

DESIDRATAÇÃO DE LODO PROVENIENTE DE REATOR ANAERÓBIO COMPARTIMENTADO EM LEITO DE SECAGEM PLANTADO COM CAMOMILA E HIGIENIZADO COM CAL

Herlane Costa Calheiros¹, Érica Carolina Ribeiro² e César de Goes Camargo³

Resumo: Por meio desta pesquisa, estudaram-se a desidratação de lodo produzido em reator anaeróbio compartimentado utilizando leito de secagem com camomila e, também, a higienização usando cal. A instalação experimental foi composta por cinco leitos com volume de 10 litros cada, sendo que quatro receberam lodo e mudas de camomila e o quinto recebeu lodo sem as mudas de camomila. Dois leitos ficaram ao ar livre e os outros foram colocados em estufa. Foram monitorados teor de água, pH, coliformes, aparência, formação de fissuras e altura do lodo. A altura do lodo mantido em estufa foi em média $3,4 \pm 1,8\%$ menor no leito com plantas comparado com o leito sem plantas. Os lodos dos leitos mantidos em estufa que continham plantas perderam umidade mais rapidamente que os dos demais, provavelmente devido à evapotranspiração. Após apenas três dias, lodos com 50% de cal, não acusaram a presença de coliformes. A ausência de ovos de helmintos foi observada em lodos com 100% em massa de cal. Pode-se concluir que o sistema de leito de secagem com o cultivo de camomila é promissor para a desidratação de lodo doméstico e a caleação, e além de ser uma forma de desinfecção simples e de baixo custo, é eficaz. No entanto, para se garantir a inativação de ovos de helmintos, é necessário um elevado tempo de caleação ou uma elevada dosagem de cal.

Palavras-chave: Reator anaeróbio compartimentado. Lodo de esgoto. Leito de secagem com plantas. Camomila. Caleação.

1 Introdução

O destino final dos resíduos produzidos nos sistemas de tratamento de água e esgoto é uma preocupação mundial. Os sistemas de tratamento de esgoto geram um resíduo sólido em quantidade e qualidade variável, denominado de lodo de esgoto. Esse resíduo exige uma destinação final adequada, isto é, que seja segura em termos de saúde pública e ambiental.

Segundo Andreoli (2001), a maior parte do lodo produzido no mundo, cerca de 90%, tem sua disposição final realizada de três formas: incineração, disposição em aterros e uso agrícola; e, no Brasil, a produção de lodo é estimada entre 150 mil e 220 mil toneladas de matéria seca por ano. De acordo com o IBGE (2008), 28,5% dos municípios brasileiros tratam seus esgotos e 42,3% destes municípios destinam os lodos gerados em estações de tratamento de esgotos (ETE) aos aterros sanitários, 15,5% ao reaproveitamento e 1,7% à incineração. No entanto, sem qualquer critério técnico, 14,9% desses municípios lançam os lodos de

ETE em rios e 8,9% em terrenos baldios, colocando em risco a saúde da população e a qualidade ambiental. Apesar de ser uma atividade de grande importância, o tratamento do lodo de esgoto e seu destino/aplicação ainda são pouco difundidos, principalmente se considerarmos os sistemas descentralizados de tratamento de esgotos domésticos utilizados em áreas rurais e periurbanas.

O lodo em excesso de um sistema de tratamento de esgotos deve primeiramente ser desidratado para reduzir o seu volume e, conseqüentemente, reduzir o custo de transporte. De acordo com Gonçalves, Ludovice e Von Sperling (2001), a capacidade de desidratação depende do tipo de lodo. No lodo ativado, a desidratação é mais difícil que em um lodo digerido anaerobiamente. Esse fato está relacionado com o tipo da forma sólida e a forma pela qual a água está ligada às partículas de lodo. Um sistema de desidratação muito utilizado no Brasil é o leito de secagem que se caracteriza por ser um tanque, geralmente, retangular de alvenaria e fundo de concreto.

¹ E-mail: h2c@unifei.edu.br
Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Instituto de Recursos Naturais – IRN.
Av. BPS, 1303 – Pinheirinho. CEP 37500-903 - Itajubá – MG – Brasil

² E-mail: ericacarolina09@yahoo.com.br

³ E-mail: cezar_camargo@hotmail.com

E no seu interior são colocados dispositivos para facilitar a drenagem da água presente no lodo (GONÇALVES; LUDUVICE; VON SPERLING, 2001).

