

### **III-472 - ESTUDO DA DESIDRATAÇÃO DE LODO DE LAGOAS DE TRATAMENTO DE LIXIVIADO POR SISTEMAS DE GEOMEMBRANAS**

**Tatiane Maria Lafayette Góis** <sup>(1)</sup>

Técnica em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Pernambuco em 2007. Graduada em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco em 2012. Mestrada em Engenharia Civil - Área de concentração em Geotecnia Ambiental - pela Universidade Federal de Pernambuco em 2015.. Possui experiência na área de tratamento de água, efluentes e resíduos sólidos.

**Cinthia Raquel Santos Silva**

Graduanda do quarto período do curso de Engenharia Ambiental e Agrícola - UFRPE. Bolsista Voluntária de Iniciação Científica – UFPE.

**Luiz Martins Pereira Neto**

Técnico em agropecuária pelo Instituto Federal de Pernambuco (campus Vitória de Santo Antão), realizou projetos na área de agroecologia e educação ambiental se formando no ano de 2012. Atualmente é aluno de engenharia ambiental da UNINASSAU e tem vínculo institucional com a Universidade Federal de Pernambuco como aluno de iniciação científica no Departamento de Engenharia Química

**Etienne Elayne Meireles da Rocha**

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Realizou Pós-Doutorado no Departamento de Engenharia Química da UFPE. Atualmente está trabalhando para o Exército, na cidade de Belém do Pará.

**Maurício Alves da Motta Sobrinho**

Engenheiro Químico pela Universidade Católica de Pernambuco, mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande e doutor em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine - França. Professor adjunto do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco, coordenador e professor do Programa de pós-Graduação em Engenharia Química e professor do programa de pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco. Pesquisador 2 do CNPq.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Departamento de Engenharia Química da UFPE. Rua Prof. Arthur de Sá, s/n – Cidade Universitária – Recife – PE – 50.740-521 - e-mail: [tatianelafayette@gmail.com](mailto:tatianelafayette@gmail.com)

#### **RESUMO**

O lixiviado é definido como a mistura do líquido gerado na decomposição anaeróbia da matéria orgânica (MO) juntamente com a umidade natural e a água que constitui a MO presente dentro da massa de resíduos sólidos urbanos, além da água de infiltração proveniente das precipitações. No Brasil, um dos processos mais utilizados para o tratamento de lixiviados é o sistema de lagoas. Todavia, com o passar do tempo, irá se acumular em no fundo das lagoas, reduzindo seu volume útil e, conseqüentemente, o tempo de detenção hidráulica e a eficiência do sistema. Neste contexto, o lodo gerado do tratamento do lixiviado é um problema atual para o meio ambiente, dado a sua forma semi-sólido e elevada concentração de MO resultar em um fator complicador para o transporte e disposição final. Nesse caso é necessário reduzir o volume de água do lodo por meio de técnicas como a secagem natural ou térmica, filtro prensa, adensador, centrífugas e as geomembranas. Neste estudo foi avaliado o deságue do lodo gerado na Estação de Tratamento de Lixiviado do Aterro da Muribeca por geomembranas. O lodo foi coletado e acondicionado em 3 bags (sem coagulante, com coagulante e com coagulante na 1ª semana) durante um período de 3 meses. Foram realizadas análises para caracterização do lodo e do líquido drenado. Os resultados obtidos indicaram que o uso do polímero foi eficaz para a remoção da cor e da turbidez. Porém o drenado apresentou elevada concentração de MO, havendo a necessidade de um tratamento. O balanço de massa realizado apresentou uma eficiência de 94,92%, 96% e 96,93% na remoção de sólidos totais (ST) para os bags sem polímero, com polímero e com polímero na 1ª alimentação, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lixiviado, lodo, tratamento de lixiviado, geomembrana, balanço de massa.

## INTRODUÇÃO

O Brasil gerou em 2012 cerca de 201.058 toneladas/dias resíduos sólidos urbanos (RSU), o que representa 1.228 kg/hab./dia. Em relação ao ano anterior houve um aumento de 1,3% na quantidade gerada de RSU. Observa-se, de forma geral no País, um melhoramento nos cuidados relativos ao tratamento e destinação final dos RSU, representado pela redução da quantidade de resíduo depositado em lixão e um aumento de aterros sanitários, além de um pequeno crescimento de outros tipos de tratamento, como a separação para reciclagem de materiais, compostagem da matéria orgânica e incineração para resíduos perigosos.

A viabilidade das características do lixiviado torna os sistemas de tratamento complexos, pois inúmeros fatores interferem na escolha de uma forma de tratamento. O tipo de tratamento adotado dependerá das características do aterro e da sua localização física e geográfica (TCHOBANOGLIOUS et al., 2002). Os processos mais empregados no Brasil, para o tratamento de líquidos lixiviados de aterros sanitários, incluem processos biológicos, como lagoas de estabilização, lodos ativados e filtros biológicos (BIDONE et al., 1997).

Das diversas formas de tratamento de esgoto, a lagoa de estabilização é a que tem a produção menor de lodo, em comparação ao lodo ativado convencional que apresenta um maior volume de lodo a ser tratado. Isto ocorre já que no sistema de lodo ativado, o tempo de permanência do lodo (idade do lodo) é baixo, tornando menor a oportunidade para a digestão do lodo dentro do próprio tanque de aeração. Com relação às lagoas de estabilização, o lodo produzido na lagoa fica retido por vários anos, havendo a digestão (transformando em água e gases) e adensamento (remoção da umidade) com isso reduzindo o seu volume (ANDREOLI et al., 2001).

