

Eixo Temático ET-03-010 - Gestão de Resíduos Sólidos

ESTABILIZAÇÃO E HIGIENIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO PELA COMPOSTAGEM COM DIFERENTES AGENTES ESTRUTURANTES

Luiz Carlos Floriano da Silva; Luis Carlos Vinhas

Universidade Católica Dom Bosco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária, Mato Grosso do Sul.

RESUMO

A estabilização e higienização do lodo através de compostagem bem conduzida pode apresentar alta eficiência na eliminação de patógenos presentes no lodo de esgoto. A literatura apresenta uma série de trabalhos que atestam sua eficiência na produção de bio sólidos isentos de patógenos. O presente trabalho objetivou o estudo da estabilização e higienização do lodo de esgoto através da compostagem, utilizando bagaço de cana, capim napier triturado e conteúdo ruminal bovino como agentes estruturantes, adicionados em proporções crescentes ao lodo de esgoto desaguado (10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% e 90%). As análises microbiológicas do composto apontaram concentração de Coliformes Termotolerantes inferior a 10³ NMP/g de ST e a presença de Salmonella em 10 g de ST e número de ovos viáveis em quantidades elevadas, superiores aos limites estabelecidos pela Resolução Conama nº 375/2006, indicando que até este estágio de desenvolvimento do processo de compostagem, o mesmo não tem alcançado efetividade na redução de agentes patogênicos presentes no lodo de esgoto, a ponto de qualificá-lo para disposição na agricultura.

Palavras-Chaves: Compostagem; Lodo de Esgoto; bio sólido para uso agrícola.

INTRODUÇÃO

A compostagem pode ser definida como uma bio oxidação aeróbia exotérmica de um substrato orgânico heterogêneo, no estado sólido, caracterizado pela produção de CO₂, água, liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável. Os componentes orgânicos biodegradáveis passam por etapas sucessivas de transformação, sob a ação de diversos grupos de microorganismos, resultando num processo bioquímico altamente complexo. Sendo um processo biológico, os fatores mais importantes, que influem na degradação da matéria orgânica são a aeração, os nutrientes e a umidade (BETTIOL e CAMARGO, 2000).

A estabilização e higienização do lodo através de compostagem bem conduzida pode apresentar alta eficiência na eliminação de micro patógenos e, com isso pode ser obtido um produto final de alta qualidade agrônômica (AISSE et al., 2001, apud Scheer, 2010), atendendo normas rigorosas de utilização segundo Resolução CONAMA nº 375/2006 (BRASIL, 2006).

A influência das características do lodo no processo de compostagem está vinculada essencialmente aos seu teor de matéria orgânica. O lodo fresco ou o lodo ativado apresentam elevada fração de matéria orgânica facilmente degradável. Estes tipos de lodos contêm substratos que podem acelerar a atividade microbiológica durante a compostagem. No extremo oposto, os lodos excessivamente mineralizados, já tiveram a maior parte de seu conteúdo orgânico biodegradado, restando apenas as moléculas de

degradação mais difícil. Estes lodos não apresentam problema de odor forte ou atração de vetores, porém o desempenho da atividade microbiológica, na compostagem, pode ficar limitado por falta de matéria orgânica rapidamente degradável (FERNANDES e SILVA, 2010).

Teixeira (2012) constatou que a compostagem utilizando cargas entre 60 e 80 kg de lodo por metro quadrado de leira associado a agente estruturante, alcançou as maiores temperaturas (60-70°C), constituindo-se no mais eficiente método de higienização e ciclagem de nutrientes do lodo de esgoto de uma estação de tratamento de Florianópolis (SC), caracterizado por baixa contaminação por elemento inorgânicos e alta contaminação por microorganismos patogênicos. O produto do lodo, após permanência de 20 dias na compostagem resultou em um material Classe B, apto ao uso agrícola.

