

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/378

Avaliação de Sistemas Fechados em Geotêxtis para o Desaguamento de Lodo por Meio de um Ensaio de Semi-Desempenho

Maryelen Ludmilda da Silva Araujo
Aluna, UNESP/FEG, Guaratinguetá, Brasil, maryelen.araujo@unesp.br

Gabriel Orquizas Mattiello Pedroso
Professor, UNESP/FEG, Guaratinguetá, Brasil, gabriel.pedroso@unesp.br

Mariana Ferreira Benessiuti Motta
Professora, UNESP/FEG, Guaratinguetá, Brasil, mariana.motta@unesp.br

Matheus Müller
Diretor Executivo, SALUS Engenharia em Deságue, São José dos Campos, Brasil,
mmuller@salusengenharia.com

RESUMO: Os sistemas fechados de geotêxtis permitem a separação natural entre a fração sólida e líquida do resíduo, mostrando, em alguns casos, melhor desempenho que as tecnologias convencionais. Desse modo, o objetivo desse trabalho é avaliar a eficácia do uso de condicionante químico a partir de ensaios em bolsa de pequenas dimensões, também conhecido como pillow test, proposto e descrito pelas normas ASTM D7880/7880M (2022). Assim, para cada ensaio foram realizados três ciclos de deságue para classificar seus efeitos na bolsa considerando drenagem da água, evaporação e teor de sólidos passantes nos geotêxtis GTX W e GTX NW. Portanto, as condições com o uso de polímero mostraram resultados melhores em comparação a condição sem o uso de polímero, dado que o condicionante químico permite a maior contenção de sólidos. Além disso, o uso do modelo GTX NW combinado ao condicionante químico aumenta a eficiência do tratamento e retenção dos resíduos gerados no processo de desaguamento.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas fechados em geotêxtis, geotêxtil não tecido, geotêxtil tecido, desaguamento, lodo de ETA.

ABSTRACT: Closed geotextile systems allow natural separation between the solid and liquid fractions of the waste, showing, in some cases, better performance than conventional technologies. Therefore, the objective of this work is to evaluate the effectiveness of chemical conditioning based on small bag tests, also known as pillow tests, proposed and described by the ASTM D7880/7880M (2022) standards. Thus, for each test, three dewatering cycles were carried out to classify their effects on the bag considering water drainage, evaporation, and passing solids content in the GTX W and GTX NW geotextiles. Therefore, the conditions with the use of polymer showed better results than those without the use of polymer, given that the chemical conditioner allows greater containment of solids. Furthermore, the use of the GTX NW model combined with chemical conditioning increases the efficiency of treatment and retention of waste generated in the dewatering process.

KEYWORDS: Closed systems in geotextiles, non-woven geotextiles, woven geotextiles, dewatering, water treatment plant sludge.

1 INTRODUÇÃO

O consumo de água é uma questão fundamental para a sustentabilidade e a gestão de recursos hídricos. Ele abrange o uso de água para diversos fins, incluindo doméstico, industrial, agrícola e recreativo. Nesse contexto, a explosão populacional nas últimas décadas, juntamente com o desenvolvimento socioeconômico,

fez com que o consumo de água potável aumentasse a uma taxa de aproximadamente 1% ao ano (UNESCO, 2020). Algumas das consequências desse crescimento populacional incluem dificuldade no acesso à água potável e desafios para a saúde pública (BELLAYER; SANTOS, 2019).

Para atender ao rápido crescimento da demanda populacional por água tratada, foram implantadas as Estações de Tratamento de Água (ETAs) que desempenham um papel crucial na gestão e fornecimento de água potável. Elas são responsáveis por tratar a água bruta captada de mananciais superficiais ou subterrâneos, removendo impurezas e contaminantes para torná-la segura para o consumo humano. Em contrapartida, essas impurezas, resíduos gerados no processo, devem ser tratadas e dispostas de forma adequada para não gerar impactos ambientais negativos (ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; NASCIMENTO JUNIOR, 2005; OLIVEIRA; RONDON, 2016). Estes resíduos são originados principalmente nas descargas dos decantadores e na lavagem de filtros. Além disso, de acordo com o IBGE (2010), 62,44% dos municípios brasileiros destinam os resíduos das ETAs diretamente nos rios.