Ribeiro (2007) destaca a utilização de manta geotêxtil como uma nova alternativa que se destaca tendo-se em vista o baixo requisito de área e custos de implantação e manutenção. Devido à drenagem da parte líquida ocorre uma redução de volume, o que permite o enchimento sucessivo da manta, até o volume disponível ser ocupado quase inteiramente pela fração sólida existente no rejeito, o efluente drenado pelas unidades retorna ao início do tratamento, ao final do ciclo de enchimento e desidratação, o material sólido retido continua a sofrer um processo de consolidação, por desidratação e evaporação da água residual, através do geotêxtil, que constitui as paredes da unidade de tratamento (FRANCO, 2009).

Silveira (2011) diz que esses Bags podem ser lavados e reutilizados 20 a 30 vezes, eles podem ser horizontais, usados em locais de maior área e verticais, para menores áreas.

Nos Bags de geomembranas é importante o uso de polímeros, que irão colaborar na desidratação do lodo e na retenção de contaminantes (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAM, 2011). Pieper (2008) apresenta duas vantagens na utilização do polímero, são elas: reduções na quantidade de lodo e maior amenidade da desidratação, o lodo formado pelo uso de polímeros torna-se mais denso e de fácil desidratação, facilitando seu manuseio de disposição final.

O uso de geomembrana tem sido utilizado para desague de lodos de várias origens. Guerdat et al. (2013) avaliaram o uso deste geotêxtil para a retenção de sólidos em sistemas de aquicultura. Foram utilizados dois sistemas, um que usa água doce e outro com água salobra. Ambos os sistemas receberam um polímero catiônico (poliacrilamina) que atua com flocculante, auxiliando na retenção dos sólidos.

Hasbach (1999) estudaram a eficácia de geotêxteis em desidratação de lodo de curture. Ele realizou testes em protótipos de tubos de geotêxtil de alta resistência para estudar o seu desempenho. Foram testados tubos de geotêxtil de vários tamanhos e materiais. O lodo foi usado para testes de dois tipos; um era o lodo primário (resíduos provenientes da planta de curture) e o outro lodo biológico (lodo anaeróbio). Após duas semanas de desidratação o teor de sólidos aumentou até 25% no lodo primário e 18-30% no lodo biológico.

Cantrell et al. (2008) estudaram o desague de lodo de lagoas anaeróbias com sistemas de bags totalmente suspensos. Após três ciclos de enchimento e desague, o sistema apresentou uma eficiência de retenção de 87,6% para os sólidos totais, 58,4% para o nitrogênio amoniacal e de 86,7% para o fósforo total. Os resultados que eles obtiveram mostraram que o sistema foi eficiente no desague e concentração do lodo, reduzindo em 18,5% o volume total requerido inicialmente para disposição do lodo.

Este trabalho avaliou eficiência do sistema de desagüe do logo com uso de geomembranas, para desidratação de lodo de lagoas de tratamento de lixiviados. Foi monitorada a qualidade do lixiviado, através de parâmetros como DQO, DBO<sub>5</sub> pH, condutividade entre outros.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado o lodo proveniente das lagoas de decantação (Figura 1) do sistema de tratamento de lixiviado do aterro da Muribeca (Jaboatão dos Guararapes – PE). O aterro controlado da Muribeca, que até 2009 recebeu todo lixo das cidades de Recife e Jaboatão dos Guararapes, possui uma área de 64 ha e localiza-se a 16 km da Cidade do Recife.



**Figura 1. Vista aérea do sistema de lagoas de tratamento de lixiviado do Aterro da Muribeca e da lagoa de decantação durante a realização da coleta do lodo.**

Com uma amostra do lodo realizou-se no laboratório o ensaio de bancada Jar-Test, para determinação da dosagem ótima do polímero, uma vez que, um bag foi alimentado com lodo bruto e outro com lodo + polímero. A adição do polímero é recomendada pelo fornecedor do bag (Allonda), o qual forneceu a indicação da dosagem aproximada.

O ensaio com o bag de geotêxtil (a geomembrana), consiste na suspensão de um balde de PVC preso ao teto ligado ao Bag disposto em uma bacia plástica, o balde era interligado ao bag através de um mangote de 4” com 1,2m de comprimento. A bacia que continha o bag continha um furo em uma de suas extremidades, onde tinha um registro em PVC e uma mangueira para obtenção do drenado (Figura 2).

O bag de geotêxtil é fabricado em tecido de prolipropileno de alta resistência que exerce simultaneamente as funções de retenção das partículas sólidas e de drenagem dos líquidos presentes. O bag foi cedido pela empresa ALLONDA, representante no Brasil da TenCate. O modelo utilizado foi o TenCate Geotube GT 500, com diâmetro médio dos poros de 80  $\mu$  (ASTM D6767). Suas dimensões são de 53 x 51cm. O excesso de água decorrente do processo é drenado através dos poros do geotêxtil, resultando uma desidratação efetiva e uma redução do volume de água.

Para este trabalho foram utilizados três Bags, um bag recebeu o lodo com adição do polímero, o outro recebeu o lodo sem o polímero e o terceiro recebeu o polímero apenas na primeira coleta, sendo as demais cargas realizadas sem adição.

Os drenados obtidos de cada coleta foram identificados e armazenados para determinação de parâmetros. Ao término das coletas os bags foram abertos e as amostras foram retiradas para análise do material sólido, as quais foram coletadas amostras em pontos distintos.

