

III-357 - QUALIDADE DE COMPOSTOS ORIGINADOS DE LODOS DE TANQUES SÉPTICOS COLETIVOS E RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS DOMICILIARES

Monica Maria Pereira da Silva⁽¹⁾

Bióloga pela Universidade Estadual da Paraíba. Especialista em Educação Ambiental/UEPB. Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo PRODEMA/UFPB/UFCG. Doutora em Recursos Naturais/ UFCG. Professora da UEPB/CCBS/DFB-NEEA.

José Tavares de Sousa

Engenheiro Químico. Mestre e Doutor em Engenharia Sanitária.

Professor - DQ/CCT. jtdes@uol.com.br

Beatriz Susana Ovruski de Ceballos

Bioquímica. Mestra em Microbiologia-Universidade Federal de São Paulo. Doutora em Ciências (Microbiologia Ambiental)-Universidade de São Paulo. Profa. Titular- UEPB. beatriz.ceballos@yahoo.com.br

Valderi Duarte Leite

Engenheiro Químico. Mestre e Doutor em Engenharia Sanitária. Professor do DQ/CCT/UEPB valderileite@uol.com.br

João Gil de Luna

Bacharel em Ciências Estatística pela Universidade Católica de Pernambuco. Mestrado e Doutorado em Agronomia (Estatística e Experimentação Agronômica). Professor do DE/CCT/UEPB

Endereço⁽¹⁾: Rua. Maria Barbosa de Albuquerque, 690. Malvinas. Campina Grande-PB. CEP. 58 433.266. E-mail: monicaea@terra.com.br

RESUMO

Nos lodos de esgotos são encontrados microrganismos importantes ao processo de estabilização e à higienização e outros de importância sanitária. Os vírus, as bactérias, os protozoários e os helmintos são microrganismos que representam relevância sanitária, em virtude de sua alta concentração desencadear a incidência de doenças endêmicas. A redução da produção de lodos de esgotos não é possível, porém, podem ser tratados e processados, transformando-se em biossólidos. A compostagem de lodos de esgotos com resíduos sólidos orgânicos domiciliares é uma das alternativas recomendada na literatura, por possibilitar a superação dos limites inerentes à composição de lodos de esgotos: alta umidade, baixa relação carbono e nitrogênio e granulometria muito fina. O principal objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade de compostos originados de lodos de tanques sépticos coletivos e resíduos sólidos orgânicos domiciliares em municípios do semiárido paraibano, visando garantir a seguridade de uso agrícola. O sistema experimental consistiu de quatro tratamentos (T) com três repetições (R), totalizando 12 reatores aeróbios de polietileno de cor preta, de configuração cilíndrica com capacidade volumétrica unitária de 100 L, diâmetro de 1,56 m, altura 0,70 m e disposição casualizada. Para montagem do experimento foram coletados 200 kg de lodos dos tanques sépticos de Cabaceiras-PB e Caraúbas-PB e uma tonelada de resíduos sólidos orgânicos nas residências em Queimadas-PB. Para a avaliação da qualidade dos compostos originados dos diferentes tratamentos foram investigadas as concentrações dos macronutrientes primários: N, P, e K; macronutrientes secundários: Ca, Mg e S; micronutrientes: Fe, B, Mn e Zn e metais pesados: Pb, Cd, Cr e Cu; coliformes termotolerantes e helmintos. Nos compostos obtidos não foram observados efeitos fitotóxicos associados à fração de lodos dos tanques sépticos. Não foram detectadas concentrações de chumbo, cádmio, cromo e cobre superiores ao limite determinado pela legislação nacional e internacional para utilização de lodos de esgotos e produtos derivados na agricultura. Ultrapassaram apenas o limite determinado pela França para chumbo, 150 mg/kgST. Ponderando-se a ausência de ovos de helminto, todos os compostos podem ser enquadrados na classe A. Ao considerar a densidade de coliformes termotolerantes, apenas os compostos resultantes do tratamento 1 ($<10^3$ NMP/gST) podem ser assim classificados. Os compostos originados dos tratamentos 2, 3 e 4 enquadram-se na classe B ($<10^6$ NMP/gST). Portanto, a compostagem mostrou-se enquanto alternativa tecnológica viável ao tratamento de lodos de tanques sépticos coletivos.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de esgotos, resíduos sólidos orgânicos, compostagem, tanque séptico.