De acordo com Di Bernardo, Dantas e Voltan (2017), apesar das diversas alternativas e tecnologias disponíveis no mercado, os principais obstáculos para o tratamento de resíduos são o alto custo e a complexidade operacional. Neste contexto, aparece a tecnologia de sistemas fechados em geotêxtil dado que esses sistemas permitem a separação física natural entre a fração sólida e líquida do resíduo, evidenciando que em alguns casos há um melhor desempenho em relação às tecnologias convencionais. Ao contrário de outras tecnologias, estes sistemas podem ser fabricados em diferentes tamanhos, são simples de transportar e usar, e são significativamente mais econômicos (LAWSON, 2008; GRZELAK *et al.*, 2011).

Na literatura, os sistemas fechados de geotêxtil no panorama nacional e internacional apresentam-se com grande potencial de estudo. Contudo, muitos aspectos ainda são compreendidos de forma superficial e podem ser explorados mais profundamente. Logo, a presente pesquisa busca avaliar a eficácia do uso de condicionante químico a partir de ensaios em bolsa de pequenas dimensões, também conhecido como pillow test, proposto e descrito pelas normas ASTM D7880/7880M (2022). Assim, para cada ensaio foram realizados três ciclos de deságue em dois tipos de geotêxtil, tecido e não tecido, para avaliar seus efeitos na bolsa considerando drenagem da água, evaporação e teor de sólidos passantes.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Lodo

O lodo utilizado foi coletado na estação de tratamento de água (ETA) do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) de São José dos Campos - SP, que efetua o tratamento por meio de ciclo completo com decantadores convencionais. A água que é captada pela ETA vem de bacias do Córrego Vidóca e poços artesianos próximos ao local, além disso, no processo de coagulação e floculação a ETA utiliza Sulfato de Alumínio. O lodo foi armazenado em uma caixa d'água de 1000 L e seu teor de sólidos médio é de 0,81%.

Para este estudo não foi feita a caracterização do lodo, porém, Avancini (2017) fez a caracterização do lodo proveniente da ETA do DCTA. Nas medições de 2017, a densidade dos grãos (Gs) era igual a 2,58 g/cm³. A granulometria feita na época teve o seguinte resultado: 90% areia, 3% silte e 7% de argila em seu estado natural.

2.2 Geotêxtil

Para a realização dos ensaios foi usado um modelo de geotêxtil tecido (GTX W) e um modelo de geotêxtil não tecido (GTX NW). A Tabela 1 apresenta os valores característicos informados pelos fabricantes para cada geotêxtil utilizado.

Tabela 1. Caracterização dos geotêxtis utilizados.

Propriedades	Normas	GTX W	GTX NW
Abertura de filtração ^a (mm)	NBR ISO 12.956	0,20	0,06
Permeabilidade ^b (m/s)	NBR ISO 11.058	20	39
Resistência a tração ^c (kN/m)	NBR ISO 10.319	105	27

^a Abertura de filtração característica; ^b Velocidade índice (velocidade de fluxo para uma carga hidráulica de 50 mm); ^c Resistência a tração em ambas as direções.

2.3 Ensaios

2.3.1 Determinação da Concentração Ótima do Polímero

Para a execução do ensaio foi necessário estabelecer a concentração de polímero e para isso foi usada uma análise qualitativa somada a eficiência da solução no ensaio de cone utilizando a correlação proposta por Müller *et al.* (2021). Assim, foi possível determinar a dosagem de polímero a partir da equação 1 apresentada a seguir.

$$PPM = \frac{V_{\text{solução}} \times C_{\text{solução}}}{V_{\text{lodo}}} \quad (1)$$

Em que: PPM: Dosagem de solução polimérica em partes por milhão; $V_{\text{solução}}$: Volume de solução polimérica (l); $C_{\text{solução}}$: Concentração da solução polimérica (mg/l); e V_{lodo} : Volume de lodo ensaiado (l).

O condicionante químico usado foi o polímero de poliácridamida, catiônico, de alta carga e alto peso molecular C-498 da Kemira. A garrafa foi agitada de forma constante por "30" minutos para que a cadeia do polímero abra-se, conforme recomendação do fabricante para a maior eficiência.

Com a solução pronta, foram testadas quinze amostras de 100 ml de lodo variando os volumes de solução polimérica de 10 a 150 ppm. Para isso, fez-se uso da técnica das dez quedas que consistiu no uso de dois béqueres em que o volume de lodo com polímero foi passado de recipiente para recipiente um total de dez vezes, assegurando a homogeneização das amostras e polimerização.