As análises foram realizadas de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005), para os seguintes parâmetros: pH, Cor (Hazen), Condutividade (mS/cm), Turbidez ( NTU), DQO (mg O<sub>2</sub>/L), ST, SV e SF (mg/L) e metais.



**Figura 2** – adição do coagulante no lodo e alimentação dos bags da montagem experimental utilizado no estudo.

### Balanco de Massa dos Bags

O balanço de massa foi realizado com a finalidade de obter a eficiência dos bags, ou seja, a quantidade de massa que foi retida pela geomembrana. O balanço de massa consiste na diferença entre a quantidade de massa que entra com a quantidade de massa que sai do sistema. Para isso é necessário saber a quantidade de massa, sendo calculada através da Equação 1.

$$Massa (mg) = P \times Volume (L) \quad (\text{Equação 1})$$

Diante disto, temos 3 alimentações para cada bag, sendo calculada da seguinte forma, na Equação 2:

$$Massa (entrada) = P(1^a) \times Volume (1^a) + P(2^a) \times Volume (2^a) + P(3^a) \times Volume (3^a) \quad (\text{Equação 2})$$

na qual: P = parâmetro a ser realizado o balanço de massa (ST), para a 1ª alimentação, 2ª alimentação e 3ª alimentação.



Para determinação da quantidade de massa que saiu do sistema, é o mesmo segmento do cálculo da quantidade de massa que entrou no sistema. Porém na saída do sistema tivemos 15 coletas de material, sendo calculado pela seguinte Equação 3:

$Massa (saída) = P(1^a) \times Volume (1^a) + P(2^a) \times Volume (2^a) + P(3^a) \times Volume (3^a) + \dots + P(15^a) \times Volume (15^a)$	(Equação 3)
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

na qual: P = parâmetro a ser realizado o balanço de massa (ST e DQO) para as 15 coletas do drenado.

Obtendo a quantidade de massa que entra no sistema e a quantidade de massa que sai do sistema, pode-se calcular a massa retida pela geomembrana, com a seguinte Equação 4:

$$Massa_{retida} = Massa_{entra} - Massa_{sai} \quad \text{(Equação 4)}$$

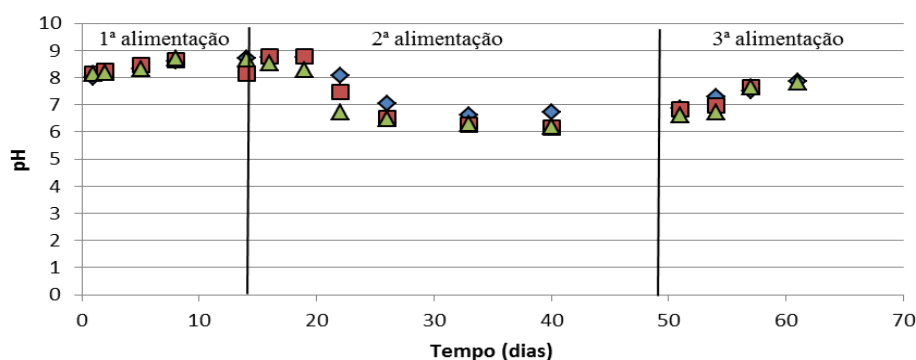
Diante da quantidade de massa que foi retida pela bag, pode-se conhecer a eficiência da geomembrana, pela Equação 5:

$$Eficiência (\%) = \frac{Massa_{retida}}{Massa_{entrada}} \times 100 \quad \text{(Equação 5)}$$

## RESULTADOS

A Figura 3 apresenta o comportamento do pH para as três condições dos bags. Observa-se que inicialmente há um aumento para os três casos, e após a segunda alimentação o pH tende a cair, com posterior elevação. Esse declínio do pH pode ser atribuído a fase ácida da digestão anaeróbica.

Na fase acidogênica ocorre, nitidamente, uma diminuição do pH, aumentando a solubilização de compostos inorgânicos (Moravia, 2010). Durante essa fase é produzido compostos orgânicos simples, principalmente os ácidos graxos voláteis. Estes se misturam com o drenado que percola pela massa de resíduo, promovendo o decaimento do pH entre 4 a 6 (Castilhos et al., 2003).



**Figura 3 - Valor do pH dos drenados para o (♦) bag sem polímero, (■) bag com polímero, e (▲) bag com polímero na 1ª alimentação.**

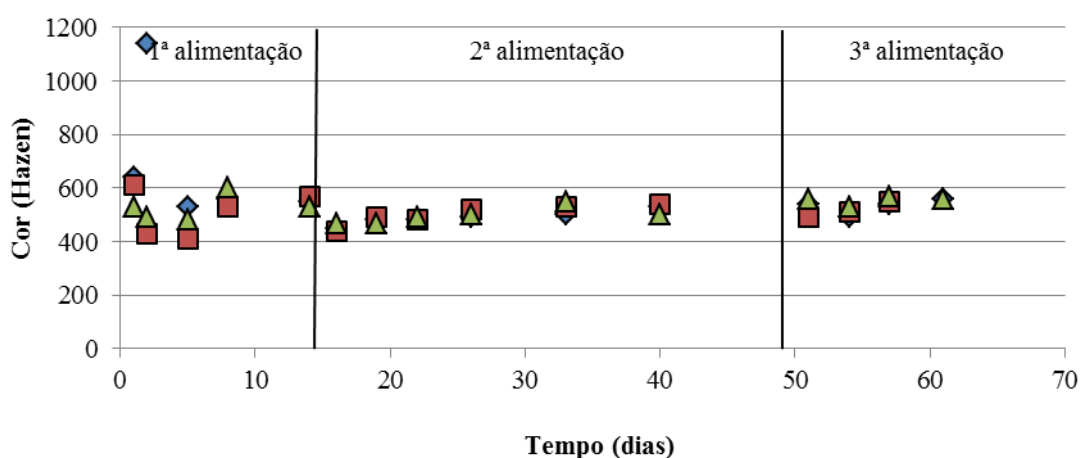
As taxas de variação, mínimo e máximo, para o pH foi entorno de 6,62 – 8,76, 6,15 – 8,77 e 6,18 – 8,72, para o bag sem polímero, bag com polímero e bag com polímero na 1ª alimentação, respectivamente. De acordo com a média de cada bag, apresentada na Figura 21, verifica-se que para os três casos apresentam-se o estado alcalino, indicando um significativo estágio de decomposição. O pH médio para o lodo *in natura* das três alimentações foi 7,57, com um  $\sigma = \pm 0,25$ .

