

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

COMPOSTO ORGÂNICO OBTIDO POR PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE LODO DE ESGOTO COM INOCULAÇÃO DE BIORREMIADOR

* Welliton Leandro de Oliveira Boina ¹

João Sérgio Cordeiro ¹

Roberto Lyra Villas Bôas ²

Rosane Freire Boina ³

ORGANIC COMPOUND OBTAINED BY THE PROCESS OF COMPOSTING OF SEWAGE SLUDGE WITH INOCULATION OF BIORREMIADOR

Recibido el 1 de octubre de 2019; Aceptado el 31 de enero 2020

Abstract

In order to facilitate and accelerate the process of waste Bio-oxidation to obtain products with better quality, stabilized and sanitized, several effective microorganism-based bioremediators are available. The efficiency of the bioremediator may vary according to the type of waste and bioxidation process used. However, its use and effectiveness can be considered contradictory, not presenting standardization of responses to similar situations. The purpose of this study was to analyze and compare the organic compound formed by composting process in the presence and absence of the biorremediaodor inoculation in sewage sludge from an anaerobic treatment. The results showed that the bioremediator in the composting process is more useful in occasions when the microorganisms used are compatible with the characteristics of the residue, so in this study there was no evidence of acceleration of the composting process.

Keywords: biorremediador, composting, inoculant, organic compound, sewage sludge.

¹ Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, Brasil.

² Departamento de Solos e Recursos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Brasil.

³ Departamento de Química e Bioquímica, Universidade Estadual Paulista; Faculdade de Ciências e Tecnologia, Brasil.

*Autor correspondente: Rua Yosiko Akamine, n. 268, Parque Santa Clara, Presidente Prudente-SP, CEP: 19025-566, Brasil.

Email: weboina@gmail.com

Resumo

Com o intuito de favorecer e acelerar o processo de bioxidação de resíduos orgânicos para obtenção de um produto final de melhor qualidade, estabilizado e higienizado, e em um menor intervalo de tempo, vários biorremediadores para inoculação a base de microrganismos efetivos estão disponíveis no mercado. A eficiência do biorremediador varia quanto ao tipo de resíduo e processo de bioxidação utilizado. Entretanto, seu uso e efetividade podem ser considerados contraditórios, não apresentando padronização de respostas a situações semelhantes. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi analisar e comparar o composto orgânico formado por processo de compostagem na presença e ausência da inoculação de biorremediador em lodo de esgoto oriundo de um tratamento anaeróbio. Os resultados permitiram constatar que a inoculação de biorremediador no processo de compostagem se faz mais proveitosa em ocasiões em que os microrganismos utilizados são compatíveis com as características do resíduo, assim neste estudo não evidenciou-se o aceleração do processo de compostagem.

Palavras chave: biorremediador, compostagem, composto orgânico, inoculante, lodo de esgoto.

Introdução

A Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) constitui um sistema que tem como objetivo remover partículas sólidas contidas nas águas servidas. Amiralian *et al.* (2015), apontam que essas partículas sólidas constituem um resíduo denominado lodo de esgoto, principal subproduto do tratamento do esgoto sanitário (Boina *et al.*, 2015).

Decorrente das legislações cada vez mais rigorosas, Peng *et al.* (2018) e Wu *et al.* (2014) expõem que a destinação e o gerenciamento deste tipo de resíduo são extremamente importantes, uma vez que as quantidades produzidas anualmente são crescentes, devido ao aumento da população e da industrialização. Assim, na atualidade, umas das preocupações das companhias de saneamento, administradores públicos e da população é quanto ao destino final dos resíduos gerados nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's), a fim de evitar o comprometimento dos efeitos benéficos da coleta e do tratamento das águas servidas (Boina *et al.*, 2015).

Zhang *et al.* (2015) e Wear e Vega Thurber (2015), expressam que esta crescente preocupação advém do fato de problemas ambientais complexos que afetam a saúde humana e os ecossistemas por meio de processos oriundos da disposição final inadequada de lodos de esgotos em aterros, oceanos, solos agrícolas e etc.

