

EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE SECAGEM DE LODO NA ETE EM PETROLINA -PE E ANÁLISE DE POTENCIAL AGRÍCOLA.

Celimar Oliveira da Silva¹; Rodrigo Torres Silva²; Marcella Vianna Cabral Paiva³; Miriam Cleide Cavalcanti Amorim⁴; Paula Tereza Souza e Silva⁵

Autor para correspondência: oliveiracelimar@gmail.com

¹Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal do Vale do São Francisco-UNIVASF; ²Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal do Vale do São Francisco-UNIVASF; ³Mestre em Engenharia Civil - Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos; ⁴Prof. do Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental, UNIVASF, Juazeiro-BA; ⁵Pesquisadora da EMBRAPA Semiárido, Petrolina - PE

RESUMO

O lodo é um resíduo que pode ser reaproveitado de diversas formas, principalmente no meio agrícola. O reaproveitamento inclui a adequação do mesmo em alguns parâmetros e exigências para a sua saudável disposição. Com isso, objetivou-se avaliar a eficiência do tratamento de secagem do lodo desidratado e dosado de cal, da Estação de Tratamento de Esgoto, localizada no centro da cidade de Petrolina-PE, através de análises químicas e biológicas estabelecidas na Resolução do CONAMA 375/06 e Instrução Normativa SDA/MAPA 25/2009. O experimento foi realizado no Laboratório de Engenharia Ambiental, localizado no campus da UNIVASF, Juazeiro-BA. Foram realizadas análises de nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais, sólidos fixos, sólidos voláteis, carbono total, matéria orgânica, pH, umidade, ovos viáveis de helmintos, coliformes termotolerantes, sódio, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Foi avaliado o comportamento dos componentes presentes no lodo ao longo de 90 dias, a eficiência do tratamento e a potencialidade agrícola desse composto. No final das análises, concluiu-se que o lodo respondeu com eficiência ao tratamento submetido, atendeu aos parâmetros exigidos na Resolução CONAMA 375/2006 e Instrução Normativa SDA/MAPA 25/2009, bem como demonstrou atender ao potencial agrícola a depender da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: biossólido; reciclagem agrícola; lodo de esgoto

INTRODUÇÃO

O lodo é um subproduto sólido oriundo de processos da estação de tratamento de esgoto (ETE's). Esse subproduto, quando processado, tem realce em seus benefícios e valorização do seu uso na agricultura, denominado então como biossólido (VON SPERLING; ANDREOLI; FERNANDES, 2001). É composto de várias substâncias, dentre elas, nutrientes, substâncias tóxicas, organismos patogênicos e metais pesados, e essa sua composição varia a depender da sua origem, sendo derivado de área residencial ou industrial, e também a depender do procedimento de tratamento adotado na ETE, alterando as características físicas e químicas do lodo em cada etapa (COSTA & COSTA, 2011).

O tratamento de lodo possui como principal finalidade a redução do potencial poluidor, e envolve processos físico-químicos e/ou biológicos, que podem ser representados por mecanismos de adensamento, estabilização, condicionamento, desidratação e higienização (PROSAB, 2001).

Dentre os mecanismos de tratamento, a desidratação ou desaguamento, tem como funções a redução de volume e umidade aumentando o teor de sólidos, pode ocorrer por meio natural ou mecanizado, dentre os processos mecanizados, o uso de decanter centrífugo se destaca pela velocidade e menor área requerida, utilizando a diferença de densidade do líquido e das partículas do lodo, assim forçando a separação através de alta rotação (VON SPERLING; ANDREOLI; FERNANDES, 2001).

A estabilização tem como principais funções a atenuação de maus odores e a remoção de organismos patogênicos, atuando assim na higienização do lodo, podendo ser química ou biológica. Na estabilização química, é bastante comum a inertização do lodo com cal, elevando o pH, e assim eliminando organismos patogênicos (VON SPERLING; ANDREOLI; FERNANDES, 2001).

A secagem atua como um processo de desidratação do biossólido através do aumento da temperatura e consequentemente a evaporação da água presente no meio sólido, e também pode ser considerado como um mecanismo de estabilização, pois é capaz de inativar patógenos, através de fatores limitantes como a temperatura e a radiação solar (VON SPERLING; ANDREOLI; FERNANDES, 2001).