Para o drenado do bag sem polímero, o pH médio foi 7,82, com desvio padrão ( $\sigma$ ) de  $\pm 0,76$ . Para o drenado do bag com polímero, o pH médio foi 7,65, com  $\sigma = \pm 0,94$ . Para o drenado do bag com polímero na 1ª alimentação, o pH médio foi 7,56, com  $\sigma = \pm 0,94$ .

Contudo, o pH não foi influenciado pelo uso do polímero, pois em todos os casos permaneceu na faixa de neutralidade, na escala 7. Logo, não houve variação significativa do pH.

A Figura 4 apresenta o comportamento da cor para os três bags. Como se pode observar, há uma pequena variação da cor, isso pode estar relacionado tanto ao processo de decomposição que ainda está ocorrendo dentro do bag, principalmente no período das alimentações, havendo a passagem de sólidos dissolvidos pela geomembrana, assim como o processo de colmatção dos resíduos, que com o passar do tempo vão preenchendo os espaços vazios, impedindo a passagem dos sólidos.

O pico apresentado durante a fase da 1ª alimentação significa que houve uma passagem maior dos sólidos, decorrente do bag não apresentar o uso do polímero. E com o passar do tempo, essa passagem é reduzida, pois os sólidos já se apresentam melhor distribuídos pelo bag, dificultando a passagem do mesmo pela manta geotêxtil.



**Figura 4 - Valor da cor dos drenados para o (♦) bag sem polímero, (■) bag com polímero, e (▲) bag com polímero na 1ª alimentação.**

A cor média para o lodo *in natura* das três alimentações foi 4866,67 Hazen, com  $\sigma = \pm 5688,88$ . Para o drenado do bag sem polímero, a cor média foi 565,33 Hazen, com  $\sigma = \pm 165,48$ . Para o drenado do bag com polímero, a cor média foi 507,14 Hazen, com  $\sigma = \pm 55,39$ . Para o drenado do bag com polímero na 1ª alimentação, a cor média foi 522 Hazen, com  $\sigma = \pm 40,04$ .

Diante disto, o bag sem polímero apresentou uma pequena diferença da cor média em comparação ao bag com polímero e o bag com polímero na 1ª alimentação. Porém não foi significativo, devido à diferença ser irrelevante.

A Figura 5 apresenta o comportamento da turbidez para as três condições dos bags. Observa-se que os valores apresentam uma pequena variação durante todo o monitoramento. Essa variação pode estar ligada as decomposições dos sólidos, durante as alimentações, assim como ao processo de colmatção, onde as partículas se agregam e impedem a passagem do drenado, aumentando a eficiência na retenção de sólidos em suspensão pelas geomembranas.

Ainda sobre a mesma figura, o pico apresentado durante a fase da 1ª alimentação significa que houve uma passagem maior dos sólidos, resultante do bag não apresentar o polímero. Com o passar do tempo, essa passagem é reduzida, pois os sólidos já se apresentam melhor distribuídos pelo bag, dificultando a passagem do mesmo pela manta de geotêxtil.

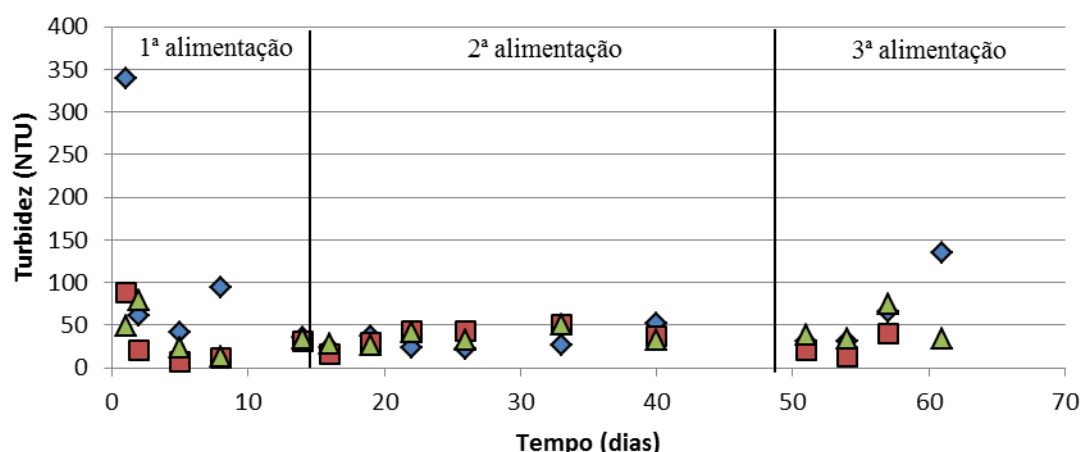


Figura 5 - Valor da turbidez dos drenados para o (◆) bag sem polímero, (■) bag com polímero, e (▲) bag com polímero na 1ª alimentação.

