

EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE CARBONO SOBRE A ATIVIDADE MICROBIANA NO SOLO

Priscila Silveira dos Santos¹, Andressa Classer Bender¹, Juscilaine Gomes Martins¹, Hazael Soranzo de Almeida¹, Camila Gazolla Volpiano¹, Fabrício Fernandes Coelho¹, Priscila Vogelei Ramos¹, Tatiele Fruett Santos¹ e Vinícius Maggioni dos Santos¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia. Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP: 91540-000, Bairro Agronomia, Porto Alegre, RS. E-mail: andressa.engagronoma@gmail.com; gazollavolpiano@gmail.com; fabricio.coelho@ufrgs.br; juscilainem@gmail.com; hazaelsa@gmail.com; silveira.priii@gmail.com; pv_ramos89@hotmail.com; tatielefruettt@yahoo.com.br;

RESUMO: A matéria orgânica do solo é utilizada como fonte de energia para os microrganismos, a qual em condições aeróbicas é oxidada a CO₂, estando a taxa de respiração do solo relacionada com a disponibilidade de nutrientes é utilizada como indicativo de qualidade de solo. O objetivo desse trabalho foi estudar utilização de diferentes fontes de material orgânico com potencial de fertilizantes orgânicos, sendo eles: composto de dejetos suíno, GrowMateSoilTM e erva-mate. Avaliou-se a respiração do solo, a partir de amostras secas em micro-ondas para determinação da umidade. 200g de solo úmido foram incubados, em triplicata, em frascos respirométricos. Dentro dos frascos respirométricos foram adicionados copos plásticos, onde adicionou-se 20 mL de solução de NaOH 0,5M. A titulação foi realizada com HCl 0,5 M até o ponto de viragem. Foram realizadas 10 avaliações em 21 dias. As médias foram submetidas ao teste F para análise das médias. As substâncias húmicas e composto de dejetos suíno ácido não contribuem significativamente para o metabolismo dos microrganismos do solo. Os microrganismos presentes no solo amostrado estão aptos a decomposição de material rico em fibras, tais como a erva-mate.

PALAVRAS CHAVES: Ilex paraguariensis, MO, fertilizantes, decomposição.

EFFECT OF THE ADDITION OF DIFFERENT SOURCES OF CARBON ON MICROBIAL ACTIVITY IN SOIL

ABSTRACT: Soil organic matter is used as a source of energy for microorganisms, which under aerobic conditions is oxidized to CO₂, and soil respiration rate related to nutrient availability is used as indicative of soil quality. The objective of this work was to study the use of different sources of organic material with the potential of organic fertilizers, being: swine waste compost, GrowMateSoilTM and erva mate. Soil respiration was evaluated from dry samples in microwaves to determine moisture. 200g of moist soil were incubated in triplicate in respirometric flasks. Inside the respirometric flasks were added plastic cups, where 20 mL of 0.5M NaOH solution was added. Titration was performed with 0.5 M HCl to the turning point. Ten evaluations were carried out in 21 days. The means were submitted to the test t, to analyze the means. Humic substances and acid swine compost do not contribute significantly to the metabolism of soil microorganisms. The microorganisms present in the sampled soil are capable of decomposing fiber-rich material, such as erva mate.

KEY WORDS: Ilex paraguariensis, MO, Fertilizers, decomposition.

INTRODUÇÃO

A adubação orgânica é uma prática agrícola alternativa ao uso dos fertilizantes minerais, sendo uma opção de menor custo que proporciona um destino correto aos resíduos que usualmente são tratados como problema. Neste contexto, destaca-se a compostagem de dejetos suínos como uma das fontes de material para adubação orgânica. Segundo Quadro et al., (2011) os dejetos da suinocultura são um excelente aporte de nutrientes, especialmente N, podendo complementar ou substituir a fertilização química, desde que bem manejada.

