

III-040 - USO DE GEOBAG COMO UNIDADE INTEGRANTE DO SISTEMA TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERROS SANITÁRIOS: ESTUDO DE CASO NO ATERRO SANITÁRIO DE RIO DAS OSTRAS, RJ

Tatiana Cormack Coutinho⁽¹⁾

Bióloga pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

João Alberto Ferreira

Doutor em Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz. Pesquisador visitante do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

Daniele Maia Bila

Engenheira Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Mestre, Doutora em Engenharia Química pela COPPE/UFRJ. Prof. Adjunto no Depto. de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da FEN/UERJ.

Endereço⁽¹⁾: Rua São Francisco Xavier, 524 - Maracanã - Rio de Janeiro - RJ - CEP: 20550-900 - Brasil - Tel: (21) 23340512 - e-mail: tatiana.cormack@gmail.com

RESUMO

A utilização de geobag na área de saneamento é relativamente frequente, particularmente como contenção e desidratação de lodos e sedimentos. Como componente de sistemas de tratamento de lixiviados sua utilização é recente. Trata-se de um tubo fabricado com geotêxtil, que é um tecido de alta tenacidade, inerte à degradação biológica e resistente a ataques químicos (álcalis e ácidos). O geobag retém as partículas sólidas e permite o escoamento do líquido pelos poros do geotêxtil. A utilização do geobag como etapa inicial do sistema de tratamento de lixiviado de aterro sanitário, tem sido proposta para o tratamento combinado com o lodo de fossa séptica, que representa um problema, em grande parte das cidades de pequeno e médio porte. O objetivo do estudo foi avaliar o processo de tratamento de lixiviados de aterros sanitários combinado com lodos de fossa séptica com o uso de geobags. Foram realizadas amostragens no Aterro Sanitário de Rio das Ostras onde foram coletadas amostras do lixiviado bruto, da lagoa de mistura de lodo de fossa séptica e lixiviado que constitui o afluente e efluente dos geobags, afluente e efluente do *wetland*, que é a etapa final do sistema de tratamento. Todas as amostras foram submetidas a caracterização físico-química (pH, condutividade, DQO, COD, nitrogênio amoniacal, série de sólidos), e ensaio de toxicidade aguda com organismos-teste pertencentes a dois níveis tróficos diferentes (*Danio rerio* e *Aliivibrio fischeri*). Os resultados encontrados apontaram para uma eficiência de redução de 90% para o parâmetro DQO, 97% para sólidos suspensos totais e 52% para COD, após o tratamento pelo geobag. Foi observado uma redução na toxicidade para o *Danio rerio* na mistura do lixiviado com o lodo de fossa séptica, porém o efluente do geobag só apresentou toxicidade reduzida para a bactéria *Aliivibrio fischeri*. Esses resultados mostraram que o potencial de utilização do geobag como parte integrante de sistemas de tratamento de lixiviados, considerando-se a especificidade do estudo (tratamento combinado com lodo de fossa séptica), pode contribuir para a solução de um dos principais problemas ambientais oriundos dos aterros sanitários em municípios de médio e pequeno porte.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro Sanitário de Rio das Ostras, geobag, lodo de fossa séptica

INTRODUÇÃO

O geobag, também conhecido como tubo geotêxtil ou geotube, é um sistema de contenção e desidratação de lodo por microfiltração através de tubo de geotecido, de alta resistência, fabricado de polipropileno ou poliéster, inerte à degradação biológica e resistente a ataques químicos (álcalis e ácidos) (MACCAFERRI, 2009). Esse sistema retém a parte sólida do material, permitindo a passagem do fluido, e ao mesmo tempo resiste às elevadas tensões ao qual o sistema está submetido (CASTRO, 2005). Os geobags podem ser de tamanhos variados, dependendo de fatores como a quantidade de material a ser contido, e da disponibilidade de espaço físico para acomodar os tubos durante a desidratação (MACCAFERRI, 2009).

A utilização de geobags na área de saneamento é relativamente frequente, particularmente como contenção e desidratação de lodos e sedimento (FRANÇA *et al.*, 2009; ASHWORTH, 2003; MOO-YOUNG & TUCKER, 2002). Como componente de sistemas de tratamento de lixiviados a sua utilização é recente. Uma busca detalhada na literatura revelou um vazio de informações e estudos sobre o uso do geobag para tratamento de lixiviado, no entanto foram encontrados estudos que contemplam o uso do geobag para tratamento de resíduo da suinocultura (REDDY *et al.*, 2013), lodo de estação de tratamento de água (KERBER, 2008; PIEPER, 2008), resíduo de piscicultura (SHARRER *et al.*, 2010), rejeitos de mineração (MARTINS & VIDAL, 2006).