A turbidez média para o lodo *in natura* das três alimentações foi 288,83, com  $\sigma = \pm 367,12$ . Para o drenado do bag sem polímero, a turbidez média foi 67,91 NTU, com  $\sigma = \pm 81,40$ . Para o drenado do bag com polímero, a turbidez média foi 32,19 NTU, com  $\sigma = \pm 21,10$ . Para o drenado do bag com polímero na 1ª alimentação, a turbidez média foi 39,37 NTU, com  $\sigma = \pm 17,91$ . Comparando os resultados, verifica-se que o uso do polímero contribuiu com ligeira eficiência para a retenção de sólidos suspensos, tendo influência na turbidez do drenado.

A condutividade elétrica é a capacidade que uma solução aquosa tem em conduzir corrente elétrica. Ela está relacionada à presença de íons dissolvidos. Soluções que apresentam mais compostos inorgânicos são boas condutoras, por outro lado as soluções de compostos orgânicos conduzem mal a corrente elétrica (APHA, 1998).

De acordo com a Figura 6, a condutividade apresenta picos nos períodos que são realizadas novas alimentações. Depois de efetivado as alimentações, os valores tendem a reduzir. Esses picos podem estar ligados à quantidade de compostos inorgânicos presentes no lixiviado. Além do mais o uso do polímero favorece o aumento da condutividade do drenado.

Segundo Schalch (1992), os valores da condutividade elétrica tendem a reduzir à medida que a fase de degradação do lixiviado vai reduzindo, alcançando a maturação final com valores entre 1.400 a 4.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

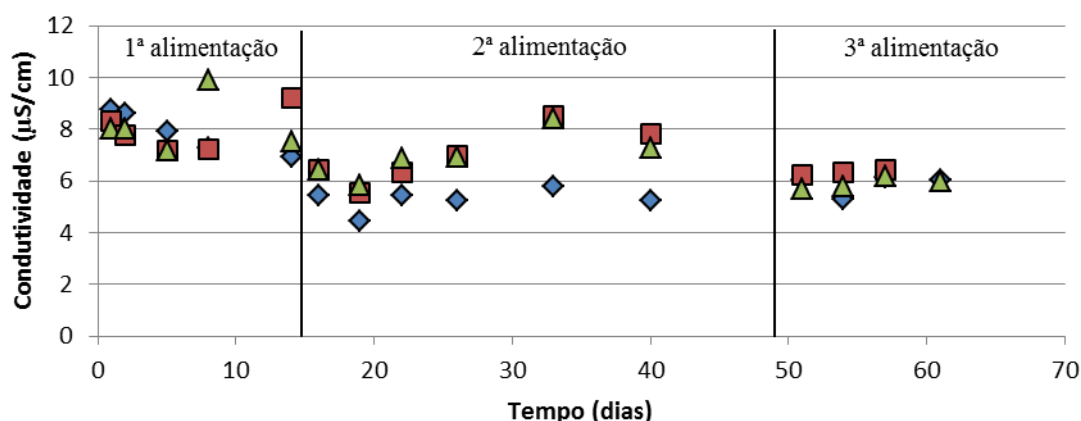
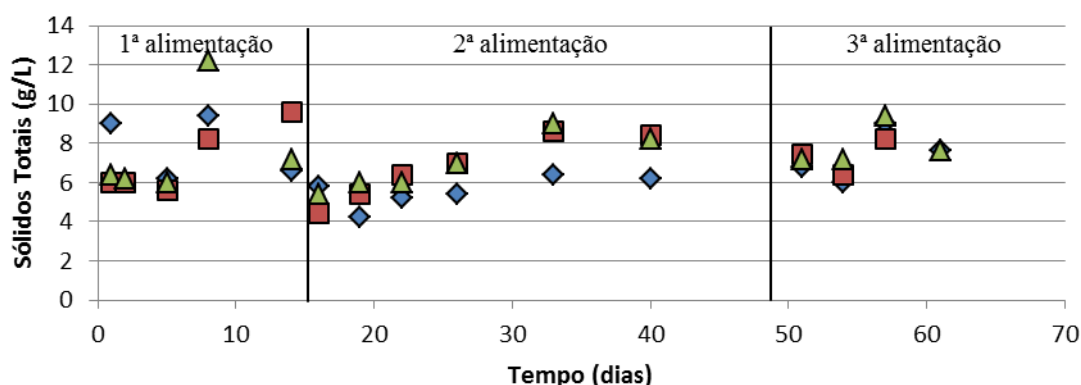


Figura 6 - Valor da condutividade dos drenados para o (◆) bag sem polímero, (■) bag com polímero, e (▲) bag com polímero na 1ª alimentação.

A condutividade média para o lodo *in natura* das três alimentações foi 6,24µS/cm, com  $\sigma = \pm 2,75$ . Para o drenado do bag sem polímero, a condutividade média foi 6,30µS/cm, com  $\sigma = \pm 1,30$ . Para o drenado do bag com polímero, a condutividade média foi 7,16µS/cm, com  $\sigma = \pm 1,04$ . Para o drenado do bag com polímero na 1ª alimentação, a condutividade média foi 7,06µS/cm, com  $\sigma = \pm 1,18$ . Entretanto, não houve diferença significativa entre os três sistemas com relação a este parâmetro.

Os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que mantém como resíduo, após processos de evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-determinada durante um tempo estabelecido (CETESB, 2008).