Alternativamente ao emprego de resíduos como fontes de material orgânico, a indústria fornece alternativas de maior praticidade para aplicação, com a finalidade de atuar como fertilizante, estimulando o crescimento dos cultivos (Silva et al., 2013; Lobo, 2015). Piccolo (2001) define as substâncias húmicas como estruturas supramoleculares decorrente da associação de moléculas heterogêneas menores por interações intermoleculares fracas e ligações de hidrogênio, constituída de componentes de plantas e micro-organismos, em diferentes estágios de decomposição e da decomposição microbiana. As frações são separadas a partir de sua solubilidade em função da variação de pH em: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) e humina (HU). Consistem no principal componente da matéria orgânica do solo e influenciam diretamente na propriedades químicas, físicas e biológicas deste (Nardi et al., 2002).

A matéria orgânica do solo é utilizada como fonte de energia para o crescimento microbiano, que em condições aeróbicas é oxidada a CO₂, desta forma a taxa de respiração do solo está relacionada com a disponibilidade de nutrientes e pode ser utilizada como indicativo de qualidade de solo (Moreira e Siqueira, 2006). Moreira e Siqueira (2006) apresentam diversas técnicas para avaliar a atividade microbiana, e destacam a respirometria como um dos parâmetros mais antigos para esta avaliação.

Respirometria é um termo geral que compreende diversas técnicas usadas para estimar indiretamente a atividade do metabolismo dos organismos via liberação do CO₂. No contexto de microrganismos no solo óxico, a adição de matéria orgânica ao solo pode causar uma reação instantânea de produção de CO₂ devido ao processo de respiração celular. Os testes de respirometria podem ser feitos em sistemas fechados, dentro de “frascos respirométricos”, onde o solo contendo microrganismos foi depositado e submetido à diferentes tratamentos com material orgânico. Com o passar do tempo, os microrganismos utilizam a matéria orgânica e produzem CO₂ enquanto extraem o O₂ do ar contido no frasco respirométrico. O CO₂ liberado reage com uma solução de NaOH padronizado presente em um recipiente dentro

do frasco. O NaOH é titulado ao final da incubação, sendo então possível determinar a quantidade de CO₂ liberado no sistema.

Ao longo do tempo as diferenças de concentração de CO₂ e O₂, indicam a taxa de respiração dos microrganismos. Vale ressaltar que o processo respiratório é influenciado também pela temperatura, grau de aeração e pH do solo.

Neste estudo foram empregadas diferentes fontes de material orgânico com potencial para serem utilizados como fertilizantes orgânicos, sendo eles: composto de dejetos suíno, GrowMateSoil™ e erva-mate, sendo avaliada a respiração do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os solos utilizados nesse trabalho foram coletados na Faculdade de Agronomia da UFRGS, 30°04'21.44"S e 51°08'08.82"O, próximo a margem do Arroio Dilúvio. No local a cobertura predominante é de gramíneas, sendo um local onde corriqueiramente são alocados equinos. O solo local sofre sucessivos ciclos de umedecimento e secagem, apresentando mosqueados. De acordo com o Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre (2008), os materiais de origem são depósitos aluviais.

As amostras foram secas em micro-ondas para determinação da umidade. 200g de solo úmido foram incubados, em triplicata, em frascos respirométricos, conforme os seguintes tratamentos:

- a) **GrowMateSoil™**: Produto comercial extraído de leornadita, minério de linhito altamente oxidado. Sua composição é de 16 % de ácidos húmicos. Apresentam teor de N total de (%) 0,97, P total (%) 5,4; K total (%) 0,59; Ca (%) 0,03 e Mg (%) 0,7. Sendo diluído 3ml do produto pra uma solução de 20 ml
- b) **Erva-mate**: apresentam uma relação C:N próxima a 25:1(Sousa et al., 2015), teor de N total de (%) 0,85, P total (%), 010, K total (%), 0,22, Ca total (%) 0,54 e Mg total (%), 0,17. Neste estudo foi empregada erva mate processada. Sendo aplicado três gramas por frasco.
- c) **Composto de dejetos suíno ácido**: o composto foi obtido da compostagem automatizada após 156 dias, onde foram realizadas 13 adições de dejetos líquidos de suínos (totalizando 8,3 L. kg⁻¹) misturados com serragem e maravalha (233 kg). A compostagem foi mantida em meio ácido (pH 6,0) para isso, foi adicionado ácido fosfórico concentrado (85% e densidade de 1,6 g cm³ na proporção de 3,5 mL ácido. L⁻¹ de dejetos. Com uma composição química de: C org. (%) 40, N total (%) 1,3, K

total (%) 0,13, P total (%) 0,61, Ca total (%) 2,6, Mg total (%) 0,29, Na (%) 0,21, C/N 30,8. Sendo aplicado três gramas por frasco.

