

A Qualidade do Solo Medida pela Liberação de Co₂ e pelo Número de Bactérias e Fungos num Solo Fertilizado com Composto de Lodo de Esgoto

Paulo Fortes Neto
paulofortes.neto@gmail.com
UNITAU

Nara Lúcia Perondi Fortes
nara_fortes@uol.com
UNITAU

Eliana Maria de Araújo Mariano da Silva
emams.master@gmail.com.br
UNITAU

Fabiana Brambatti
fabi_bram@hotmail.com
UNITAU

Claudio Roberto Silva
claudio.silva@fibria.com.br
FIBRIA CELULOSE

Resumo: A aplicação do composto de lodo de esgoto em áreas agrícolas pode promover alterações nos atributos microbianos do solo. Assim, há necessidade de se avaliar o impacto da adição do composto sobre a atividade microbiana do solo. O presente trabalho objetivou avaliar a qualidade de um solo fertilizado com doses de composto de lodo por meio da medida de liberação de CO₂ e a contagem de bactérias e fungos. O experimento foi realizado em laboratório, foram utilizados jarros respirométricos contendo em seu interior amostras de solo misturadas com composto nas doses de 0; 20; 40; 60 e 80 Mg ha⁻¹, quantificou-se a liberação de CO₂ do solo. Após 28 dias de incubação, as amostras de solo foram retiradas dos jarros e submetidas à contagem de bactérias e fungos e à determinação da composição química do solo. Os tratamentos correspondentes às doses do composto foram dispostos em delineamento completamente casualizado com quatro repetições. A liberação de CO₂ e o número de bactérias e fungos aumentaram significativamente com as doses do composto devido ao fornecimento de substrato energético e nutriente proporcionado pelo composto. A medida de liberação de CO₂ indicou que a doses de composto acima de 20 Mg ha⁻¹ ocasionou impactos significativos sobre a atividade microbiana do solo.

Palavras Chave: atividade microbiana - bactérias - Fungos - -



1. INTRODUÇÃO

A qualidade do solo pode ser brevemente definida, segundo Gregorich et al. (1994), como a capacidade contínua do solo de aceitar, estocar e reciclar água, nutrientes e energia, bem como, reter, dispersar e transformar materiais químicos e biológicos, funcionando como um tampão ou filtro ambiental. A qualidade de qualquer solo depende da sua natureza, que é função dos fatores de formação e da interferência antrópica relacionada ao uso e manejo (Gregorich et al., 1994). Já Doran & Parkinson (1994) sugerem que a qualidade do solo seja definida como a capacidade do solo em funcionar no ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde de animais e plantas.

A qualidade do solo está relacionada à atividade microbiana, ou seja, as reações biológicas e bioquímicas catalizadas pelos micro-organismos. Essas reações são responsáveis pela decomposição de resíduos de plantas, animais, urbanos e industriais, pela ciclagem biogeoquímica, incluindo a fixação de N_2 , pela formação de agregados do solo e pela taxa de decomposição de materiais orgânicos (Elsas, 1997). Devido a essas características, os micro-organismos do solo são considerados como indicadores sensíveis para avaliar o impacto antropogênico sobre os processos biológicos do solo (DICK, 1994; DORAN & PARKINSON, 1994; TURCO et al., 1994).

Os estudos referentes ao uso de medidas microbiológicas como indicadoras de poluição do solo e do ambiente têm sido desenvolvidos com o objetivo de verificar a ação dos elementos contaminantes, provenientes de fertilizantes, pesticidas, resíduos orgânicos e do manejo do solo, sobre a comunidade e a atividade microbiana do solo (FORTES NETO, 2000; BETTIOL & FERNANDES, 2004; GIL-SOTRES, et al., 2005; SULLIVAN, et al., 2006; VIEIRA, et al., 2011).

A utilização de medidas microbiológicas para indicar a qualidade do solo vem sendo pesquisada porque os micro-organismos mantêm uma íntima relação com as propriedades químicas e físicas do solo e, também, porque são responsáveis por inúmeros processos biológicos e bioquímicos do solo; por isso, são sensíveis às alterações de origens naturais e antropogênicas que ocorrem nele. Entretanto, apesar dessa característica dos micro-organismos, há vários critérios básicos para que uma propriedade microbiana possa ser considerada como indicadora ideal para avaliar as alterações resultantes do manejo dado ao solo (BROOKES, 1995; MARCHIORI JÚNIOR & MELO, 1999; TRASAR-CEPEDA, et al., 2000; SILVA, et al. 2007; SANTOS, et al. 2011).

De acordo com Brookes (1995), a propriedade microbiana deve apresentar as seguintes características: (1) ser mensurável de forma acurada; (2) ser testada em uma variedade de tipos e condições de solo; (3) ser sensível à ação do agente em estudo; e (4) apresentar validade científica confiável.

As propriedades microbianas sensíveis às variações provocadas no solo pelos elementos poluidores são divididas em três grupos. O primeiro é aquele que mede a atividade microbiana global; o segundo determina o tamanho da população de um organismo, de um grupo funcional, ou da comunidade; e o terceiro é a correlação da atividade com a comunidade microbiana predominante no solo (BROOKES, 1995).