A Figura 7 apresenta a evolução dos sólidos totais durante as três fases das alimentações dos bags.



**Figura 7 - Valor de sólidos totais dos drenados para o (♦) bag sem polímero, (■) bag com polímero, e (▲) bag com polímero na 1ª alimentação.**

Os sólidos totais médios para o lodo *in natura* das três alimentações foi 53,67, com  $\sigma = \pm 18,18$ . Para o drenado do bag sem polímero, o sólido total médio foi 6,65g/L, com  $\sigma = \pm 1,49$ . Para o drenado do bag com polímero, o sólido total médio foi 6,97g/L, com  $\sigma = \pm 1,48$ . Para o drenado do bag com polímero na 1ª alimentação, o sólido total médio foi 7,4g/L, com  $\sigma = \pm 1,75$ . A Figura 29 apresenta os valores médios dos sólidos totais para os três bags.

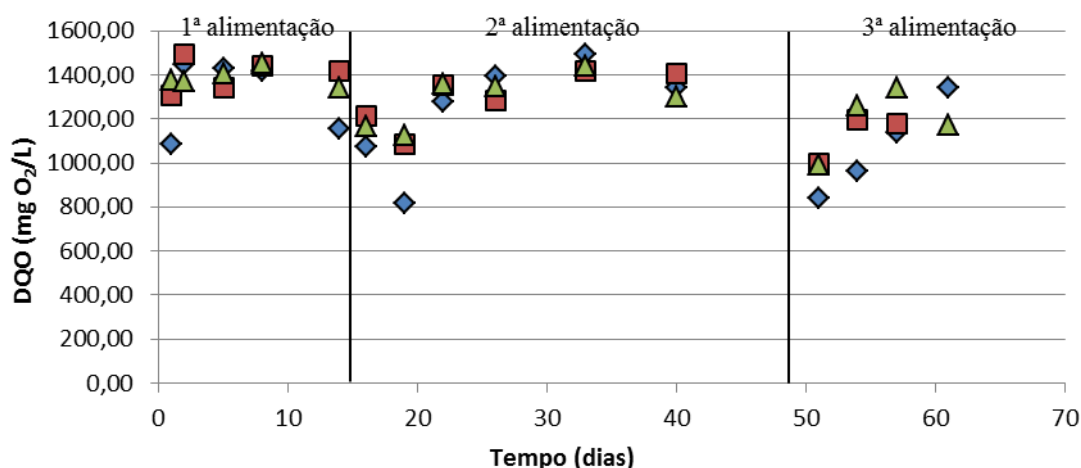
Diante das análises das médias para os três bags, verifica-se que não houve diferença significativa para o uso ou não do polímero.

A Figura 8 apresenta o comportamento da DQO para as três condições dos bags. Observa-se que os valores apresentam uma variação durante todo o experimento.

No drenado encontrou-se valores de DQO na faixa de 816,45 – 1490,95mg/L, 994,31 – 1492,62mg/L, 990,14 – 1454,49mg/L, para o bag sem polímero, bag com polímero e bag com polímero na 1ª semana, respectivamente.

Segundo Souto & Povinelli (2007), que estudaram as características de lixiviados de aterros brasileiros, encontraram faixas prováveis de concentrações de DQO de 192 - 22.300mg/L. Analisando os valores citados pelos autores acima, os resultados obtidos em laboratório foi coerente.



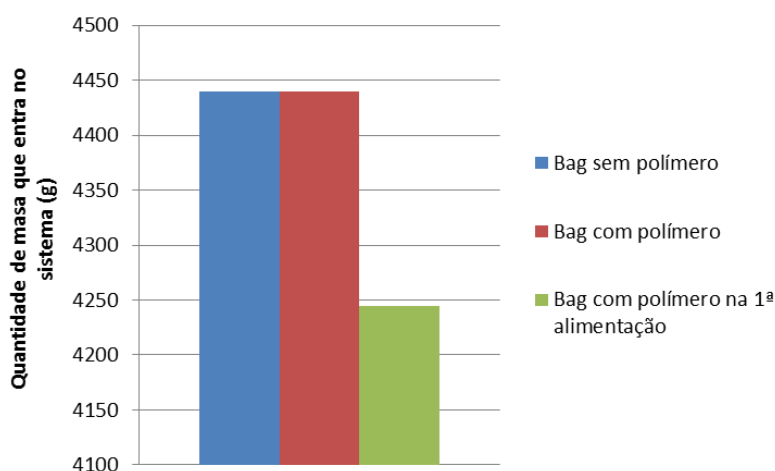


**Figura 8 - Valor da DQO dos drenados para o (◆) bag sem polímero, (■) bag com polímero, e (▲) bag com polímero na 1ª alimentação.**

A DQO média para o lodo in natura foi 706,54, com  $\sigma = \pm 249$ . Esse desvio de 35% em relação à média mostra a grande variabilidade da composição do lodo, que pode variar em função do ponto de coleta. Para o drenado do bag sem polímero, a DQO média foi 1213,34mgO<sub>2</sub>/L, com  $\sigma = \pm 222,47$ . Para o drenado do bag com polímero, a DQO média foi 1294,48mgO<sub>2</sub>/L, com  $\sigma = \pm 145,06$ . Para o drenado do bag com polímero na 1ª alimentação, a DQO média foi 1296,72mgO<sub>2</sub>/L, com  $\sigma = \pm 130,41$ .

### Balanco de Massa

Utilizando as equações descritas na metodologia, Equação 2, obtém a quantidade de massa que entrou no sistema. A Figura 9 apresenta a quantidade de massa que entrou para cada sistema.