No entanto, como alternativa, comumente entre os tratamentos e disposições finais, o que mais se evidencia é a redução de volume e umidade para disposição em aterro sanitário. Eilhann *et al.* (2018), expõem que o aterro sanitário é um processo comum para eliminação do lodo de esgoto, entretanto, a disposição deste resíduo em aterros sanitários não é desejável, devido ao volume gerado e a área disponível do aterro ser limitada. Porém, não há como negar algumas prerrogativas que vão ao encontro a este tipo de possibilidade. Além da escassez de áreas aptas à construção e aterros sanitários, deve-se considerar as imposições da Lei nº 12.305/10,

regulamentada pelo Decreto nº 7.404/10, de 23 de dezembro de 2010, que após sua promulgação, estabeleceu diretrizes para gestão de resíduos sólidos (Boina, 2018).

Diante o exposto, Robledo-Mahón *et al.* (2018) expõem que reutilização do lodo de esgoto sanitário por meio do processo de compostagem é uma alternativa ambientalmente e economicamente sustentável, que reduz o volume do resíduo, higieniza e permite seu uso como composto orgânico. Nesta percepção, Garrido-Baserba *et al.* (2015) corroboram que seria possível recuperar parte dos custos do tratamento sob condições operacionais de baixo custo, uma vez que estes custos segundo Neyens *et al.* (2004), podem representar cerca de 25% a 50% do total dos custos.

Em conformidade com Latare (2014) e Zielińska e Oleszczuk (2015), a transformação do lodo de esgoto em composto orgânico é uma alternativa viável, pois o esgoto sanitários contêm uma valiosa fonte de nutrientes e uma grande quantidade de matéria orgânica que poderiam ser usados para melhorar a fertilidade do solo, produção vegetal, e recuperar algumas propriedades físicas e químicas do solo, tais como estrutura, umidade, porosidade, fornecimento de nutrientes para plantas, teor de húmus e capacidade de troca de cátions, assim como promover a atividade microbiológica. Além dessas possibilidades, conforme Lim *et al.* (2015), a utilização do composto orgânico diferentemente dos fertilizantes químicos, a longo tempo não afeta a capacidade do solo em sustentar o crescimento saudável de plantas e a produção agrícola.

Neste aspecto, objetivando favorecer o processo de compostagem, resultando numa compostagem acelerada e obtenção de um produto de melhor qualidade, conforme apresenta Fan *et al.* (2018), vários biorremediadores (aceleradores de compostagem) para inoculação a base de microrganismos efetivos (EM), estão disponíveis no mercado. A eficiência do biorremediador varia quanto ao tipo de resíduo e processo de biooxidação utilizado. Entretanto, seu uso e efetividade podem ser considerados contraditórios em relação a utilização de microrganismos efetivos para a compostagem como exposto nos estudos desenvolvidos por Jushe *et al.* (2013), Nair e Okamitsu (2010) e Fan *et al.* (2018), não apresentando padronização de respostas a situações semelhantes.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi analisar e comparar o composto orgânico obtido por processo de compostagem de lodo de esgoto na presença e ausência da inoculação de biorremediador.

Material e métodos

O estudo foi desenvolvido no pátio de compostagem da Estação de Tratamento de Esgoto Lageado (ETE-Lageado) sob gerencia da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), onde foi instalada uma estufa de compostagem (Figura 1) com as seguintes

dimensões: 81.0 m (comprimento) x 12.8 m (largura) x 6.5 m (altura), correspondendo a uma área de 1036.8 m² (Boina, 2018).

A ETE-Lageado está localizada em uma área cedida de 14 ha, dentro da Fazenda Experimental Lageado, sede da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), da Universidade Estadual Paulista (UNESP), em Botucatu, SP.



Figura 1. Vista aérea da estufa de compostagem e da ETE Lageado. Fonte: Sabesp / ETE-Lageado

Conforme informações obtidas no escritório da Sabesp localizado na ETE-Lageado, a unidade de tratamento produz um volume médio diário de cerca de 12 m³ de lodo de esgoto úmido (80% de umidade), gerado nos Reatores UASB e que são encaminhados para centrifuga após receber polieletrólito, deste modo, resultando num volume mensal correspondente a 360 m³.