As análises microbiológicas são úteis na avaliação da qualidade do solo; porém, vários autores relataram a necessidade de se utilizarem diversas análises ao mesmo tempo, para se ter uma noção mais precisa das interferências ocasionadas pelos agentes poluentes no solo. (TURCO, et al., 1994; BROOKES, 1995; JAHNEL, et al., 1999; LISBOA, et al., 2012).

Nos estudos para determinar os efeitos dos agentes contaminantes e do manejo do solo sobre as atividades e a dinâmica das comunidades microbianas, as análises mais utilizadas como indicadoras são: liberação de CO_2 pela respiração microbiana; mineralização de nitrogênio e carbono; fixação biológica de nitrogênio; atividades enzimáticas; contagem de



grupos microbianos e biomassa microbiana de C, N, P e S (MARCHIORI JÚNIOR & MELO, 1999; PAULA, et. al., 2010; ZHONG, et al. 2010).

Estudos integrados dessas atividades microbianas poderão fornecer dados importantes para a elaboração de índices de qualidade biológica de solos, necessárias para diagnosticar e monitorar impactos ambientais sobre a microbiota do solo (TURCO, et al., 1994; BROOKES, 1995; BANERJEE, et al. 1997; ROSCOE, et al., 2006).

Com base no exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade do solo fertilizado com composto de lodo de esgoto, por meio de medidas microbiológicas de liberação de CO₂ e de contagem de bactérias e fungos.

2. MATERIAIS E MÉTODO

No presente estudo foi utilizada amostra de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (Embrapa, 1999) coletada na camada de 0–20 cm de profundidade em uma área de plantio comercial de eucalipto localizada no município de Guararema/SP. O solo apresentou as seguintes características químicas: pH (CaCl₂) = 4,0; matéria orgânica = 23,6 g dm⁻³; P = 3,0 mg dm⁻³; K = 0,4; Ca = 2,0; Mg = 1,0; Al = 14,3; SB = 4,0; T = 95,2 mmol_c dm⁻³ e V = 3%.

O composto utilizado foi produzido a partir da mistura de lodo de esgoto com cavaco de madeira, dregs, griz e cinza de caldeira gerada pela produção de celulose na unidade Fabril da empresa FIBRIA Celulose S/A, situada em Jacaré/SP. Os resíduos foram compostados durante um período de 120 dias, e a sua composição química e biológica, conforme especificada pela Resolução CONAMA nº 375 de 2006, está apresentada na Tabela 1.

O cálculo para definir a dosagem (DR) foi realizado tendo como base a concentração do nitrogênio no composto e a quantidade (120 kg ha⁻¹) de nitrogênio recomendada para a cultura do eucalipto, conforme a equação abaixo descrita por Ilhenfeld, et al. (1999).

$$DR \text{ (Mg ha}^{-1}\text{)} = \text{recomendação de N para o eucalipto} \div \text{concentração de N (\%)} \times 5$$

Com base na dose recomendada de composto (80 Mg ha⁻¹), efetuou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram distribuídos em cinco doses de composto (base seca): T₁ = 0 Mg ha⁻¹; T₂ = 20 Mg ha⁻¹; T₃ = 40 Mg ha⁻¹; T₄ = 60 Mg ha⁻¹ e T₅ = 80 Mg ha⁻¹.

O composto, nas dosagens correspondentes aos tratamentos, foi misturado a 50 gramas de solo com teor de água ajustado para 80% da capacidade de campo e, depois, colocado dentro de um jarro de vidro (1,5 L) fechado hermeticamente, contendo, em seu interior, um cadinho de vidro com 10mL de NaOH (0,5mol_c L⁻¹).

Os jarros de vidro, depois de fechados, foram levados para a incubação em uma sala climatizada à temperatura de 28° C ± 2, por um período de sete dias. Em intervalos de dois dias, foram realizadas as determinações do CO₂ desprendido pelas amostras de solo que foi capturado pelo hidróxido de sódio contido nos cadinhos de vidro. Aos cadinhos, contendo o hidróxido de sódio, foram adicionados 1mL de BaCl₂ (50%) e três gotas do indicador fenolftaleína (3%) e, depois, foi efetuada a titulação com HCl (0,5mol_c L⁻¹), para quantificação da massa liberada de CO₂ por amostra de solo (mg g⁻¹), conforme a metodologia descrita por Stotzky (1965). O valor médio de CO₂ liberado do solo em cada período de coleta foi o resultado do somatório da quantidade de CO₂ determinado durante 28 dias de incubação das amostras de solo.

As amostras de solo para determinar a composição química e a quantificação de bactérias e fungos foram retiradas dos jarros de vidro 28 dias após a incorporação das doses do composto.

**TABELA 1:** Características químicas e biológicas do composto resultante da mistura de lodo de esgoto com cavaco de madeira, dregs, gritz e cinza de caldeira.