Uma alternativa ao leito de secagem convencional é o leito de secagem com plantas (*planted sludge drying beds*). Ele foi concebido com base nos sistemas alagados construídos (*constructed wetlands*) que têm sido empregados em várias regiões do mundo, principalmente nos países da Europa como a Dinamarca, Polônia, Bélgica, Reino Unido, Itália, França e Espanha (BIANCHI et al., 2011; DE MAESENEER, 1997; EDWARDS et al., 2001; GIRALDI et al., 2008; HARDEJ; OZIMEK, 2002; LIÉNARD; DUCHÊNE; GORINI, 1995; OBARSKA-PEMPKOWIAK; TUSZYNSKA-SOBOCINSKI, 2003; PEMPKOWIAK; OBARSKA-PEMPKOWIAK, 2002; TROESCH et al., 2008; UGGETTI et al., 2009; VINCENT et al., 2011). Algumas plantas piloto têm sido testadas na Palestina, Camarões e China (KENGNE NOUMSI et al., 2006; YUBO et al., 2008; NASSAR; SMITH; AFITI, 2006). Experiências nos EUA foram relatadas por Kim e Smith (1997), Burgoon et al. (1997), Summerfelt et al. (1999) e Begg, Lavigne e Veneman (2001), apresentando bons resultados. Segundo Uggetti et al. (2009), leito de secagem com plantas demanda pouca energia, custos de manutenção e operação reduzidos e causa insignificante impacto ambiental.

De acordo com Nielsen e Willoughby (2007), leito de secagem com plantas tem sido utilizado para desidratação (drenagem e evapotranspiração) e mineralização de lodo na Dinamarca desde 1988, quando o primeiro sistema de tratamento de lodo foi implantado. Segundo Nielsen (2008), existe mais de 140 leitos de secagem com plantas em operação na Dinamarca. Da estação de tratamento de esgoto, o lodo é bombeado para a superfície de cada leito de secagem. Sobre a superfície do leito, o lodo se acumula e a água é drenada pelo fundo do leito. As plantas são fundamentais para melhorar a eficiência do sistema e reduzir o volume de lodo. Elas contribuem para a desidratação do lodo devido à evapotranspiração e por melhorar a capacidade de filtração do lodo desidratado. O movimento das plantas com o vento faz com que criem fissuras no lodo, melhorando a oxigenação. A aeração do leito por meio de fissuras na superfície do lodo e da liberação de oxigênio pelas raízes das plantas permite que micro-organismos aeróbios se desenvolvam próximos as raízes e no próprio lodo, auxiliando a mineralização

do lodo. A redução do volume de lodo ocorre sem adição de produtos químicos e com baixo consumo de energia.

Na Dinamarca, segundo Nielsen e Willoughby (2007), esses leitos atendem uma população compreendida entre 2.500 e 125.000 habitantes, e os sistemas são formados de 1 a 18 leitos cultivados com caniço (*Phragmites australis*) que recebem carga orgânica de 25 a 2.200 toneladas de sólidos secos por ano. Os sistemas operam com taxa orgânica superficial máxima de cerca de 50 a 60 kg.m⁻².ano⁻¹ de SST e o teor de sólidos secos após o período de desidratação é cerca de 30 a 40%. Os autores relatam que o dimensionamento e projeto de leito de secagem com plantas dependem da taxa de produção de lodo, do tipo de lodo e do clima da região. Experiências na Dinamarca e Suécia têm sido bem sucedidas utilizando os leitos cultivados para desidratar lodos com teor de matéria seca entre 0,5 a 5% e verificaram que o desempenho dos sistemas não é comprometido por chuvas intensas ou mesmo por congelamento. Nenhum problema de odor e insetos tem sido relatado quando se emprega os leitos de secagem cultivados. Entre 6 e 9 meses de operação, Nielsen e Willoughby (2007) verificaram que a remoção de organismos potencialmente patogênicos foi de 6 Log. Segundo Uggetti et al. (2010), no lodo desidratado podem ser verificadas razões de nitrogênio (TNK/ST) compreendidas entre 2,5 a 6,4% e de fósforo (PT/ST) entre 1,1 a 2,3% em relação ao teor de sólidos secos totais, indicando o uso potencial do produto final como adubo orgânico. A experiência dinamarquesa mostra que a qualidade do produto final com relação a metais pesados, compostos orgânicos perigosos e remoção de patógenos torna possível o uso desse biossólido na agricultura.

Todavia, segundo Uggetti et al. (2010), há carência de critérios de projeto e configurações padronizadas de leito de secagem cultivado. Eles relatam que mais pesquisas são necessárias para melhorar o conhecimento sobre o projeto e a gestão destes sistemas, a fim de melhorar a eficiência do tratamento. Além disso, alguns aspectos do tratamento ainda não foram investigados; do ponto de vista ambiental, o impacto da emissão de gases do efeito estufa (absorção de carbono pelas plantas e posterior liberação de dióxido de carbono e metano pela camada de lodo) e do ponto de vista técnico e econômico, o

desenvolvimento de modelos numéricos para a otimização do processo.

Para dar um destino sanitário e poder usar os lodos oriundos de tratamento de esgotos, Passamani, Keller e Gonçalves (2002) alertam que, para se evitar os efeitos nocivos à saúde, é necessário que o lodo passe por um processo complementar de estabilização denominado de higienização. Esse processo visa eliminar ou reduzir significativamente a densidade de micro-organismos patogênicos, tornando o produto final biologicamente seguro para as diferentes aplicações desejadas. Wong e Fang (2000) lembram que um pH acima de 11,5 destrói a maioria dos micro-organismos endógenos presentes no lodo e inibe o crescimento de potenciais patógenos. Portanto, a estabilização com cal é um método eficaz de desinfecção.

