

Eixo Temático ET-03-011 - Gestão de Resíduos Sólidos

POTENCIAL AGRONÔMICO DE UM LODO DE ESGOTO INDUSTRIAL EM ATENDIMENTO A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 375/2006

Livia Rodrigues Dias Machado¹; Isabel Cristina de Barros Trannin²; Sandro D. Mancini³

¹Universidade Estadual Paulista – Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UNESP, *campus* de Guaratinguetá. Bolsista da CAPES; ²Universidade Estadual Paulista – Professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UNESP, *campus* de Guaratinguetá. Avenida Ariberto Pereira da Cunha, 333, Pedregulho, CEP: 12.410-030, Guaratinguetá/SP; ³Universidade Estadual Paulista – Professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UNESP, *campus* de Sorocaba. Avenida Três de Março, 511, Alto da Boa Vista, CEP: 18.087-180, Sorocaba/SP.

RESUMO

A qualidade dos recursos naturais é um tópico crítico neste momento de nosso processo evolutivo. Políticas ambientais vêm sendo aplicadas sobre o uso dos recursos, principalmente sobre as águas, exigindo das estações de tratamento de efluentes domésticos e principalmente industriais, um aumento nos níveis de tratamento. Os lodos de esgoto são gerados por meio de diferentes processos de tratamento de esgotos, das mais variadas origens, visando à diminuição de seu potencial poluente e os riscos à saúde pública e ao ambiente. Entre as principais formas de dispor adequadamente e de agregar valor aos lodos de esgoto, está o uso agrícola, por se constituir numa fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as plantas, quando estes resíduos não contém metais pesados, compostos orgânicos persistentes e patógenos em concentrações nocivas à saúde e ao meio ambiente. No entanto, para que o uso agrícola seja realizado de forma segura e adequada, os lodos de esgoto precisam ser caracterizados quanto a suas propriedades físicas, químicas e biológicas, considerando suas especificidades, derivadas de sua origem. No Brasil, deve-se obedecer a ABNT-NBR 10.004/2004 que estabelece critérios para a classificação de resíduos sólidos e a Resolução CONAMA nº 375/2006, que define os critérios para uso agrícola, conforme os limites estabelecidos por esta resolução. Neste estudo foi caracterizado, classificado e avaliado o potencial de uso agrícola de um lodo de esgoto gerado pela Cooperativa de Leite de Guaratinguetá - Serramar, respeitando os critérios estabelecidos na Resolução CONAMA nº 375/2006.

Palavras-chave: Resíduos orgânicos; Poluição e Controle, Gestão de resíduos.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, devido ao crescimento populacional e à geração de bens de consumo, a geração do lodo de esgoto, resíduo gerado no tratamento de efluentes domésticos e industriais, tem aumentado, tornando-se imprescindível sua disposição adequada no ambiente. Em 2010 foi aprovada no Brasil, a Lei nº 12.305, que instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Esta lei trouxe como princípios, dentre outros, o desenvolvimento sustentável, o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclagem como um bem econômico e a visão sistêmica na gestão dos resíduos sólidos, considerando todas as variáveis socioambientais. Dentre os objetivos está a reutilização dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Entre as principais formas de dispor adequadamente e de agregar valor aos lodos de esgoto, está o uso agrícola como fertilizante ou condicionador de solo, devido sua

composição predominantemente orgânica e nutricional. No entanto, para que o uso agrícola seja realizado de forma segura e adequada, e que a concentração de metais pesados, compostos orgânicos persistentes e patógenos não seja nociva à saúde e ao meio ambiente os lodos de esgoto precisam ser caracterizados quanto as suas propriedades físicas, químicas e biológicas, considerando suas especificidades. No Brasil, a Resolução CONAMA nº 375/2006 define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados.

Os lodos de esgoto são gerados por meio de diferentes processos de tratamento de esgotos, das mais variadas origens, visando à diminuição de seu potencial poluente e os riscos à saúde pública e ao ambiente.