Após a adição do material orgânico a ser avaliado, 20 mL de solução de NaOH 0,5M dentro de copos plásticos foram colocados dentro dos frascos respirométricos. Um tratamento controle, o branco, onde apenas a solução de NaOH foi depositada em frascos vazios também foi elaborada em triplicata. Em seguida, todos os frascos foram vedados e 10 titulações periódicas foram realizadas, diariamente nos primeiros três dias e a cada três dias até completar 21 dias de incubação.

A cada titulação a solução de NaOH foi substituída. Para as titulações, 3 mL de solução de BaCl₂ 35% foram adicionados à solução de NaOH seguida de adição de 2 gotas de solução de fenolftaleína. A titulação aconteceu com solução de HCl 0,5 M até o ponto de viragem.

A quantidade de carbono liberada na forma de CO₂ (*mgC – CO₂*) foi calculada conforme a seguinte fórmula:

$$mgC - CO_2 = \frac{(HCl_{branco} - HCl_{tratamento}) * 6000 * HCl_M}{Ss}$$

HCl_{branco}: HCl gasto na titulação do branco (mL);

HCl_{tratamento}: HCl gasto no tratamento (mL);

HCl_M: molaridade do HCl;

Ss: solo seco (g).

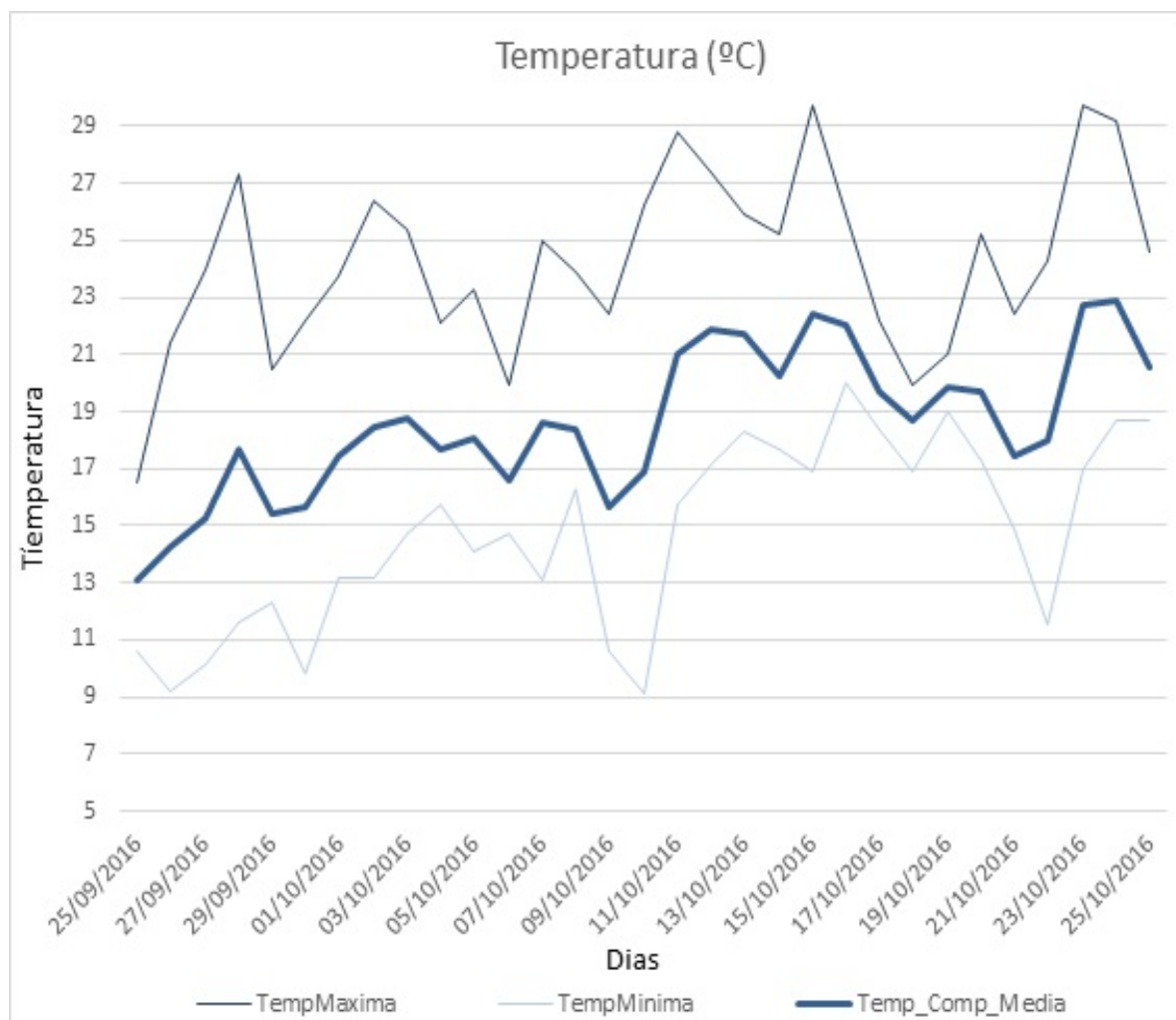


Figura 1 - Flutuações da temperatura ambiente. Dados coletados pela estação do INMET na cidade de Porto Alegre.

Os dados em relação a temperatura foram coletados da estação automática da cidade e Porto Alegre e agrupados de dois em dois dias durante a realização do experimento (Figura 1). As flutuações de CO₂ obtidas das avaliações foram submetidas a análise de variâncias (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste t com um nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de quantidade de carbono liberados na forma de CO₂ sofreram flutuações em todos os tratamentos com o passar do tempo, sendo mais elevadas no tratamento com erva mate (Figura 2).