INTRODUÇÃO

O debate internacional sobre a problemática ambiental impulsionou, nas últimas décadas, mudanças de concepção em relação ao saneamento, motivando o desenvolvimento de tecnologias que atendam aos princípios da precaução, universalização e da sustentabilidade.

O potencial de tecnologias avançadas para o tratamento de esgotos é significativo, conforme os trabalhos de Agustina, Ang e Pareek (2008), Harden *et al.* (2008) e Jamwal, Mittal e Mouchel (2008), todavia, ainda persiste no Brasil e em outros países, um número considerável de domicílios que adota os tanques sépticos, seguidos ou não de filtro anaeróbio, como a única forma de tratamento de esgotos.

Nos Estados Unidos, 25% das residências realizam o tratamento do esgoto na origem, em tanque séptico seguido de absorção no solo, embora o atendimento em saneamento atinja 100% dos domicílios (LOWE; SIEGRIST, 2008). No Japão, 55% dos domicílios são atendidos por unidades pré-fabricadas compactas de tanques sépticos (CHERNICHARO, 2001). Na África e na Ásia, esses sistemas são utilizados por 65% dos habitantes. Na América Latina, praticamente 50% dos domicílios estão ligados a esse tipo de serviço (LEITE; INGUNZA; ANDREOLI, 2006). No Brasil, 45,8% dos domicílios utilizam tanques sépticos para tratamento de esgotos (BRASIL, 2006).

Os dados da Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílio – PNAD (BRASIL, 2006), expõem que no estado da Paraíba, a coleta de esgoto só atinge 32,91% das residências e destes, 16,64% encaminham os esgotos para tanques sépticos (BRASIL, 2006). Nesse levantamento, não foram consideradas as fossas rudimentares e àquelas residências que direcionam seus esgotos de forma particular para os tanques sépticos.

Todo processo de tratamento de esgotos gera lodos, o qual constitui um material de composição variável e heterogênea, cujas características químicas, físicas e biológicas são modificadas em função do tipo de sistema de tratamento de esgotos adotado e depende de sua operação e manutenção, do tempo e da temperatura (SILVA, VON SPERLING; OLIVEIRA FILHO, 2007; METCALF & EDDY, 2003). Na sua composição encontram-se água e material sólido, nestes estão presentes os constituintes orgânicos e inorgânicos: nutrientes, matéria orgânica, metais pesados e microrganismos (ANDREOLI, 2006; AGUSTINI; ONOFRE, 2007). Além da água, do material orgânico de origem fecal e inorgânico, como areia, pode conter surfactantes em menor quantidade (LEITE; INGUNZA; ANDREOLI, 2006).

Nos lodos de esgotos são encontrados microrganismos importantes ao processo de estabilização e à higienização e outros de importância sanitária. Os vírus, as bactérias, os protozoários e os helmintos são microrganismos encontrados nos lodos de esgotos (METCALF & EDDY, 2003; CARRINGTON, 2001) que representam relevância sanitária (CARRIJO; BIONDI, 2008; WHO, 2004), em virtude de sua alta concentração desencadear a incidência de doenças endêmicas (CARRINGTON, 2001).

As características do lodo retratam aquelas presentes nos esgotos, as condições do sistema e as características da população contribuinte (SINGH; AGRAWAL, 2008; METCALF & EDDY, 2003).

A redução da produção de lodos de esgotos não é possível (GOMEZ PALACIOS *et al.*, 2001), porém, podem ser tratados e processados, transformando-se em biossólidos (BARBOSA; TAVARES FILHO, 2006).

São várias as alternativas de tratamento para os lodos de esgotos que estão disponíveis e a opção depende do propósito de uso. A principal finalidade consiste em torná-lo um produto com condições favoráveis e aceitáveis para as diversas possibilidades de reaproveitamento e que atenda à legislação. A compostagem é uma alternativa em destaque, no entanto, requer a utilização de estruturantes que permitam a superação de fatores limitantes relacionados aos lodos de esgotos: alta umidade, baixa relação carbono e nitrogênio e granulometria muito fina. A superação destes limites pode ser alcançada com adição de outros tipos de resíduos sólidos orgânicos, como os domiciliares (cocompostagem).