Por meio desta pesquisa, estudou-se a desidratação de lodo produzido em reator anaeróbio compartimentado utilizando leito de secagem com camomila e, também, a sua higienização usando cal virgem.

A camomila foi escolhida por ser uma planta ornamental que possui várias aplicações na indústria e por ter ciclo de vida curto. Segundo Brandão, Freire e Soares (1998), a *Chamomilla recutita* L. destaca-se como uma planta de uso medicinal cujas propriedades farmacológicas se assentam na ação anti-inflamatória e adstringente. É amplamente utilizada na indústria de medicamentos, cosméticos e alimentos. Os capítulos florais secos são as partes mais comercializadas e rentáveis da planta (SOUSA et al., 1991). De acordo com Ramos et al. (2004), estudos sobre aspectos agrônômicos da camomila no Brasil são muito escassos, apesar de ela se apresentar

como alternativa para rotação de culturas típicas de inverno e como fonte de renda para os proprietários de pequenas áreas.

2 Material e métodos

O lodo usado no estudo foi proveniente de um reator anaeróbio compartimentado - RAC (Figura 1) - composto por três compartimentos (os dois primeiros funcionam como reatores biológicos e o terceiro como um decantador). Amostras de lodo foram coletadas no 2º compartimento (reator biológico) e no 3º compartimento (decantador) após dois anos de funcionamento sem descarte do lodo. No momento da amostragem, não foi percebido nenhum odor em nenhum dos compartimentos. Na tabela 1 apresentam-se algumas características do lodo estudado.

Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros estudados e suas respectivas metodologias de determinação analítica encontradas em *Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998). Todas as análises foram efetuadas no Laboratório de Saneamento da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e os equipamentos utilizados foram os seguintes: pHmetro digital Digimed DM-20, agitador magnético Fisatom 753, termômetro analógico INCOTERM L-176/05, digestor de DQO Biothec BT 750/25, espectrofotômetro HACH DR/2010, estufa de secagem Biopar S150SA, mufla Fornitec 3058, bomba de vácuo DCM DCM-1, centrífuga Fanem Excelsa II 206BL, balança de precisão Acculab ALC-210.4 e estufa para cultura bacteriológica Olidef CZ.

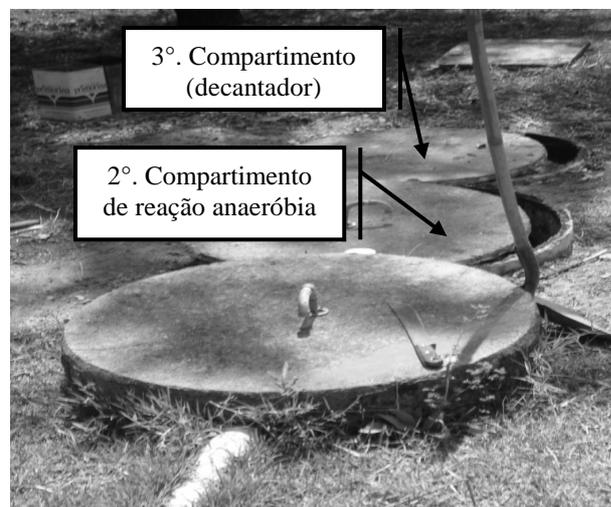


Figura 1 - Reator anaeróbio compartimentado formado por três compartimentos em série

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.13, n. 2, p. 33-43, jul./dez. 2011

Tabela 1 - Características do lodo do reator biológico e do decantador do RAC

Parâmetro	Reator biológico	Decantador
	(2° compartimento)	(3° compartimento)
Temperatura (°C)	23	23
pH a 25°C	7,08 ± 0,13	7,23 ± 0,05
Alcalinidade (mg/L de CaCO ₃)	14,0 ± 0,0	20,0 ± 2,0
DQO (mg/L de O ₂)	5.388 ± 1.212	9.042 ± 658
Sólidos totais (mg/L)	6.536 ± 35	3.920 ± 60
Sólidos suspensos totais (mg/L)	6.020 ± 80	3.590 ± 100
Sólidos voláteis totais (mg/L)	3.585 ± 95	2.705 ± 15
Relação entre sólidos voláteis e sólidos suspensos (SV/SS)	0,60 ± 0,01	0,75 ± 0,03
Sólidos sedimentáveis (mL/L)	15,0 ± 0,8	7,3 ± 0,9
Coliformes totais (NMP/100mL)	5,54 x 10 ³	5,04 x 10 ⁷
Coliformes fecais (NMP/100mL)	0,00	1,67 x 10 ⁷