Na etapa de montagem da leira de compostagem, foram utilizados um volume de 50 m³ de lodo de esgoto sanitário (Figura 2), obtido do sistema de tratamento da própria ETE-Lageado, e como fonte de carbono e material estruturante, 50 m³ de casca de eucalipto (Figura 3), obtido em uma indústria de papel e celulose localizada na região de Botucatu, SP.

Em relação a proporção carbono nitrogênio (C/N), foi utilizada a relação 1:1, considerando recomendações, estudos e experiências anteriores desenvolvidas por Visentin *et al.* (2017) e Cruz *et al.* (2017). A Figura 4, apresenta a mistura em relação C/N de 1:1.



Figura 2. Lodo de esgoto centrifugado após receber polieletrolito



Figura 3. Casca de eucalipto usado como material estruturante e fonte de carbono



Figura 4. Relação C/N 1:1 - lodo de esgoto e casca de eucalipto

Após a casca de eucalipto ser intercalada com o lodo de esgoto e esse material ser depositado sequencialmente dentro da estufa de compostagem, obteve-se a formação de uma leira de compostagem de 25 m (comprimento) x 2 m (largura) x 2 m (altura), correspondendo a um volume total de 100 m³. A Figura 5 apresenta a leira de compostagem.



Figura 5. Formação da leira de compostagem

Neste estudo, o processo de compostagem teve duração de 45 dias e os parâmetros monitorados diariamente foram a temperatura e umidade. O monitoramento da temperatura foi realizado de forma ininterrupta com a utilização de um micrologger para aquisição de dados, marca Campbell Scientific CR23X. Para manter o micrologger funcionando continuamente, utilizou-se um painel solar fotovoltaico e uma bateria de 12v que teve a função de nobreak para os períodos noturno, dias nublados ou de chuva. A Figura 6 apresenta a composição do micrologger, storage module, bateria e painel fotovoltaico.

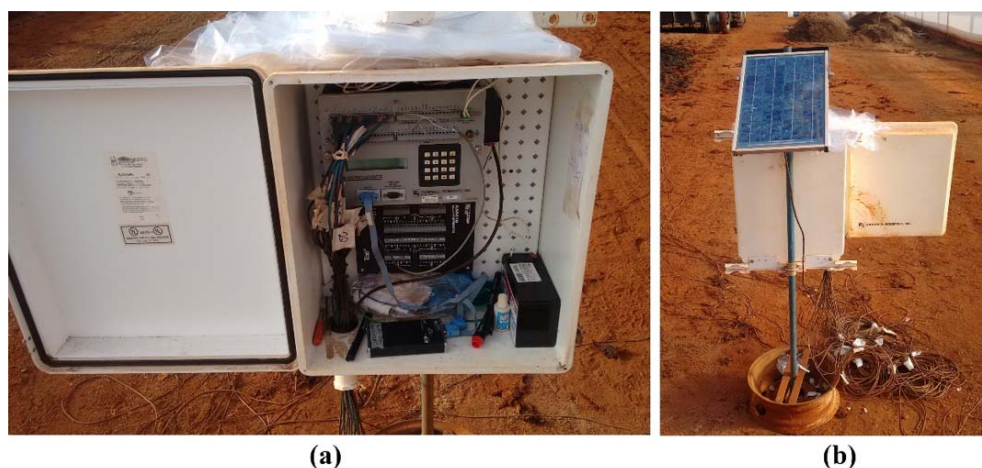


Figura 6. (a) micrologger, storage module, batería 12v. (b) painel solar fotovoltaico.

