

BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA DE SOLOS COM APLICAÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO E DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS

BIOMASS AND MICROBIAL ACTIVITY OF SOILS WITH APPLICATION OF URBAN SOLID WASTE AND LIQUID SWINE MANURE

Henrique de Souza Dornelles

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), mestrando em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP).

Márcia Matsuoka

Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), professora da UFSM.

Luana Ardenghi Binelo

Engenheira sanitária e ambiental pela UFSM.

Letícia Adriana Pauvels

Engenheira sanitária e ambiental pela UFSM.

Charline Michele Caron

Engenheira sanitária e ambiental pela UFSM.

Vanderlei Rodrigues da Silva

Doutor em Agronomia pela UFSM.

Endereço para correspondência:

Henrique de Souza Dornelles – Universidade de São Paulo (USP) – Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) – Departamento de Hidráulica e Saneamento – Avenida Trabalhador São Carlense, 400 – Vila Pureza – Caixa Postal: 359 – 13566-590 – São Carlos (SP) – Brasil – E-mail: henrique_dornelles@hotmail.com

Recebido: 13/05/2015

Aceito: 17/03/2017

RESUMO

Os resíduos orgânicos são excelentes fontes de nutrientes e sua incorporação na agricultura, amparada por legislação, poderá contribuir significativamente para melhorar as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo. Este trabalho teve como objetivo avaliar o uso de resíduo sólido urbano (RSU) e de dejetos líquidos suínos (DLS) na dinâmica da biomassa e atividade biológica em um solo da região norte do Rio Grande do Sul. Foram avaliados dois experimentos com três tratamentos com aplicações de RSU, três tratamentos com aplicações de DLS, em diferentes concentrações, um tratamento sem adubação, um tratamento com adubação mineral e uma área com vegetação nativa utilizada como referência. O carbono da biomassa microbiana do solo (CMBS), a respiração basal do solo (RBS) e o quociente metabólico (qCO_2) foram determinados em amostras de solo. As características biológicas do solo foram sensíveis em demonstrar alterações que ocorreram no solo em função da aplicação dos diferentes tipos de resíduos orgânicos.

Palavras-chave: atividade biológica; resíduos orgânicos; qualidade do solo.

ABSTRACT

Organic waste are excellent sources of nutrients and their incorporation in agriculture, supported by legislation, could significantly contribute to improving the physical, chemical and biological soil. This study aimed to evaluate the use of urban solid waste (USW) and liquid swine manure (LSM) in the dynamics of biomass and biological activity in soil of the Northern region of Rio Grande do Sul, Brazil. Two experiments were evaluated with three treatments of USW applications, three treatments with LSM applications in different concentrations, one treatment without fertilization, a treatment with mineral fertilizer and an area with native vegetation used as reference. The microbial biomass carbon (SMBC), the basal soil respiration (BSR) and the metabolic quotient (qCO_2) were determined in the soil samples. The biological properties of the soil were sensitive to demonstrate changes that occur in the soil depending on the application of different types of organic waste.

Keywords: biological activity; organic waste; soil quality.

INTRODUÇÃO

A produção de resíduos sólidos no Brasil cresce rapidamente (ABRELPE, 2014) e a preocupação com esse processo surge a medida que os problemas causados pelo seu não gerenciamento passam a afetar a qualidade de vida da população (GÓES, 2011).

Um dos principais problemas ambientais referentes à disposição de resíduos sólidos está relacionado ao seu potencial de contaminação, e a aplicação desses resíduos no solo emerge como uma alternativa de solução para esse passivo ambiental (ANDRADE *et al.*, 2016).

Tendo em vista que o espaço necessário é um fator restritivo para a instalação de aterros (SONTAG *et al.*, 2015), a aplicação de resíduos urbanos compostados em solos agrícolas reduz a disposição em aterros sanitários, podendo ser uma prática mais segura, além de servirem como corretivos da acidez do solo por apresentarem compostos como óxidos de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (BALBINOT JR. *et al.*, 2006), e também agirem como fertilizantes.

