KOCSSI, M. A.; DECHEN, S. C. F. Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto. *Bragantia*, Campinas, v.66, n.2, p.291-298, 2007.

FERNANDES, S. A. P.; BETTIOL, W.; CERRI, C. C. Effect of sewage sludge on microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient and soil enzymatic activity. *Applied Soil Ecology*, 30:65-77, 2005.

GODOY, L. C. A logística na destinação do lodo de esgoto. *Revista Científica online - Tecnologia, Gestão e Humanismo*, v.2, n.1, 2013.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. *Biology and Fertility of Soils*, 27:408-416, 1998.

JENKINSON, D. S.; POELSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil – V: A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 8:209-213, 1976.

JORGE-MARDOMINGO, I.; SOLER-ROVIRA, P.; CASERMEIRO, M. A.; CRUZ, M. T.; POLO, A. Seasonal changes in microbial activity in a semiarid soil after application of a high dose of diferente organic amendments. *Geoderma*, 206:40-48, 2013.

KULIKOWSKA, D.; KLIMIUK, E., Co-composting of sewage sludge with lignocellulosic amendments - assessment of compost quality. *Journal of Biotechnology*, v. 150, Supplement, November, p. 282-283, 2010.

MARTINS, A. L. C.; BATAGLIA, O. C.; CAMARGO, O. A.; CANTARELLA, H., 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*, v. 27, p. 563-574, 2003.

MATTANA, S.; PETROVICOVÁ, B.; LANDI, L.; GELSOMINO, A.; CORTÉS, P.; ORTIZ, O.; RENELLA, G. Sewage sludge processing determines its impact on soil microbial community structure and function. *Applied Soil Ecology*, v.75. p.150-161, 2014.

SAITO, M. L. O uso do lodo de esgoto na agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos. 1ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. 35p.

XUE, D.; HUANG, X. The impact of sewage sludge compost on tree peony growth and soil microbiological, and biochemical properties. *Chemosphere*, 93:583-589, 2013.