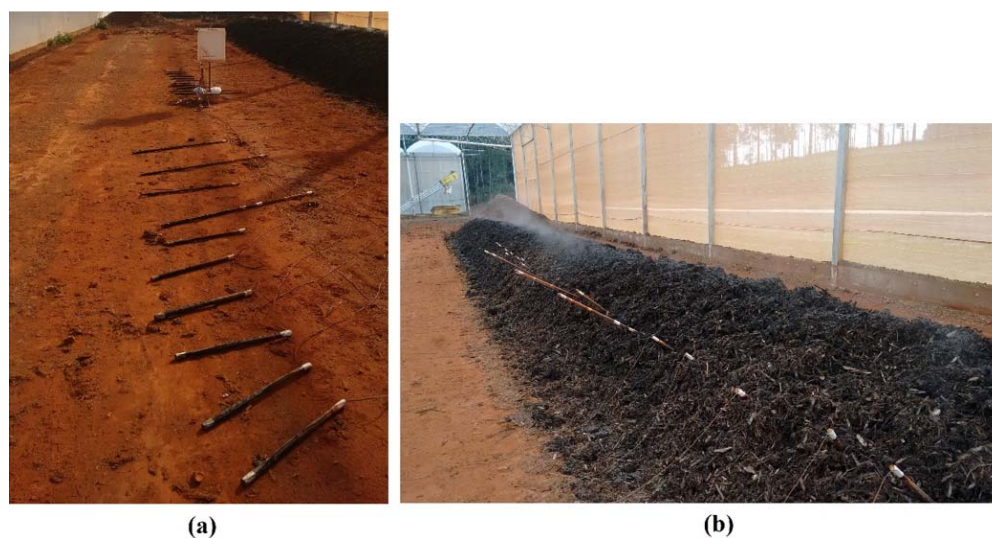


Figura 7. (a) termopares. (b) termopares posicionados na leira de compostagem.

Foram conectados ao micrologger 20 sensores de temperatura do tipo termopar. Cada termopar foi cuidadosamente posicionado em intervalo de 1 m, perpendicularmente na altura média da leira e inserido até o centro. A Figura 7 apresenta os termopares posicionados na leira de compostagem.

Em relação ao teor de umidade, o monitoramento ocorreu por meio da coleta de amostras. Cada amostra correspondeu a um volume de cerca de 150 g de material, coletado em áreas ao redor de cada termopar, de forma a representar todo perfil da leira. Posteriormente as amostras foram acondicionadas em caixa de poliestireno e mantidas sob refrigeração até o momento das análises. A Figura 8 apresenta as amostras para análise em laboratório.



Figura 8. Amostras obtidas na região de cada termopar na leira de compostagem

O teor de umidade foi obtido pela seguinte expressão:

$$\text{Teor de umidade} = 1 - (\% \text{ teor de sólidos})$$

Onde o (% teor de sólidos) foi obtido pela determinação de sólidos totais (ST), por meio do Método J – Resíduo total (sólidos totais) – Modificados para lodos e sedimentos conforme a NBR 10644/1989.

Em relação a etapa de inoculação do biorremediador, a leira de compostagem foi dividida em duas partes iguais de 12.5 m x 2 m x 2 m. Uma parte foi utilizada para inoculação do biorremediador e a outra como controle, sem inoculação, para fins de comparação, durante e ao fim do processo de compostagem.

A inoculação do biorremediador ocorreu após a formação da leira, sempre de forma manual com o auxílio de um regador. No procedimento sempre foi utilizado 1 L de solução ativa do biorremediador para cada 1 m³ da leira de compostagem, espalhando o produto uniformemente da base ao topo, mas sempre antes de cada novo revolvimento.

O revolvimento de ambas as leiras foi realizado coincidindo com o relatado por Cruz *et al.* (2017), para homogeneizar o material e também para controlar a temperatura e umidade ao longo do período de compostagem, com a finalidade de manter a temperatura na faixa situada entre 55 e 65°C e a umidade entre 50 e 60%, valores considerados adequados para ocorrência de atividade microbiológica.

O processo de compostagem foi observado e monitorado por 50 dias (10 de agosto a 28 de setembro de 2017, total de 8 semanas), onde foram realizados 11 revolvimentos nesse período de forma mecanizada, distribuídos da seguinte forma: 1 vez na primeira semana (dia 10/08), 3 vezes na segunda semana (dias 14, 16 e 18/08), 2 vezes na terceira e quarta semana (dias 21, 24, 28/08 e 01/09), 1 vez na quinta, sexta e sétima semana (dias 06, 12, e 18/09), sendo que na última semana não foi realizado revolvimento.