Tabela 2 – Parâmetros analisados no lodo

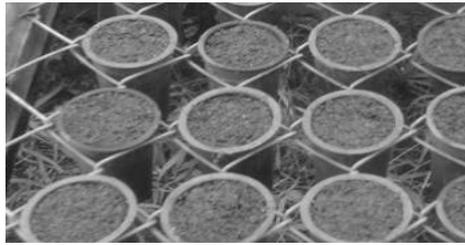
Parâmetro	Unidade	Metodologia
Alcalinidade	mg.L ⁻¹	Método titulométrico
Altura do lodo	cm	Método de medida direta com régua
Coliformes totais e termotolerantes	NMP.(100mL) ⁻¹	Método dos tubos múltiplos
Demanda química de oxigênio (DQO)	mg.L ⁻¹	Método do refluxo do dicromato de potássio
Ovos de helmintos	NMP.(100mL) ⁻¹	Método de centrifugação e flotação com solução de sulfato de magnésio a 21,52%
Potencial hidrogeniônico (pH)	-	Método potenciométrico
Sólidos sedimentáveis	mL.L ⁻¹	Método volumétrico em cone Imhoff
Sólidos totais, suspensos e voláteis	mg.L ⁻¹	Método gravimétrico
Temperatura	°C	Leitura em termômetro de mercúrio
Teor de água no lodo	%	Método gravimétrico

Foi também descrita a aparência do lodo (com relação à umidade, à consistência e à textura) por meio de observação visual e tátil durante o período de desidratação, utilizando a seguinte classificação:

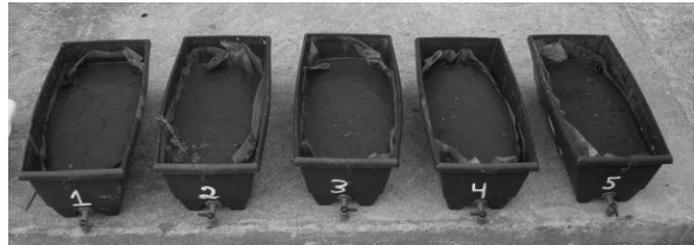
- Lodo molhado – água está visível
- Lodo úmido – água não está visível, mas sensível ao tato
- Lodo seco – água não é visível nem sensível ao tato
- Consistência mole – penetração do polegar igual ou maior que 25 mm
- Consistência média – unha do polegar risca a superfície do leito com lodo
- Consistência dura – não é riscado pela unha
- Textura homogênea – sem torrões aparentes
- Textura heterogênea – presença de torrões

A casa de vegetação da UNIFEI foi utilizada para a produção das mudas de camomila (*Chamomilla recutita* L.) e o substrato utilizado foi composto por 1/3 de terra, 1/3 de húmus e 1/3 de areia (Figura 2a). O sistema para reproduzir um leito de secagem com plantas foi montado ao lado do Laboratório de Saneamento da UNIFEI e consistiu de cinco jardineiras com volume de

10 litros cada (Figura 2b). Quatro jardineiras receberam lodo e mudas de camomila (três mudas por jardineira) e a quinta recebeu lodo sem as mudas de camomila (foi a amostra controle). Duas jardineiras ficaram ao ar livre e as outras três foram colocadas em estufa coberta com plástico. A taxa de aplicação de sólidos foi de $505,8 \pm 9,5 \text{ kg.m}^{-2}$ de SST. Para compensar esse valor elevado, utilizou-se uma altura inicial de lodo de 10 cm.



(a)



(b)

Figura 2 – (a) Mudas ainda não germinadas e (b) Instalação experimental preparada para receber as plantas

Durante três semanas foram monitorados o teor de água, o pH, os coliformes totais e termotolerantes, a aparência do lodo, a formação de fissuras e a altura do lodo. Também foram obtidos dados de radiação solar e temperatura ambiente por meio da estação meteorológica da UNIFEI.

O processo de higienização estudado foi a caleação do lodo com cal virgem. A cal foi misturada ao lodo desidratado nas seguintes proporções: 30%, 50% e 100% em massa/massa. Não foi adicionada a cal à amostra controle.

3 Resultados

As mudas de camomila foram plantadas no leito de secagem e a secagem do lodo foi monitorada por 15 dias. A carência de estudos utilizando camomila em leito de secagem dificultou a comparação dos resultados com outros trabalhos. Na Figura 3 mostra-se a aparência da camomila no momento do plantio e após 15 dias mantida em estufa.



Figura 3 - Aparência da camomila (a) no dia que foi introduzida no leito de secagem e (b) após 15 dias de exposição ao sol em estufa

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.13, n. 2, p. 33-43, jul./dez. 2011

Nas tabelas 3 e 4 apresentam-se, respectivamente, o teor de sólidos secos após o período de desidratação e a variação da camada de lodo durante a desidratação em leito de secagem, bem como dados obtidos junto ao CPTEC/INPE de chuva, radiação solar e temperatura ambiente.

Por meio da Tabela 3, pode-se notar que no leito com plantas o teor de sólidos secos após a desidratação do lodo foi maior

que no leito de secagem sem plantas, indicando uma melhor desidratação no leito cultivado em estufa. No entanto, o teor de sólidos foi, em média, quase 15%, inferior aos valores normalmente conseguidos na Dinamarca de acordo com Nielsen e Willoughby (2007). É importante, realizar testes em escala plena para se aperfeiçoar o sistema considerando a realidade brasileira.