A utilização do geobag como etapa inicial do sistema de tratamento de lixiviado de aterro sanitário, tem sido proposta para o tratamento combinado com o lodo de fossa séptica, que representa um problema, em grande parte das cidades de pequeno e médio porte.

Um estudo realizado por KERBER (2008), com lodo oriundo de estação de tratamento de água, comparou o efluente após adensamento no geobag e por centrifugação. O efluente do geobag apresentou grande redução no parâmetro sólidos sedimentáveis com concentrações inferiores a 1 mgL^{-1} , enquanto o efluente da centrifugação apresentou concentrações em torno de 15 mgL^{-1} . A qualidade da água percolada do geobag também apresentou melhores resultados comparados ao tratamento por centrifugação para: cor, turbidez, Fe, Al, DQO e DBO_5 . Em estudos sobre o tratamento de efluentes de suinocultura, REDDY *et al.* (2013) detectaram remoções de 72% de DQO, 45% de alcalinidade, 70% de turbidez e ainda 91% de sólidos suspensos totais com o uso de geobags como tratamento primário do sistema de tratamento.

PIEPER (2008) que estudou o uso de tubos geotêxteis para desaguamento de lodo em estação de tratamento de água, destaca a importância do uso de polímeros como floculantes que contribuem para a retenção mais eficiente e também diminui o risco de colmatção de geotêxtil por partículas finas.

Desse modo, surge a oportunidade do presente trabalho, que procura avaliar um sistema de tratamento conjunto destes dois efluentes, em particular, com o uso de geobag como tratamento primário que recentemente vêm sendo aplicado em alguns aterros sanitários no estado do Rio de Janeiro

OBJETIVO GERAL

Avaliar o processo de tratamento de lixiviados de aterros sanitários combinado com lodos de fossa séptica com o uso de geobags.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o papel dos geobags como unidade de tratamento primário no sistema de tratamento de lixiviados de aterros sanitários;
- Determinar a eficiência do tratamento combinado de lixiviados e lodo de fossa séptica com a utilização de geobags, na estação de tratamento do aterro sanitário de Rio das Ostras, considerando os parâmetros físico-químicos;
- Determinar a eficiência do tratamento combinado de lixiviados e lodo de fossa séptica com a utilização de geobags, na estação de tratamento do aterro sanitário de Rio das Ostras, considerando a toxicidade aguda em dois níveis tróficos;
- Avaliar em escala de bancada, o uso de polímeros na mistura afluenta do geobag de Rio das Ostras;
- Determinar se o tratamento combinado de lixiviados e lodo de fossa séptica com a utilização de geobags, na estação de tratamento do aterro sanitário de Rio das Ostras atende a legislação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas 11 campanhas, no período de julho de 2013 a novembro de 2014, no Aterro Sanitário de Rio das Ostras, onde foram coletadas amostras do lixiviado bruto, da lagoa de mistura de lodo de fossa séptica e

lixiviado que constitui o afluente dos geobags, do efluente dos geobags, da entrada do wetland e da saída do wetland, que é o final do sistema de tratamento. Depois de coletadas, as amostras foram preservadas pelo acondicionamento à temperatura abaixo de 4 °C para posterior realização dos ensaios em laboratório.

Todas as amostras foram caracterizadas com base nos parâmetros físico-químicos, segundo metodologia descrita em APHA, AWWA, WEF (APHA, 2005) de acordo com os métodos específico para cada parâmetro. Os parâmetros avaliados são: carbono orgânico total (COD) (5310 B), demanda química de oxigênio (DQO) (5220 D), série de sólidos (2540), condutividade (2510 B), pH (4500-H⁺ B), nitrogênio amoniacal (4500-NH₃ D)

Foram realizados ensaios de toxicidade aguda com os organismos *Danio rerio* e *Aliivibrio fischeri* segundo metodologias descritas nas normas da ABNT NBR 15088 (ABNT, 2004) e NBR 15411-3 (ABNT, 2006), respectivamente, em todas as amostras coletadas.