Após o encerramento do processo de compostagem, obteve-se o composto orgânico estabilizado e higienizado, donde foram coletadas amostras e realizadas análises de âmbito agrônomo para fertilizantes orgânicos, de acordo com as exigências estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Considerou-se para as análises o disposto na Instrução Normativa IN/MAPA 03/2015 – Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizante e corretivos. Neste sentido, as avaliações dos resultados das amostras dos compostos orgânicos obtidos na presença e ausência da inoculação de biorremediador, seguiram de acordo com o que rege as Instruções Normativas da Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA/MAPA).

As amostras foram coletadas de forma a representar homogeneamente os compostos orgânicos obtidos em ambas as leiras, onde cada amostragem resultou em 1 kg de composto orgânico. O procedimento de coleta e armazenamento teve como parâmetro o disposto na Norma NBR 10007: 2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e posteriormente foram encaminhadas para análise no Laboratório LaborSolo[®], localizado em Londrina, PR.

Em relação as análises, optou-se por fazer a análise mais completa disponível no Laboratório LaborSolo[®] para fertilizantes orgânicos, com o objetivo de analisar a viabilidade de uso do composto no solo e confrontar os resultados das duas amostras. Neste sendo, as análises realizadas foram:

- Caracterização agronômica: Determinação de macronutrientes (nitrogênio total, fósforo total, potássio solúvel, cálcio total, magnésio total e enxofre total) e micronutrientes (boro total, cloro solúvel, cobre total, ferro total, manganês total, molibdênio total, sódio total, níquel total e zinco total).
- Contaminantes inorgânicos: Determinação de cádmio total, chumbo total, cromo total e cobalto total.
- Caracterização complementar: Determinação de carbono orgânico, carbono total, umidade perdida a 65 e 110°C, sólidos totais fixos a 110 e 550°C e sólidos voláteis totais.
- Relações agronômicas: Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Capacidade de Retenção de Água (CRA), Relação Carbono Orgânico/Nitrogênio (C.O./N) e Relação Capacidade de Troca de Cátions/Carbono (CTC/C).
- Parâmetros físico-químicos: pH em CaCl₂, Condutividade elétrica (C.E.), Índice salino e densidade.

Resultados e discussão

A Tabela 1, apresenta os valores obtidos de macronutrientes primários nas amostras dos compostos orgânicos para aplicação no solo no estado sólido, bem como os teores mínimos para aplicação no solo na forma sólida, conforme estabelecidos na Seção III, Art. 4º na IN SDA/MAPA 25/2009.

Tabela 1. Teores de macronutrientes primários após análises das amostras dos compostos orgânicos e teores mínimos exigíveis de referência

Macronutrientes	Amostra inoculada (%)	Amostra controle (%)	IN DAS 25/2009 (%)
Nitrogênio total (N)	3.09	2.66	*
Fósforo total (P ₂ O ₅)	2.60	2.12	*
Potássio solúvel (K ₂ O)	0.29	0.27	*

(): Os fertilizantes sólidos ou líquidos para aplicação no solo terão a forma e solubilidade dos nutrientes indicadas como percentagem mássica, tal como é vendido, como segue, exceto nos casos em que se preveja expressamente a sua indicação de outro modo.*

Fonte: Adaptado de IN SDA/MAPA 25/2009

Em relação aos macronutrientes secundários e micronutrientes, a Tabela 2, apresenta os teores obtidos, bem como os teores mínimos para aplicação no solo na forma sólida, conforme estabelecidos na Seção III, Art. 6º na IN SDA/MAPA 25/2009.

Conforme a Tabela 2, as análises das amostras dos compostos orgânicos apresentaram dois macronutrientes secundários (Ca e S) dentro dos teores mínimos exigíveis pela IN SDA/MAPA 25/2009. Entretanto em ambas as análises, o teor do macronutriente secundário (Mg), apresentou teores abaixo do mínimo exigível.