Em razão de seu conteúdo, composto por matéria orgânica, nutrientes, metais pesados e outras substâncias, a incorporação de biossólido ao solo pode causar alterações significativas nos organismos ali presentes e, conseqüentemente, em sua atividade biológica. Além disso, aumentar os teores de carbono (C) orgânico e de nutrientes do solo pode significar melhorias em suas propriedades físicas e químicas e, posteriormente, servir de catalisador na recuperação de áreas degradadas. Não obstante os benefícios, esses resíduos orgânicos podem apresentar potencial poluidor ou contaminante (ABREU JÚNIOR *et al.*, 2005).

Para Burns *et al.* (2006), o conceito de qualidade do solo é definido por propriedades e atributos mensuráveis que irão caracterizá-la e proporcionar um índice quantitativo que pode ser medido. Para isso, faz-se necessário que as funções do solo no ecossistema sejam compreendidas de uma forma mais abrangente e integrada (BURNS *et al.*, 2006; LARSON & PIERCE, 1991; USDA-NRCS, 2001).

Os indicadores biológicos têm sido frequentemente apontados como mais sensíveis aos impactos causados pelo manejo do solo quando comparados àqueles de caráter físico ou químico (BENDING *et al.*, 2004; LEIRÓS *et al.*, 2000), pois respondem rapidamente aos efeitos desse manejo e utilização (USDA-NRCS, 2015), permitindo que medidas sejam tomadas antes que danos permanentes ocorram (PANKHURST *et al.*, 1997).

A decomposição dos diversos constituintes da matéria orgânica ocorre em diferentes estágios e populações de microrganismos (KIEHL, 1985), variando de acordo com sua fonte e os tratamentos aos quais foi submetida (BOECHAT, 2011).

A utilização de resíduos orgânicos tem efeitos diversos sobre a biomassa microbiana do solo (BMS), que responde às mudanças de uso e práticas de manejo em curto espaço de tempo (GARCÍA-GIL *et al.*, 2000).

A biomassa microbiana, a respiração e o quociente metabólico (qCO_2) do solo refletem as modificações ocorridas em razão da adição de resíduos orgânicos e inorgânicos, podendo ser utilizados para avaliar a atividade microbiana do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Os dados obtidos por meio da BMS são indicadores sensíveis que podem ser empregados no monitoramento das alterações ambientais, de forma que modificações nos sistemas de manejo possam ser sugeridas a tempo de evitar a sua degradação (ANDERSON & DOMSCH, 1985; JACOBI & BESEN, 2011; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; SILVA *et al.*, 2015).

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação do composto orgânico de resíduo sólido urbano (RSU) e dejetos líquido de suíno (DLS) na dinâmica da biomassa e atividade biológica de um solo da região norte do Rio Grande do Sul.

METODOLOGIA

As análises microbiológicas do solo foram realizadas no laboratório de Monitoramento Ambiental e no Laboratório de Química do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus Frederico Westphalen.

As coletas foram realizadas em dois experimentos, em blocos, com três repetições cada — o experimento 1 em agosto de 2013 e o 2 em janeiro de 2014. Esses procedimentos foram conduzidos desde 2008 na UFSM, campus Frederico Westphalen.

A área experimental está localizada em um Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico com textura argilosa (EMBRAPA, 2006) e o clima da região, segundo Köppen & Geiger (1928), é subtropical úmido, tipo Cfa2.

O solo, segundo Rigon *et al.* (2010), apresentava, em sua camada superficial (0 a 10 cm), as seguintes características físicas e químicas: 650 g.kg⁻¹ de argila; pH em água de 5,1; 7,6 mg.dm⁻¹ de fósforo (P); 280 mg.dm⁻¹ de potássio (K); 0,2 cmol.dm⁻¹ de alumínio (Al³⁺); 5,5 cmol.dm⁻¹ de cálcio (Ca²⁺); 1,6 cmol.dm⁻¹ de magnésio (Mg²⁺); 11,1 mg.dm⁻¹ de enxofre (S); saturação por bases (V) de 69%; e 22 g.kg⁻¹ de matéria orgânica.

Os tratamentos avaliados no experimento 1 foram: RSU nas dosagens equivalentes a 25 (RSU 25), 50 (RSU 50) e 100 (RSU 100) m³.ha⁻¹, ou seja, adubação mineral (NPK), sem adubação e vegetação nativa. No experimento 2 constatou-se: DLS nas dosagens equivalentes a 25 (DLS 25), 50 (DLS 50) e 100 (DLS 100) m³.ha⁻¹, ou seja, NPK e sem adubação.