Após o processo descrito acima, avaliou-se a polimerização de maneira qualitativa observando os seguintes aspectos: tamanho dos flocos formados – se eram grandes e bem definidos, o que indica uma boa aglomeração das partículas de lodo pelo polímero; separação do particulado do líquido – eficiência das partículas sólidas se separarem do líquido, formando flocos distintos, deixando o líquido mais claro; qualidade do sobrenadante – clareza do líquido acima dos flocos, que deve ser o mais transparente possível, indicando uma boa sedimentação dos sólidos.

O ensaio de cone, conforme utilizado por Avancini (2017), serviu para avaliar a capacidade de filtração do geotêxtil, isto é, o geotêxtil foi dobrado em formato de cone e apoiado sobre um béquer, sobre o qual foi despejada a solução de lodo polimerizado. Dessa forma, puderam ser avaliados o tempo de drenagem, a turbidez do percolado e a aderência do particulado sólido gerado. A quantidade de 70 ppm, portanto, foi a dosagem avaliada como melhor a partir desses processos combinados de análise. A figura 2 apresenta os testes de floculação para a dosagem de 70 ppm de solução.

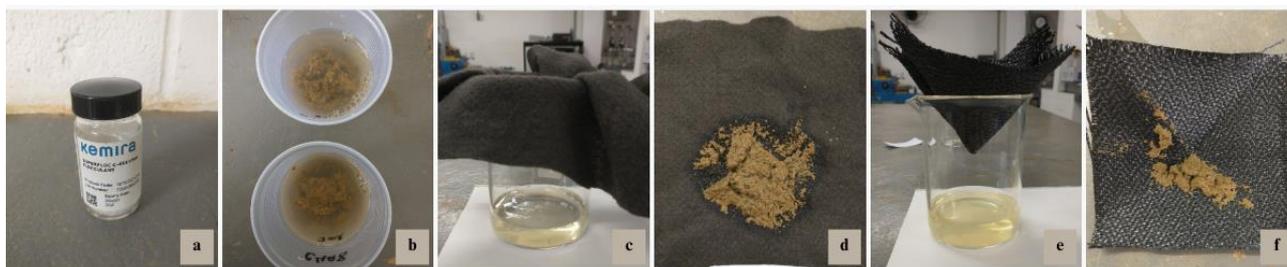


Figura 1. Testes de floculação para a dosagem de 70 ppm de solução polimérica. a) Polímero Kemira C-498; b) Comparação dos flocos de lodo para as dosagens de 70 e 80 PPM; c) Ensaio de cone no geotêxtil GTX NW na dosagem de 70 PPM; d) Análise visual da aparência, textura e teor de água presente no geotêxtil GTX NW após o ensaio; e) Ensaio de cone no geotêxtil GTX W na dosagem de 70 PPM; f) Análise visual da aparência, textura e teor de água presente no geotêxtil GTX W após o ensaio.

2.3.2 Ensaios de Semi-Desempenho

O ensaio com bolsa de pequenas dimensões, também conhecido como *pillow test*, é bastante utilizado na área de desaguamento e é proposto pelas normas ASTM D7880/D7880M (2022). Neste estudo, no entanto, os ensaios foram realizados com dimensões e formas propostas pela ASTM, porém a metodologia foi adaptada e é descrita a seguir.

Foram realizados doze ensaios por gravidade, sendo metade desses ensaios com uso de polímero e sem o uso de polímero, divididos em seis com geotêxtil GTX W e seis com geotêxtil GTX NW seguindo o esquema

de triplicata. Ainda, cada ensaio foi subdividido em três ciclos de enchimento denominados ciclo 1, ciclo 2 e ciclo 3, variando a quantidade de lodo em 9000 ml, 6000 e 3000 ml e a quantidade de solução polimérica em 630 ml, 420 ml e 210 ml, respectivamente, em intervalos de 20 minutos. A figura 2 a seguir sintetiza a configuração dos ensaios.

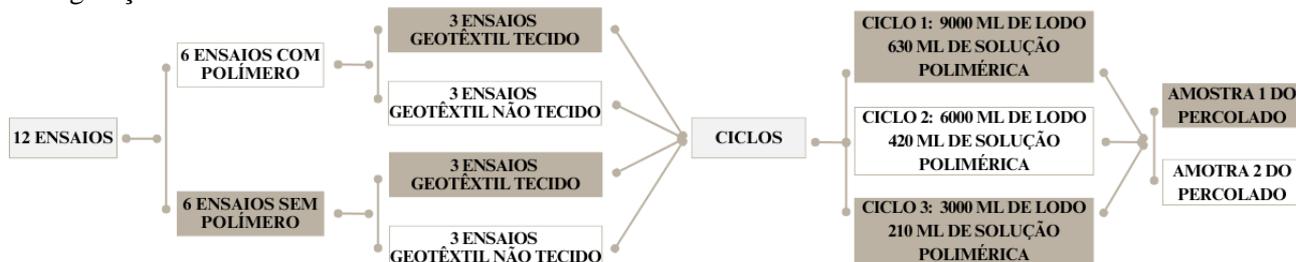


Figura 2. Configuração dos ensaios.