A disposição do lodo em leitos de secagem é uma forma de utilizar a radiação solar como uma alternativa de menor custo se comparada a secagem mecânica, pois não requer grande quantidade de energia ou equipamentos específicos (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994).

OBJETIVOS DO TRABALHO

Esse trabalho teve como objetivo analisar junto à Resolução CONAMA 375/2006 e Instrução Normativa SDA/MAPA 25/2009 a eficiência do tratamento de secagem do lodo desidratado em decanter centrífuga e dosado de cal, oriundo de Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de lodo (UASB) da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE Centro) da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) do município de Petrolina-PE. Avaliando também o potencial agrônomo agregado a esse subproduto.

MATERIAIS E MÉTODOS

O lodo analisado foi originário de reator UASB, disposto em pátio de secagem após processo de desidratação com uso de decanter centrífugo e adição de cal, provenientes da ETE – centro da COMPESA na cidade de Petrolina - PE. As coletas foram realizadas em um período de 90 dias. Foram coletadas 6 amostras do pátio de secagem durante um período de 90 dias, nas respectivas datas: 28/11 (Lodo 0 dias), 08/12 (Lodo 10 dias), 18/12 (Lodo 20 dias), 28/12 (Lodo 30 dias) de 2017, 29/01 (Lodo 60 dias) e 28/02 (Lodo 90 dias) de 2018. As amostras foram coletadas em frascos de polietileno e armazenadas à temperatura ambiente no Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA) da Universidade Federal do Vale do São Francisco.

A definição das análises físico-químicas e biológicas seguiram de acordo com o Art. 7º da resolução do CONAMA 375/2006 e as análises foram realizadas de acordo com a Tabela 1 abaixo:

Tabela 1. Análises físico-químicas e biológicas.

ANÁLISES						
COLETA DO LODO INERTIZADO						METODOLOGIA
0 DIAS*	10 DIAS*	20 DIAS*	30 DIAS*	60 DIAS*	90 DIAS*	
Nitrogênio Total	-	-	Nitrogênio Total	Nitrogênio Total	Nitrogênio Total	Analisador Elementar TruSpec CN HLECO®
Carbono Orgânico	-	-	Carbono Orgânico	Carbono Orgânico	Carbono Orgânico	
Matéria Orgânica	-	-	Matéria Orgânica	Matéria Orgânica	Matéria Orgânica	
Fósforo Total	-	-	Fósforo Total	Fósforo Total	Fósforo Total	Colorimétrico
pH	pH	pH	pH	pH	pH	Método potenciométrico
Potássio	-	-	Potássio	Potássio	Potássio	Método de fotometria de chama
Sódio	-	-	Sódio	Sódio	Sódio	
Cálcio	-	-	Cálcio	Cálcio	Cálcio	Método do EDTA
Magnésio	-	-	Magnésio	Magnésio	Magnésio	
Enxofre	-	-	Enxofre	Enxofre	Enxofre	Método simplificado do cloreto de bário
Alumínio	-	-	Alumínio	Alumínio	Alumínio	Método de titulometria
Umidade	Umidade	Umidade	Umidade	Umidade	Umidade	Método gravimétrico
Sólidos Totais	Sólidos Totais	Sólidos Totais	Sólidos Totais	Sólidos Totais	Sólidos Totais	
Sólidos Voláteis	Sólidos Voláteis	Sólidos Voláteis	Sólidos Voláteis	Sólidos Voláteis	Sólidos Voláteis	
Sólidos Fixos	Sólidos Fixos	Sólidos Fixos	Sólidos Fixos	Sólidos Fixos	Sólidos Fixos	Método dos tubos múltiplos
Coliformes Termotolerantes	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Termotolerantes	
Ovos Viáveis de Helmintos	Ovos Viáveis de Helmintos	Ovos Viáveis de Helmintos	Ovos Viáveis de Helmintos	Ovos Viáveis de Helmintos	Ovos Viáveis de Helmintos	Método de FAUST

*dias de secagem no pátio

Todas as análises foram realizadas em triplicata, de acordo com os métodos estatísticos, e as metodologias seguiram o Standard Methods, Manual de Métodos para Análises Microbiológicas e Parasitológicas em