O composto orgânico apresentou os seguintes teores totais de nutrientes, determinados pela técnica de espectrometria de fluorescência de raios X por energia dispersiva (EDXFR): K: 4,36 g.kg⁻¹; P: 4,96 g.kg⁻¹; Ca: 30,12 g.kg⁻¹; S: 5,44 g.kg⁻¹; manganês (Mn): 0,78 g.kg⁻¹; ferro (Fe): 27,30 g.kg⁻¹; zinco (Zn): 0,53 g.kg⁻¹; cobre (Cu): 0,25 g.kg⁻¹; e 50 % de matéria seca (RIGON *et al.*, 2010).

Segundo Moraes *et al.* (2010), o dejetto utilizado apresentou densidade de aproximadamente 1,012 kg.m⁻³,

correspondendo a 2,09% de matéria seca; 2,21 kg.m⁻³ de nitrogênio (N); 75 kg.m⁻³ de P; e 1,25 kg.m⁻³ de K.

As amostras de solo foram coletadas entre 0 e 10 cm de profundidade, homogêneas e peneiradas em peneira de 2 mm. Posteriormente, foram acondicionadas em sacos plásticos e guardadas em geladeira até a realização das análises.

O carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) foi determinado pelo método da fumigação-extração, com adaptações na metodologia original (SILVA, 2007a), ou seja, foi quantificado a partir de amostras fumigadas e não fumigadas.

A respiração basal do solo (RBS) foi determinada durante dez dias de incubação. As unidades experimentais foram constituídas de recipientes de vidro com tampa hermética. Foram utilizados 50 g de solo seco por recipiente, incubados a temperatura ambiente de 25°C, com a umidade ajustada para 70% da capacidade de campo (SILVA, 2007b). O qCO₂ foi calculado pela razão entre o carbono emitido na forma de dióxido de carbono (C-CO₂) da RBS e o C da biomassa microbiana das amostras, conforme Anderson & Domsch (1985).

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando ocorreram diferenças significativas, aplicaram-se testes de médias, utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do CBMS, da RBS e do qCO₂ do solo, com aplicação de composto de RSU, apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados. Os dados podem ser observados na Tabela 1.

O CBMS variou de 402,64 a 682,24 mg C.kg⁻¹ solo. Os maiores valores de C microbiano foram encontrados na mata nativa, seguido do tratamento RSU 100. Sattollo (2016) também encontrou os maiores valores de CBMS nessa localidade (508,7 mg C.kg⁻¹ solo), significativamente superior aos demais tratamentos avaliados.

A vegetação nativa apresenta condições mais favoráveis à biomassa microbiana, como ausência de preparo do solo, maior acúmulo de serapilheira e maior diversidade florística e biológica do solo, o que contribui para a ocorrência

de maiores níveis de biomassa nessa área, comparativamente aos demais tratamentos (MATSUOKA *et al.*, 2003).

Neste estudo, a maior dose de RSU aplicada (100 m³.ha⁻¹) demonstrou incremento ao CBMS. Nas demais doses houve um aumento da biomassa quando comparadas aos tratamentos sem aplicação do composto orgânico, porém, não apresentaram diferenças significativas entre elas.

Vieira *et al.* (2011) também observaram em um estudo que a aplicação do lodo de tratamento de efluentes de parbolização de arroz provocou, em média, aumento significativo nos valores de C microbiano do solo, quando comparados aos do tratamento testemunha e do tratamento com adubação NPK. No geral, os compostos orgânicos, em comparação aos fertilizantes inor-

gânicos, estimulam o crescimento da biomassa microbiana, uma vez que fornecem C e N em formas lábeis (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Os tratamentos sem aplicação do composto apresentaram os menores valores de BMS, sendo que a adubação mineral não proporcionou aumento significativo da biomassa em relação ao solo não adubado. Segundo Sattollo (2016) e Vargas & Scholles (2000), a adubação mineral normalmente atua de maneira negativa na biomassa microbiana em razão do não fornecimento de uma fonte de C. Londoño (2012) e Sattollo (2016) verificaram aumento do CBMS com a aplicação de baixas doses de adubo mineral. Em doses elevadas, por sua vez, a adubação mineral afetou negativamente a BMS.