Corrêa et al. (2007) estudaram a compostagem de lodo de esgoto utilizando serragem, material resultante de poda de árvores e grama como estruturantes e posterior vermicompostagem como método destinado à produção de biossólido isento de patógenos., constando uma eficiência de desinfecção entre 93 e 100% ao final do processo de compostagem, concentrações que atendem à legislação brasileira para biossólidos Classe A. O biossólido compostado serviu adequadamente de matéria-prima para a vermicompostagem, que foi capaz de conduzir à eliminação total de ovos viáveis de helmintos no húmus resultante.

A compostagem estudada por Padovani (2006), utilizando proporções entre 60 a 100% de composto orgânico de lodo de esgoto em mistura com restos de grama, capim cortado e casca de arroz carbonizada, revelou-se eficaz, de acordo com a caracterização microbiológica e parasitológica, na promoção da desinfecção do lodo de esgoto e constituíram-se em substratos adequados para o desenvolvimento de mudas de árvores nativas e exóticas, constituindo uma alternativa viável para reaproveitamento do resíduo com economia de insumos e benefícios ambientais.

Reis (2011), recomenda a mistura de lodo de esgoto na proporção média de 30% aos resíduos orgânicos como capaz de incrementar a qualidade do composto, em termos de nutrientes utilizando-se como parâmetros os valores de carbono orgânico, fósforo, matéria orgânica, nitrogênio, matéria orgânica, aliada a decréscimos na contagem de organismos contaminantes presentes no lodo de esgoto. Todavia, a adição de lodo propiciou o aumento nos teores de Cr e Ni.

Estudos conduzidos por Silva et al. (2004), utilizaram a compostagem visando sua transformação em um fertilizante orgânico para aplicação no solo. O processo unicamente anaeróbico não foi eficiente para tratamento de bactérias patogênicas, à exceção de amostras que continham açúcar. O processo misto (aeróbico seguido de anaeróbico) mostrou-se mais eficiente que o anaeróbico, verificando-se uma elevação da temperatura acima de 60°C e provocando desinfecção dos resíduos e melhor humificação da matéria orgânica. Os autores recomendam a adição de 72 kg de poda fresca devidamente triturada e peneirada, 40 litros de lodo de esgoto proveniente da estação de tratamento primário avançado, sem adição de cal ou outro reagente alcalino com quantidade de sólidos totais de 5% e 40 litros de lodo de esgoto proveniente de lagoa facultativa com quantidade de sólidos totais de 5%.

Silva e Fernandes (1998) estudaram o processo de compostagem utilizando lodo de esgoto e resíduos de podas de árvores, em misturas (base seca), de 2.160 kg de biossólidos (43,43%), 2.808 kg de resíduos de podas de árvores (56,52%) e 5,2 kg de lodo de ETA (0,05%). Os experimentos mostraram que combinações dos resíduos estudados permitem excelente desempenho da atividade biológica no processo de

compostagem.; O processo de compostagem utilizado permitiu a total eliminação dos ovos de helmintos encontrados (100% inviáveis) e os níveis de metais pesados observados nas misturas ficaram muito abaixo dos limites fixados por normas para uso agrícola de biosólidos

O presente trabalho objetivou o estudo da estabilização e higienização do lodo de esgoto através da compostagem, utilizando bagaço de cana, capim napier triturado e conteúdo ruminal bovino como agentes estruturantes, com vistas à transformação do lodo de esgoto em biossólido com características microbiológicas e parasitológicas apto à destinação agrícola.

METODOLOGIA

O experimento desenvolvido em galpão coberto, entre agosto e setembro de 2014, instalado na área experimental de uso de resíduos na agricultura, da Escola Técnica Estadual Dr José Luiz Viana Coutinho, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza - CEETEPS, em Jales-SP, com as coordenadas geográficas de 20°16' 6" de latitude Sul e 50°32'56" de longitude Oeste, com altitude de 486 metros

O lodo de esgoto utilizado no experimento foi obtido por processo anaeróbico, sendo considerado lodo ativado, proveniente da Estação de Tratamento de Efluentes da cidade de Cardoso, SP, submetido a desaguamento em estufa plástica com teor de umidade, a 60-65°C, de 4,6% (m/m), cuja composição é descrita nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Composição do lodo de esgoto utilizado no experimento, base seca, da ETE de Cardoso, SP (1).