A cocompostagem de lodos de esgotos junto com resíduos orgânicos permite a complementação de nutrientes, deficientes em um dos resíduos. Os lodos contêm alta concentração de nitrogênio orgânico e os resíduos sólidos orgânicos apresentam elevada concentração de carbono orgânico. A mistura proporciona relação carbono e nitrogênio adequada ao processo de compostagem, podendo então, os resíduos serem convertidos num produto aplicável às culturas agrícolas (IWMI & SANDEC, 2002).

A cocompostagem constitui uma opção de tratamento de lodos de esgotos que usa uma ou mais condições desfavoráveis aos microrganismos patogênicos: mudanças de pH, teor de umidade e calor. Combina os efeitos do calor e do tempo para alcançar a destruição completa dos microrganismos patogênicos (KONÉ *et al.*, 2007; GALLIZZI, 2003). A cocompostagem agrega atributos do tratamento físico e biológico, e é indicada como uma das alternativas para o tratamento de lodos de tanques sépticos (KRANERT *et al.*, 2008; SINGH; AGRAWAL, 2008), principalmente para populações de alta densidade, por reduzir a necessidade de espaço (FANG; WONG; WONG, 1998) e por constituir uma forma racional de aproveitamento dos lodos de esgotos, além de ser de aplicação simples e de pouco dispêndio financeiro em todas as suas fases, tendo baixo custo de produção e com geração de produto saudável (BRITO JR. *et al.*, 2007).

Por conseguinte, o principal objetivo do presente trabalho compreendeu avaliar a qualidade de compostos originados de lodos de tanques sépticos coletivos e resíduos sólidos orgânicos domiciliares em municípios do semiárido paraibano, visando garantir a seguridade de uso agrícola.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado de agosto de 2005 a junho de 2008 em municípios situados no semiárido paraibano (Cabaceiras, Caraúbas e Queimadas), tomando por base os princípios da pesquisa experimental. A escolha desses municípios teve por critérios: residências na área urbana com esgotos encaminhados ao tanque séptico de uso coletivo, número de habitantes, localização na região semiárida e aceitabilidade da administração pública. Esta última foi fundamental para a autorização da abertura dos tanques sépticos para coleta dos lodos, uma vez que esses se encontravam completamente vedados.

O sistema experimental consistiu de quatro tratamentos (T) com três repetições (R), totalizando 12 reatores aeróbios de polietileno de cor preta, de configuração cilíndrica com capacidade volumétrica unitária de 100 L, diâmetro de 1,56 m, altura 0,70 m e disposição casualizada.

Para montagem do experimento foram coletados 200 kg de lodos dos tanques sépticos de Cabaceiras e Caraúbas e uma tonelada de resíduos sólidos orgânicos nas residências em Queimadas. A opção por Queimadas decorreu da quantidade de resíduos orgânicos necessária para montagem do experimento, à facilidade de acesso e de transporte.

Os lodos foram submetidos ao pré-tratamento por meio de secagem natural em uma caixa cilíndrica de amianto, durante 30 dias, objetivando alcançar o teor de umidade próximo a 70%. Os resíduos orgânicos domiciliares também passaram pelo pré-tratamento, trituração, visando obter a granulometria ideal à cocompostagem.

Quadro 1: Fração de lodos de tanques sépticos coletivos utilizada para os diferentes tratamentos de cocompostagem com resíduos sólidos orgânicos. Campina Grande-PB. Novembro de 2006 a fevereiro de 2007.

Tratamentos	(%)	
	Lodo de tanque séptico	Resíduos sólidos orgânico
Tratamento (T1)	00	100
Tratamento (T2)	10	90
Tratamento (T3)	20	80
Tratamento (T4)	30	70

Cada reator foi alimentado com 50 kg de substrato e recebeu composição variável em função do tratamento (Quadro 1). O substrato foi formado por lodos de tanques sépticos coletivos e resíduos sólidos orgânicos. Estes foram constituídos por resíduos sólidos orgânicos domiciliares, folhas e compostos resultantes do experimento de calibração. Restos de alimentos, cascas de frutas e de verduras compuseram os resíduos sólidos orgânicos domiciliares.

Para a avaliação da qualidade dos compostos originados dos diferentes tratamentos foram investigadas as concentrações dos macronutrientes primários: N, P, e K; macronutrientes secundários: Ca, Mg e S; micronutrientes: Fe, B, Mn e Zn e metais pesados: Pb, Cd, Cr e Cu. Essa classificação de macro e

micronutrientes tem por base as indicações de Odum e Barret (2007). As amostras foram encaminhadas para análise ao Laboratório da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Centro de Ciências Agrárias, em Areia-PB, onde foram analisadas utilizando-se dos métodos propostos por Tedesco *et al.* (1995).