**Figura 9 - Valores da quantidade de massa que entra em cada sistema.**

A diferença do bag sem polímero e o bag com polímero em relação ao bag com polímero na 1ª semana ocorreu devido à diminuição do volume na última alimentação. Isso aconteceu devido ao bag encontrar-se bastante avolumado, não suportando mais material dentro dele.

O mesmo procedimento foi utilizado para calcular a quantidade de massa que saiu do sistema. A Figura 10 apresenta a quantidade de massa que saiu do sistema.

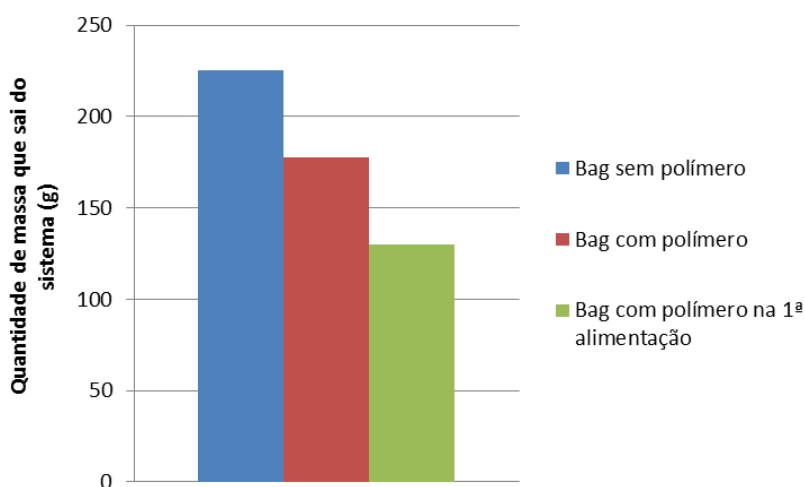


Figura 10 - Valores da quantidade de massa que sai em cada sistema.

A Figura 11 apresenta o gráfico com a evolução diária da saída dos sólidos totais. Como se pode observar, o gráfico apresenta alguns picos, evidenciando que a geomembrana não conseguiu reter material. Isto pode ser justificado pelo fato desses picos serem os dias onde novas alimentações foram executadas.

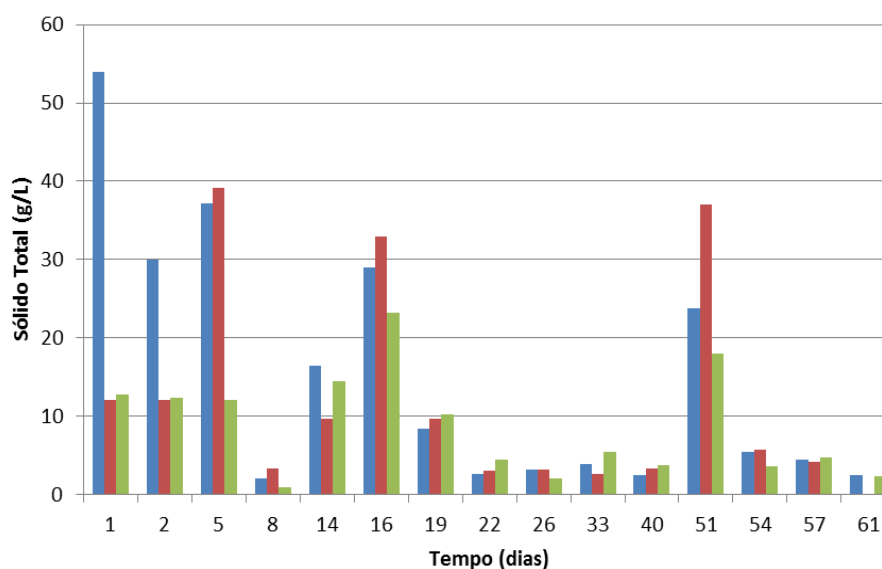


Figura 11 – Evolução da saída dos sólidos totais para o (♦) bag sem polímero, (■) bag com polímero, e (▲) bag com polímero na 1ª alimentação.

Para obter a eficiência do sistema é necessário saber a quantidade de massa retida pela geomembrana. No caso do bag sem polímero, a quantidade de massa que saiu do sistema foi 225,58g. Realizando o balanço de massa, tem-se:

$$Massa_{retida} = 4440 \text{ g} - 225,58 \text{ g} = 4214,42 \text{ g}$$

Diante disto, o bag sem polímero apresentou uma eficiência na retenção de sólidos de 94,92%.

Para o bag com polímero, a quantidade de massa que saiu do sistema foi 177,79g. Realizando o balanço de massa, temos:

$$Massa_{retida} = 4440 \text{ g} - 177,79 \text{ g} = 4262,21 \text{ g}$$

O bag com polímero apresentou uma eficiência na retenção de sólidos de 96%.

Para o bag com polímero na 1ª alimentação, a quantidade de massa que saiu do sistema foi 130,20g. Realizando o balanço de massa, temos:

$$Massa_{retida} = 4245 \text{ g} - 130,20 \text{ g} = 4114,80 \text{ g}$$

O bag com polímero na 1ª alimentação apresentou uma eficiência na retenção de sólidos de 96,93%. A eficiência para os três bags pode ser analisada na Figura 12.

O uso dos bags mostrou-se eficiente para reter mais de 90% dos sólidos. Porém quando comparado à eficiência dos três bags, torna-se insignificante, principalmente do ponto de vista econômico, quando se trata da aquisição do polímero.