Para a execução dos ensaios, foi necessário garantir a homogeneização do lodo armazenado na caixa d'água de 1000 L, aferir as massas da bolsa e do recipiente de coleta de percolado, bem como garantir a altura de 1,2 m do tubo de enchimento entre a bombona e o suporte com georrede para que a polimerização atingisse a bolsa através da gravidade. A figura 3 ilustra o equipamento de ensaio e seus componentes, e também as dimensões e forma das bolsas geotêxtil.

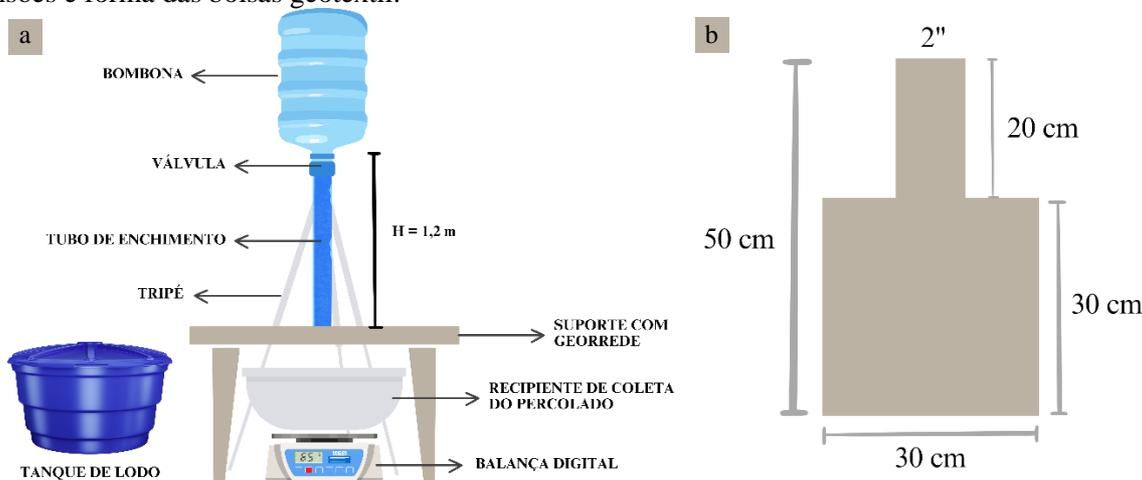


Figura 3. Equipamentos de ensaio e modelo de bolsa geotêxtil utilizada.

Com a válvula fechada, a bolsa conectada no tubo de enchimento e posicionada sobre o suporte com georrede, o primeiro ciclo pôde ser iniciado junto a bombona sendo alimentada com a quantidade correspondente de lodo. Posicionou-se uma câmera em frente a balança e iniciou-se a gravação. Então, abriu-se a válvula e durante dez minutos os dados foram gravados.

Decorrido esse tempo, esperou-se mais dez minutos e anotou-se a pesagem registada pela balança, colhendo-se duas amostras do percolado – amostras essas que foram colocadas em uma estufa à 60°C até sua secagem, em torno de 36 horas, para averiguar o teor de sólidos após o desague. Após isso, repetiu-se o procedimento para o próximo ciclo.

Ao fim do terceiro ciclo, a bolsa foi removida do tubo de enchimento, sua abertura foi vedada para evitar contato direto com o ar e realizaram-se pesagens diárias por dez dias corridos, aferindo a massa de torta e a massa evaporada. Vale ressaltar que no caso do uso de condicionante químico, a solução dosada de acordo com o ciclo foi adicionada diretamente na bombona para realizar a polimerização do lodo.

A cidade de Guaratinguetá possui uma estação de monitoramento que mede os parâmetros meteorológicos, localizada no campus da Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, UNESP (CETESB, 2017). Dessa maneira, as bolsas foram mantidas no laboratório em temperatura ambiente de 28,6°C e umidade relativa do ar de 50,1% no período de realização dos ensaios e aferições diárias da massa dos geotêxteis no período de dez dias, compreendidos de 05 a 27 de março de 2024.