Atributo ⁽¹⁾	Valor ⁽²⁾
pH	6,5
Nitrogênio total (%)	0,30
Carbono orgânico (%)	8,8
Relação C/N	29/1
Cálcio (%)	10
Sódio (%)	0,48
Magnésio (%)	0,83
Potássio (%)	0,50
Fósforo (%)	0,22
Arsênio (mg kg ⁻¹)	<0,5
Bário (mg kg ⁻¹)	230
Cádmio (mg kg ⁻¹)	<0,5
Chumbo (mg kg ⁻¹)	15
Cobre (mg kg ⁻¹)	33
Cromo (mg kg ⁻¹)	10,6
Mercúrio (mg kg ⁻¹)	<0,03
Molibdênio (mg kg ⁻¹)	<0,5
Níquel (mg kg ⁻¹)	1,9
Selênio (mg kg ⁻¹)	<0,5
Zinco (mg kg ⁻¹)	12
Coliformes termotolerantes (NMPg ⁻¹ de ST)	<1,8
Ovos viáveis de helmintos (ovos g ⁻¹ de ST)	0,0
Salmonella spp (10 g de ST)	Ausente

⁽¹⁾ Os valores de concentração são dados com base na matéria seca.

⁽²⁾ Os valores estão abaixo dos estipulados como limitante para uso agrícola conforme a Resolução CONAMA 375/2006.

A contagem de bactérias e fungos no solo foi determinada 28 dias após a aplicação do composto, e o método utilizado foi o de Número Mais Provável (NMP) de micro-organismos do solo, a técnica utilizada foi a de plaqueamento em gotas de meio de cultura agarizado sobre placa de Petri (JAHNEL, et al.,1999).

As diluições para determinar a contagem de bactérias e fungos foram realizadas em uma suspensão obtida a partir de 10 g de solo suspenso em 90 mL de solução salina a 0,85%, contidas em frascos Erlenmeyer. Os frascos foram submetidos, por 10 minutos, à agitação circulante e, depois, realizou-se as diluições sucessivas até 10⁻² para fungos e até 10⁻³ para bactérias. Essas diluições foram realizadas transferindo-se, com o auxílio de uma micropipeta, alíquotas de 0,1mL dos tubos de ensaio contendo 0,9 mL de água esterilizada.

O plaqueamento do meio de cultura agarizado foi realizado em câmara de fluxo laminar, com a distribuição de gotas com volume de 0,04 mL na superfície de placas de Petri esterilizadas. As placas foram vedadas e incubadas em estufa para D.B.O (demanda bioquímica de oxigênio), sob temperatura de 28° C ± 2, por um período de 48 horas. Após o período de incubação, foi contado o número de colônias microbianas.

Para o crescimento de bactérias, o meio de cultura utilizado foi o Thorton, e para os fungos, o meio de Martin.

As amostras de solo, para a determinação química, foram colocadas para secar ao ar e depois de peneiradas em malhas de 2 mm foram realizadas as determinações de pH, matéria orgânica, fósforo, cálcio, magnésio, potássio, alumínio + hidrogênio, capacidade de troca de



cátions (T) e saturação por bases (V%), conforme a metodologia descrita por Raij et al. (1987).

As análises estatísticas foram constituídas por análise de variância seguida de teste de médias (Tukey, em nível de 5% de probabilidade).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. LIBERAÇÃO DE CO₂ NO SOLO

A Figura 1 apresenta a variação da emissão de C-CO₂ do solo em amostras coletadas ao 0º, 7º, 14º e 28º dias após a incorporação de doses (0, 20, 40, 60 e 80 Mg ha⁻¹) de composto de lodo de esgoto no solo. Verifica-se que a liberação de C-CO₂, no 1º dia, mantém-se estável entre os tratamentos e, depois do 7º dia, com exceção da parcela com 20 Mg ha⁻¹ de composto, a quantidade de C-CO₂ apresenta uma elevação a partir da dose 40 Mg ha⁻¹ até a dose de 80 Mg ha⁻¹ de composto. Para o comportamento, observado na liberação de C-CO₂, entre o 0º e 7º dia, pode-se aventar duas hipóteses: na primeira, a causa seria a mudança no substrato energético, ou seja, a maioria dos micro-organismos estabelecidos no solo não estava adaptada a decompor compostos orgânicos de baixa relação C/N fornecidos pelo composto. A segunda está relacionada às alterações das condições do meio, proporcionadas pela liberação de nutrientes no solo. Esses fatores exigiram dos micro-organismos um determinado tempo para adaptação das enzimas e ajustamento do metabolismo das células microbianas ao novo substrato orgânico e à nova condição química do solo (CATTELAN & VITOR, 1990; FORTES NETO, 2000; BETTIOL & FERNANDES, 2004).