A RBS, após 10 dias de incubação, também apresentou diferença significativa entre os tratamentos estudados, com valores entre 1,39 e 2,88 mg C-CO₂.kg⁻¹ solo.hora⁻¹ para tratamentos sem adubação e RSU 100, respectivamente. O tratamento RSU 100 apresentou o maior teor de CBMS, o que pode explicar sua maior atividade microbiana, representada pela RBS.

A atividade microbiana nos demais tratamentos com adição de resíduo variou em função da dosagem aplicada com maior respiração para o tratamento RSU 100. A quantidade de resíduo aplicado está disponibilizando substrato orgânico e nutrientes para a microbiota do solo e estimulando sua atividade (ABREU JUNIOR *et al.*, 2005; EMBRAPA, 2010).

Corrêa *et al.* (2011), Moura *et al.* (2015) e Sampaio *et al.* (2008) observaram aumento tanto na atividade quanto na quantidade de biomassa microbiana com a aplicação de compostos orgânicos ao solo.

A adubação mineral pode estar estimulando a atividade da BMS, uma vez que apresentou valores de respiração maiores (2,09 mg C-CO₂.kg⁻¹ solo.hora⁻¹) do que os do tratamento sem aplicação de resíduo; porém, essa adubação não apresentou maior população microbiana do solo conforme os dados do CBMS. Esse resultado pode ser refletido nos valores de qCO₂.

O qCO₂ não variou significativamente em função dos tratamentos estudados. Ele indica a eficiência da comunidade microbiana em reter ou incorporar C na biomassa ou perdê-lo para a atmosfera na forma de CO₂. Em geral, os valores encontrados desse quociente foram baixos. Conforme Tótola & Chaer (2002), menor qCO₂ indica economia na utilização de energia e, supostamente, reflete um ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio.

Silva *et al.* (2016), avaliando a variação temporal do efluxo de CO₂ do solo em sistemas agroflorestais com óleo de palma na Amazônia, encontraram valores de qCO₂ entre 1,15 e 5,8 mg C-CO₂.g⁻¹ BMS-C.hora⁻¹, próximos aos verificados neste trabalho, assim como Merlin *et al.* (2016), que encontraram qCO₂ de 5,6 mg C-CO₂.g⁻¹ BMS-C.hora⁻¹ em área com cultivo de camomila.

Tabela 1 – Carbono da biomassa microbiana do solo, respiração basal do solo e quociente metabólico em solo sem adubação, com adubação mineral, com aplicação de diferentes doses de composto orgânico de resíduos sólido urbano e vegetação nativa.

Tratamentos	CBMS (mg C.kg ⁻¹ solo)	RBS (mg C-CO ₂ .kg ⁻¹ solo.h ⁻¹)	qCO ₂ (mg C-CO ₂ .g ⁻¹ BMS-C.h ⁻¹)
Sem adubação	402,64 ¹ c	1,39 c	3,44 a
Adubação mineral	469,57 bc	2,09 b	4,44 a
RSU 25 ²	567,44 abc	1,97 bc	3,48 a
RSU 50	536,69 abc	2,23 b	4,16 a
RSU 100	653,70 ab	2,88 a	4,40 a
Vegetação nativa	682,24 a	1,89 bc	2,77 a
C.V. (%)	13,50	10,80	18,00

CBMS: carbono da biomassa microbiana do solo; RBS: respiração basal do solo; qCO₂: quociente metabólico; C.V.: coeficiente de variação; ¹na coluna, as médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro; ²RSU 25: adubação com composto orgânico de resíduo sólido urbano na dose equivalente a 25 m³.ha⁻¹; RSU 50: adubação com composto orgânico de resíduo sólido urbano na dose equivalente a 50 m³.ha⁻¹; RSU 100: adubação orgânica com composto orgânico de resíduo sólido urbano na dose equivalente a 100 m³.ha⁻¹.

Ananyeva *et al.* (2016), analisando a emissão de CO₂ e atividade respiratória microbiana do solo sob diferentes transformações antrópicas dos ecossistemas terrestres, encontraram os menores valores de qCO₂ para a área com floresta nativa durante um ano, sendo também a cobertura com a menor oscilação do quociente ao longo do ano. Esses resultados confirmam os valores de qCO₂ encontrados neste trabalho, que também identificou o menor valor de qCO₂ para a área de mata nativa.