3 RESULTADOS

3.1 Curva de Drenagem

A partir da gravação da balança enquanto ocorria o desague do percolado nos recipientes de coleta ao longo dos doze ensaios, foi possível gerar os valores da massa de água drenada considerando três ciclos (ciclo 1, ciclo 2 e ciclo 3) ao longo de 20 minutos. Dessa forma, para cada triplicata foi feita a média de massa drenada dos ciclos de acordo com o geotêxtil, apresentada na Figura 4.

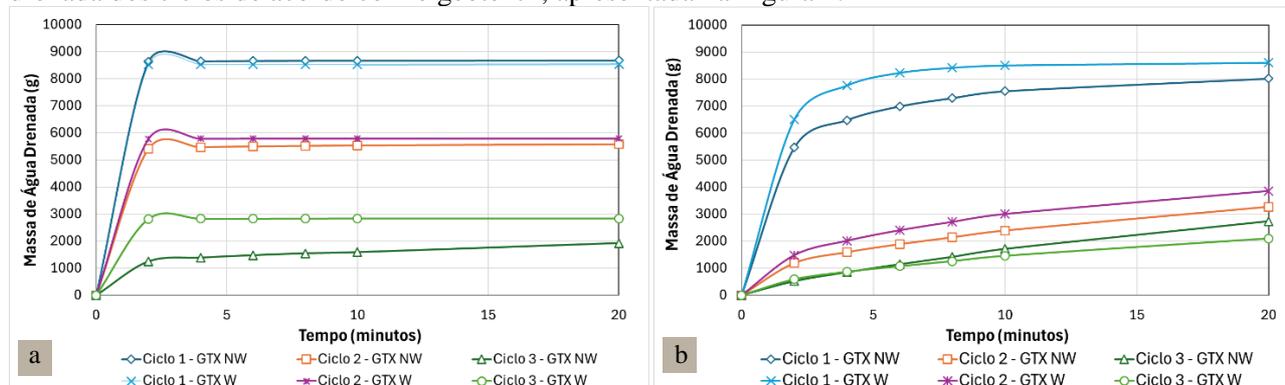


Figura 4. Massa de água drenada (g) em função do tempo (minutos): a) sem polímero; b) com polímero.

Na figura 4 massa de água drenada (g) em função do tempo (minutos), as curvas de drenagem para o caso 4.a sem polímero apontam algumas considerações: ao longo dos ciclos é exibido um comportamento de distanciamento entre os geotêxteis tecidos e não tecidos, e para os três casos, ao longo dos ciclos a drenagem diminui. Ademais, esse comportamento destaca a menor eficiência do geotêxtil GTX NW que drena menos água com o passar dos ciclos devido ao efeito de colmatação, com entupimento dos poros do geotêxtil pelas partículas de lodo, sem polímero.

Analisando a figura 4.b, verifica-se que o uso de polímero apresenta uma retenção de sólidos maior e a menor drenagem do GTX NW nos ciclos comparados ao GTX W. As curvas de drenagem do primeiro ciclo são as mais diferentes, com um distanciamento maior entre os geotêxteis GTX W e GTX NW, porém, ao fim dos 20 minutos de medição a curva do geotêxtil GTX NW ultrapassa a curva do GTX W no ciclo 3, perdendo a tendência de diminuição comparada ao GTX W.

Ortiz (2022) realizou um estudo comparativo entre geotêxtil tecido e não tecido, além do uso de polímero. Os ensaios revelaram uma maior retenção de massa de sólidos quando o polímero foi utilizado e também, foram constatadas diferenças na massa retida quando variado o tipo de geotêxtil. Avancini (2017) concluiu que o desaguamento ocorre mais rapidamente com o uso de polímero, porém, a secagem a longo prazo da torta sem condicionante foi superior. Os ensaios realizados pelos autores mostraram uma semelhança de comportamento ao serem comparados com os ensaios deste trabalho, em que apresentaram uma maior retenção de massa de sólidos quando o polímero foi utilizado e, foram constatadas diferenças na massa retida quando variado o tipo de geotêxtil, com destaque para o tipo tecido que teve maior taxa de retenção.

3.2 Curva de Evaporação

A curva de evaporação foi feita considerando a massa de água evaporada (g) em função do tempo (dias) para os ensaios em triplicatas. Assim, foi feito o cálculo da média para os três ensaios com geotêxtil GTX NW e GTX W sem polímero, bem como para os três ensaios com geotêxtil GTX NW e GTX W com polímero e os resultados estão apresentados na Figura 5.