RESULTADOS

A estação de tratamento do Aterro Sanitário de Rio das Ostras é composta de uma lagoa de lixiviado e uma lagoa de mistura que recebe os resíduos dos caminhões limpa fossa, para a qual é bombeado o lixiviado. A mistura contida na lagoa é homogeneizada através de bombas de circulação. São bombeados, diariamente, para a lagoa de mistura, cerca de 36.000 litros de lixiviado bruto, que recebe em média cerca de 160.000 litros por dia de lodo de limpa fossa (relação aproximada de 4:1). O conteúdo da lagoa já misturado recebe a adição de um polímero sintético e em seguida é bombeado para um dos três geobags.

Cada geobag tem 13,8 m de circunferência por 60 metros de comprimento e capacidade para armazenagem de 16200 m³ de lodo úmido a 1% de sólido. A área de assentamento dos geobags é composta por 3 camadas. A 1^a camada junto ao solo é formada por uma manta de PEAD (Polietileno de alta densidade), a 2^a camada é formada por uma manta de geotecido e a 3^a camada, que fica em contato com os geobags, é composta por 15 cm de brita nº1

O geobag é construído com um “tecido” com pequenos poros que retêm as partículas de lodo e areia. O líquido atravessa os poros do tecido resultando assim na desidratação do lodo. O líquido que atravessa o tecido é enviado para duas lagoas em sequência recebendo finalmente um polimento num *wetland* após a última lagoa de estabilização. Do *wetland* o efluente segue para um pequeno tanque e posteriormente esse efluente é lançado na natureza.

Os resultados da caracterização físico-química estão apresentados na Tabela 1. Para cada parâmetro e ponto de amostragem, são apresentadas as médias dos valores, o desvio padrão, o valor mínimo e máximo e a mediana.

Tabela 1: Número amostral (N), valores de média, mediana, máximo e mínimo dos parâmetros pH, condutividade, DQO, COD, nitrogênio amoniacal e série de sólidos.

Parâmetros	N	Média	Valor Mínimo	Mediana	Valor Máximo
pH					
Lixiviado Bruto	11	8,3	7,7	8,2	8,8
Afluente do Geobag	11	6,8	6,5	6,8	7,4
Efluente do Geobag	11	7,4	7,2	7,3	7,8
Condutividade (mS cm⁻²)					
Lixiviado Bruto	10	8,3	5,3	8,3	11
Afluente do Geobag	10	1,8	1,1	1,8	2,7
Efluente do Geobag	11	2,1	1,5	2,0	2,7
DQO (mg L⁻¹)					
Lixiviado Bruto	11	1766	731	1824	2850
Afluente do Geobag	10	4427	2710	3899	8471
Efluente do Geobag	11	463	233	395	827
COD (mg L⁻¹)					
Lixiviado Bruto	11	502	260	474	940
Afluente do Geobag	9	171	104	159	245
Efluente do Geobag	10	82	25	72	142
Nitrogênio Amoniacal (mg L⁻¹)					
Lixiviado Bruto	11	607	58	647	858
Afluente do Geobag	11	249	139	231	408
Efluente do Geobag	10	212	190	206	250
Lodo de Fossa	3	110	58	128	143
Sólidos Totais (mg L⁻¹)					
Lixiviado Bruto	11	5962	3692	6356	7190
Afluente do Geobag	10	3840	2270	3833	5727
Efluente do Geobag	11	1301	1028	1218	1725
Sólidos Suspensos Totais (mg L⁻¹)					
Lixiviado Bruto	11	144	38	140	228
Afluente do Geobag	10	2566	1464	2247	4883
Efluente do Geobag	11	80	28	80	118
Sólidos Suspensos Voláteis (mg L⁻¹)					
Lixiviado Bruto	11	126	34	128	220
Afluente do Geobag	10	1925	1053	1653	3490
Efluente do Geobag	11	66	18	63	104
Sólidos Dissolvidos Totais (mg L⁻¹)					
Lixiviado Bruto	11	5818	3492	6128	7027
Afluente do Geobag	11	1239	702	1027	2416
Efluente do Geobag	11	1221	1000	1146	1637
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg L⁻¹)					
Lixiviado Bruto	11	1094	700	1130	1530
Afluente do Geobag	11	555	204	540	1020
Efluente do Geobag	11	358	196	340	602