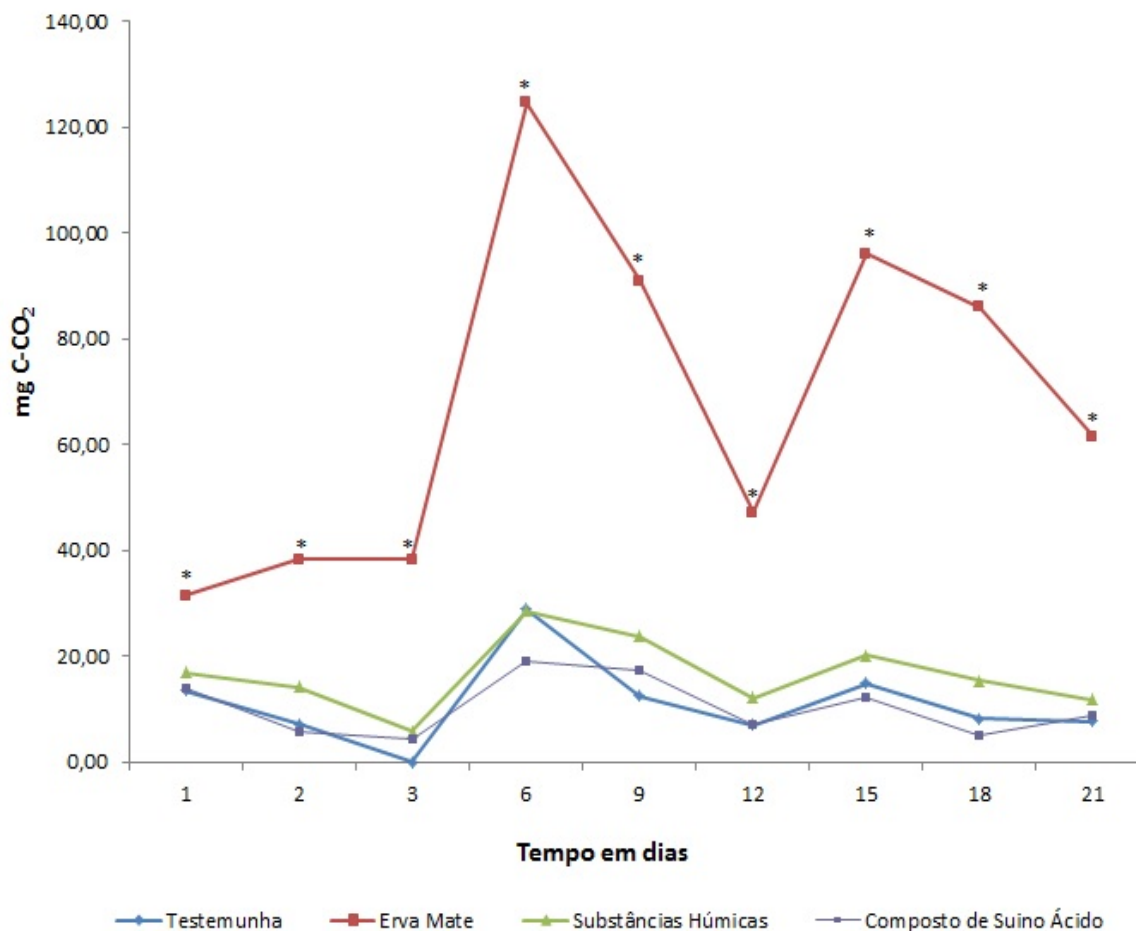


Figura 2 - Flutuações de CO₂ obtidas das avaliações. Avaliações com * diferiram estatisticamente dos demais tratamentos (Teste de t).

Essas flutuações seguiram padrões semelhantes entre os tratamentos indicando que elas são possivelmente decorrentes de variáveis externas. A taxa de crescimento e a adaptabilidade dos microrganismos a um meio artificial dependem de vários fatores, como a composição do meio, a natureza química dos nutrientes e as condições de incubação (Lanhegander et al., 2005). Como os frascos respirométricos ficaram à temperatura ambiente (fora de um ambiente controlado) essas flutuações eram esperadas. Apenas o tratamento com “erva mate” diferiu estatisticamente dos outros.

O tratamento com a adição de composto de suíno ácido teve comportamento praticamente idêntico ao da testemunha (Figura 2). Isso provavelmente deve-se ao produto já ter passado pelo processo de compostagem e ação dos microrganismos sobre o mesmo, restando apenas o carbono menos lábil e de baixa assimilação pelos microrganismos.

Os picos de variação de emissão de CO₂, observados no tratamento de erva mate, são justificados pela variação da temperatura do ambiente (Figura 1), onde a temperatura variou próximo de 6°C em menos de 24 horas.

Resultado semelhante a esse foi encontrado por Rodrigues et al., (2011) estudando as populações fúngicas e bacterianas em solo da Amazônia, em que a variação da temperatura afetou as populações dos microrganismos do solo.

Os resultados de quantidade de carbono liberada na forma de CO₂ (Figura 3) acumulado significativamente apontam maior atividade de respiração no tratamento “erva mate” comparado com “testemunha”, “substâncias húmicas” e “CSA”.