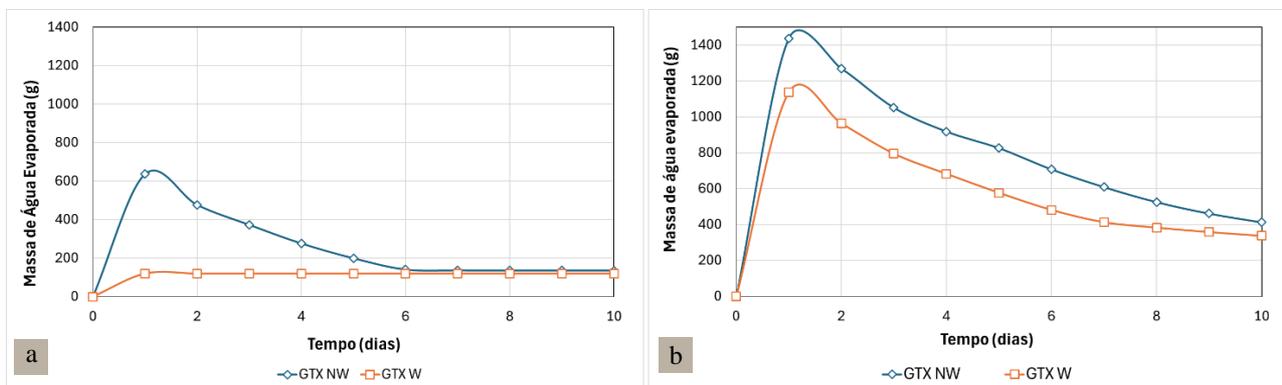


Figura 5. Massa de água evaporada (g) em função do tempo (dias): a) sem polímero; b) com polímero.

Na figura 5.a, o geotêxtil GTX W apresenta o efeito de evaporação no primeiro dia seguido de estabilidade. Sua curva uniforme ao longo do processo decorre da condição sem polímero e suas características que facilitam a passagem do percolado sem a retenção dos sólidos passantes que é menor, enquanto o geotêxtil GTX NW, apresenta uma curva inicial decrescente, isto é, a evaporação acontece até o sexto dia em média tendendo para a uniformidade mais para o fim do período de dez dias de medição e se aproximando da curva do geotêxtil GTX W. Isso ocorre, portanto, devido ao não uso de condicionante químico fazendo com que os sólidos passantes presentes no líquido não sejam retidos em quantidade considerável e por isso, as taxas de evaporação tendem a proximidade e são mais rápidas ao longo dos dias.

Já na figura 5.b, devido ao uso de condicionante químico, a retenção de sólidos é maior em ambos os geotêxteis que apresentam curvas que vão decrescendo lentamente ao longo do período, além de apresentarem a estabilidade com taxas de evaporação muito próximas. No caso do geotêxtil GTX W, esse processo é um pouco mais rápido comparado ao do geotêxtil GTX NW que apresenta uma taxa de evaporação maior.

Aquino (2024) conclui que em ensaios de coluna com uso de geotêxtil tecido, as amostras quando abertas exibiram maior evaporação e teor de sólido em comparação com as amostras cobertas. Por outro lado, Reis (2011) conduziu uma simulação de leito de drenagem em que os resultados obtidos indicaram que, ao final do período de estudo, as amostras cobertas apresentaram maior evaporação e teor de sólidos. Para esta pesquisa, no entanto, as bolsas tiveram suas aberturas vedadas para evitar o contato direto dos sólidos retidos com o ar atmosférico, assim, os resultados encontrados indicam que o geotêxtil GTX NW seria ideal em termos de evaporação para ambos os casos dado que possui uma taxa elevada, mas em contrapartida leva mais tempo para esse processo acontecer em condições ambiente.

3.3 Teor de Sólidos

O teor de sólidos foi calculado com base na média de cada triplicata de acordo com o ciclo e o geotêxtil. A figura 6 apresenta o teor de sólidos (%) em função dos ciclos, nas duas situações testadas.