Parâmetro	Unidade	Resultado
pH (em água 1:10)	-	7,2
Umidade, a 60-65°C	%(m/m)	4,6
Sólidos Totais	%(m/m)	92,2
Sólidos Voláteis	%(m/m)	52,7
Carbono Orgânico	g de C/kg	330
Nitrogênio Kjeldahl	g de N/kg	45,5
Relação C/N	-	7,33

Tabela 2. Concentração de metais pesados no composto orgânico utilizado no experimento.

Teores de elementos com interesse agrícola		Concentração de metais pesados	
Parâmetro	Teor (g/kg)	Parâmetro	Teor (mg/kg)
Nitrogênio Amoniacal	2,101	Bário	209
Nitrogênio Nitrato-Nitrito	0,227	Arsênio	2,5
Potássio	0,773	Selênio	2,1
Cálcio	22,4	Mercúrio	< 1,0 ⁽²⁾
Enxofre	26,5	Cádmio	1,4
Fósforo	9,9	Chumbo	30,0
Magnésio	2,6	Cobre	214
		Cromo	1000
		Molibdênio	50
		Níquel	420
		Zinco	2800

Foram testados três diferentes agentes estruturantes: bagaço de cana, capim napier fresco e triturado e conteúdo ruminal bovino, adicionados em proporções crescentes ao lodo de esgoto desaguado (10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% e 90%), constituindo 27 tratamentos e 4 testemunhas (bagaço de cana puro, capim napier triturado puro e conteúdo ruminal bovino puro e lodo de esgoto puro), com 3 repetições em baldes plásticos preenchidos com 18 litros, em Delineamento Inteiramente Casualizado, dispostos em prateleiras em galpão coberto e protegido de sol e chuva

O processo de compostagem foi conduzido segundo as recomendações obtidas junto à literatura, observando-se alguns parâmetros como umidade, aeração, temperatura e pH. Por ocasião da instalação do ensaio, foi corrigida a umidade das misturas destinadas à compostagem até o nível de 60% umidade, registrada com o auxílio de um aparelho determinador manual de umidade e pH. Os principais testes rápidos para acompanhar o grau de decomposição do composto foram : (1) alteração das características (redução do volume, coloração e aspecto, odor e umidade reduzida) e (2) monitoramento de temperatura, coletada a 20 cm de profundidade e verificação do pH.

As amostras destinadas às análises microbiológicas e parasitárias foram coletadas nos seguintes períodos após o tratamento por compostagem: 0, 7, 14, 21 e 28 dias. Foi coletada uma amostra composta de 1000 g, após homogeneização foram acondicionar em sacos plásticos estéreis e encaminhadas para análise nos Laboratórios de Microbiologia da Universidade Dom Bosco, em Campo Grande (MS), dando entrada no mesmo em tempo inferior a 12 horas da coleta.

A Determinação de Coliformes Totais foi desenvolvida pelo método "Fermentação em tubos múltiplos", conforme Andreoli, C.V.; Bonnet, B.R.P. (editores). Manual de Métodos para Análises Microbiológicas e Parasitárias em Reciclagem Agrícola de Lodo de Esgoto, utilizando a técnica do número mais provável (NMP). A análise da presença de Salmonella utilizou-se a metodologia descrita em Andreoli, C.V.; Bonnet, B.R.P. (editores). Manual de Métodos para Análises Microbiológicas e Parasitárias em Reciclagem Agrícola de Lodo de Esgoto - "Pesquisa de Salmonella spp. em amostras de lodo de esgoto e solo: isolamento e identificação". A determinação de ovos de helmintos foi realizada através do método YANKO (1987) e modificado por TOMAZ-SOCCOL (2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análise microbiológicas realizadas até o 28º dia de compostagem apontaram concentração de Coliformes Termotolerantes inferior a 103 NMP/ g de ST e a presença de Salmonella em 10 g de ST de todas as amostras analisadas. Com relação à agentes parasitários, a análise de ovos de helmintos identificou número de ovos viáveis em quantidades elevadas, superiores aos limites estabelecidos pela Resolução Conama nº 375 (BRASIL, 2006), tanto para o lodo tipo A (<0,25 ovo/g de ST), como para o tipo B (<10 ovos/g de ST).