É observado na Tabela 1 que o pH encontrado no lixiviado bruto foi em média 8,3, pH considerado alcalino. Essa faixa se enquadra na composição do lixiviado em aterros brasileiros estudada por SOUTO & POVINELLI (2007). Para o afluente do geobag, o pH foi de 6,8, que se enquadra na faixa de pH comumente encontrado no lodo de fossa, caracterizado por INGUNZA, et al., 2009. Essa faixa de pH está próxima da neutralidade, que é a faixa ideal para que as taxas de crescimento dos microrganismos não sejam afetadas (SPERLING, 1996) e desse modo não comprometa a decomposição da matéria orgânica no interior do geobag. Além disso, diferentes valores de pH estão associados a diferentes faixas de atuação ótima de coagulantes. O efluente do geobag atende aos limites estabelecidos pela Resolução nº 357 do CONAMA que é de 5 a 9 de pH.

Os valores de condutividade do lixiviado bruto variaram entre 5,3 e 11 mS cm⁻² enquanto no afluente do geobag esses valores foram de 1,1 a 2,7 mS.cm⁻². Tais resultados decorrem da grande concentração de sólidos dissolvidos do lixiviado bruto, em média 5.818 mg L⁻¹, e da diluição resultante da relação 4:1 do lodo de fossa com o lixiviado, gerando um afluente do geobag com 1.239 mg L⁻¹ de sólidos dissolvidos. Os valores da condutividade não sofreram grande variação após o tratamento pelo geobag, apresentando um efluente com média de 2.064 mS cm⁻².

Para DQO, o afluente do geobag apresentou concentrações médias de 4.427 mg L⁻¹, enquanto o efluente apresentou valores em torno de 463 mg L⁻¹, o que sugere que esse método de tratamento parece ser eficiente na redução desse parâmetro.

A legislação federal não contempla o parâmetro DQO para lançamentos de efluentes em corpos aquáticos, porém a Diretriz 205.R-6 (INEA, 2007) estabelece limites inferiores a 200 mg L⁻¹ de DQO para percolados de aterro industrial. Considerando essa diretriz, o efluente do geobag ficaria acima do limite estabelecido por apresentar valor médio de DQO superior a 400 mg L⁻¹.

Essa alta concentração remanescente deve-se aos compostos orgânicos recalcitrantes, geralmente presentes em grande quantidade nos lixiviados de aterros sanitários, como descrito por THÖRNEBY *et al.*, (2006), indicando que seriam necessários tratamento secundários e terciários para atingir o padrão estabelecido pela legislação.

Para os valores de COD, o lixiviado apresentou concentração média de 502 mg L⁻¹, o afluente do geobag apresentou 171 mgL⁻¹ e o efluente do geobag 82 mg L⁻¹.

Para nitrogênio amoniacal é possível observar que ocorre uma grande redução nas concentrações desse parâmetro quando o lixiviado, que apresenta média de 607 mg L⁻¹, é misturado com o lodo de fossa séptica, com média de 110 mg L⁻¹. Com a mistura desses dois efluentes na proporção 4:1 ocorre a diluição do lixiviado e o afluente do geobag apresenta concentrações em torno de 249 mg L⁻¹.

O efluente do geobag apresentou média das concentrações de nitrogênio amoniacal de 212 mg L⁻¹, o que mostra que a passagem pelo mesmo não parece interferir nesse parâmetro.

Apesar da diminuição da concentração de nitrogênio amoniacal do lixiviado bruto com mistura com lodo de fossa, tal redução não foi suficiente para deixá-lo nas concentrações estabelecidas para lançamento de efluentes, conforme estabelece a Resolução do CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011) que é de 20 mg L⁻¹.

A presença de sólidos em elevadas concentrações nos lixiviados de aterros, pode inibir a atividade microbiana dos microrganismos e indicar que há elevadas concentrações de matéria orgânica. As concentrações de sólidos totais no lixiviado, variaram entre 3.692 e 7.190 mg L⁻¹, quanto no afluente do geobag, essa variação foi de 2.270 a 5.727 mg L⁻¹. As concentrações mais elevadas no lixiviado bruto são explicadas pela grande quantidade de sólidos dissolvidos nesse efluente, enquanto que no afluente do geobag, os sólidos suspensos estão em maior quantidade.

Como consiste basicamente num processo de filtração com adição de polímero catiônico, as concentrações de sólidos totais após o tratamento com geobag, foram reduzidas alcançando valores entre 1.028 e 1.725 mg L⁻¹.