Entre as principais formas de dispor adequadamente e de agregar valor aos lodos de esgoto, está o uso agrícola, por se constituir numa fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as plantas, quando estes resíduos não contém metais pesados, compostos orgânicos persistentes e patógenos em concentrações nocivas à saúde e ao meio ambiente. O uso de lodo de esgoto melhora o estado de agregação das partículas do solo, diminui sua densidade, aumenta a porosidade, a capacidade de retenção de água e capacidade de troca de cátions, além de aumentar o teor de matéria orgânica e disponibilidade de macro e micronutrientes. Como resultado, a aplicação de lodo de esgoto tem conduzido ao aumento na absorção de nutrientes pelas culturas, com reflexo na produtividade (MELO; MARQUES, 2000). No entanto, para que o uso agrícola seja realizado de forma segura e adequada, os lodos de esgoto precisam ser caracterizados quanto as suas propriedades físicas, químicas e biológicas, considerando suas especificidades, derivadas de sua origem.

No Brasil, deve-se obedecer a ABNT-NBR 10.004/2004 que estabelece critérios para a classificação de resíduos sólidos e a Resolução CONAMA nº 375/2006, que define os critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados.

Neste estudo foi caracterizado, classificado e avaliado o potencial de uso agrícola de um lodo de esgoto gerado pela Cooperativa de Leite de Guaratinguetá – Serramar, respeitando os critérios estabelecidos na Resolução CONAMA nº 375/2006.

OBJETIVO

Este estudo teve como objetivo caracterizar, classificar e avaliar o potencial do uso agrícola do lodo de esgoto industrial gerado pela Cooperativa de Leite de Guaratinguetá – Serramar, considerando os critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 375/2006.

METODOLOGIA

O lodo de esgoto da Serramar, cooperativa de leite de Guaratinguetá (SP), é gerado pelo tratamento do esgoto em reator e digestor aeróbico e, em seguida, é transportado para leitos de secagem. Para a caracterização de parâmetros físicos, químicos e biológicos, seis amostras do lodo de esgoto foram retiradas de leitos de secagem previamente limpos, que receberam o resíduo nos dias 13/02, 15/02, 19/02, 27/02, 01/03 e 05/03 de 2013, sendo a coleta efetuada após nove dias de secagem. Destas, foram retiradas duas amostras compostas que, após a homogeneização, foram enviadas ao Laboratório de Fertilizantes e Resíduos, do Instituto Agrônomo de Campinas, sendo os métodos adotados para os ensaios químicos descritos em Andrade e

Abreu (2006) e para os biológicos, em USEPA 1992 part 503. Os resultados dos parâmetros químicos e biológicos foram utilizados para a classificação do lodo, conforme a NBR 10.004/2004 e a avaliação do potencial agronômico, considerando os critérios estabelecidos na Resolução CONAMA nº 375/2006. Os parâmetros Ferro (Fe) e Manganês (Mn) foram analisados, conforme procedimentos adotados pela USEPA, SW-846, última versão. Embora a Resolução CONAMA nº 375/2006 não se aplique a lodos oriundos de processos industriais, estabelece limites que devem ser respeitados para o uso agrícola destes resíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados apresentados na tabela 1 (parâmetros biológicos) e na Tabela 2 (parâmetros químicos), verificou-se que o lodo apresentou valor de pH próximo ao neutro e, portanto, não apresenta grande potencial de uso como corretivo da acidez do solo.

A Resolução CONAMA não estabelece limites para N, P e K, porém estes macronutrientes presentes no lodo apresentam concentrações muito próximas às concentrações encontradas no lodo doméstico caracterizado por Backes (2013), sendo maiores que as observadas em Trannin (2004) em um lodo industrial de uma indústria de resina PET e menores que as concentrações do lodo industrial de empresa de laticínios, caracterizado por Trannin, Branco e Petenusso (2013). A concentração de Fe no lodo é inferior às concentrações dos lodos de Trannin (2004) e Backes (2013) e ambos obtiveram resultados positivos com a aplicação do lodo em solo, não observando efeitos negativos quanto aos teores de Fe. Já o teor de Mn é maior do que nos outros estudos, porém há espécies vegetais exigentes com este micronutriente. Quanto aos limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 375/2006 para os micronutrientes, metais pesados e parâmetros biológicos, o lodo apresentou quantidades abaixo do permitido.