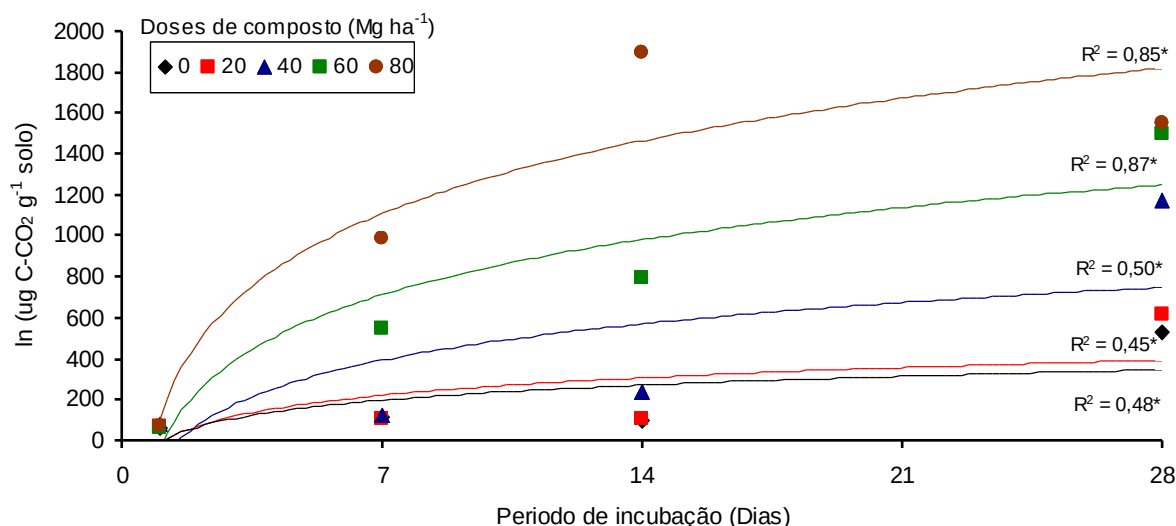


Figura 1. Variação da liberação do C-CO₂ do solo incubado com doses de 0, 20, 40, 60 e 80 Mg ha⁻¹ de composto de lodo de esgoto. *significativo a 5%.

Já entre o 7º e 28º dia, verifica-se que a dose de 20 Mg ha⁻¹ de composto não forneceu quantidades de substrato energético e nutrientes em proporções para ocasionar alterações significativas na atividade microbiana do solo. Por outro lado, observa-se, na Figura 1, que a produção de C-CO₂ aumenta significativamente com as doses de 40, 60 e 80 Mg ha⁻¹ de composto. Esse aumento gradativo na quantidade de carbono respirado pela comunidade microbiana no solo com a incorporação de 40, 60 e 80 Mg ha⁻¹ ocorreu, provavelmente, porque os micro-organismos, após se adaptarem à nova condição do meio, proporcionada pela incorporação do composto, foram estimulados pela elevação do pH, pelos aumentos nos



teores de bases trocáveis, fósforo, nitrogênio e principalmente, pelo fornecimento de carbono orgânico (SULLIVAN, et.al. 2006; PAULA, et. al. 2010; ZHONG, et al. 2010). Essa tendência fica mais evidente quando comparamos os valores de C-CO₂ com os resultados da composição química do solo das parcelas com 40, 60 e 80 Mg ha⁻¹ de composto. A esse respeito, diversos autores também verificaram que a emissão de C-CO₂ apresenta uma estreita relação com as alterações químicas do solo (ARAÚJO e MONTEIRO, 2006; SILVA, et al.2007; SANTOS, et al. 2011).

A taxa acumulada da atividade respiratória dos micro-organismos do solo foi expressa como µg de C-CO₂ liberado por grama de solo, 28 dias após a incorporação das doses de composto de lodo no solo (Figura 2). Os valores variaram significativamente com as doses aplicadas ao solo. Os valores de C-CO₂ acumulados variaram de 800 µg g⁻¹ solo para a dose 0 Mg ha⁻¹ a 4.500 µg g⁻¹ para a dose de 80 Mg ha⁻¹. Observa-se que os menores valores de C-CO₂ foram determinados nas parcelas com 0 e 20 Mg ha⁻¹ de composto, e que os maiores valores nas amostras de solo foram provenientes das parcelas com 40, 60 e 80 Mg ha⁻¹ de composto.

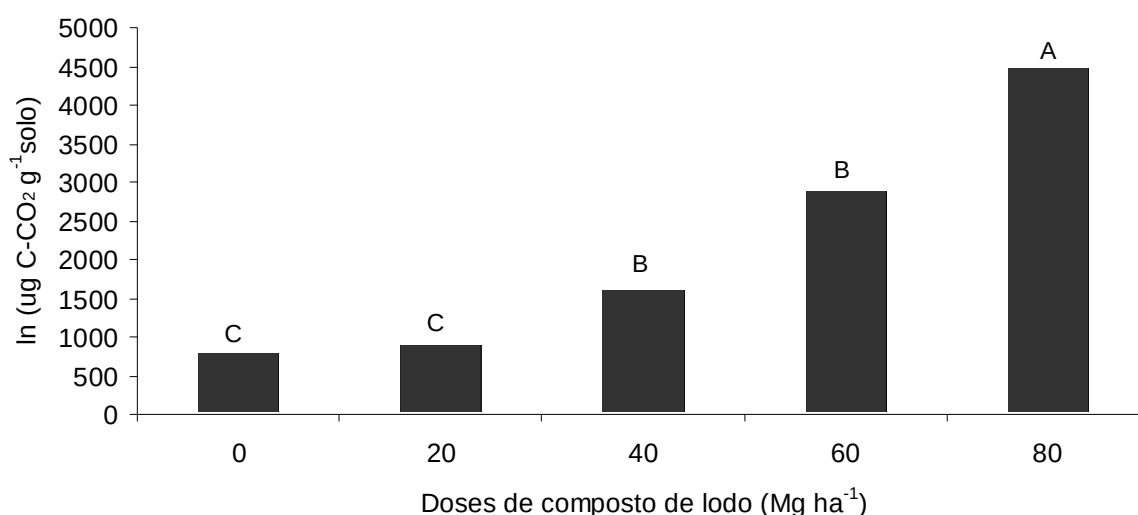


Figura 2. Taxa acumulada de CO₂ liberado de amostras de solo coletadas nas parcelas com doses de 0, 20, 40, 60 e 80 Mg ha⁻¹ de composto de lodo de esgoto. (Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%).