A qualidade sanitária foi investigada por meio da análise qualitativa e quantitativa de ovos de helmintos, utilizando-se o método proposto por Meyer (1978), com modificações na preparação e filtragem da amostra (SILVA *et al.* 2008) e a concentração de coliformes termotolerantes, usando-se a técnica de tubos múltiplos (HIGASKINO *et al.*, 2000), com alterações na preparação da amostra: homogeneização de 25 g de composto em 225 mL de líquido de diluição, para recuperar as bactérias coliformes absorvidas no composto.

O teste biológico foi executado com sementes de agrião (*Nasturtium officinalis*), utilizando-se 3 kg de substrato, 1 g de semente e bandejas 38 x 28 x 6 cm. Para o teste com sementes de tomateiro (*Lycopersicon esculentum*), empregaram-se 600 g de substrato e cinco sementes por sacos plásticos, parcelas.

Os substratos utilizados foram os compostos orgânicos tipo pó, resultantes dos quatro tratamentos e de suas repetições (T₁, T₂, T₃ e T₄) e composto de origem vegetal (T₅). Os testes foram desempenhados com quatro parcelas de 25%, 50%, 75% e 100% de composto na constituição do substrato. O solo utilizado na formação do substrato correspondeu a massame (80%) e areia (20%) extraídos de regiões próximas à Campina Grande-PB.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características físicas, químicas e sanitárias dos compostos resultantes dos diferentes tratamentos atenderam à Instrução Normativa nº 25/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para fertilizantes orgânicos (BRASIL, 2009). Para coliformes termotolerantes, apenas os compostos resultantes do tratamento 1 estão de acordo com a referida Instrução Normativa (Tabela 1).

A baixa concentração de NH₄⁺ (Tabela 1) confirma que os compostos atingiram a estabilidade. Os menores valores de NO₂⁻+NO₃⁻ nos tratamentos com maior proporção de lodos de tanques sépticos refletem a baixa concentração de sólidos totais voláteis no substrato inicial. A maior parte do nitrogênio total presente nos resíduos está na forma orgânica e, durante o processo de compostagem, esta passa da forma orgânica para a amoniacal e, em seguida, para nitrato. A ausência de nitrogênio na forma amoniacal indica a estabilidade dos compostos.

De acordo a Resolução 375/06 do CONAMA (BRASIL, 2006) e ponderando-se a ausência de ovos de helmintos (Tabela 1), todos os compostos podem ser enquadrados na classe A. Ao considerar a densidade de coliformes termotolerantes, apenas os compostos resultantes do tratamento 1 (<10³ NMP/gST) podem ser assim classificados. Os compostos originados dos tratamentos 2, 3 e 4 enquadram-se na classe B (<10⁶ NMP/gST).

Tabela 1: Características dos compostos obtidos no final dos diferentes tratamentos por cocompostagem de lodos de tanques sépticos com resíduos orgânicos domiciliares. Campina Grande-PB. Fevereiro de 2007.

Parâmetros	T1	T2	T3	T4	Faixa ótima ⁽¹⁾
pH	9,2	8,4	8,6	8,7	>7
Umidade (%)	29,6	29,0	33,7	30,0	25 - 35
STV (%ST)	22,9	25,1	26,2	23,6	14<45
COT (%ST)	12,7	14,0	14,5	13,1	8<25
NTK (%ST)	1,24	1,27	1,15	1,07	>1
C/N	10,2	11	12,6	12,2	8 - 12
NH ₄ ⁺ (%ST)	0,1	0,2	0,3	0,2	0,0
NO ₂ ⁻ +NO ₃ ⁻ (%ST)	1,0	1,0	0,7	0,4	NE
Helmintos (ovos viáveis/gST)	0,0	0,0	0,0	0,0	<0,25
C. termotolerantes (NMP/gST)	0,8 x10 ³	3,0x10 ³	18,9x10 ³	25,3x10 ³	<10 ³

NE: não específica; T1- 00% de lodos; T2- 10% de lodos; T3- 20% de lodos; T4- 30% de lodos;

⁽¹⁾ Instrução Normativa nº 25, de julho de 2009 (BRASIL, 2009)

A concentração de coliformes termotolerantes nos compostos aumentou em função da fração dos lodos de tanques sépticos, o que limita a seguridade sanitária para o uso de composto com alta fração de lodos de esgotos. Sabe-se, porém, que a dose mínima infectante calculada para bactérias patogênicas, encontra-se na

ordem de 10^2 a 10^6 (USEPA, 1992) e que estes organismos são menos resistentes às condições ambientais adversas que os ovos de helmintos.