Tabela 3 – Teor de sólidos secos após o período de desidratação

Teor de sólidos secos do lodo após o período de desidratação (sem planta – em estufa) (%)	Teor de sólidos secos do lodo após o período de desidratação (com plantas – em estufa) (%)	Teor de sólidos secos do lodo após o período de desidratação (com plantas - ao ar livre) (%)
11,4	14,8	13,1

Observa-se, com base nos resultados apresentados na Tabela 4, que a altura do lodo mantido em estufa foi em média $3,4 \pm 1,8\%$ menor no leito com plantas comparado com o leito sem planta, isto indica que a desidratação do lodo em leito cultivado com camomila foi ligeiramente maior que no leito sem plantas. Já as amostras que ficaram ao ar livre sofreram a influência das chuvas que ocorreram durante o período, tornando a secagem mais lenta. No entanto, as plantas deixadas ao ar livre

apresentaram melhor desenvolvimento que as mantidas em estufa.

Não foi observada a formação de fissura no lodo durante o período de secagem, talvez devido à elevada umidade relativa do ar ($89,3 \pm 18,5\%$).

O pH do lodo sem planta foi de $7,6 \pm 0,0$, do lodo com camomila em estufa foi de $7,4 \pm 0,1$ e do lodo com camomila mantido ao ar livre foi de $7,7 \pm 0,1$, ou seja, estatisticamente não houve diferença entre os valores de pH.

Tabela 4 – Características do lodo durante a desidratação

Período (dias)	Altura de chuva (mm)	Radiação solar (MJ/m^2)	Temperatura média ($^{\circ}\text{C}$)	Altura do lodo (sem planta – em estufa) (cm)	Altura do lodo (com plantas – em estufa) (cm)	Altura do lodo (com plantas - ao ar livre) (cm)
0	0,00	7,0	$21,5 \pm 9,0$	10,0	10,0	10,0
2	0,50	7,0	$23,0 \pm 10,0$	8,0	7,9	7,9
6	11,25	4,3	$19,3 \pm 4,3$	7,8	7,4	9,6
9	12,00	4,4	$21,0 \pm 6,0$	7,4	6,9	9,3
12	5,25	6,2	$21,3 \pm 6,8$	7,0	6,5	8,7
15	11,75	1,2	$24,0 \pm 8,5$	6,6	6,4	8,1

A aparência dos lodos, com base nas informações apresentadas na Tabela 5, dos leitões mantidos ao ar livre, apresentou-se mais úmida que a dos demais, devido às águas de chuva que receberam. O lodo dos leitões mantidos em estufa, aqueles que

continham plantas, perderam umidade mais rapidamente que os demais, provavelmente devido à evapotranspiração. O leito sem planta apresentou a formação de grãos/torrões de lodo enquanto que os leitões com plantas, sob as mesmas condições, não

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.13, n. 2, p. 33-43, jul./dez. 2011

apresentaram esta formação, o que leva a crer que o enraizamento e a sua consequente aeração favoreceram a desidratação de modo homogêneo, com os grãos mais soltos sem apresentar a

formação de torrões. Não foi percebido nenhum problema de odor e insetos durante o período de desidratação, confirmando o que notaram Nielsen e Willoughby (2007).

Tabela 5 – Aparência do lodo durante a desidratação

Período (dias)	Leito sem planta mantido em estufa	Leitos com plantas mantidos em estufa	Leitos com plantas mantidos ao ar livre
0	Molhado, consistência mole e textura homogênea	Molhado, consistência mole e textura homogênea	Molhado, consistência mole e textura homogênea
2	Molhado, consistência mole e textura homogênea	Molhado, consistência mole e textura homogênea	Molhado, consistência mole e textura homogênea
6	Úmido, consistência média e textura homogênea	Úmido, consistência média e textura homogênea	Molhado, consistência mole e textura heterogênea
9	Úmido, consistência média e textura heterogênea	Úmido, consistência média e textura homogênea	Molhado, consistência mole e textura heterogênea
12	Úmido, consistência média e textura heterogênea	Seco, consistência média e textura homogênea	Úmido, consistência média e textura heterogênea
15	Seco, consistência média e textura heterogênea	Seco, consistência média e textura homogênea	Úmido, consistência média e textura heterogênea

As figuras 4 e 5 mostram as placas de petry (3 e 30 dias após a aplicação da cal) e a Tabela 5 apresenta algumas

características do lodo após 3 e 37 dias da realização da caleação.