Analisando em conjunto os resultados das Figuras 2, 3 e 4, observa-se que a taxa acumulada de C-CO₂ liberado do solo reflete claramente o consumo de carbono orgânico pela comunidade de bactérias e fungos que se estabeleceram no solo com a aplicação de 40, 60 e 80 Mg ha⁻¹ de composto de lodo de esgoto. Segundo Bewley & Stotzky (1983), esse fato ocorre devido ao crescimento de espécies microbianas tolerantes às mudanças proporcionadas pela incorporação do composto no solo. Também não se pode esquecer de que, juntamente com o composto, foi incorporado um grande número de células microbianas que não estavam presentes no solo (FORTES NETO, 2000). Deve-se ressaltar que, nesse caso, a alta taxa de C-CO₂ observada no solo com composto é considerada uma característica desejável porque, com a decomposição do composto, são liberados nutrientes para as plantas (ROSCOE et.al., 2006).

3.2. NÚMERO DE BACTÉRIAS NO SOLO

A contagem do número mais provável (NMP) de bactérias, realizada 30 dias após a incorporação das doses de composto de lodo de esgoto, apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, e os valores variaram entre 0,70 a 51,30 x 10⁵ por grama de solo (Figura



3). Esses resultados, quando comparados com os valores verificados em áreas com cultivos agrícolas, estão relativamente baixos, pois Silva Filho & Vidor (1984) e Catellan & Vidor (1990) constaram valores variando entre 10^6 a 10^7 . No entanto, o número de bactérias determinado no presente estudo é similar aos valores observados nas pesquisas com aplicação de composto orgânico e lodo de esgoto (FORTES NETO, 2000; BETTIOL & FERNANDES, 2004).

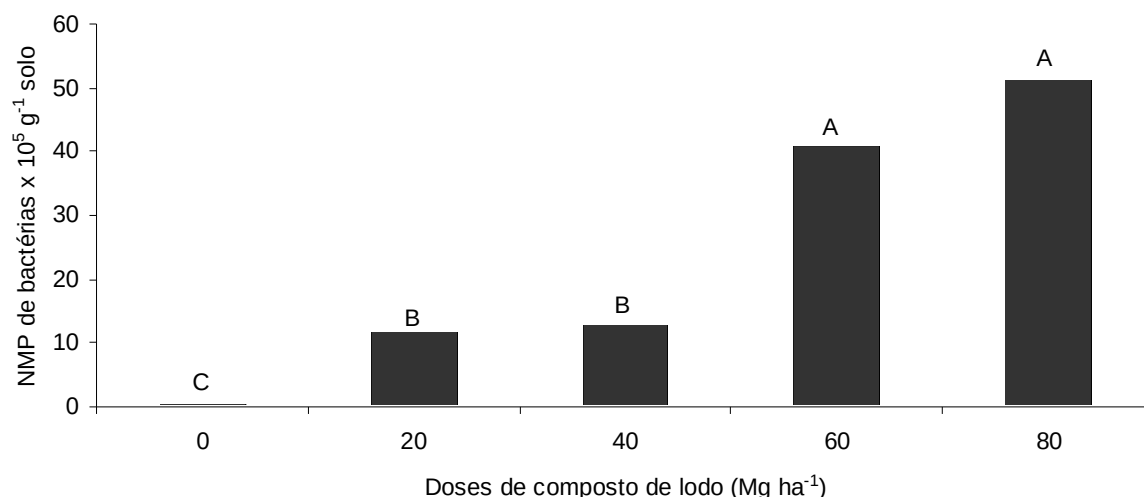


Figura 3. Número Mais Provável de bactérias $\times 10^5 \text{ g}^{-1}$ de solo determinado na camada de 0-10 cm de profundidade de solo tratado com doses de 0, 10, 20, 30 e 40 Mg ha^{-1} de composto de lodo de esgoto. (Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%).

Ainda na Figura 3, observa-se que o tratamento sem a adição do composto apresentou os menores números de bactérias. Por outro lado, nas parcelas com aplicação de doses de composto, constatou-se um aumento em consonância com o aumento da dose de composto. Esses aumentos na contagem de bactérias, verificados nos solos com a incorporação de composto, podem ter ocorrido devido à inoculação no solo de bactérias existentes no composto e, também, pelo fornecimento de substratos energéticos e nutrientes provenientes da decomposição do composto no solo, favorecendo, dessa maneira, a multiplicação das células bacterianas (JAHNEL, et al. 1999; LEITE, 2009).