Em relação aos oito micronutrientes analisados (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn e Co), três micronutrientes (Cu, Mn, Zn) apresentaram teores abaixo do exigível e um não foi detectável (B).

Tabela 2. Teores de macronutrientes secundários após análise das amostras dos compostos orgânicos e teores mínimos exigíveis de referência

Macronutrientes	Amostra inoculada (%)	Amostra controle (%)	IN SDA 25/2009 (%)
Cálcio total (Ca)	1.760	1.480	1
Magnésio total (Mg)	0.200	0.220	1
Enxofre total (S)	1.340	1.310	1
Boro total (B)	N.D.	N.D.	0.030
Cobre total (Cu)	0.018	0.017	0.050
Ferro total (Fe)	2.973	2.259	0.200
Manganês total (Mn)	0.030	0.356	0.050
Molibdênio total (Mo)	0.009	0.008	0.005
Níquel total (Ni)	0.006	0.005	0.005
Zinco total (Zn)	0.040	0.040	0.100
Cobalto total (Co)	0.005	0.005	0.005

(N.D.) Não Detectável) / (***) análise não realizada

Fonte: Adaptado de IN SDA/MAPA 25/2009

Em relação aos contaminantes inorgânicos, as análises tiveram como parâmetro os limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo, conforme consta no Anexo V da IN SDA/MAPA 27/2006. A Tabela 3, apresenta os contaminantes inorgânicos analisados e apresenta os limites máximos permitidos.

Tabela 3. Contaminantes inorgânicos após análise das amostras dos compostos orgânicos e limites máximos admissíveis de referência

Contaminante inorgânico	Amostra inoculada (mg/kg)	Amostra controle (mg/kg)	IN SDA 27/2006 (mg/kg)
Cádmio total (Cd)	36.18	36.12	3.00
Chumbo total (Pb)	53.21	50.86	150.00
Cromo total (Cr)	178.60	167.50	2.00
Níquel total (Ni)	63.43	56.47	70.00

Fonte: Adaptado de IN SDA/MAPA 27/2006

As análises apresentaram dois contaminantes inorgânicos (Pb e Ni) dentro do limite máximo estabelecido e dois (Cr e Cd) fora do limite máximo estabelecido na IN SDA/MAPA 27/2006. Isso pode ter relação com o sistema de tratamento de esgoto sanitário adotado, com as características do esgoto bruto que chega à estação ou com o material estruturante utilizado como fonte de carbono.

Referente as relações agronômicas, a CTC, CRA, Relação C.O./N e Relação CTC/C, tiveram como parametro o disposto no Capítulo II, Seção V, Art. 7º da IN SDA/MAPA 35/2006. Deste modo, a Tabela 4, apresenta os resultados obtidos e os valores mínimos estabelecidos pela referida IN.

Tabela 4. Relações agronômicas após análise das amostras dos compostos orgânicos e valores mínimos estabelecidos de referência

Relações agronômicas	Amostra inoculada	Amostra controle	IN SDA 35/2006
CTC	372.00 (mmol _c kg ⁻¹)	332.00 (mmol _c kg ⁻¹)	200 (mmol _c kg ⁻¹)
CRA	73.66 (%)	76.96 (%)	60 (%)

Fonte: Adaptado de IN SDA/MAPA 35/2006

De acordo com a IN SDA/MAPA 35/2006, tanto a capacidade de troca catiônica (CTC) quanto a capacidade de retenção de água (CRA), apresentaram valores acima do valor mínimo admissível. Cabe ressaltar que a Relação C.O./N nas amostras do fertilizante orgânico, apresentaram valores abaixo do índice de referência máxima (18%). Entretanto a Relação CTC/C, apresentou valores abaixo do índice mínimo (20%).