Trannin (2004) observou que o elevado teor de sódio ($3.633 \text{ mg Na kg}^{-1}$) não limitou a utilização agrícola deste resíduo, no cultivo de milho. Araújo et al. (2007) observaram que a adição do lodo de esgoto industrial oriundo de uma empresa alimentícia contendo baixos teores de K e elevados teores de Ca, P e N, quando aplicado na proporção de 10% do substrato, proporcionou melhor desenvolvimento na produção de mudas de tomate, berinjela, almeirão e alface, enquanto a adição em proporções superiores, aumentou a disponibilidade de Ca e o pH do substrato e diminuiu os teores de K, tendo influência negativa na emergência destas espécies.

Tabela 1. Parâmetros biológicos do lodo de esgoto em base seca, gerado pela Cooperativa de Leite de Guaratinguetá – Serramar e as respectivas concentrações máximas estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 375/2006.

Parâmetros biológicos			
Ovos viáveis de Helminthos	<0,25 ovos g ⁻¹ ST ₀ ¹		<0,25 ovos g ⁻¹ ST
Coliformes termotolerantes	NMP ² g ⁻¹	13,62	<10 ³ NMP g ⁻¹ ST
<i>Salmonella</i> sp.	NMP 10g ⁻¹	Ausente	Ausência em 10g ST

Análises realizadas pelos Laboratórios do Instituto Agronômico de Campinas - Centro de P&D de Solos e Recursos Ambientais, acreditados pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISSO/IEC 17025, sob o número CRL 450, sendo os métodos de ensaio: para metais: EPA-SW-846-3051a, com determinação por ICP-AES, de acordo com EPA-SW-846-6010c; Métodos de ensaio para parâmetros biológicos: USEPA 1992 part 503. Legenda: ¹Sólidos Totais e ²Número Mais Provável.

Tabela 2. Parâmetros químicos do lodo de esgoto em base seca, gerado pela Cooperativa de Leite de Guaratinguetá – Serramar e as respectivas concentrações máximas estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 375/2006.

Parâmetros químicos	Unidade	Lodo de esgoto Base seca	CONAMA 375/2006 Máximo permitido	nº
pH (em água 1:10)	---	6,8	---	
Umidade, a 60 - 65°C	% (m m ⁻¹)	33,9	---	
Sólidos Totais	% (m m ⁻¹)	64,6	---	
Sólidos Voláteis	% (m m ⁻¹)	32,4	---	
Carbono Orgânico	g kg ⁻¹	216	---	
Nitrogênio Kjeldahl (Ntotal)	g kg ⁻¹	32,5	---	
Nitrogênio Amoniacal	mg kg ⁻¹	68,0	---	
Nitrogênio Nitrato + Nitrito	mg kg ⁻¹	379	---	
Fósforo	g kg ⁻¹	8,3	---	
Potássio	mg kg ⁻¹	1943	---	
Cálcio	g kg ⁻¹	24,3	---	
Magnésio	g kg ⁻¹	1,8	---	
Enxofre	g kg ⁻¹	8,2	---	
Ferro	mg kg ⁻¹	5228	---	
Manganês	mg kg ⁻¹	3858	---	
Zinco	mg kg ⁻¹	366	2800	
Cobre	mg kg ⁻¹	51,2	1500	
Arsênio	mg kg ⁻¹	2,3	41	
Cádmio	mg kg ⁻¹	1,4	39	
Chumbo	mg kg ⁻¹	11,8	300	
Mercúrio	mg kg ⁻¹	<1,0	17	
Níquel	mg kg ⁻¹	19,3	420	
Selênio	mg kg ⁻¹	<1,0	100	
Sódio	mg kg ⁻¹	2092	---	

Tabela 2. Continuação.