As concentrações de macronutrientes contidas nos compostos produzidos nos diferentes tratamentos (Tabela 2) mostram que os teores de nitrogênio, potássio e enxofre encontram-se na faixa de valores indicada pela Legislação Brasileira (BRASIL, 2009), entretanto, as concentrações de potássio estão próximas ao mínimo requerido. Os macronutrientes fósforo e magnésio apresentaram concentrações abaixo da faixa preconizada pela referida Instrução Normativa (Tabela 2). Não foram observadas diferenças significativas em função da adição de lodos de tanques sépticos nos compostos estudados para macronutrientes.

Tabela 2: Macronutrientes em compostos obtidos dos diferentes tratamentos por cocompostagem de lodos de tanques sépticos com resíduos orgânicos domiciliares e em composto de resíduos vegetais adquirido em supermercado. Campina Grande-PB. Fevereiro de 2007.

Origem do Composto	Macronutrientes (%)					
	Primários			Secundários		
	N	P	K	Ca	Mg	S
T1	1,2	0,3	1,7	1	0,3	1,8
T2	1,4	0,3	1,6	1,8	0,4	1,7
T3	1,2	0,3	1,5	1,6	0,3	2,3
T4	1,1	0,3	1,5	1,4	0,4	2,7
Média	1,2	0,3	1,6	1,5	0,4	2,1
Dp.	0,1	0,0	0,1	0,3	0,1	0,5
T5	0,1	0,6	0,3	0,3	0,2	0,8
Faixa indicada (BRASIL, 2009)	>1,00	>1,50	>1,60	>1,00	>1,00	>1,00

Dp. Desvio padrão ; T1- 00% de lodos ; T2- 10% de lodos; T3- 20% de lodos ; T4- 30% de lodos; T5- composto de resíduos vegetais adquirido em supermercado de Campina Grande-PB.

As baixas concentrações de fósforo estão relacionadas com o substrato utilizado. Os resultados obtidos no composto controle reafirmam essa constatação. Para potássio, as diferenças detectadas entre os valores identificados nos compostos e àqueles registrados durante o monitoramento, provavelmente, decorram do método utilizado.

Em todos os compostos, identificaram-se concentrações de micronutrientes conforme faixa estabelecida na Legislação Brasileira (BRASIL, 2009), no entanto, as concentrações de ferro, mostraram-se elevadas (Tabela 3), especialmente em T4. Estas concentrações podem representar fatores limitantes ao desenvolvimento das plantas. Não foram detectadas diferenças significativas entre os compostos produzidos nos diferentes tratamentos.

Tabela 3: Micronutrientes em compostos dos diferentes tratamentos por cocompostagem de lodos de tanques sépticos com resíduos orgânicos domiciliares e em composto de resíduos vegetais adquirido em supermercado. Campina Grande-PB. Fevereiro de 2007.

Origem do Composto	Micronutrientes (%)			
	Fe	B	Mn	Zn
T1	6,8	0,2	1,0	0,4
T2	6,1	0,2	1,7	0,6
T3	4,8	0,2	1,0	0,7
T4	7,9	0,1	1,0	0,4
Média	6,4	0,2	1,2	0,5
Dp	1,3	0,1	0,3	0,2
T5	0,1	0,1	0,8	0,1
Faixa indicada (BRASIL, 2005)	>0,2	>0,03	>0,1	>0,1

Dp. Desvio padrão ; T1- 00% de lodos ; T2- 10% de lodos; T3- 20% de lodos ; T4- 30% de lodos; T5- composto de resíduos vegetais adquirido em supermercado de Campina Grande-PB.