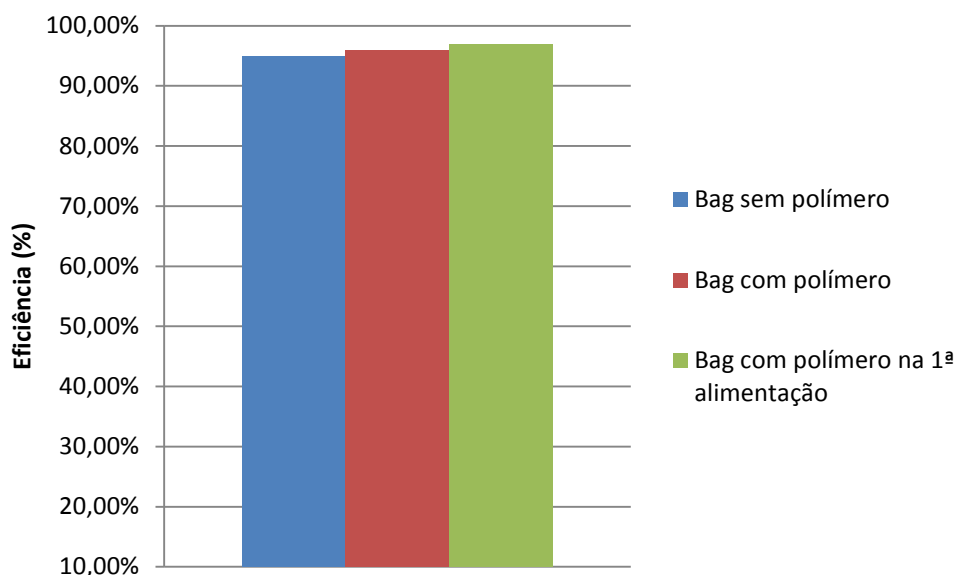


Figura 12 - Valores da eficiência de retenção de sólidos em cada sistema.

## CONCLUSÕES PARCIAIS

O sistema de geomembrana foi eficiente na remoção de sólidos, apresentando uma eficiência média de 95,95%. Esse sistema também removeu um pouco de DQO, com eficiência média de 41,57%.

A partir das caracterizações realizadas nos drenados, foi avaliado o uso ou não do polímero, para a concentração utilizada, verificou-se que não apresentou diferença significativa os parâmetros analisados, exceto para a turbidez.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pela rede TRATALIX (CHAMADA PÚBLICA MCT/MCIDADES/FINEP/Ação Transversal - SANEAMENTO AMBIENTAL E HABITAÇÃO - 7/2009), assim como CNPq e pela CAPES. Agradecem também à EMLURB (Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana) pela disponibilização do lodo da lagoa de tratamento de lixiviado e a ALLONDA Geossintéticos Ambientais pela doação dos bags de geomembranas e apoio técnico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. TCHOBANOGLOUS, G. , BURTON, F.L., STENSEL, H. D. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. Metcalf & Eddy. 2002.
2. BIDONE, F.R.A., POVINELLI, J., COTRIM, S.L.S. Tratamento de lixiviado de aterro sanitário através de filtros percoladores. Anais do: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1997.
3. ANDREOLI, C.V., VON SPERLING, M., FERNANDES, F. Lodo de esgoto: Tratamento e disposição final. Rio de Janeiro: Editora ABES, 2001.
4. RIBEIRO, F.L.M. Quantificação e caracterização química da ETA Itabirito – MG. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto. 2007.
5. SILVEIRA, C. Desaguamento de lodo de estações de tratamento de águas por leito de drenagem/secagem com manta geotêxtil. Dissertação. Londrina, Paraná, 2012.
6. DI BERNARDO, L., DANTAS, A. D. B, VOLTAN, P. E. N. Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. Editora LDiBe, São Carlos, SP, 2011.
7. PIEPER, K. M. C. Avaliação do uso de geossintético para o deságue e geocontenção de resíduos sólidos de estação de tratamento de água. Dissertação. UFRGS. 2008.
8. GUERDAT, T.C., LOSORDO, T.M., DELONG, D.P., JONES, R.D. An evaluation of solid waste capture from recirculating aquacultures systems using a geotextile bag system with a flocculant-aid. Aquacultural Engineering, v.54, p.1-8. 2013.
9. HASBACH, A. Geotextile Tubes Handle Sludge Overload. Pollution Engineering, v.39, 1999.
10. CANTRELL, K.B., CHASTAIN, J.P., MOORE, K.P. Geotextile filtration performance for lagoon sludges and liquid animal manures dewatering. Transactions of the ASABE, v.51, n.3, p.1067-1076. 2008.
11. MORAVIA, W.G. Avaliação do tratamento de lixiviado de aterro sanitário através de processo oxidativo avançado conjugado com sistema de separação por membranas. 262 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (EE/UFMG), Belo Horizonte, 2010.
12. CASTILHOS JÚNIOR, A.B.; MEDEIROS, P.A.; FIRTA, I.N.; LUPATINI, G.; SILVA, J.D. Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Rio de Janeiro: ABES. 280p.2003.
13. APHA – AWWA – WEF. Standard Methods For The Examination Of Water and Wastewater. American Public Health association, American Water Works Association and Water Environment Federation. 1998.
14. SCHALCH, V., Análise Comparativa de Dois Aterros Sanitários Semelhantes e Correlações dos Parâmetros do Processo de Digestão Anaeróbia. Tese (Doutorado), EE/USP, São Carlos, SP, Brasil, 1992.
15. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem, 2008.