Os valores do CBMS, RBS e qCO₂ em solo com aplicação de DLS, são apresentados na Tabela 2. No segundo experimento, foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos avaliados para o CBMS e qCO₂.

O CBMS apresentou maior valor médio significativo (296,52 mg C.kg⁻¹ solo) para o tratamento com maior dose de DLS 100 e menores valores para os tratamentos com adubação mineral e sem adubação, seguindo o mesmo comportamento do experimento 1.

Merlin *et al.* (2016), avaliando o CBMS com cultivo orgânico de plantas medicinais, encontraram teores entre 105,5 e 184,6 mg C.kg⁻¹ solo, próximos aos verificados neste trabalho nos tratamentos com aplicação de doses menores de DLS.

As demais doses de DLS aplicadas também demonstraram influenciar positivamente a BMS refletida em seus valores (181,28 e 156,34 mg C.kg⁻¹ solo) quando comparadas aos demais tratamentos sem adubação.

Quadro *et al.* (2011), avaliando a biomassa e atividade microbiana em solo com adição de DLS, verificaram que o teor de CBMS aumentou linearmente, de acordo com a concentração de DLS aplicado.

A adição de DLS não influenciou de forma significativa a atividade microbiana do solo, representada pela RBS (Tabela 2). Os teores de RBS estão próximos aos encontrados por Ananyeva *et al.* (2016) (0,28 a 1,64 mg C-CO₂.kg⁻¹ solo.hora⁻¹), Balota *et al.* (1998) (0,12 a 0,20 mg C-CO₂.kg⁻¹ solo.hora⁻¹), Couto (2013) (0,46 a 1,98 mg C-CO₂.kg⁻¹ solo.hora⁻¹) e Silva *et al.* (2016) (0,20 a 1,64 mg C-CO₂.kg⁻¹ solo.hora⁻¹).

Os tratamentos com a aplicação de DLS apresentaram valores inferiores em todas as características biológicas do solo — CBM e RBS — em relação aos tratamentos com adição de RSU (Tabelas 1 e 2). Esse fato pode estar associado à velocidade de degradação do composto líquido em função do tempo em que o mesmo foi aplicado ao solo (dois anos antes da coleta).

As características de um composto dependem da variedade de resíduos orgânicos adicionados, que podem conferir grande qualidade nutricional ou até mesmo inviabilizar o processo de compostagem (KIEHL, 2002; PEREIRA-NETO, 2010). O RSU apresenta grande variedade de componentes (SILVA, 2016) e, neste trabalho, o composto gerado influenciou positivamente a atividade da biomassa microbiana em uma escala temporal. Essa informação oferece um indicativo da qualida-

Tabela 2 – Carbono da biomassa microbiana do solo, respiração basal do solo e quociente metabólico em solo sem adubação, com adubação mineral e com aplicação de diferentes doses de dejetos líquidos de suínos.

Tratamentos	CBMS (mg C.kg ⁻¹ solo)	RBS (mg C-CO ₂ .kg ⁻¹ solo.h ⁻¹)	qCO ₂ ² (mg C-CO ₂ .g ⁻¹ BMS.C.h ⁻¹)
Sem adubação	41,32 d	0,83 a	20,09 a
Adubação mineral	64,86 cd ¹	0,82 a	12,56 ab
DLS 25 ³	156,34 bc	0,92 a	5,98 bc
DLS 50	181,28 b	0,85 a	4,67 c
DLS 100	296,52 a	0,85 a	2,87 c
C.V. (%)	27,06	18,61	15,28

CBMS: carbono da biomassa microbiana do solo; RBS: respiração basal do solo; qCO₂: quociente metabólico; C.V.: coeficiente de variação; ¹na coluna, as médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade de erro; ²médias originais cujos dados foram transformados em vx para atender aos pressupostos da análise de variância; ³DLS 25: adubação com dejetos líquidos suínos na dose equivalente a 25 m³.ha⁻¹; DLS 50: adubação com dejetos líquidos suínos na dose equivalente a 50 m³.ha⁻¹; DLS 100: adubação com dejetos líquidos suínos na dose equivalente a 100 m³.ha⁻¹.

de do composto orgânico, que mantém C orgânico no solo por mais tempo.