Em relação aos sólidos suspensos totais, as concentrações foram mais elevadas no afluente do geobag, com valores médios de 2.566 mg L⁻¹, em virtude da grande quantidade de material em suspensão presente no lodo

de fossa, que segundo INGUNZA, et al. (2009), se caracteriza por apresentar concentrações de sólidos suspensos entre 3.260 e 6.655 mg L⁻¹.

O efluente do geobag apresentou valores médios de 80 mg L⁻¹ de sólidos suspensos totais, o que mostra que o tratamento com geobag parece ser eficiente na redução desse parâmetro. É possível observar também que a maior parte dos sólidos suspensos totais consiste em matéria orgânica volátil.

Com relação aos sólidos dissolvidos totais foram detectadas concentrações entre 3.492 e 7.027 mg L⁻¹ para o lixiviado bruto, sendo que a maior parte é composta por sólidos fixos que compõem a matéria inorgânica. Esses valores são similares aos encontrados por MANNARINO et al. (2010), que encontraram uma faixa de 4.590 a 7.623 mg L⁻¹ de sólidos dissolvidos num estudo realizado com lixiviado do aterro do Morro do Céu (Niterói/RJ).

A Tabela 2 permite observar que a utilização do Geobag para tratamento de lixiviado combinado com lodo fossa apresentou eficiência na redução de diversos parâmetros.

O parâmetro DQO apresentou uma redução de 90% em relação ao afluente do geobag. Para sólidos suspensos totais essa remoção foi de 97% e de 52% para COD. REDDY et al. (2013), que estudaram o uso do geobag para tratamento de resíduo de suinocultura, encontraram reduções semelhantes dos parâmetros analisados, com 72% de DQO e 91% de sólidos suspensos totais.

No entanto, o geobag não pareceu ser eficiente na remoção de amônia, removendo em média somente 15% do nitrogênio amoniacal. Utilizando o teste estatístico de Mann-Whitney foi determinado que não há diferença significativa entre o afluente e o efluente do geobag para o parâmetro nitrogênio amoniacal ($p=0,5261$) para um intervalo de confiança de 95%.

Esse resultado é compatível com o encontrado por outros autores. GOTVAJN et al. (2009) obtiveram remoção de 14% de amônia após coagulação do lixiviado com $Al_2(SO_4)_3$. Segundo os autores esse efeito é observado porque o processo de coagulação não remove a amônia diretamente, pois a predominância dos íons NH_4^+ forma uma parte de sal dissolvido ou eles podem estar unidos por atração eletrostática com partículas coloidais carregadas negativamente e somente ao remover essas partículas, ocorreria a redução do nitrogênio amoniacal associado.

Tabela 2: valores de média e mediana, eficiência de remoção e resultados do teste estatístico de Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$) dos parâmetros pH, condutividade, DQO, COD, nitrogênio amoniacal e série de sólidos

Parâmetros	Medida de tendência central	Concentração		Eficiência de remoção	Valores de p
		Afluente Geobag	Efluente Geobag		
pH	Mediana	6,8	7,3	-	-
	Média	6,8	7,3	-	-
Condutividade (mS cm⁻²)	Mediana	1792	2010	-	-
	Média	1794	2064	-	-
DQO (mg L⁻¹)	Mediana	3899	395	90%	0,0001
	Média	4427	463	90%	0,0001
COD (mg L⁻¹)	Mediana	159	72	55%	0,044
	Média	171	82	52%	0,044
Nitrogênio Amoniacal (mg L⁻¹)	Mediana	231	206	11%	0,5261
	Média	249	212	15%	0,5261
Sólidos Totais (mg L⁻¹)	Mediana	3833	1218	68%	0,0001
	Média	3840	1301	66%	0,0001
Sólidos Dissolvidos Totais (mg L⁻¹)	Mediana	1027	1146	-12%	0,3246
	Média	1239	1221	1%	0,3246
Sólidos Suspensos Totais (mg L⁻¹)	Mediana	2247	80	96%	0,0001
	Média	2566	80	97%	0,0001
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg L⁻¹)	Mediana	540	340	37%	0,0488
	Média	555	358	36%	0,0488
Sólidos Suspensos Voláteis (mg L⁻¹)	Mediana	1653	63	96%	0,0001
	Média	1925	66	97%	0,0001

A Tabela 3 apresenta os resultados de toxicidade aguda para o organismos-teste *Aliivibrio fischeri*. Observa-se que a toxicidade variou entre 7 e 32 UT para o lixiviado bruto.