Nos compostos obtidos dos diferentes tratamentos de compostagem de lodos de tanques sépticos coletivos com resíduos sólidos orgânicos domiciliares (T1, T2, T3 e T4) (Tabela 4) não foram registradas concentrações de chumbo, cádmio, cromo e cobre superiores ao limite determinado pela legislação brasileira e internacional para utilização de lodos de esgotos e produtos derivados na agricultura (BRASIL, 2006a; USEPA, 1993; EU, 1986; ECC, 2001; MÉXICO, 2002). Foi ultrapassado apenas o limite determinado pela França para chumbo, 150 mg/kgST (ECC, 2001). No entanto, constatou-se o acréscimo da concentração de metais pesados nos compostos resultantes em função do aumento da fração de lodos de tanques sépticos. Esse resultado mostra que a utilização de biossólidos originados de tanques sépticos situados em municípios de pequeno e médio porte do semiárido paraibano requer fiscalização, monitoramento e gerenciamento adequado, visando evitar a acumulação de metais pesados nos solos e a fração de lodos de tanques sépticos não deve ultrapassar a 20% da constituição do substrato. Por outro lado, o uso de compostos originados de resíduos sólidos orgânicos domiciliares também requer semelhante cuidados, haja vista que os compostos gerados do tratamento 1 (0,0% de lodos de tanques sépticos coletivos) apresentaram a concentração de chumbo de 173,3 mg/kgST, cádmio de 1,6 mg/kgST, cromo de 34,8 mg/kgST e cobre de 31,9 mg/kgST. As concentrações de chumbo próximas ao limite estabelecido pela legislação brasileira (BRASIL, 2006a) possivelmente, representaram fator limitante ao desenvolvimento de agrião.

Tabela 4: Metais pesados em compostos dos diferentes tratamentos por compostagem de lodos de tanques sépticos com resíduos orgânicos domiciliares e em composto de resíduos vegetais adquirido em supermercado. Campina Grande-PB. Fevereiro de 2007.

Origem do Composto	Metais pesados (mg/kgST)			
	Pb	Cd	Cr	Cu
T1	173,3	1,6	34,8	31,9
T2	166,2	0,5	33,5	38,4
T3	209,6	0,1	30,4	73,9
T4	253,2	5,5	53,8	59,4
Média	200,6	1,9	38,1	50,9
Dp	39,9	2,5	10,6	19,3
T5	227,2	0,0	1,6	5,7
Limite de metais pesados (BRASIL, 2006a)	300	39	1000	1500

Dp. Desvio padrão ; T1- 00% de lodos ; T2- 10% de lodos; T3- 20% de lodos ; T4- 30% de lodos; T5- composto de resíduos vegetais adquirido em supermercado de Campina Grande-PB.

A partir do teste realizado, constatou-se que em parcelas com 100% e 75% de composto não houve germinação de sementes de agrião. De acordo com o índice de massa seca (IM_s), os maiores valores desse índice corresponderam às parcelas que receberam 50% de composto para todos os tratamentos. Em T2 e T4 foram identificados os maiores índices de massa seca de agrião, com doses de 50 e 25% de compostos, respectivamente. Com dose de 50% do composto, observou-se a redução do índice de massa seca de agrião em função do aumento da fração dos lodos de tanques sépticos.

No teste com tomateiro houve germinação de sementes em todas as parcelas. O percentual médio de sementes germinado variou de 65 a 78% e o índice de crescimento de 22 a 32%. Nos compostos originados de T2, observou-se o menor percentual médio de sementes germinado de tomateiro e de índice de crescimento. Em compostos originados de T1, com 25% de composto, constatou-se o maior percentual médio de sementes germinado e no T4 com 100% de composto, verificou-se o maior índice de crescimento. Possivelmente, os menores valores médios de N e K nesse composto requereram maior dose do composto. Esses dados indicam que as sementes de tomateiro apresentam menor sensibilidade que as de agrião, haja vista que em T4 foram obtidas as maiores concentrações de enxofre (2,7%ST), ferro (6,4%ST) e manganês (1,2%ST) e chumbo (253,2 mg/kgST), embora dentro do limite estabelecido pela legislação brasileira.

Não foram observados efeitos fitotóxicos associados à fração dos lodos de tanques sépticos. De modo geral, os testes revelaram que os compostos reúnem características para sua aplicação em vegetais e que culturas mais sensíveis, como o agrião, requerem menor dose desses compostos.

CONCLUSÕES

Nos compostos obtidos não foram observados efeitos fitóxicos associados com a fração dos lodos dos tanques sépticos. Não foram detectadas concentrações de chumbo, cádmio, cromo e cobre superiores ao limite determinado pela legislação nacional e internacional para utilização de lodos de esgotos e produtos derivados na agricultura. Ultrapassaram apenas o limite determinado pela França para chumbo, 150 mg/kgST.