Na avaliação em conjunto dos resultados da composição química do solo (Tabela 2) e do número de bactérias (Figura 3), verifica-se que a comunidade de bactérias refletiu nas alterações ocasionadas pela liberação de nutrientes devido à decomposição do composto no solo. Provavelmente, o fósforo e o cálcio devem ter sido muito importantes para o aumento no número de bactérias no solo, pois os teores de fósforo e cálcio apresentaram aumentos significativos com a elevação na dose de composto incorporada no solo. Outro fator que pode ter contribuído para esse comportamento foi a elevação no pH do solo, que variou de 4,2 sem a adição de composto para 6,4 na parcela com 80 Mg ha^{-1} de composto. Essas condições do pH, próximas da neutralidade favorecem o crescimento das células bacterianas que tendem a predominar no solo devido à redução da acidez e neutralização do alumínio. Esses resultados confirmam as observações de outros autores de que a melhoria na fertilidade do solo estimula o desenvolvimento das bactérias no solo (MAFRA E MIKLÓS, 1998; JAHNEL, et al. 1999).

Convém destacar que o aumento no número de bactérias observado no presente estudo reflete o desenvolvimento de células bacterianas que foram estimuladas pela aplicação do composto no solo, ou seja, pela metodologia utilizada não é possível verificar se houve também aumento na diversidade de espécies bacteriana no solo. A esse respeito, Banerjee, et. al., (1997) constataram que a incorporação de lodo de esgoto reduziu a diversidade de espécie



microbiana no solo, porém, para as espécies que permaneceram, o lodo não teve efeito negativo e até favoreceu o crescimento dos micro-organismos.

3.3. NÚMERO DE FUNGOS NO SOLO

O número mais provável (NMP) de fungos por grama de solo apresentou variação significativa entre os tratamentos (Figura 4). Observa-se que a comunidade de fungos aumenta no solo na medida em que se elevam as doses de composto incorporado ao solo, nota-se que os valores variaram entre $0,2 \text{ NMP} \times 10^4 \text{ g}^{-1}$ solo no tratamento sem composto a $4,8 \text{ NMP} \times 10^4 \text{ g}^{-1}$ solo no tratamento com 80 Mg ha^{-1} de composto. Esses valores estão no limite abaixo dos comumente encontrados para os fungos em áreas de solo com cultivos agrícolas, que variam entre 10^4 a 10^6 , porém acima do limite de 10^3 constatado em solos com adição de fertilizantes orgânicos produzidos a partir de resíduos urbanos e agroindustriais (CATTELAN & VIDOR, 1990; JAHNEL, et. al., 1999; BETTIOL & FERNANDES, 2004; SILVA JÚNIOR & PEREIRA, 2007).

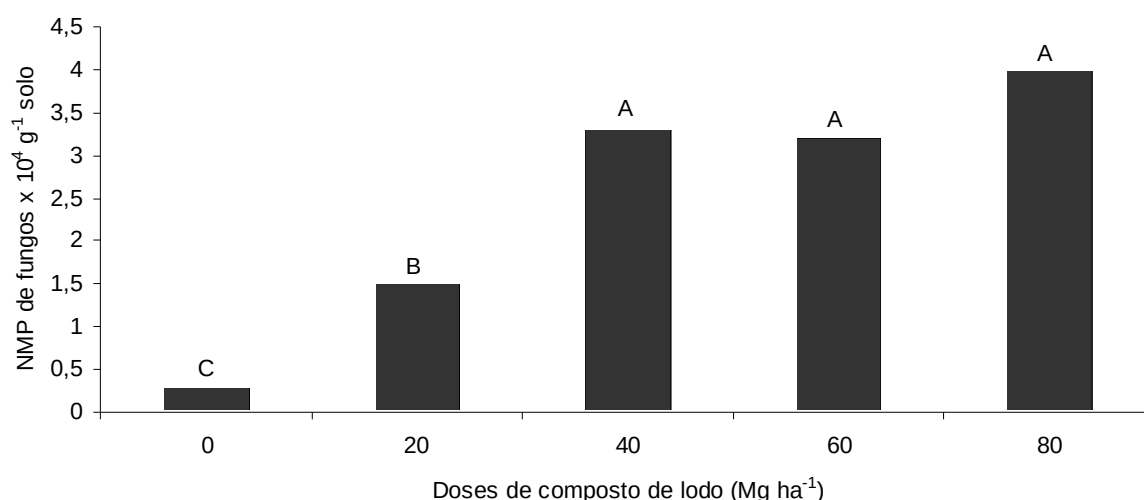


Figura 4. Unidade formadora de colônias de fungos $\times 10^4 \text{ g}^{-1}$ de solo determinadas na camada de 0-10 cm de profundidade de solo tratado com doses de 0, 10, 20, 30 e 40 Mg ha^{-1} de composto de lodo de esgoto. (Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%).

O aumento no número de fungos observado no solo com a adição de 20, 40, 60 e 80 Mg ha^{-1} de composto pode ter ocorrido devido ao fornecimento de carbono orgânico e à disponibilidade de nutrientes liberados pela decomposição do composto no solo, pois, no solo sem composto, foi determinado o menor valor no número de fungos no solo (JAHNEL, et. al., 1999; MARSCHNER, 2003; ZHONG, et. al., 2010).

A elevação no número de fungos pode estar relacionada ao crescimento de espécies adaptadas a composição química e física do composto, em outras palavras, o composto pode ter proporcionado um efeito seletivo sobre as espécies de fungos no solo (SILVA, et al., 2007). Estudos realizados por Leite (2009) constataram que a aplicação de lodo de esgoto reduziu a diversidade de espécies de fungos no solo e favoreceu o predomínio de colônias pertencentes aos gêneros *Aspergillus* sp e *Penicillium* SP, quando comparado com o solo sem aplicação de lodo.