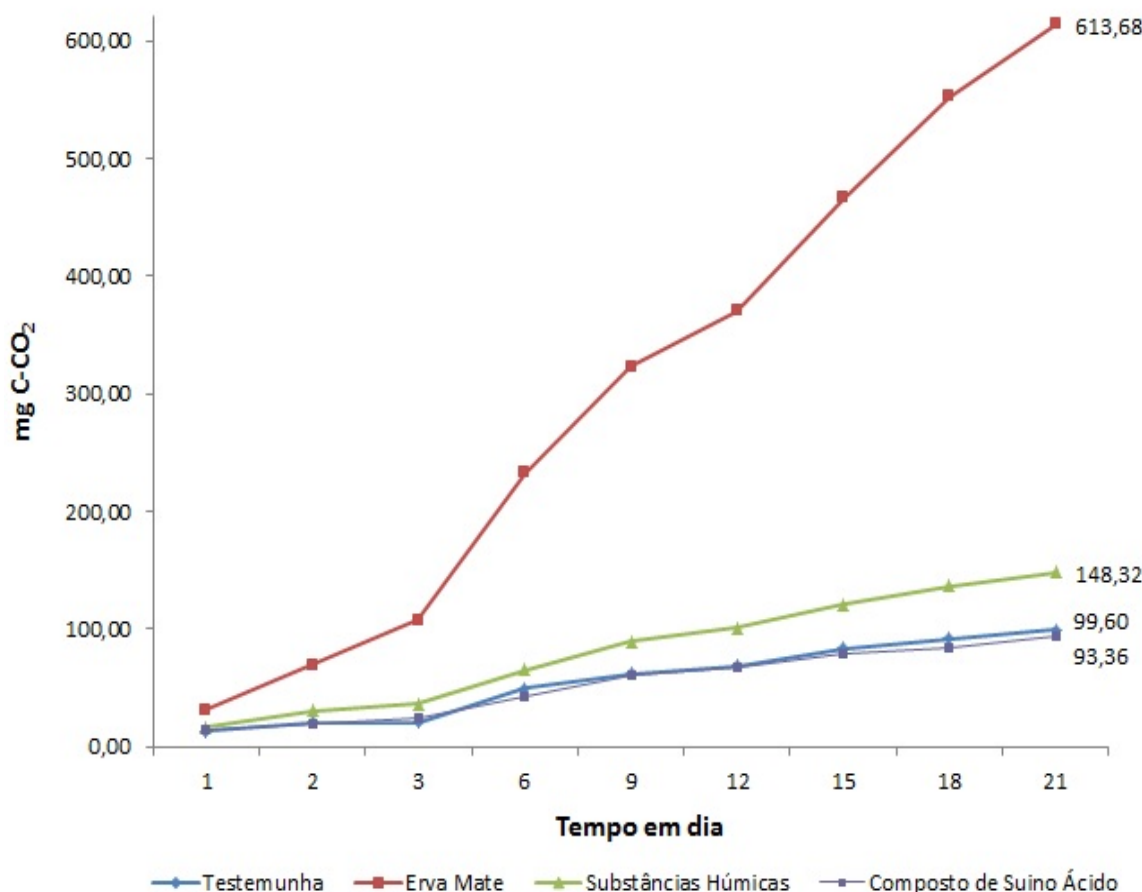


Figura 3 - Acumulado da flutuação de CO₂ obtidas das avaliações.

Segundo Esmelindro et al., (2002), a folha seca de erva mate contém 6,01% de cinzas, 21,10% de fibras, 6,76% de gorduras, 14,49% de proteínas, 1,50% de glicose e 2,27% de sacarose. O produto GrowMatetmSoil, segundo o fabricante, contém 16% de substâncias húmicas (contidas dentro de uma percentagem total de 50% de matéria orgânica). O CSA foi obtido por compostagem de dejetos líquidos de suínos (8,3 L. kg⁻¹) misturados com maravalha (233 kg) e compostados em meio ácido (adição 3,5 mL de ácido fosfórico. L de dejetos⁻¹), conforme descrito em Ludtke (2014).

A glicose e sacarose são carboidratos de fácil degradação o que contribui para o rápido aumento da atividade respirométrica. As substâncias húmicas e mesmo outros compostos

orgânicos (proteínas e gorduras da matéria orgânica) são compostos de difícil degradação, em relação à glicose e sacarose (Moreira e Siqueira, 2006). Dessa forma, a baixa atividade microbiana observada no tratamento em que se aplicou as substâncias húmicas, reflete o aumento da recalcitrância da matéria orgânica decorrente do processo de humificação, que tende a proteger a matéria orgânica da degradação microbiana.

Comparativamente, ainda que a erva-mate apresente baixos teores de glicose e sacarose, demonstrou ser o substrato mais suscetível à degradação microbiana que as demais fontes de carbono empregadas.