Os tratamentos avaliados no experimento 2 interferiram significativamente no qCO_2 do solo (Tabela 2). Os maiores valores de qCO_2 ocorreram nos tratamentos em que o dejetos não foi aplicado em função do menor teor de CBMS encontrado neles.

Couto (2013), avaliando as propriedades microbiológicas de um Argissolo com adição de esterco de suínos, encontraram o maior qCO_2 para o tratamento sem adição de dejetos ($17,79 \text{ mg C-CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ BMS-C.hora}^{-1}$), semelhante ao verificado neste trabalho para tratamento sem adubação do experimento 2 ($20,09 \text{ mg C-CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ BMS-C.hora}^{-1}$).

A aplicação do DLS reduziu o qCO_2 , independentemente da dosagem aplicada, o que indica que menos C foi perdido como CO_2 pela respiração e mais foi incorporado aos tecidos microbianos, como resultado da ação de uma biomassa “eficiente” atuando sobre o resíduo adicionado ao solo. Solos estressados têm um maior valor desse parâmetro (qCO_2), pois uma menor quanti-

dade de biomassa tem o dever de degradar uma maior quantidade de matéria orgânica (QUADRO *et al.*, 2011).

Neste estudo, as características microbiológicas avaliadas foram sensíveis em detectar as alterações que ocorrem no solo em função da aplicação dos resíduos orgânicos tanto em função das dosagens aplicadas quanto da natureza desses resíduos. As influências nos parâmetros microbiológicos ocorreram em razão da sensibilidade dos microrganismos diante da incorporação de resíduos orgânicos.

Quanto mais informações sobre a BMS e a situação metabólica dos microrganismos do solo obtivermos, maior será o entendimento sobre a qualidade microbiológica do solo e do solo em si, possibilitando o planejamento do uso do solo por meio do monitoramento das mudanças ocorridas em sua qualidade microbiana (SILVA *et al.*, 2007b).

O uso de indicadores microbiológicos constitui uma importante ferramenta para o estudo da qualidade dos solos, podendo-se indicar quais práticas tendem a causar maior degradação e quais são mais conservacionistas, visando ao desenvolvimento sustentável. No entanto, novos estudos são necessários para elucidar melhor essa relação.

CONCLUSÕES

A aplicação de diferentes doses de composto orgânico de RSU e de DLS influenciou a população e a atividade microbiológica do solo.

A maior dosagem de resíduo orgânico aplicada ao solo ($100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) promoveu maior aumento na RBS e na BMS.

O uso de resíduos orgânicos no solo estimulou a população microbiana e sua atividade, independente da dosagem aplicada ao solo.

A influência e o efeito residual do composto orgânico de RSU sobre as características microbiológicas avaliadas foram maiores em comparação ao DLS.

A RBS e o C da biomassa microbiana foram indicadores sensíveis em constatar as alterações ocorridas no solo com aplicação de resíduos orgânicos. Essas características podem ser utilizadas no monitoramento dessas práticas, a fim de se verificar as mudanças ocorridas em função do tipo de resíduo, da quantidade e do tempo de aplicação e a possibilidade de contaminação do solo e da água.

REFERÊNCIAS

- ABREU JÚNIOR, C. H.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. *Tópicos Especiais em Ciência do Solo*, Viçosa, v. 4, p. 391-470, 2005.
- ANANYEVA, N. D.; ROGOVAYA, S. V.; IVASHCHENKO, K. V.; VASENEV, V. I.; SARZHANOV, D. A.; RYZHKOV, O. V.; KUDEYAROV, V. N. Carbon dioxide emission and soil microbial respiration activity of Chernozems under anthropogenic transformation of terrestrial ecosystems. *Eurasian Journal of Soil Science*, Moscou, v. 5, n. 2, p. 146-154, 2016. Disponível em: <http://www.fesss.org/eurasian_journal_of_soil_science.asp>. Acesso em: 24 maio 2017.