Ponderando-se a ausência de ovos de helminto, todos os compostos podem ser enquadrados na classe A. Ao considerar a densidade de coliformes termotolerantes, apenas os compostos resultantes do tratamento 1 ($<10^3$ NMP/gST) podem ser assim classificados. Os compostos originados dos tratamentos 2, 3 e 4 enquadram-se na classe B ($<10^6$ NMP/gST).

Portanto, a cocompostagem mostrou-se enquanto alternativa tecnológica viável ao tratamento de lodos de tanques sépticos coletivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUSTINA, T. E.; ANG, H. M.; PAREEK, V. K. Treatment of vinery wastewater using a photocatalytic/photolytic reactor. **Chemical Engineering Journal**. v. 135, n.1-2, p. 151-156, january 2008.
2. AGUSTINI, D.; ONOFRE, S. B. Caracterização físico-química e microbiológica do lodo de esgoto produzido pela estação de tratamento de esgoto (ETE) de Pato Branco-PR. **Revista de Biologia e Saúde da UNISEP**; Biology & Health Journal. v.1; n. 1 e 2, Paraná-PR, p. 82-95, 2007.
3. ANDREOLI, C. V (Coord). **Biossólidos**; Alternativas de uso de resíduos do saneamento. Rio de Janeiro-RJ: ABES, 2006, 417p. (PROSAB)
4. BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J.. Uso agrícola do lodo de esgoto: influências nas propriedades químicas e físicas do solo, produtividade e recuperação de áreas degradadas. **SEMINA: Ciências Agrárias**. v. 27, n. 4, Londrina-PA, p. 565-580, out/dez, 2006.
5. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília-DF: Diário Oficial da União, Seção 1, p.20, 28 de julho de 2009.
6. BRASIL. **Resolução 375/2006 do CONAMA**. Critérios e procedimentos para uso agrícola de lodo de esgoto gerado em estação de tratamento de esgoto sanitário. Brasília-DF: CONAMA, agosto de 2006
7. BRASIL. **Resolução 380/2006 do CONAMA**. Retifica a Resolução 375/06. Brasília-DF: CONAMA, 07 de novembro de 2006a
8. BRITTO JR., A. O. S.; LEITÃO, V. P. M.; MOTA, S.; SILVA, J. C. C.; SANTOS, E. M. A.. Microrganismos que atuam no processo de compostagem. In 24º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. Belo Horizonte - MG: ABES. 02 a 07 de setembro de 2007.
9. CARRIJO, J. R.; BIONDI, G. F. Levantamento de ovos de helmintos em lodo de esgoto oriundo de Campo Grande (MS) após tratamento anaeróbio. **Ciência Animal Brasileira**. v. 9, n. 1, jan-mar, p. 207-211, 2008.
10. CARRINGTON, E.G. **Evaluation of sludge treatments for pathogen reduction**. Final Report. Luxembourg: European Communities. september, 2001. 44 p.
11. CHERNICHARO, C. A. L. (Org.) . **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios - aspectos metodológicos**. 1ª ed. Belo Horizonte-MG: FINEP, 2001, 107 p.
12. EEC- EEA-European Environmental Agency . Council Directive 91/692/EEC; Comissão Europeia (2001): In <http://www.ec.europa.eu/environment/waste/sludge>. Acesso em 12 de junho de 2008
13. EEC- EEA-European Environmental Agency. 1882/2003/Ec In <http://www.ec.europa.eu/environment/waste/sludge>. Acesso em 12 de junho de 2008
14. EEC- EEA-European Environmental Agency . 807/2003/ In <http://www.ec.europa.eu/environment/waste/sludge>. Acesso em 12 de junho de 2008
15. EEC- EEA-European Environmental Agency. Council Directive 86/278/EEC; Comissão Europeia (2001): In <http://www.ec.europa.eu/environment/waste/sludge>. Acesso em 12 de junho de 2008
16. EUROPEAN UNION (2000). **Working document on sludge (3rd draft)**. ENV.E.3/LM, Brussels, april 27, 2000
17. FANG, M. WONG, J. W. C.; I, G.X.; WONG, M.H. Changes in biological parameters during co-composting of sewage sludge and coal ash residues. **Bioresource Technology**. v. 64, p. 55-61, 1998.