Após a mistura do lixiviado bruto com o lodo de fossa no afluente do geobag o fator de toxicidade variou entre 2 e 22 UT, e no efluente do geobag a variação foi de 1 a 4 UT. Os resultados mostraram que para a bactéria *Aliivibrio fischeri* o lixiviado e a mistura afluente do geobag são tóxicos, no entanto o efluente do geobag apresenta baixa toxicidade.

A legislação federal brasileira não estabelece limites de descarte de efluentes que contemple a toxicidade aguda. Contudo, a legislação de Santa Catarina indica ensaios de toxicidade aguda com o organismo-testes *Aliivibrio fischeri*. Nesse caso, o efluente do geobag atende os limites estabelecidos pela FATMA (2002) de 8 UT para descarte de efluentes de aterros sanitário

Tabela 3: Resultados de toxicidade aguda para *Aliivibrio fischeri* no lixiviado bruto, afluente e efluente do geobag.

<i>Aliivibrio fischeri</i>						
Data da coleta	Lixiviado bruto		Afluente geobag		Efluente geobag	
	CE50(%)	UT	CE50(%)	UT	CE50(%)	UT
04/07/2013	6,2	16	4,6	22	41,2	2
18/07/2013	6,0	17	7,6	13	36,3	3
20/08/2013	3,2	32	58,5	2	NO	NO
29/08/2013	4,1	24	10,9	9	47,9	2
28/10/2013	10,1	10	9,0	11	50,8	2
29/11/2013	14,2	7	12,1	8	52,4	2
24/03/2014	13,0	8	5,5	18	37,3	3
31/03/2014	10,4	10	7,7	13	25,5	4
14/04/2014	10,1	10	9,5	11	22,6	4
26/08/2014	NO	NO	48,4	2	NO	NO

NO – não observado

Os resultados dos ensaios de toxicidade com *Danio rerio* estão apresentados na Tabela 4. Observa-se que o lixiviado bruto é tóxico para esse organismo com valores entre 16 e 63 UT, a mistura do lixiviado com o lodo de fossa reduziu a toxicidade do efluente para essa espécie de peixe, apresentando valores entre 8 e 32 UT no afluente do geobag e entre 4 e 32 UT no efluente do geobag. Esse resultado atende aos limites impostos pela legislação do Estado do Rio de Janeiro para a maioria das amostras analisadas, onde fica situado o aterro, que é de 8 UT (INEA, 1990).

Tabela 4: Resultados de toxicidade aguda para *Danio rerio* observada no lixiviado bruto, afluente e efluente do geobag.

<i>Danio rerio</i>						
Data da coleta	Lixiviado bruto		Afluente geobag		Efluente geobag	
	CL50(%)	UT	CL50(%)	UT	CL50(%)	UT
04/07/2013	4,1	32	16,5	8	17,7	8
18/07/2013	4,4	32	18,2	8	8,5	16
20/08/2013	5,6	63	17,7	8	16,5	8
29/08/2013	4,4	32	17,7	8	16,5	8
28/10/2013	4,4	32	13,4	16	7,7	32
29/11/2013	7,7	32	14,3	16	11,7	16
24/03/2014	ND	ND	ND	ND	17,7	4
31/03/2014	8,8	16	7,7	32	28,7	8
14/04/2014	5,8	32	17,7	8	17,7	8
26/08/2014	ND	ND	ND	ND	25,0	8

NO – não observado

CONCLUSÕES

O estudo mostra que o geobag apresentou eficiência no tratamento de lixiviado combinado com lodo de fossa para a remoção de alguns parâmetros como DQO, COD e sólidos suspensos totais.

O tratamento por geobag foi eficiente na redução da toxicidade para *Aliivibrio fischeri*. Para *Danio rerio* a redução da toxicidade foi determinada pela mistura do lixiviado bruto com o lodo de fossa.

Os resultados obtidos mostraram que o potencial de utilização do geobag como parte integrante de sistemas de tratamento de lixiviados, considerando-se a especificidade do estudo (tratamento combinado com lodo de fossa séptica), é bastante interessante e pode contribuir para a solução de um dos principais problemas ambientais oriundos dos aterros sanitários em municípios de médio e pequeno porte.