Parâmetros químicos	Unidade	Lodo de esgoto Base seca	CONAMA 375/2006 Máximo permitido	n°
Bário	mg kg ⁻¹	44,6	1300	
Cromo	mg kg ⁻¹	34,4	1000	
Molibdênio	mg kg ⁻¹	0,90	50	

Análises realizadas pelos Laboratórios do Instituto Agronômico de Campinas - Centro de P&D de Solos e Recursos Ambientais, acreditados pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISSO/IEC 17025, sob o número CRL 450, sendo os métodos de ensaio: para metais: EPA-SW-846-3051a, com determinação por ICP-AES, de acordo com EPA-SW-846-6010c; para Nitrogênio total: método Kjeldahl, para nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito: destilação por arraste a vapor, para carbono orgânico: digestão com dicromato e determinação volumétrica, para umidade e sólidos voláteis: perda de massa a 60 e 500°C, respectivamente, para pH: determinação em extrato aquoso na proporção 1:10 (resíduo:água), segundo métodos descritos em Andrade e Abreu (2006).

Os teores de macro e micronutrientes presentes no lodo de esgoto industrial da Serramar apresentam semelhança com os lodos de esgoto domésticos apresentados por Melo e Marques (2000). Cada espécie vegetal tem suas necessidades e exigências nutricionais. A aplicação do lodo de esgoto na agricultura deve ser calculada com base nas recomendações de adubação vigentes em cada estado.

CONCLUSÕES

De acordo com a NBR-ABNT 10.004/2004, o lodo de esgoto gerado pela Cooperativa de Leite de Guaratinguetá – Serramar foi classificado como Resíduo Não Perigoso e Não inerte – Classe II-A. A caracterização do lodo, confrontada com a Resolução CONAMA N° 375/2006 mostrou que teores de metais pesados e organismos patogênicos se encontram dentro dos limites estabelecidos. Ao consultar outros trabalhos, observou-se que as concentrações de macro e micronutrientes contidas no lodo de esgoto industrial era semelhante às concentrações de outros lodos, industriais e domésticos, embora houvessem especificidades quanto à origem. O lodo apresentou potencial de uso agrícola como fertilizante e condicionador de solos, devendo, porém observar as necessidades e exigências nutricionais das espécies vegetais a serem cultivadas para a definição das taxas de aplicação do lodo em solos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J.C; ABREU, M.F. (Ed.). **Análise Química de Resíduos Sólidos para Monitoramento e Estudos Agroambientais**. Campinas: Editora IAC, 2006.

ARAÚJO, F.F.; TIRITAN, C.S.; IAROSSE, F.R. Reciclagem de lodo industrial, Classe II, como substrato para produção de mudas. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 3, n. 1, p. 25-34. 2007.

BACKES, C. et al. Uso de lodo de esgoto na produção de tapetes de grama esmeralda. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000400014&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 04 set. 2013.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n° 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras

providências. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em 04 set. 2013.

MELO, W.J.; MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.109-141.

TRANNIN, I.C.B. Avaliação agronômica de uma biossólido industrial e de seus efeitos sobre os atributos do solo. 2004. 171 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras. Lavras.

TRANNIN, I.C.B.; BRANCO, A.M.M.; PETENUSSO, M. Biomassa e Atividade Microbiana de Solos sob Landfarming com Resíduos de Laticínios e Diferentes Coberturas Vegetais. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência Do Solo. 2013, Florianópolis. Anais... Disponível em <<http://www.cbcs2013.com.br/anais/arquivos/1573.pdf>>. Acesso em 6 set. 2013.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. Environmental Regulations and Technology. Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge (Including Domestic Septage). 40 CFR Part 503. EPA/625/R-92/013. 1992. 177p.