Segundo Passos (2000), solos sob cultivo de gramíneas apresentam maior disponibilidade de fósforo e potássio e menor teor de carboidratos, comparado a solos cultivados com plantas arbóreas e leguminosas. Um estudo comparando a produção acumulada de CO₂ até 37 dias de um Latossolo Vermelho sobre vegetação natural de Cerradão e sob cultivo de milho por 30 anos apresentou acúmulo de CO₂ estatisticamente significativo maior em solo de Cerradão (Passos et al., 2007), ou seja, a mineralização da matéria orgânica do solo ocorre de forma menos expressiva em solos sob cultivo de milho. Considerando que o solo provém de local com cultivo de gramíneas, é razoável supor que os microrganismos presentes no solo estão bem adaptados à degradação de fibras, o que explicaria a resposta obtida da erva mate e também porque as substâncias húmicas não apresentaram diferença significativa na atividade microbiana.

Paralelamente pode-se inferir que o tratamento de composto de dejetos suíno ácido não diferiu do tratamento com substâncias húmicas em razão de que no processo de maturação do composto ocorre a formação de ácidos húmicos, e em decorrência da utilização de serragem e maravalha para sua composição substratos que apresentam elevados teores de lignina, pois dificultam a decomposição. Essa argumentação é suportada por Amir et al., (2005), onde observaram que o produto da compostagem apresenta mais estruturas aromáticas e policondensadas, sendo mais estável química e biologicamente que o material que o originou, isto é, mais recalcitrante.

Morreti et al., (2015), em experimento de composto orgânico de lodo de esgoto e lodo de esgoto sem compostagem, observaram que a atividade microbiana é maior no lodo *in natura* que no produto da compostagem, atribuindo a menor atividade microbiana à proteção dada à matéria orgânica através da humificação e a maior proximidade da razão C:N do material original daquela observada no solo.

Kanaparthi e Conrad (2015), em experimento com substâncias húmicas e bactérias desnitrificantes no tratamento controle (substâncias húmicas + *T. denitrificans*) encontraram

ausência de crescimento microbiano, ou seja, as bactérias não foram capazes de qualquer oxidação ou redução das substâncias húmicas. Portanto, um dos fatores que não diferenciou o tratamento testemunha do tratamento com substâncias húmicas, pode ter sido devido à ausência de microrganismos capazes de reduzir ou oxidar este material.

Na Tabela 1, têm-se os modelos ajustados para a liberação de CO₂, os coeficientes de determinação e a estimativa de produção de 50% de CO₂, observa-se que o tratamento com erva-mate foi o que apresentou o maior tempo para atingir os 50% da produção (11,6 dias), isso está associado a alta relação C:N e a maior ação de fungos na decomposição desse carbono. Em seu trabalho Broilo et al., (2012), encontram um grupo de 16 gêneros de fungos que atuam na decomposição de resíduo de erva mate, demonstrando a importância desses organismos para a decomposição de materiais orgânicos.

Tabela 1 - Modelos de ajuste da evolução de CO₂, coeficiente de determinação e estimativa de produção de 50% de CO₂ em dias, de diferentes fontes de carbono ao solo. Porto Alegre, 2017.

Tratamento	Modelo de ajuste	R ²	50% de produção de CO ₂ (dias)
Erva Mate	$y = 77,2x - 78,56$	0,99	11,6
Sub. Húmicas	$y = 17,46x - 4,42$	0,99	10,5
SBC	$y = 10,81x - 0,06$	0,98	10,1
Testemunha	$y = 11,73x - 1,986$	0,97	10,2

Os resultados não demonstraram diferenças significativas entre o controle e os tratamentos com substâncias húmicas e composto de dejetos suíno ácido. Isso evidencia que, embora atuem como fertilizantes, estes aportes não contribuem significativamente para o metabolismo dos microrganismos do solo no período investigado.

CONCLUSÕES

- a - As substâncias húmicas e composto de dejetos suíno ácido não contribuem significativamente para o metabolismo dos microrganismos do solo.
- b - Os microrganismos presentes no solo amostrado estão aptos a decomposição de material rico em fibras, tais como a erva-mate.