A incorporação de alguns tratamentos sequenciais também relativamente simples, ou melhorar a eficiência dos utilizados no sistema estudado de Rio das Ostras pode ser uma sugestão para próximos estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Ecotoxicologia aquática — Determinação do efeito inibitório de amostras aquosas sobre a emissão da bioluminescência de *Vibrio fischeri* (ensaio de bactéria luminescente). Parte 3: Método utilizando bactérias liofilizadas). 2012.
2. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Ecotoxicologia aquática. Toxicidade aguda. Método de ensaio com peixes. 2006.
3. APHA; AWWA; WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21. ed. Washington, 2005.
4. ASHWORTH, B. Geobags - The South Gisppland Water Experience. 66th Annual Water Industry Engineers and Operators' Conference. Shepparton, 2003
5. CASTRO, N. P. B. DE. Sistemas tubulares para contenção de lodo e sedimentos contaminados. Dissertação de mestrado. Instituto Tecnológico da Aeronáutica, São José dos Campos, 2005.
6. CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (CONSEMA). Resolução nº 129, de 24 de novembro de 2006. DOE. Porto Alegre, 7 de dezembro de 2006.
7. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº430, de 13 de maio de 2011. DOU, n. 92, p. 89, 16 de maio de 2011.
8. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº357, de 17 de março de 2005. DOU, n. 053, p. 58, 18 de março de 2005.
9. FRANÇA, S. C. A. *et al.* Tratamento de sedimentos do Canal do Fundão para descarte em geobags. XXIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Gramado, 2009.
10. FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA (FATMA). Portaria nº 17, de 18 de abril de 2002. DOSC, Santa Catarina, 23 de abril de 2002.
11. GOTVAJN, A. Ž.; TIŠLER, T.; ZAGORC-KONČAN, J. Comparison of different treatment strategies for industrial landfill leachate. Journal of Hazardous Materials, v. 162, n. 2–3, p. 1446–1456, 15 mar. 2009.
12. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). NT - 213. R-4 - Critérios e padrões para controle da toxicidade em efluentes líquidos industriais. 1990. DOERJ, Rio de Janeiro.
13. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). DZ - 205. R-6 - Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial. 2007. DOERJ, Rio de Janeiro.
14. INGUNZA, M. D. P. D. *et al.* Caracterização física, química e microbiológica do lodo de fossa/tanque séptico. Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Rio de Janeiro: ABES, 2009. v. 6.
15. KERBER, D. D. Alternativa de contenção e desidratação natural de lodo na ETA do Passaúna (Curitiba – PR) através de contenção por GEOBAG®. Simpósio Internacional de Ciências Integradas da UNAERP Campus Guarujá. São Paulo, 2008.
16. MACCAFERRI. Critérios gerais para projeto, especificação e aplicação de geossintéticos. Manual Técnico. 1. ed. 2009.
17. MANNARINO, C. F. *et al.* Assessment of combined treatment of landfill urban solid waste leachate and sewage using *Danio rerio* and *Daphnia similis*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, v. 85, n. 3, p. 274–278, set. 2010.

18. MARTINS, P. DE M.; VIDAL, D. DE M. Tubos Geotêxteis para acondicionamento e desaguamento de rejeitos de mineração. XII Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA, São José dos Campos, 2006.
19. MOO-YOUNG, H. K.; TUCKER, W. R. Evaluation of vacuum filtration testing for geotextile tubes. *Geotextiles and Geomembranes*, v. 20, n. 3, p. 191–212, jun. 2002.
20. PIEPER, K. M. C. Avaliação do uso de geossintético para o deságue e geocontenção de resíduos sólidos de estação de tratamento de água. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
21. REDDY, G. B. *et al.* Demonstration of technology to treat swine waste using geotextile bag, zeolite bed and constructed wetland. *Ecological Engineering*, v. 57, p. 353–360, ago. 2013.
22. SHARRER, M. *et al.* The cost and effectiveness of solids thickening technologies for treating backwash and recovering nutrients from intensive aquaculture systems. *Bioresource Technology*, v. 101, n. 17, p. 6630–6641, set. 2010.
23. SOUTO, G. D. DE B.; POVINELLI, J. Características do lixiviado de aterros sanitários no Brasil. 24^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, 2007.
24. SPERLING, M. VON. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Editora UFMG, 1996.
25. THÖRNEBY, L. *et al.* The performance of a natural treatment system for landfill leachate with special emphasis on the fate of organic pollutants. *Waste management & research: the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA*, v. 24, n. 2, p. 183–194, abr. 2006.