Reciclagem Agrícola de Lodo Esgoto e Métodos Laboratoriais de Análises Físico-químicas e Microbiológicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A terceira e quarta coletas, identificadas como lodo de 20, 30 e 90 dias, respectivamente, sofreram interferência nos resultados devido a ocorrência de precipitações nos períodos anteriores a essa coleta, chegando a uma precipitação de 10,2 mm no mês de dezembro, 11,2 mm no mês de janeiro e 94,8 mm no mês de fevereiro, o que interferiu diretamente no processo de secagem, alterando então suas características físico-químicas e biológicas (LABMET, 2018)

Os resultados dos parâmetros físico-químicos do biossólido estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2. Valores das análises para potencial agrônomo de lodo de esgoto nas coletas de 0, 10, 20, 30, 60 e 90 dias.

ANÁLISE	UNIDADE	COLETA DO LODO INERTIZADO					
		0 DIAS	10 DIAS	20 DIAS	30 DIAS	60 DIAS	90 DIAS
Nitrogênio Total	g.kg ⁻¹	14,54	-	-	20,19	17,65	17,84
Fósforo Total	g.kg ⁻¹	0,0043	-	-	0,0175	0,0081	0,0223
Carbono Orgânico	g.kg ⁻¹	216,00	-	-	234,00	200,00	202,00
Matéria Orgânica	g.kg ⁻¹	372,38	-	-	403,42	344,80	348,25
pH	-	11,6	11,88	9,91	9,12	8,24	8,14
Potássio	g.kg ⁻¹	0,0453	-	-	0,0803	0,1	0,15
Sódio	g.kg ⁻¹	0,062	-	-	0,0997	0,228	0,334
Cálcio	g.kg ⁻¹ (*)	2.359	-	-	660	932	738
Magnésio	g.kg ⁻¹ (*)	23.428	-	-	2.095	2.270	1.088
Alumínio	g.kg ⁻¹	0	-	-	0	0	0
Enxofre	%	0,748	-	-	0,759	1,159	0,054
Umidade	%	7,33	9,03	15,11	25,51	24,83	10,99
Relação C/N	-	14,86	-	-	11,59	11,33	11,32

*Base seca por sólidos totais

De acordo com os dados obtidos, o comportamento da concentração de nitrogênio variou, porém de forma geral houve incremento de 14,54 g.kg⁻¹ com 0 dias para 17,84 g.kg⁻¹ aos 90 dias de secagem no pátio. O decréscimo que ocorreu entre 30 e 60 dias pode ter ocorrido devido a volatilização da amônia, reação muito comum apresentada em estudo realizado por Abreu et al. (2017), mas o valor final ainda é superior ao mínimo delimitado pela IN N°25 do mapa de 0,5% (N/ST).

A relação C/N encontrada ao final de 90 dias de secagem foi igual a 11,32, então apresentando uma baixa relação C/N, dessa forma indicando alta biodegradabilidade do composto e atendendo o limite máximo estabelecido pela IN 25 MAPA de relação C/N < 20. A relação C/N menor que 25, encontrada em estudos por Rajj et al. (1997) indica uma rápida mineralização do nitrogênio orgânico em amônio, podendo sofrer nitrificação e ser transformado em nitrato, sendo esse composto inorgânico altamente móvel e poluidor.

O fósforo total apresentou um comportamento crescente comparando o valor inicial de 0,0043 g.kg⁻¹ em 0 dias de secagem no pátio e 0,0223 g.kg⁻¹ ao final da secagem. Esses valores de fósforo foram diretamente influenciados pelo teor de matéria orgânica no lodo, que conseqüentemente, promoveu a redução na capacidade de fixação desse elemento ao longo de sua decomposição, formando então uma relação diretamente proporcional. O lodo analisado se apresenta como uma boa fonte de adubo fosfatado, levando em consideração que não há um limite estabelecido no CONAMA 375, ou IN 25 MAPA, e tendo em vista a problemática de disponibilidade desse elemento no solo devido a adsorção nos sítios de troca dos minerais de argila.