Entretanto, durante o processo de compostagem, notou-se na leira que recebeu a inoculação do biorremediador uma leve diminuição em relação aos odores e visivelmente notou-se estágio levemente avançado de degradação da matéria orgânica, porem em ambos os casos, nada muito expressivo como evidenciado no estudo desenvolvido por Jusoh *et al.* (2013). Essas discrepâncias podem ser justificadas pelos estudos de Nair e Okamitsu (2010), onde expõem que o emprego de biorremediador, constituído por microrganismos efetivos, não é necessária para garantir uma boa compostagem. Deste modo, conforme Fan *et al.* (2018), a utilização do biorremediador se faz mais proveitosa em ocasiões em que os microrganismos utilizados são compatíveis com as características do resíduo a ser submetidos ao processo de compostagem.

Conclusão

Conclui-se neste estudo, considerando o tipo de lodo de esgoto utilizado, que a inoculação de biorremediador no processo de compostagem se faz mais proveitosa em ocasiões em que os microrganismos utilizados são compatíveis com as características do resíduo, assim neste estudo não evidenciou-se o aceleração do processo de compostagem.

Referências bibliográficas

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004) *Amostragem de resíduos sólidos*. NBR 10007:2004, 21 pp.
- Amiralian, S., Budihardjo, M.A., Chegenizadeh, A., Nikraz, H. (2015) Study os scale effect on strenght characteristic of stabilised composite with sewage sludge - Part A: Preliminary study. *Construction and Building Materials*, **80**, 339-345. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.117>

- Brasil, Presidência da República Casa Civil (2010) *Decreto nº 7.404 - Regulamenta a Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências*, Publicação Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília – DF, 23 de dezembro de 2010. Acesso em 2 março de 2018, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm
- Brasil, Presidência da República Casa Civil (2010) *Lei Federal nº 12.305 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº. 9.605, e dá outras providências*, Publicação no Diário da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 de agosto de 2010. Acesso em 07 de março de 2018, disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Defesa Agropecuária (2015) *Instrução Normativa nº3, Métodos oficiais para realização de ensaios em amostras oriundas do controle oficial de fertilizantes e corretivos, constantes do Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos indexado ao International Standard Book Number (ISBN) sob o número 978-85-7991-081-4, cuja adoção será obrigatória pelos laboratórios integrantes da Rede Nacional de Laboratórios Agropecuários do Sistema Unificado de Atenção a Sanidade Agropecuária, a partir de fevereiro de 2015*, Publicação no Diário da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 de janeiro de 2015. Acesso em 2 de março de 2018, disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-03-de-26-01-2015-aprova-metodos-oficiais-de-fertilizantes-e-corretivos.pdf/view>
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Defesa Agropecuária (2009) *Instrução Normativa nº 25-Aprova as sobre as especificações e as garantias as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura, na forma dos Anexos à presente Instrução Normativa*, Diário da República Federativa do Brasil, Brasília-DF, 28 de julho de 2009. Acesso em 10 de março de 2018, disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229186>
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Defesa Agropecuária (2006) *Instrução Normativa nº27,Fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes, para serem produzidos, importados ou comercializados, deverão atender aos limites estabelecidos nos Anexos I,II, III, IV e V desta Instrução Normativa no que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas*, Publicação no Diário da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 de maio de 2016. Acesso em 10 de março de 2018, disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-sda-27-de-05-06-2006-alterada-pela-in-sda-07-de-12-4-16-republicada-em-2-5-16.pdf>
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Defesa Agropecuária (2006) *Instrução Normativa nº35, Fica aprovada as normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura, na forma do Anexo a esta Instrução Normativa*, Publicação no Diário da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 de julho de 2006. Acesso em 12 março de 2018, disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-35-de-4-7-2006-corretivos.pdf/view>
- Boina, W.L.O., Cordeiro, J.S., Freire, R. (2015) *Investigação e avaliação de macro e micronutrientes em lodos de esgotos*. In Araújo, R.R., Dias, L.S., Benini, S.M. (Eds.), *Água: tratamento, efluentes e lodos*, ANAP, Tupã, 76-87.
- Boina, W.L.O., (2018) *Aceleração do processo de compostagem de lodos gerados em reatores UASB com inóculo comercial*, Tese de doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 109 pp.