- ANDERSON, T. H. & DOMSCH, K. H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state. *Biology and Fertility of Soils*, v. 1, n. 2, p. 81-89, 1985.
- ANDRADE, L. C.; ANDREAZZA, R.; CAMARGO, F. A. O. Atividade microbiana em solos sob doses de lodo de estação de tratamento de efluentes de um aterro industrial. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 46, n. 2, p. 267-272, fev. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil: 2014*. 2014. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 5 abr. 2016.
- BALBINOT JR., A. A.; TÔRRES, A. N. L.; FONSECA, J. A.; TEIXEIRA, J. R. Crescimento e teores de nutrientes em tecido de alface pela aplicação de calcário e resíduos de reciclagem de papel num solo ácido. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v. 5, n. 1, p. 9-15, 2006.
- BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, p. 641-649, 1998.
- BENDING, G. D.; TURNER, M. K.; RAYNS, F.; MARX, M. C.; WOOD, M. Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under constrating agricultural management regimes. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 36, p. 1785-1792, 2004.
- BOECHAT, C. L. *Mineralização do Carbono e nitrogênio de resíduos orgânicos urbanos e industriais*. 90f. Mestrado (Dissertação em Ciências Agrárias) – Programa de Mestrado em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2011.
- BURNS, R. G.; NANNIPIERI, P.; BENEDETTI, A.; HOPKINS, D. W. Defining Soil Quality. In: BLOEM, J.; HOPKINS, D. W.; BENEDETTI, A. (Eds.). *Microbiological methods for assessing soil quality*. Oxfordshire: CABI, 2006. p. 15-22.
- CORRÊA, J. M.; SOUSA, F. A.; CAMPOS, A. T.; SILVA, E. B.; FRANÇA, A. C. Atividade microbiológica do solo após aplicação de dejetos líquidos de suínos em café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., Araxá, 2011. *Anais...* 2011.
- COUTO, R. R. Microbiological and chemical attributes of a Hapludalf soil with swine manure fertilization. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 48, n. 7, p. 774-782, jul. 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Prospecção de comunidades microbianas do solo ativas no aproveitamento agrícola de fontes de fósforo de baixa solubilidade*. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2010. 34p.
- _____. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 412p.
- GARCÍA-GIL, J. C.; PLAZA, C.; SOLER-ROVIRA, P.; POLO, A. Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 32, p. 1907-1913, 2000.
- GÓES, H. C. Coleta seletiva, planejamento municipal e a gestão de resíduos sólidos urbanos em Macapá/AP. *Planeta Amazônia*, Macapá, n. 3, p. 45-60, 2011.
- JACOBI, P. R. & BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.
- KIEHL, E. J. *Fertilizantes orgânicos*. Piracicaba: Agronômica Ceres Ltda., 1985. 492p.
- _____. *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. 3. ed. Piracicaba: Edmar José Kiehl, 2002. 171p.
- KÖPPEN, W. & GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