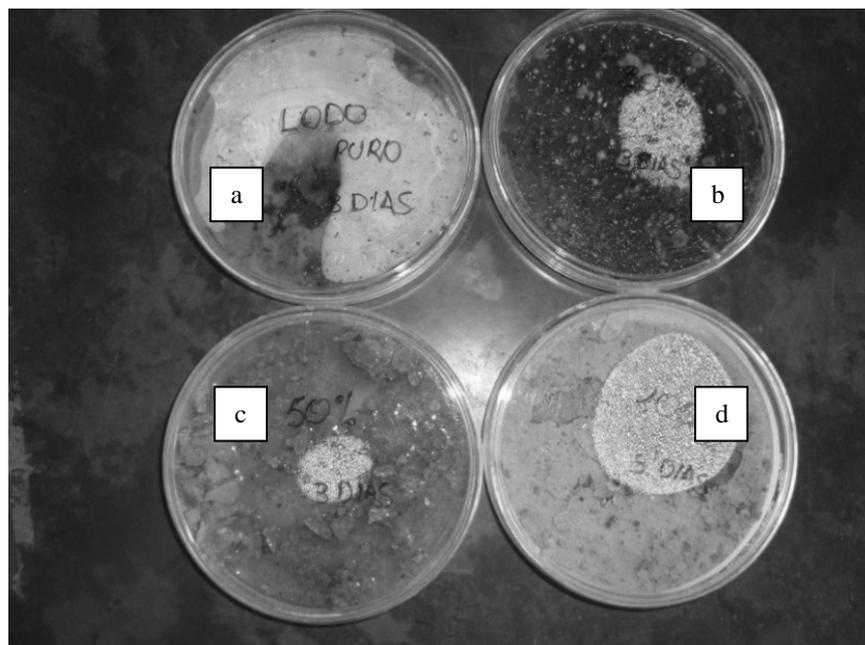


Figura 4 - Placas de Petry – três dias de desinfecção, (a) amostra controle, (b) amostra com 30% de cal, (c) amostra com 50% de cal e (d) amostra com 100% de cal

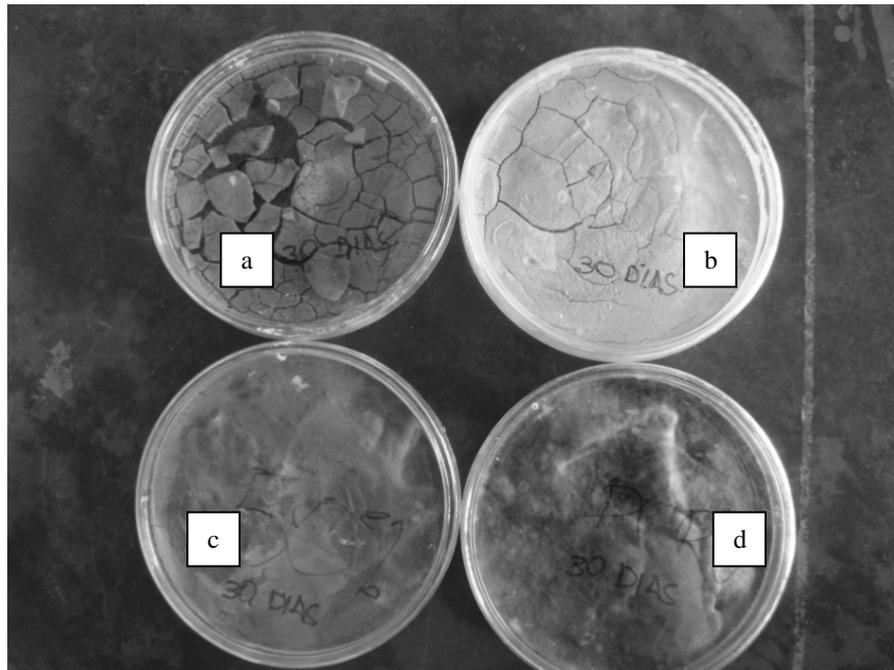


Figura 5 - Placas de Petry – trinta dias de desinfecção, (a) amostra controle, (b) amostra com 30% de cal, (c) amostra com 50% de cal e (d) amostra com 100% de cal

Tabela 6 – Características do lodo após a caleação

Cal (%)	pH			Coliformes totais (NMP/100mL)			Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)		
	0 dia	3 dias	37 dias	0 dia	3 dias	37 dias	0 dia	3 dias	37 dias
0	5,69	-	-	1,66.10 ¹⁰	-	-	1,50.10 ⁹	-	-
30	12,55	12,73	11,05	-	5,20.10 ³	0,00	-	3,10.10 ³	0,00
50	12,56	12,78	11,13	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00
100	12,61	12,78	11,26	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00

Cal (%)	Temperatura (°C)			Teor de água do lodo (%)			Número de ovos de helmintos (ovos/g)		
	0 dia	3 dias	37 dias	0 dia	3 dias	37 dias	0 dia	3 dias	37 dias
0	25	-	-	52,9	-	-	-	-	-
30	25	25	24	-	50,4	50,8	-	5,357	3,750
50	25	25	24	-	47,8	48,4	-	6,500	4,080
100	25	25	24	-	41,0	42,5	-	0,000	0,000

Com base nos resultados apresentados na Tabela 6, pode-se notar que o pH se manteve em $12,16 \pm 0,77$, portanto favorável a desinfecção como lembram Wong e Fang (2000). As amostras em que houve aplicação de 30% de cal apresentaram ausência de coliformes após 37 dias da caleação. Já em amostras com 50% de cal, apenas 3 dias após a caleação, não foi mais

detectado coliformes, conquanto tenham sido detectados ovos de helmintos. As amostras com 100% em massa de cal apresentaram teor de água de 41,0% e ausência de coliformes e ovos de helmintos após 3 dias da caleação. Os resultados apontam que, para se ter segurança ao se usar o lodo, é necessário aplicar elevado teor

de cal ou esperar um tempo elevado para se alcançar a inativação total.