Conforme observa-se na Tabela 3, o decaimento no número de ovos de helmintos no período, foi muito inferior ao observado em misturas idênticas nas quais o lodo utilizado na composição da mistura destinada à compostagem foi submetido a tratamento alcalino.

Tabela 3. Contagem de nº de ovos de helmintos e nº de ovos viáveis de helmintos em amostras de material em processo de compostagem (17º dia).

misturas em compostagem	proporção Lodo: mat estruturante (v:v)	ovos de helmintos			
		Lodo sem trat. alcalino		Lodo com trat. alcalino	
		Nº total de ovos	Nº de ovos viáveis	Nº total de ovos	Nº de ovos viáveis
lodo e bagaço de cana	80%	96	56	59	31
	60%	102	83	39	19
	40%	75	58	40	13
	20%	70	58	24	8
lodo e capim napier triturado	80%	103	90	38	19
	60%	93	71	46	21
	40%	78	61	43	18
	20%	62	54	39	17
lodo e conteúdo ruminal bovino	80%	116	97	56	29
	60%	109	71	51	34
	40%	102	80	50	24
	20%	89	71	27	11

A média do número de ovos viáveis de helmintos por grama de sólidos totais identificados na 3ª semana de compostagem alcançou 57,72 nas composições com lodo de esgoto e bagaço de cana; 63,72 nas composições com lodo de esgoto e capim napier triturado e 70,72 ovos nas composições com lodo de esgoto e conteúdo ruminal bovino. Nesta ocasião, a proporção de ovos viáveis frente ao número total de ovos de helmintos apontava 71,25% nas composições contendo lodo e bagaço de cana; 77,12% nas de lodo e capim napier triturado e 77,88% naquelas com lodo e conteúdo ruminal bovino.

Os dados indicam que até este estágio de desenvolvimento do processo de compostagem, o mesmo não tem alcançado efetividade na redução de agentes patogênicos presentes no lodo de esgoto, a ponto de qualificá-lo para disposição na agricultura.

Enquanto na compostagem contendo o bagaço de cana com agente estruturante, a proporção de ovos viáveis frente ao número total de ovos foi de 44,35%, quando se utilizou lodo submetido a tratamento alcalino, esta proporção saltou para 71,25% quando o lodo utilizado não recebeu cal. Além disso, o número total de ovos reduziu de 78,18 ovos/g de ST (média), para 40,63 ovos/g de ST, nas amostras oriundas de material em compostagem cujo lodo recebeu tratamento alcalino.

Tal constatação demonstra a ação do tratamento alcalino, mediante fatores como alteração de temperatura, mudança de pH e a ação da amônia resultante de reações decorrentes da adição de cal ao lodo. Considerando que a cal hidratada utilizada no tratamento alcalino, não proporciona significativo aumento na temperatura do lodo de esgoto, e que no monitoramento de temperatura da compostagem não se identificou predominância de temperaturas termofílicas (acima de 50 °C), estima-se que o processo de desinfecção observado por meio da caleação tenha ocorrido essencialmente devido à mudança no pH e à ação da amônia, formada com a transformação do nitrogênio contido no lodo.

Com respeito à temperatura, nos primeiros 30 dias do processo de compostagem, a temperatura média da mistura lodo de esgoto e bagaço de cana situou-se em 35,11°C, enquanto que na mistura lodo de esgoto e capim napier triturado, a temperatura média foi de 35,60°C e na mistura lodo de esgoto e conteúdo ruminal bovino, 34,94°C.

As temperaturas mesofílicas, de até 34 °C, não são suficientes para a inviabilização de ovos de helmintos (Godinho, 2003). Apenas na medição verificada no 17º dia de compostagem registrou-se temperaturas superiores a 40°C, condição observada nas 3 composições de mistura (bagaço de cana, capim napier triturado e conteúdo ruminal bovino) e na maior parte das concentrações de estruturantes. A temperatura média registrada na ocasião, na compostagem contendo lodo de esgoto e bagaço de cana atingiu 42,3°C, com pico de 48,6°C na mistura 90% de lodo:10% de bagaço de cana (v:v).