- LARSON, W. E. & PIERCE, F. J. Conservation and enhancement of soil quality. *In: EVALUATION FOR SUSTAINABLE LAND MANAGEMENT IN THE DEVELOPING WORLD, TECHNICAL PAPERS. INTERNATIONAL BOARD FOR RESEARCH AND MANAGEMENT. IBSRAM Proceedings*, Bangkok, Thailand, v. 2, n. 12, p. 175-203, 1991.
- LEIRÓS, M. C.; TRASAR-CEPEDA, C.; SEOANE, S.; GIL-SOTRES, F. Biochemical properties of acid soils under climax vegetation (Atlantic Oakwood) in an area of the European temperate-humid zone (Galicia, NW Spain): General parameters. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 32, p. 733-745, 2000.
- LONDOÑO, D. M. M. *Respostas da Comunidade Microbiana do Solo a sucessivas aplicações de ureia e dejetos suínos em solo sob plantio direto*. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/96463/304362.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20 out. 2014.
- MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 3, maio/jun. 2003.
- MERLIN, E.; MELATO, E.; ARNUTTI, F.; TREVISOL, G.; JANDREY, W. F.; CANCIAN, L. C.; CHERUBIN, M. R.; FABBRIS, C.; SILVA, V. R. Avaliação da micorrização e atividade microbiana de um solo cultivado com plantas fitoterápicas. *Journal of Agronomic Sciences*, Umuarama, v. 5, n. 1, p. 190-198, 2016.
- MORAES, M. T.; ARNUTTI, F.; TREVISOL, G.; JANDREY, W. F.; CANCIAN, L. C.; CHERUBIN, M. R.; FABBRIS, C.; SILVA, V. R. Efeito do dejetos líquidos de suínos nas propriedades físicas de um latossolo vermelho aluminoférrico típico. *In: SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO*, 14., 2010, Santa Maria. *Anais...Santa Maria: UNIFRA*, 2010.
- MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. Lavras: Editora da UFLA, 2006.
- MOURA, J. A.; GONZAGA, M. I. S.; ANJOS, J. L.; RODRIGUES, A. C. P.; LEÃO, T. D. S.; SANTOS, L. C. O. Respiração basal e relação de estratificação em solo cultivado com citros e tratado com resíduos orgânicos no estado de Sergipe. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 36, n. 2, p. 731-746, 2015.
- NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE OF THE UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA – NRCS). *Biological Indicators and Soil Functions*. Soil Quality Indicators. Washington, D.C.: USDA – NRCS, 2015. 4p.
- _____. *Guidelines for Soil Quality Assessment in Conservation Planning*. Washington, D.C.: USDA – NRCS, 2001. 48p.
- OLIVEIRA, L. C.; STANGARLIN, J. R.; LANA, M. C.; SIMON, D.; ZIMMERMANN, A. Biomassa Microbiana em Cultivo de Alface sob Diferentes Adubações Orgânicas e Manejo da Adubação Verde. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 4, n. 2, 2009.
- PANKHURST, C.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. *Biological Indicators of Soil Health*. Wallingford, United Kingdom: CAB International, 1997. 437p.
- PEREIRA-NETO, T. J. *Manual de compostagem, processo de baixo custo*. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2010.
- QUADRO, M. S.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; VIVAN, G. A. Biomassa e atividade microbiana em solo acrecido de dejetos suíno. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 17, n. 1-4, p. 85-93, jan.-mar. 2011.
- RIGON, J. P. G.; MORAES, M. T.; ARNUTI, F.; CHERUBIN, M. R.; TREVISOL, G.; PESSOTTO, P. P.; CAPUANI, S.; SILVA, V. R. Potencial agrícola da utilização de composto orgânico de lixo urbano na cultura do girassol. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA*, 4., 2010, João Pessoa. *Anais.. João Pessoa: EMBRAPA Algodão*, 2010. p. 731-735.
- SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 2, p. 353-359, 2008.

SATTOLO, T. M. S. *Adubação nitrogenada em cana-de-açúcar: efeitos na fertilidade do solo, transformações microbianas e estoques de carbono e nitrogênio*. 117p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

SILVA, A. S. F. *Avaliação do processo de compostagem com diferentes proporções de resíduos de limpeza urbana e restos de alimentos*. 48f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

SILVA, C. M.; VASCONCELOS, S. S.; MOURÃO JÚNIOR, M.; BISPO, C. J. P.; KATO, O. R.; SILVA JUNIOR, A. C.; CASTELLANI, D. C. Variação temporal do efluxo de CO₂ do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia Oriental. *ACTA Amazônica*, v. 46, n. 1, p. 1-12, 2016.

SILVA, D. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; JACQUES, R. J. S.; SILVEIRA, A. O.; SILVA, D. A. A.; RACHE, M. M.; PASSOS, V. H. G.; SILVA, B. R. Indicadores Microbiológicos de Solo em Pastagem com Aplicação Sucessiva de Dejetos de Suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, p. 1585-1594, 2015.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. *Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)*. Seropédica: EMBRAPA. 2007a. 4p.

_____. *Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (BMS-C)*. Seropédica: EMBRAPA, 2007b. 6p.

SILVA, F. A. S. *Versão do Programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows*. 2011. Disponível em: <<http://www.assistat.com/indexp.html>>. Acesso em: jan. 2014.

SONTAG, A. G.; CRUZ, I. K. H.; CRUZ, F. P. B.; BERTOLINI, G. R. F. Análise de viabilidade econômica para sistemas de tratamento de resíduos sólidos urbanos no município de Marechal Cândido Rondon – PR. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 4, n. 3, dez. 2015.

TÓTOLA, M. R. & CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (Orgs.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2. p. 196-276.

VARGAS, L. K. & SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um podzólico vermelho escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, n. 1, p. 35-42, 2000.

VIEIRA, G. D.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V. Atributos microbianos do solo após a adição de lodo anaeróbio da estação de tratamento de efluentes de parboilização do arroz. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 543-550, 2011.