Geralmente, a produção de lodos em sistemas descentralizados de tratamento de esgoto doméstico por processo anaeróbio, instalados principalmente em áreas rurais, é pequena, exigindo no mínimo sua remoção anual. Consequentemente, o volume de cal necessário, provavelmente, não será um obstáculo ao emprego dessa técnica de desinfecção.

4 Conclusão

Pode-se concluir, por meio dos estudos experimentais realizados, que:

- A desidratação foi maior no leito com plantas e a taxa com que ocorreu a perda de água também foi maior, provavelmente devido à evapotranspiração.
- O leito de secagem com plantas favoreceu a desidratação de modo homogêneo, com os grãos mais soltos sem apresentar a formação de torrões.

- O sistema de leito de secagem com o cultivo de camomila é uma alternativa a ser levada em conta para a desidratação de lodo

- doméstico, pois mostrou que é capaz de reduzir o volume de lodo sem adição de produtos químicos, com a utilização apenas da energia solar, e produzir uma planta ornamental com valor comercial. Recomenda-se que estudos em escala plena sejam conduzidos para se otimizar o sistema.

- Para se inativar ovos de helmintos, precisa-se elevado tempo de contato do lodo com a cal ou elevada dosagem de cal.

- A caleação, além de ser uma forma de desinfecção, reconhecidamente simples e de baixo custo, é eficaz principalmente para inativar coliformes.

- A tecnologia para o tratamento de lodo de esgoto doméstico, provavelmente, é aplicável à zona rural brasileira ou a domicílios/empreendimentos isolados devido a sua eficácia e facilidade de utilização. No entanto, mais estudos são necessários para se estabelecer os requisitos de projeto e as condições operacionais adequadas à realidade brasileira.

5 Dehydration of sludge from anaerobic baffled reactor in drying bed planted with chamomile and sanitized with lime

Abstract: *Through this research, the dehydration of sludge produced in the anaerobic baffled reactor using drying bed planted with chamomile and also the sanitation using lime were studied. The experimental device consisted of five drying beds with a volume of 10 liters each, with four drying beds with sludge more the chamomile seedlings and the fifth drying bed just with sludge, without chamomile. Two drying beds were placed outside and the others in a greenhouse. Water content, pH, coliforms, appearance, formation of cracks and sludge height were monitored. The height of the sludge kept in a greenhouse was on average $3.4 \pm 1.8\%$ lower in the drying beds with the plants than in those without plants. The sludge beds containing plants kept in the greenhouse have lost moisture faster than the others, probably due to evapotranspiration. After only three days the sludge with 50% of lime no longer showed the presence of coliform. No helminthes eggs were observed in sludges with 100% of lime by weight. The drying bed with the cultivation of chamomile is promising for the dehydration of sludge and addition of lime, and besides being a form of disinfection simple and inexpensive, is effective. However, to ensure the inactivation of helminthes eggs, it is necessary to apply lime for a long period or a high dose of lime.*

Key-words: Anaerobic baffled reactor. Sewage sludge. Planted Drying bed. Chamomile. Lime.

6 Referências

ANDREOLI, C.V. (Org.) **Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final**. Rio de Janeiro: Rima, ABES, Projeto PROSAB, 2001, 282p.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standards methods of the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington: APHA-ASSA-WEF, 1998.

BEGG, J.S., LAVIGNE, R.L., VENEMAN, P.L.M. Reed beds: constructed wetlands for municipal wastewater treatment plant sludge dewatering. **Water Science and Technology**, v.44, n.11-12, p.393-398, 2001.

BIANCHI, V. et al. Efficiency assessment of a reed bed pilot plant (*Phragmites australis*) for

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.13, n. 2, p. 33-43, jul./dez. 2011

sludge stabilisation in Tuscany (Italy). **Ecological Engineering**, v.37, p.779–785, 2011.

BRANDÃO, M.G.L.; FREIRE, N.; SOARES, C.D.V. Vigilância de fitoterápicos em Minas Gerais: verificação da qualidade de diferentes amostras comerciais de camomila. Rio de Janeiro: **Caderno de Saúde Pública**, v.14, n.3, p.613-616, 1998.

BURGOON, P.S. et al. Reed beds for biosolids drying in the arid northwestern United States. **Water Science and Technology**, v.35, n.5, p.287–292, 1997.

DE MAESENEER, J.L. Constructed wetland for sludge dewatering. **Water Science and Technology**, v.35, n.5, p.279–285, 1997.