O teor de potássio variou de 0,0453 g.kg⁻¹ para 0,15 g.kg⁻¹ ao final da secagem, sendo esses valores conseqüente de perdas no processo de tratamento do lodo, pois o mesmo se encontra solubilizado na água que é evaporada ao longo da secagem, além da interação negativa com o Ca²⁺ adicionado pela higienização do lodo com cal diminuindo a sua concentração. Os baixos valores de K⁺ encontrados nas

amostras são esperados, tendo em vista que o lodo é uma fonte pobre de potássio e, baseado em estudo anteriores, autores justificam a necessidade de complementação de adubação potássica (ABREU et al., 2017).

Os valores de sódio trocável apresentaram um comportamento crescente ao longo do tratamento, sendo então o valor inicial de $0,062 \text{ g.kg}^{-1}$ em 0 dias de secagem no pátio e $0,334 \text{ g.kg}^{-1}$ ao final de 90 dias de secagem, a concentração deste micronutriente não é delimitada pela Resolução CONAMA 375/2006 e/ou pela IN N°25 MAPA, podendo então ser aplicada a depender da cultura. Estudos feitos por Trannin et al. (2005) demonstrou que a alta concentração de sódio, superior a $3,633 \text{ g.kg}^{-1}$, não acarretava em salinização do solo, devendo então o seu uso ser monitorado com frequência, assim levando em consideração as características do solo.

Os teores dos nutrientes cálcio, magnésio e enxofre apresentaram o comportamento, e concentração, variados ao longo do tratamento, porém essa concentração não limita o biossólido ao uso de acordo com a Resolução CONAMA 375/2006 e IN N°25 MAPA, sendo as menores aplicações capazes de suprir a necessidade agrícola das culturas, segundo Andreoli et al. (1999).

O pH do lodo antes da secagem era de 11,6, característica de um tratamento de lodo com cal, como o estudado nesse experimento, após os 3 meses no pátio de secagem diminuiu para 8,14, estando de acordo com o valor mínimo de 6 estabelecido na IN N°25 MAPA. Desta forma esse valor de pH atribui funções corretivas a esse lodo, podendo ser aplicado na correção de solos ácidos.

Em relação ao teor de alumínio trocável, não houve presença no biossólido. Desta forma, se mostra ausente na competição por sítios de troca catiônica. Isto reafirma a capacidade corretiva de acidez quando aplicado ao solo. Andreoli (1999) destacou a capacidade do biossólido na redução de alumínio trocável do solo.

O teor de umidade apresentou comportamento crescente em relação ao tempo de secagem, inicialmente era de 7,33% e aumentou para 10,99% com 90 dias de secagem, decorrente de eventos de precipitação que ocorreram, principalmente nos primeiros 30 dias. No entanto sendo inferior ao estipulado na IN 25 MAPA para todas classes de fertilizantes orgânicos como valor máximo de 70%, acima disto pode apresentar um ambiente favorável para proliferação de organismos patogênicos, e dificultar o transporte e aplicação agrícola (Machado e Trannin, 2015).

Tabela 3. Valores das análises de sólidos (totais, fixos e voláteis) nas coletas de 0, 10, 20, 30, 60 e 90 dias.

ANÁLISE	UNIDADE	COLETA DO LODO INERTIZADO					
		0 DIAS	10 DIAS	20 DIAS	30 DIAS	60 DIAS	90 DIAS
Sólidos Totais	g.mL^{-1}	0,4456	0,6103	0,8261	0,6318	0,5437	0,588
Sólidos Voláteis	g.mL^{-1}	0,0998	0,1566	0,2392	0,1293	0,1254	0,1256
Sólidos Fixos	g.mL^{-1}	0,3458	0,4537	0,5869	0,5025	0,4183	0,4624
Relação SV/ST	-	0,2240	0,2566	0,2896	0,2046	0,2306	0,2136

A partir dos dados dispostos na Tabela 2 observa-se que os valores de sólidos fixos aumentou de $0,345 \text{ g.mL}^{-1}$ com 0 dias no pátio de secagem para $0,4624 \text{ g/mL}$ após o período de 90 dias de secagem, isto pode ser consequência do processo de biodegradação da matéria orgânica presente no lodo, assim como também ocorreu aumento nos valores de sólidos totais, mostrando um incremento significativo no biossólido de aproximadamente 25%. A relação SV/ST foi de 0,2136 após os 90 dias de tratamento, sendo assim considerado estável de acordo com a Resolução CONAMA 375/2006, em que determina que o lodo de esgoto para fins de utilização agrícola estável com relação entre sólidos voláteis e sólidos totais deve ter valor inferior a 0,7.