- Cruz, C.V., Mateus, C.M.D., Bôas, R.L.V., Gariba, M.M., Fernandes, D.M., Silva, M.R. (2017) Características físicas e químicas na compostagem do lodo de esgoto com três tipos de materiais estruturantes, *8º Forum Internacional de Resíduos Sólidos*, Curitiba, Brasil.
- Eilhann, E.K., Lee, T., Ok, Y.S., Tsang, D.C.W., Park C., Lee, J. (2018) Effects of calcium carbonate on pyrolysis of sewage sludge. *Energy*, **153**, 726-731. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.04.100>
- Fan, Y.V., Lee, C.T., Klemes, J.J., Chua, L.S., Sarmidi, M.R., Leow, C.W. (2018) Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting. *Journal of Environmental Management*, **216**, 41-48. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.019>
- Garrido-Baserba, M., Molinos-Senante, M., Abelleira-Pereira, J.M., Fdez-Güelfo, L.A., Poch, M., Hernández-Sancho, F. (2015) Selecting sewage sludge treatment alternatives in modern wastewater treatment plants using environmental decision support systems. *Journal of Cleaner Production*, **107**, 410-419. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.021>
- Jusho, M.L.C., Manaf, L.A., Latiff, P.A. (2013) Composting of rice straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, **10**(17), 1-9. doi: <https://doi.org/10.1186/1735-2746-10-17>
- Latare, A.M., Kumar, O., Singh, S.K., Gupta, A. (2014) Direct and residual effect of sewage sludge on yield, heavy metals content soil fertility under rice-wheat system. *Ecological Engineering*, **69**, 17-24. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.03.066>
- Lim, S.L., Wu, T.Y., Lim, P.N., Shak, K.P.Y. (2015) The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **95**(6), 1143-1156. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6849>
- Nair, J., Okamitsu, K. (2010) Microbial inoculants for small scale composting of putrescible kitchen wastes. *Waste Management*, **30**(6), 997-982. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.02.016>
- Neyens, E., Baeyens, J., Dewil, R., Heyder, B. (2004) Advanced sludge treatment affects extracellular polymeric substances to improve activated sludge dewatering. *Journal of Hazardous Materials*, **106**(2-3), 83-92. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2003.11.014>
- Peng, L., Appels, L., Su, H. (2018) Combining microwave irradiation with sodium citrate addition improves the pre-treatment on anaerobic digestion of excess sewage sludge. *Journal of Environmental Management*, **213**, 271-278. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.02.053>
- Robledo-Mahón, T., Aranda, E., Pesciaroli, C., Rodríguez-Calvo, A., Silva-Castro, G.A., González-López, J., Calvo, C. (2018) Effect of semi-permeable cover system on the bacterial diversity during sewage sludge composting. *Journal of Environmental Management*, **215**, 57-67. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.041>
- Visentin, R., Mateus, C.M.D., Esperancini, M.S.T., Bôas, R.L.V., Cruz, C.V. (2017) Compostagem de lodo de esgoto em Botucatu: Avaliação preliminar de custos, *8º Forum Internacional de Resíduos Sólidos*, Curitiba, Brasil.
- Wear, S.L., Thurber, R.V. (2015) Sewage pollution: mitigation is key for coral reef stewardship. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1355**(1), 15-30. doi: <https://doi.org/10.1111/nyas.12785>
- Wu, T.Y., Lim, S.L., Lim, P.N., Shak, K.P.Y. (2014) Biotransformation of biodegradable solid wastes into organic fertilizers using composting or/and Vermicomposting. *Chemical Engineering Transactions*, **39**, 1579-1584. doi: <https://doi.org/10.3303/CET1439264>
- Zhang, W., Yuan, C., Xu, J., Yang, X. (2015) Beneficial synergetic effect on gas production during co-pyrolysis of sewage sludge and biomass in a vacuum reactor. *Bioresource Technology*, **183**, 255-258. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.01.113>
- Zielinska, A., Oleszczuk, P. (2015) The conversion of sewage sludge into biochar reduces polycyclic aromatic hydrocarbon content and ecotoxicity but increases trace metal content. *Biomass and Bioenergy*, **75**, 235-244. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.02.019>