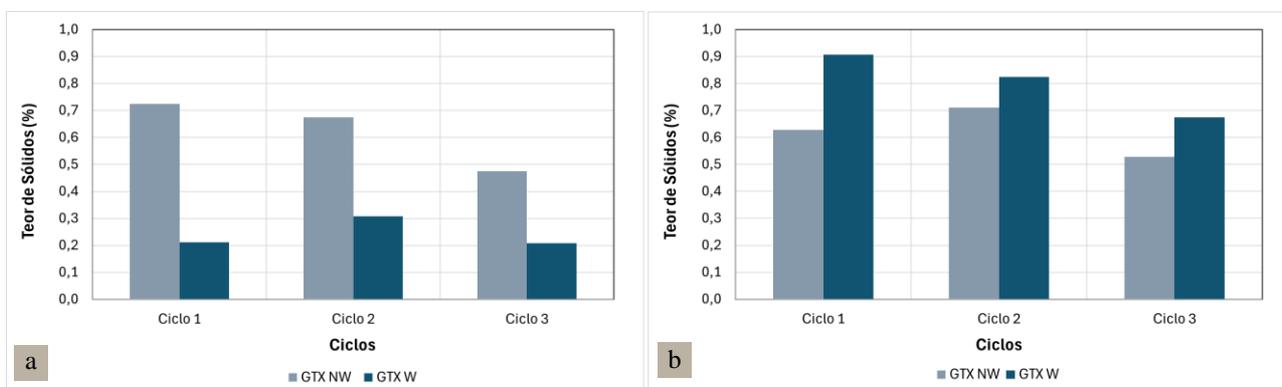


Figura 6. Teor de sólidos (%) em função dos ciclos: a) sem polímero; b) com polímero.

Na figura 6.a o geotêxtil GTX W na condição sem polímero apresentou um comportamento variado, sem uma tendência clara. As variações no primeiro e terceiro ciclo foram semelhantes, mas o teor de sólidos foi superior no segundo ciclo. Em contrapartida, o GTX NW apresentou comportamento de queda no teor de sólidos ao longo dos ciclos, concluindo que conforme os ciclos ocorrem, mais sólidos são retidos pela bolsa.

No caso da figura 6.b, os dados apresentados consideram o uso de polímero, assim, no geotêxtil GTX W, a abertura de filtração faz com que as menores partículas de sólidos ainda passem pelo geotêxtil, contudo, no decorrer dos ciclos, cada vez menos sólidos passam. Para o geotêxtil GTX NW o comportamento é variado, sem uma tendência estabelecida já que no primeiro e terceiro ciclo o teor de sólidos é menor comparado ao segundo ciclo, mas ainda sim esse geotêxtil apresenta melhor desempenho comparando ao geotêxtil tecido.

Müller (2023) faz duas análises a partir da massa coletada pela bolsa de pequenas dimensões, teor de sólidos por massa no tempo e massa retida no tempo, observando que cerca de 70% da massa de lodo de enchimento é drenada na forma de líquido percolado em uma hora de ensaio (em média), além disso, o geotêxtil GTX W apresentou menor teor de sólidos em relação ao GTX NW, mas analisando a massa retida pelo tempo, as concentrações são semelhantes. Por sua vez, Aquino (2024) faz uma avaliação do teor de sólidos pelo tempo e evidencia que as amostras não tecido apresentaram um teor de sólido menor em comparação com tecido. Para o caso em estudo, o teor de sólidos em função dos ciclos apresentou melhor desempenho para o geotêxtil não tecido considerando o uso de polímero, ainda que tenha um comportamento variado dos ciclos, sem seguir um padrão. Uma análise mais detalhada como a elaborada por Müller (2023) da massa retida no tempo pode complementar a compreensão desses dados.

4 CONCLUSÃO

O principal objetivo deste trabalho foi a avaliação da eficácia do uso de polímero a partir de ensaios de semi-desempenho em geotêxteis tecidos e não tecidos. Para tal análise, os processos de drenagem, evaporação e teor de sólidos foram de extrema importância para as conclusões que se seguem.

Na condição sem polímero, destaca-se a diminuição da drenagem em função dos ciclos de deságue e também a menor eficiência do geotêxtil GTX NW que drena menos água com o passar dos ciclos devido ao efeito de colmatção. Considerando o uso de polímero, a retenção de sólidos é maior, mas em contrapartida a drenagem do GTX NW é menor nos ciclos comparados ao GTX W. Para a massa de água drenada em função do tempo em minutos, portanto, destaca-se maior retenção para o geotêxtil tecido fazendo uso de condicionante químico ou não.

Quanto ao comportamento de evaporação, considerando a massa de água evaporada em função do tempo, os resultados encontrados indicam que o geotêxtil GTX NW seria ideal em termos de evaporação dado que possui uma taxa elevada, mas leva mais tempo para esse processo acontecer nas condições ambiente com uso de polímero. Dito isso, quando não há o uso de condicionante químico, o geotêxtil tecido se mostra menos eficiente que o não tecido.