Analisando os resultados da Figura 4 e Tabela 2, constata-se que o crescimento da comunidade de fungos, assim como a de bactéria (Figura 3), foi também estimulado pela decomposição da matéria orgânica e a melhoria na fertilidade do solo proporcionada pela incorporação do composto de lodo de esgoto. A este respeito vários estudos têm verificado



que as comunidades microbianas do solo tratado com resíduos orgânicos apresentam relação direta com a decomposição e liberação de nutrientes no solo (FORTES NETO, 2000; MARSCHNER, 2003; SULLIVAN, et. al., 2006; ZHONG, et. al., 2010).

3.4. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO

Quanto às alterações nas características químicas do solo, proporcionadas pela incorporação de doses de composto de lodo, observa-se, na Tabela 3, que o pH, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions, saturação por bases e os teores de fósforo, potássio e cálcio aumentam e que o alumínio + hidrogênio diminuem significativamente no solo, após a adição do composto de lodo. Esses resultados confirmam a observação de outros autores de que a prática de incorporação de composto orgânico resulta na elevação do pH, nos aumentos dos valores da matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, na capacidade de troca de cátions (T), na saturação de bases (V%) e redução do hidrogênio + alumínio no solo (SILVA et al., 2001; MELLO, et al., 2001; OLIVEIRA, et al., 2002; ROCHA, et al. 2004; VIERA, et al., 2011).

Tabela 3. Composição química do solo 30 dias após a adição do composto de lodo de esgoto

Doses de lodo (Mg ha ⁻¹)	pH (CaCl ₂)	M.O (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	K	Ca	Mg	H+AL (mmol _c dm ⁻³)	T	V (%)
0	4,2d ⁽¹⁾	23c	4e	1,5c	3,2c	1,1b	30a	35,8b	16,2d
20	4,7c	29c	52d	2,7b	20,5b	1,4b	22b	46,6a	52,7c
40	5,4b	35b	70c	3,4b	24,2b	1,6b	18b	47,2a	61,8bc
60	5,6b	36b	115b	3,9a	25,6b	2,1a	15bc	46,6a	67,8b
80	6,4a	38a	210a	4,1a	31,5a	2,0a	11c	48,6a	77,3a

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

4. CONCLUSÃO

A atividade microbiana do solo, medida pela liberação de CO₂, e a contagem de bactérias e fungos foram sensíveis à incorporação das doses do composto de lodo de esgoto.

O aumento no número de bactérias e fungos foi proporcional a elevação da liberação do CO₂ no solo.

A adição do composto forneceu substrato energético e nutriente para os micro-organismos do solo.

A medida de liberação de CO₂ indicou que doses do composto acima de 20 Mg ha⁻¹ ocasionou impactos significativos sobre a atividade microbiana do solo.

O composto de lodo de esgoto testado pode ser aplicado até a dose de 20 Mg ha⁻¹.

6. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Microbial biomass and activity in a Brazilian soil plus untreated and composted textile sludge. *Chemosphere*, v. 64, p.1043-1046, 2006.

BANERJEE, M.R.; BURTON, D.L.; DEPOE, S. Impact of sewage sludge application on soil biological characteristic. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v.66, p.241-249. 1997.

BETTIOL, W.; FERNANDES, S.A.P. Efeito do lodo de esgoto na comunidade microbiana e atributos químicos do solo. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2004. (Comunicado Técnico).



BEWLEY, R.J.F.; STOTZKY, G. Effects of cadmium and simulated acid rain on ammonification and nitrification of soil. *Archives Environmental Contamination Toxicology*. v.82, nº3, p.421-426, 1983.

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biology Fertility Soil*, 19:269-279, 1995.

CATELLAN, A.J.; VIDOR, C.R. Flutuação da biomassa, atividade e população microbiana do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, SP, v.14, p.133-142, 1990.

CONAMA. Resolução CONAMA nº 375/2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/CONAMA>. Acesso em: 12 jun 2012.

DICK, R.P. Soil enzyme assays as indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.L.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.107-124.

DORAN, J.W.; PARKINSON, T.B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B.A. (Eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, Soil Sci. Soc. Am. Special Publication nº35. Soil Science Society of America, Madison, WI, p. 3-22, 1994.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa, 1999. 412p

ELSAS, J.D.VAN; TREVORS, J.T.; WELLINGTON, E.M.H. *Modern soil microbiology*. Marcel Dekker, New York. 1997. 682p.

FORTES NETO, P. Degradação de biossólido incorporado ao solo avaliada através de medidas microbiológicas. Piracicaba. 2000. 113p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”: Universidade de São Paulo.

GIL-SOTRES, F.; CEPEDA-TRASAR, C.; LEIRÓS, M.C.; SEOANE, S. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biology and Biochemistry*, v.37, p.877-887, 2005.

GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C.M.; ELLERT, B.H. Towards a minimu data set to asses soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal Soil Science*., 74:367-385, 1994.