A tabela 3 apresenta a concentração de patógenos, para análise dos parâmetros microbiológicos de qualidade do lodo de esgoto.

Tabela 4. Valores dos parâmetros microbiológicos de qualidade do lodo de esgoto de 0, 10, 20 e 30 dias.

ANÁLISES	UNIDADE	COLETA DO LODO INERTIZADO					
		0 DIAS	10 DIAS	20 DIAS	30 DIAS	60 DIAS	90 DIAS
Coliformes Termotolerantes	NMP/g de ST	1.870,13	218,47	5.245,53	158,27	311,59	153,06
Ovos viáveis de helmintos	Ovos/g de ST	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Em nenhum período apresentou ovos de helmintos em sua composição, desta forma pode-se considerar que a calagem foi eficiente em eliminar e inviabilizar a possível presença e a secagem em controlar e não permitir o crescimento (PASSAMANI, 2002).

O tratamento foi eficiente na redução de coliformes termotolerantes em NMP, ao final de 10, 30, 60 e 90 dias e se enquadraram no critério de valor máximo de 1000 NMP/g da Resolução CONAMA 375/2006 como classe A, sendo esta classe liberada ao uso agrícola. O valor crescente com 20 dias de secagem foi consequência de chuvas que ocorreram no período anterior a coleta da referida amostra, como mostrado em dados do LABMET - UNIVASF, proporcionando assim um ambiente favorável a proliferação dos microrganismos.

CONCLUSÃO

A resolução CONAMA 375/2006 não estabelece um limite para o teor de nutrientes, no entanto os resultados apresentados neste estudo indicaram um alto potencial agrônomico quando comparado a IN 25 MAPA, devido aos teores de matéria orgânica e nutrientes. O tratamento se mostrou eficiente quanto a desidratação e estabilização química, alcançando a redução de microrganismos patogênicos, no entanto sua aplicação na agricultura deve ter um acompanhamento rigoroso para evitar malefícios a saúde ambiental e humana.

REFERÊNCIAS

ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; ALONSO, J. M.; ABEL, E. L. S.; OLIVEIRA, R. R. **Characterization of sewage sludge generated in Rio de Janeiro, Brazil, and perspectives for agricultural recycling**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 38, n. 4, suplemento 1, p. 2433-2448, 2017.

ANDREOLI, C. V.; LARA, A. I.; FERNANDES, F. - **Reciclagem de biossólidos - Transformando problemas em soluções**. Sanepar, Finep, 1999.

ANDREOLI, C. V. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura e sua influência em características ambientais no agrossistema**. Curitiba: UFP, 1999. 168 p.

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; DIAS, G. M. F.; BARONY, F. J. A. **Análise crítica da legislação brasileira para uso agrícola de lodos de esgotos na perspectiva da avaliação quantitativa de risco microbiológico**. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica, Coyoacán, v. 2, n. 1, p. 143-159, 2009.

BRASIL – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 25 de 23 de julho de 2009. **Aprova as normas 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**. Diário Oficial da União, Brasília, 28 jul. 2009.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 375 de 29 de agosto de 2006. **“Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências”**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2006.

COSTA, A. N. da (org.); COSTA, A. F. S. da. (org.) **Manual de uso agrícola e disposição do lodo de esgoto para o estado do Espírito Santo**. Vitória: Incaper, 2011. 126 p.

LABMET - Laboratório de Meteorologia da Universidade Federal do Vale do São Francisco (2018). Petrolina-PE.

MACHADO, L. R. D.; TRANNIN, I. C. B. **Agricultural potential of an industrial sewage sludge in compliance with CONAMA Resolution no. 375/2006**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 36, n. 6, suplemento 2, p. 4177-4184, 2015.

RAIJ, B. V.; CANTARELA, H.; GUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomico e Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim técnico, 100).

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEXE, C. A.; MENDONÇA, E. **Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.1, p.1-8, 1998.

TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. **Avaliação agrônômica de um biossólido industrial para a cultura do milho.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 40, n. 3, p. 261-269, 2005.

VON SPERLING, M.; ANDREOLI, C. V. Introdução. In: ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Org.) **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG; Curitiba: SANEPAR, 2001. 484 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 6). p. 13-16.