REFERÊNCIAS

- AMIR, S., HAFIDI, M., MERLINA, G., REVEL, J.C.. Structural characterization of fulvic acids during composting of sewage sludge. **ProcBiochem**. 2005;40:1693-700.
- BELOTTE, A. F. J.; SILVA, H. D.; GAVA, J. L.; MENEGOL, O. Nutrient export by clear cutting *E. grandis* of different ages on two sites in Brazil. In: KOBAYASHI, S.; TURNBULL, J. J.; TOMA, T.; MORI, T.; MAJID, N. M. N. A., eds. **Rehabilitation of degraded tropical forest ecosystems**. Bogor, Indonésia – Center for International Forestry Research, Bogor, Indonésia. p. 173-177, 2001
- BROILO, C. F.; TIBURSKI, S.; NASCIMENTO, D. C.; MARTINS, A. A.; QUADROS, E. S. Isolamento e identificação micológica de compostagem elaborada a partir de diferentes resíduos. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, Universidade Federal do Pampa, Dom Pedrito, 2012. ISSN: 2317-3203.
- DANIEL, O. **Erva-mate Sistema de produção e processamento industrial**. Dourados: UFGD, 2009.
- DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE PORTO ALEGRE: **Geologia, Solos, Drenagem, Vegetação/Ocupação e Paisagem**. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2008. 84p.
- ESMELINDRO, M. C., TONIAZZO, G., WACZUK, A., DARIVA, C., OLIVEIRA, D. Caracterização físico-química da erva-mate: Influência das etapas do processamento industrial. **CienTecnolAliment** 2: 199-204.2002.
- KANAPARTHI, D. E CONRAD, R. Role of humic substances in promoting autotrophic growth in nitrate-dependent iron-oxidizing bacteria. **Systematic and Applied Microbiology**. 2015. 38:184-188.
- LANGENHEDER S., LINDSTRON E. S., TRANVIK L.J. Poor coupling between community composition and functioning of aquatic bacteria. *Limnol. Oceanogr.*, 2005. 50: 957-967.

LOBO, L. M. **Substância húmica e fontes de fósforo em latossolo vermelho e neossolo quartzarênico**. 2015. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

LUDTKE, ANA CRISTINA. **Matéria orgânica e produção de alface e cebolinha em argissolo vermelho com aplicação de fertilizantes alternativos**. 2014.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006

MORRETI S. M. L., BERTONCINI E., I., ABREU JUNIOR C., H. Decomposição de lodo de esgoto e composto de lodo de esgoto em NitossoloHáplico. **Rev. Bras. Ci. Solo**. 2015. 39:1796-1805.

NARDI, S., PIZZEGHELLO, D., MUSCOLO, A.;VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 34, p. 1527-1536, 2002.

PASSOS R.R. **Carbono orgânico e nitrogênio em agregados de um Latossolo Vermelho distrófico sob duas coberturas vegetais**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 89p. (Tese de Doutorado).

PASSOS R.R., RUIZ H. A., MENDONÇA E. S., CANTARUTTI R.B., SOUZA A. P. (Substâncias Húmicas, Atividade Microbiana E Carbono Orgânico Lábil Em Agregados De Um Latossolo Vermelho Distrófico Sob Duas Coberturas Vegetais. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:1119-1129, 2007.

PICCOLO, A. The supramolecular structure of humic substances. **Soil science**. v. 166, n. 11, p. 810–832. 2001.

QUADRO, M.S.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS, R.M.V.; VIVIAN, G. Biomassa e atividade microbiana em solo acrescido de dejetos suínos. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.17, n.1-4, p.85-93, 2011.

RODRIGUES, H.J.B., SÁ, L.D.A., RUIVO, M.L.P., COSTA, A.C.L., SILVA, R.B., MOURA, Q.L., MELLO, I.F. Variabilidade quantitativa de população microbiana associada às condições microclimáticas observadas em solo de floresta tropical úmida. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.4, 629 – 638, 2011.

SILVA. N. R.; CAMARGO, A. P. F.; WANGEN, D. R. B.. Produção orgânica de alface adubada com diferentes tipos de compostos orgânicos. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 2013.

SOUSA, A. P.; JORGE, R. M. M.; WEINCHUTZ, R.; MOTTA, A. C. V.; MATHIAS, A. L. Reciclagem agrícola com borra de erva mate para recompor macronutrientes. **XII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas**— Poços de Caldas – Minas Gerais, 20 a 22 de maio de 2015.