O teor de sólidos analisados mostrou que na condição com polímero, o GTX NW tem melhor desempenho geral, ainda que seus ciclos oscilem. Já o GTX W mostra que as menores partículas de lodo polimerizado passam em maior quantidade, ainda que diminuam ao decorrer dos ciclos, porém, seu desempenho é menor comparado ao geotêxtil não tecido.

Nesse sentido, a condição mais satisfatória consiste no uso do geotêxtil GTX NW acondicionado de polímero dado que o condicionante químico amplifica a retenção de sólidos, isto é, a polimerização gera flocos grandes de lodo que vão ser mais bem contidos pela bolsa de pequenas dimensões.

Por fim, para uma avaliação completa dos resultados obtidos, sugere-se o cálculo de parâmetros de eficiência e o estudo da forma da trama do geotêxtil na contenção dos sólidos presentes no lodo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa SALUS Engenharia em Deságue que investiu e incentivou esta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM International (2022). ASTM D7880/D7880M: *Standard Test Method for Determining Flow Rate of Water and Suspended Solids Retention from a Closed Geosynthetic Bag*.
- Achon, C. L.; Barroso, M. M.; Cordeiro, J. S. (2013) *Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro*. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 18, n. 2, p. 115–122.
- Avancini, L. L. de S. (2017) *Análise do desaguamento do lodo de estações de tratamento de água em sistemas de confinamento em geotêxtil*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Infraestrutura Aeroportuária São José dos Campos/ITA, 135 f.
- Aquino, G. P. (2024) *Avaliação de desidratação de lodo de ETA com geotêxteis: estudo de drenagem e evaporação*. Trabalho de Conclusão de Curso, Programa de Graduação em Engenharia Civil Guaratinguetá/FEG UNESP, 23 p.
- Bellaver, E. H.; Santos, Z. M. Q. dos. (2019) *Impacto do crescimento populacional sobre recursos finitos*. Extensão em Foco (ISSN: 2317-9791), [S. l.], v. 6, n. 1. Disponível em: <<http://https://periodicos.uniarp.edu.br/index.php/extensao/article/view/1975>>. Acesso em: 01 jul. 2024.
- CETESB (2017) *Cetesb entrega estação de monitoramento da qualidade do ar em Guaratinguetá*. Disponível em: <<http://https://cetesb.sp.gov.br/blog/2017/06/07/cetesb-entrega-da-estacao-de-monitoramento-da-qualidade-do-ar-em-guaratingueta/>>. Acesso em: 01 jul. 2024.
- Grzelak, M. D.; Maurer, B. W.; Pullen, T. S.; Bhatia, S. K.; Ramarao, B. V. (2011) *A comparison of test methods adopted for assessing geotextile tube dewatering performance*. In: Geotechnical Special Publication, Proceedings
- Di Bernardo, L.; Dantas, A. D. B; Voltan, P. E. N. (2017) *Métodos e técnicas de tratamento de água*. São Carlos: Rima, 3ª edição, 1246 p.
- Lawson, C. R. Geotextile (2008) *containment for hydraulic and environmental engineering*. *Geosynthetics International*, v. 15, n. 6, p. 384–427.
- Müller, M. (2023) *Sistemas de confinamento de resíduos em geotêxteis com e sem restrição lateral: abordagem experimental do comportamento em desaguamento de lodo de ETA*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Infraestrutura Aeroportuária São José dos Campos/ITA, 107 p.
- Müller, M., Oliveira, G. L. A., Vidal, D. M (2021) *Dewatering cone tests: evaluation of chemical conditioning and geotextile efficiencies for a water treatment plant sludge*. In: Proceedings of the Geo Environmental Engineering GEE2021” Caen, France, Proceedings.
- Ortiz, I. G. (2022) *Avaliação da Eficiência e do Desaguamento de Lodo de ETA em leito de Drenagem utilizando diferentes geotêxteis e aplicação de polímero*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana São Carlos/ UFSCar, 255 p.
- Reis, R.F. (2011) *Estudo de Influência de Cobertura Plástica na Remoção de Água de Lodos de Estações de Tratamento de Água em Leitões de Drenagem*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação São Carlos/UFSCar, 131 p.
- UNESCO (2020) *World Water Assessment Programme*. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento de Recursos Hídricos: Água e mudança climática. Disponível em: <http://https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372882_por?fbclid=IwAR0yBI24uVUH>. Acesso em: 01 jul. 2024.