EDWARDS, J.K. et al. Reed bed dewatering of agricultural sludges and slurries. **Water Science and Technology**, v.44, n.11–12, p.551–558, 2001.

GIRALDI, D. et al. **Hydraulic and biochemical analysis on real scale sludge consolidation reed beds in Tuscany (Italy)**. In: BILLORE, S., DASS, P., VYMAZAL, J. (Eds.), Proceedings of the 11th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Indore, India, 2008.

GONÇALVES, R.F.; LUDUVICE, M.; VON SPERLING, M. **Remoção da umidade de lodo de esgotos**. In: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. v.6. Belo Horizonte: FCO, 2001.

HARDEJ, M.; OZIMEK, T. The effect of sewage sludge flooding on growth and morphometric parameters of *Phragmites australis* (cav.) Trin. ex Steudel. **Ecological Engineering**, v.18, p.343–350, 2002.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/defaulttabzip_esgot_san.shtm>. Acesso em: 25 nov. 2011.

KENGNE NOUMSI, I.M. et al. **Potentials of sludge drying beds vegetated with *Cyperus papyrus* L. and *Echinachloa pyramidakis* (LAM.) Hitchc. and Chase for faecal sludge treatment in tropical regions**. In: Dias, V., Vymazal, J. (Ed.), Proceedings of the Conference on the Use of Aquatic Macrophytes for Wastewater Treatment in Constructed Wetlands, Lisbon, Portugal, 2006.

KIM, B.J., SMITH, E.D. Evaluation of sludge dewatering reed beds: a niche for small systems. **Water Science and Technology**, v.35, n.6, p.21–28, 1997.

LIÉNARD, A., DUCHÈNE, PH., GORINI, D. A study of activated sludge dewatering in experimental reed-planted or unplanted sludge drying beds. **Water Science and Technology**, v.32, n.3, p.251–261, 1995.

NASSAR, A.M., SMITH, M., AFITI, S. Sludge dewatering using the reed bed systems in the Gaza Strip, Palestine. **Water and Environmental Journal**, v.20, p.27–34, 2006.

NIELSEN, S. **Sludge treatment and drying reed bed systems 20 years of experience**. In: Proceedings of the European Conference on Sludge Management, Liège, Belgium, 2008.

NIELSEN, S.; WILLOUGHBY, N. Sludge treatment and drying reed bed systems in Denmark. **Water and Environment Journal**, v.19, n.4, 2007, p.296-305. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1747-6593.2005.tb00566.x/pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2011.

OBARSKA-PEMPKOWIAK, H., TUSZYNSKA, A., SOBOCINSKI, Z. Polish experience with sewage sludge dewatering in reed systems. **Water Science and Technology**, v.48, n.5, p.111–117, 2003.

PASSAMANI, F.R.F.; KELLER, R.; GONÇALVES, R.F. Higienização de lodo utilizando caleagem e pasteurização em uma pequena estação de tratamento de esgoto combinando reator UASB e biofiltro aerado submerso. In: Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales; AIDIS. **Gestión inteligente de los recursos naturales: desarrollo y salud**. México, D.F., FEMISCA, 2002, p.1-6.

PEMPKOWIAK, J., OBARSKA-PEMPKOWIAK, H. Long-term changes in sewage sludge stored in a reed bed. **Science of the Total Environment**, v.297, p.59–65, 2002.

RAMOS, M.B.M. ET al. Produção de capítulos florais em função de populações de plantas e da incorporação ao solo de cama-de-aviário. Brasília: **Horticultura Brasileira**, v.22, n.3, p.566-572, 2004.

SOUSA, M. P. ET al.. **Plantas Mediciniais Brasileiras**. Fortaleza: Edições UFC, 1991.

SUMMERFELT, S.T. et al. Aquaculture sludge removal and stabilization within created wetlands. **Aquacultural Engineering**, v.19, p.81–92, 1999.

TROESCH, S., et al. **Treatment of septage in sludge drying reed beds: a case study on pilot-scale beds**. In: Billore, S., Dass, P., Vymazal, J. (Eds.), Proceedings of the 11th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Indore, India, 2008.

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.13, n. 2, p. 33-43, jul./dez. 2011

UGGETTI, E. et al. Sludge treatment wetlands: A review on the state of the art. **Bioresource Technology**, n.101, p.2905–2912, 2010.

UGGETTI, E. et al. Sludge dewatering and stabilization in drying reed beds: Characterization of three full-scale systems in Catalonia, Spain. **Bioresource Technology**, n.100, p.3882–3890, 2009.

VINCENT, J. et al. Sludge drying reed beds for septage treatment: Towards design and operation

recommendations. **Bioresource Technology**, v.102, n.17, p.8327-8330, 2011.

WONG, J.W.C.; FANG, M. Effects of lime addition on sewage sludge composting process. **Water Research**, n.34, p.3691-3698, 2000,.

YUBO, C. et al. Performance of wastewater sludge ecological stabilization. **Journal of Environmental Sciences**, v.20, p.385–389, 2008.