O comportamento da temperatura é explicado por Fernandes e Silva (2010), pelo fato de que lodos com alto grau de estabilização (50-60% de sólidos fixos) podem não conter os nutrientes energéticos indispensáveis aos microrganismos. A consequência disso é que as misturas de resíduos em processo de compostagem podem apresentar temperaturas baixas, mesmo sendo observados os parâmetros físico-químicos ideais para o processo de compostagem.

CONCLUSÕES

As análises microbiológicas do composto apontaram concentração de Coliformes Termotolerantes inferior a 103 NMP/ g de ST e a presença de Salmonella em 10 g de ST e número de ovos viáveis em quantidades elevadas, superiores aos limites estabelecidos pela Resolução Conama nº 375/2006, indicando que até este estágio de desenvolvimento do processo de compostagem, o mesmo não tem alcançado efetividade na redução de agentes patogênicos presentes no lodo de esgoto, a ponto de qualificá-lo para disposição na agricultura.

Nos primeiros 30 dias do processo de compostagem, a temperatura média da mistura lodo de esgoto e bagaço de cana situou-se em 35,11°C, enquanto que na mistura lodo de esgoto e capim napier triturado, a temperatura média foi de 35,60°C e na mistura lodo de esgoto e conteúdo ruminal bovino, 34,94°C, classificadas como mesofílicas, que não são suficientes para a inviabilização de ovos de helmintos.

REFERÊNCIAS

- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso do lodo de esgoto**. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 2000.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 375/2006, de 30 de agosto de 2006 – In: Resoluções, 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 02 maio 2013.
- CORREA, R. S.; FONSECA, Y. M. F.; CORRÊA, A. S. Produção de biofóssido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 420-426, 2007.
- FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **Manual Prático Para a Compostagem de Biofóssidos**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2010. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/Livro%20Compostagem.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2013.
- GODINHO, V.M.M. **Estudo sobre a ocorrência de ovos de helmintos e viabilidade de Ascaris sp em lodos anaeróbios in natura e submetidos à higienização por caleação e por tratamento térmico**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 2003. (Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos).
- PADOVANI, V. C. R. **Composto orgânico de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de árvores nativas e exóticas**. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 2006. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola).

REIS, M. F. P. Qualidade do composto orgânico após a incorporação de lodo de esgoto. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Associação Brasileira. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre. 2011.

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K. G. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Parapiptademia rigida* (Benth.) Brenan. **Revista Scientia Forestalis**, v. 38, n. 88, p. 637-644. 2010.

SILVA, S. M. C. P.; FERNANDES, F. Co-compostagem de biossólidos, lodo de tratamento de água e resíduos de podas de árvores. XXVI Congresso Interamericano de Ingeniera Sanitaria Y Ambiental. Lima (Peru). 1998.

SILVA, W. T. L.; NOVAES, A. P.; MARTIN NETO, L.; MILORI, D. M. B. P.; SIMÕES, M. L.; HANEDA, R. N.; FIALHO, L. L.; LEONELLI, F. C. V. Método de aproveitamento de biossólido proveniente de lodo de esgoto residencial através de processo de compostagem seguido de biodigestão anaeróbia. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. (Relatório Técnico).

THOMAZ SOCCOL, V.; PAULINO, R. C.; CASTRO, E. A. **Metodologia de análise parasitológica em Lodo de esgoto**. Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto. 2. ed. Curitiba: Sanepar. 2000.

TEIXEIRA, C. **Higienização de lodo de estação de tratamento de esgoto por compostagem termofílica para uso agrícola**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 2012. (Dissertação de Mestrado em Agrossistemas).

YANKO, W. A. Occurrence of pathogens in distribuiton and marketing municipal sludges. In: Environmental regulation and technology: control of pathogens and vector attraction in sewage sludge. Report U.S. EPA 625/R-92/013, 149. Washington. 1992.