ILHENFELD, R.G.K.; ANDREOLI, V.; DOMASZAK, S.C. Uso de lodo em áreas de produção. In: *Uso e Manejo do Lodo de Esgoto na Agricultura*. Rio de Janeiro, RJ: Programa de Pesquisa e Saneamento Básico (PROSAB), 1999. p.64-75.

JAHNEL, M. C.; CARDOSO, E.J.B.N.; DIAS, C.T.S. Determinação do número mais provável de microrganismos do solo pelo método de plaqueamento por gotas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.23, n.3, p. 553-559, 1999.

LEITE, M.V. Fungos filamentosos do lodo de esgoto : Impacto na microbiota fúngica e potencial enzimático. Recife. 2009. 65p. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais: Universidade Católica de Pernambuco.

LISBOA, B.B.; VARGAS, L.K.; SILVEIRA, A.O.; MARTINS, A.F.; SELBACH, P.A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.36, p.45-55, 2012.

MAFRA, A.L.; MIKLÓS, A.A.W.; VOCURCA, H.L.; HARKALY, A.H.; MENDOZA, E. Produção de fitomassa e atributos químicos do solo sob cultivo em aléias e sob vegetação nativa de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.22, p.43-48, 1998.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W.J. Carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática de um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.32, p.257-263, 1999.



MARSCHNER, P.; KANDLER, E.; MARSCHNER, B. Structure and function of the soil microbial community in a long-term fertilizer experiment. *Soil Biology & Biochemistry*. V.35, p.453, 2003.

MELO, W.J. DE; MARQUES, O.M.; MELO V.P. O uso agrícola do biofertilizante e as propriedades do solo. In: TSUTSIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; MELO, W.J.; MARQUES, M.O (eds). *Biofertilizante na Agricultura*. São Paulo: SABESP, 2001. Cap.11, p.289-363.

OLIVEIRA, F.C. ; MATIAZZO, M.E. ; MARCIANO, C.R. & ROSSETO, R. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: Carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.26, p.505-519, 2002.

PAULA, A.M., FONSECA, A.F., CARDOSO, E.J.B.N., MELFI, A.J. Microbial metabolic potential affected by surplus wastewater irrigation in tropical soil cultivated with Tifton 85 bermuda grass (*Cynodon dactylon* Pers. X.C. niemfuensis Vanderyst). *Water Air Soil Pollution*, v.205, p.161-171, 2010.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A; CANTARELLA, H. et al. 1987. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill. p. 170

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

ROSCOE, R. et al. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R. et al. (Ed.). *Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006a. p. 163-198.

SANTOS, J. A.; NUNES, L. A. P. L.; MELO, W. J.; ARAÚJO, A. S. F. Tannery sludge compost amendment rates on soil microbial biomass in two different soils. *European Journal of Soil Biology*, v.1, p.146-151, 2011.

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEIXE, C. A.; BERNARDES, E. M. Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 36, n. 5, p. 831-840, maio 2001.

SILVA FILHO, G.N.; VIDOR, C.R. As práticas de manejo de solo na população microbiana. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, SP, v.8, p.291-296, 1984.

SILVA, E.E. da; AZEVEDO, P.H.S. de; DE-POLI, H. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO_2). Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 4p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 99).

SILVA JÚNIOR, F.M.R.; PEREIRA, S.V. Ecologia e fisiologia de fungos filamentosos isolados de solo contaminado por metais pesados. *Revista Brasileira de Biociências*, V.5, p.903-905, 2007.

SULLIVAN, T.S., STROMBERGER, M.E., PASCHKE, M.W., IPOLLITO, J.A. Long-term impacts of infrequent biosolids applications on chemical and microbial properties of a semi-arid rangeland soil. *Biology and Fertility of Soils*, v.42, p.258-266, 2006.

STOTZKY, G.; Microbial respiration. In: BLACK, CA; EVANS, D.D; WHITE, J.L; ENSMINGER, LE; CLARK, F.E. (eds) *Methods of soil analysis*. American Society Agronomy, Madison, Wisconsin, 1965, p 1550-1570.

TRASER-CEPEDA, C.; LEIROS, M.C.; SEONE, S.; GIL-SOTRES, F. Limitations of soil enzymes as indicators of soil pollution. *Soil Biology Biochemistry*, 32:1867-1875, 2000.

TURCO, F.R.; KENNEDY, A. C.; JAWSON, M.D. Microbial indicators of soil quality. In: Doran, J.W.I Coleman, D.C.; Bezdicsek, D.F.; Stewart, B.A. (Eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, Soil Sci. Soc. Am. Special Publication n35. Soil Science Society of America, Madison, WI, p. 73-90, 1994.

VIEIRA, G.A.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS, R.M. Atributos do solo e crescimento do milho decorrentes da adição de lodo anaeróbio da estação de tratamento de efluentes da parboilização do arroz. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.35, p.535-542, 2011.



IX SEGTeT 2012



**SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM
GESTÃO E TECNOLOGIA**

Tema: Gestão, Inovação e Tecnologia para a Sustentabilidade

ZHONG,W.H., GU,T., WANG,W., ZHANG,B., LIN,X.G., HUANG,Q.R., SHEN,W.S., 2010. The effects of mineral fertilizer and organic manure on soil microbial community and diversity. Plant and Soil, v.326, p.511-522, 2010.