18. GALLIZZI, K. **Co-composting reduce eggs in fecal sludge**; a field study in Kumasi, Ghana. Switzerland: SANDEC, 2003. 46p
19. GOMEZ PALACIOS, J. M.; RUIZ DE APODACA, A.; REBOLLO, C.; AZCARATE, J. European policy on biodegradable waste: a management perspective. **Anais**. Acapulco, México: IWA- International Water Association, p.21-29, 25-27, october, 2001.
20. HARDEN, H. S.; ROEDER, E.; HOOKS, M.; CHANTON, J. P. Evaluation of onsite sewage treatment and disposal systems in shallow karst terrain. **Water Research**. v. 42, n. 10-11, International Water Association- IWA, p. 2585-2595, may 2008
21. IWMI & SANDEC. **Co-composting of faecal sludge and solid waste**; preliminary recommendations on design and operation of co-composting plants based on the Kumasi Pilot Investigation. IWMI 7 SANDEC, October 15, 2002. 86p. In <http://www.sandec.ch/organisation/abteilungen/sandec>. Acesso em 10/06/2008
22. JAMWAL, P.; MITTAL, A. K.; MOUCHEL, J. M. Efficiency evaluation of sewage treatment plants with different technologies in Delhi (India). **Environmental Monitoring and Assessment**. June 25, 2008. On line. <http://www.springerlink.com>. Acesso em 10 de agosto de 2008
23. KONÉ, D.; COFIE, O.; ZURBRUGG, C.; GALLIZZI, K.; MOSER, D.; DRESCHER, S.; STRAUSS, M.. Helminth eggs inactivation efficiency by faecal sludge dewatering and co-composting in tropical climates. **Water Research**. v. 41, p. 4397- 4402, 2007.
24. KRANERT, M.; HAFNER, G. BERKNER, I.; ERDIN, E. **Compost from sewage sludge**; a product with quality assurance system. Water Practice & Technology. IWA Publishing. 2008
25. LEITE, B. Z.; INGUNZA, M. P.; ANDEOLI, C. V. **Lodo de decanto-digestores**. In ANDREOLI, C. V. (Org). Alternativas de uso de resíduos de saneamento. Rio de Janeiro-RJ: ABES, 2006, 361p.
26. LEVY, J. S.; TAYLOR, B.R. Effects of pulp mill solids and three composts on early growth of tomatoes. **Bioresource Technology**. v. 89, n.3, p. 297-305, 2003
27. LOWE, K. S.; SIEGRIST, R. L. Controlled field experiment for performance evaluation of septic tank effluent treatment during soil infiltration. **Journal Environmental Engineering**. v.134, n.2, p. 93-101, february 2008
28. METCALF E EDDY. **Wastewater engineer treatment disposal, reuse**. 4ªed. New York: McGraw- Hill Book, 2003, 1729 p.
29. MEXICO. **NOM-004-ECOL-2001**; Protección ambiental; lodos y biosólidos; especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. México D.F: Diario oficial de La Federación. 18 de febrero de 2002.
30. SILVA, A. V. A.; VON SPERLING, M.; OLIVEIRA FILHO, J. M. Avaliação das unidades de tratamento do lodo em uma ETE de lodos ativados convencional submetida a distintas estratégias operacionais. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 12, n.2, Rio de Janeiro-RJ: ABES, p. 127-133, 2007
31. SINGH, R. P.; AGRAWAL, M. Potencial benefits and application of sewage sludge. **Waste Management**. v. 28, n.2, p. 347-358, 2008.
32. TAM, N. F.; TIQUIA, S. M. Assessing toxicity of spent sawdust pig-litter, using seed germination technique. **Resource Conservation Recycling**. v. 11, p. 261-264, 1994.
33. USEPA. United State Environmental Protection Agency. **Part 530.R-99-009**. Office of solids waste biosolids generation, use and disposal in the United States. Washington-US: Environmental Protection Agency, 1999
34. USEPA, United State Environmental Protection Agency. **40 CFR-Part 503**; Use or disposal of sewage sludge; biosolids. Washington-US: Environmental Protection Agency, february 19, 1993
35. USEPA. - United State Environmental Protection Agency. **EPA/625/R-92/013**; Environmental regulations and technology; control of pathogens and vector attraction in sewage sludge Washington-US,; Environmental Protection Agency, revised July, 2003, 119p.
36. WORLD HEALTH ORGANIZATION-WHO. **Integrated guide to sanitary parasitology**. Amman, Jordan: Regional Centre for Environmental Health Activities, 2004 , 110p