



DESAGUAMENTO INOVADOR DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO: CASO SHOPPING CENTER

Matheus Müller⁽¹⁾

Engenheiro Civil, doutor em Ciências pelo ITA e Diretor Executivo na SALUS Engenharia em Deságue.

Eduardo Andrade Guanaes⁽²⁾

Engenheiro Civil, Mestre pelo Cefet-MG e Diretor da área de Mineração pela HUESKER.

Luís Fernando Magalhães⁽³⁾

Diretor na O2Eco Tecnologia Ambiental.

Márcia Regina de Freitas⁽⁴⁾

Engenheira Civil, doutora pela UNICAMP e Docente de Engenharia Civil na Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá FEG - UNESP.

Endereço⁽¹⁾: Rua Tertuliano Delphim Jr., 79 - Aquarius – São José dos Campos - SP - CEP: 12246-001 - Brasil - Tel: +55 (12) 9.8319-0007 - e-mail: mmuller@salusengenharia.com.

RESUMO

O crescimento populacional culmina na geração de quantidade expressiva de resíduos, dentre eles os resíduos gerados pelos processos de tratamento de esgoto, do qual resulta um resíduo úmido denominado lodo. Este esfluente deve ser tratado, não podendo ser diretamente lançado na natureza. Uma das etapas do tratamento deve ser o desaguamento. Este trabalho apresenta um estudo de caso real que utiliza uma técnica de desaguamento em tubos geotêxteis, sobre berço móvel composto por caçamba *rollon* modificada e patenteada, uma técnica inovadora de desaguamento. O caso avalia a operação desta técnica em uma estação de tratamento de esgoto de um shopping, gerando cerca de 12 m³ de lodo semanalmente. As eficiências de filtração e desaguamento são abordadas, bem como o aumento do teor de sólidos por massa da torta. Através da utilização da técnica de desaguamento em caçamba especial drenante percebe-se sua efetividade na separação da fase sólida da líquida, obtendo-se eficiência de filtração maior que 95%, eficiência de desaguamento superior a 98% e teores de sólidos satisfatórios para correta destinação no aterro outorgado. Percebe-se também a viabilidade ambiental do uso da técnica de desaguamento, onde reduções de emissões de gases do efeito estufa e valores de operação mensais são alcançados.

PALAVRAS-CHAVE: Desaguamento de lodo, Lodo de ETE, Geotêxtil.

INTRODUÇÃO

Vivemos em tempos em que o crescimento econômico ocorre de maneira desenfreada, com riscos à saúde da população (DALY, 2013) O consumismo rege a vida de uma população mundial cada vez crescente (GODECKE, 2012) e, como consequência deste aumento populacional, a geração de resíduos é imensa.

Perante o crescimento populacional, mais insumos são necessários e mais resíduos são gerados. Esta afirmação não poderia ser mais correta para o uso da água, onde é direta e indiretamente consumida e, mediante seu uso, acaba por gerar resíduos na forma de efluentes e lodos, bastante úmidos e de difícil trabalhabilidade (MÜLLER, 2019).

Estes efluentes e lodos devem ser corretamente tratados e destinados, visto que a água é uma matéria prima finita, que tratada com leviandade pode causar danos irreversíveis, impactando diretamente a vida humana (JOLLANDS, 2006). Impactos estes que poderão ser ampliados através de mudanças climáticas e geográficas, resultantes do Antropoceno (SOL, 2019).

Há, então, necessidade de tratar estes efluentes e lodos. Este tratamento geralmente tem em suas etapas iniciais o emprego de alguma técnica de desaguamento, buscando proporcionar a separação da fase sólida da fase líquida, permitindo destinar a água para reprocessamento e a fase sólida para outras etapas da cadeia de valor (MÜLLER, 2019). As técnicas de desaguamento colaboram, portanto, para um desenvolvimento sustentável,



onde o meio ambiente é protegido através da contratação de serviços que promovem a correta tratativa do lodo gerado, evitando seu descarte indevido nos corpos hídricos (JOLLANDS, 2006).

Neste trabalho a técnica de desaguamento com tubos geotêxteis, também denominados de Sistemas de Confinamento de Resíduos (SCR) (IGSBR 004, 2014), é abordada de maneira diferenciada. Nela, um tubo geotêxtil em berço móvel, composto por caçamba *rollon* especial drenante, é discutida. O estudo aborda a operação desta técnica e suas eficiências de filtração e desaguamento.

OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo expor as singularidades do desaguamento de lodo com berço móvel, correspondente a caçamba *rollon* especial drenante e refil geotêxtil, expondo sua aplicação ao caso de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) de shopping centro regional.

REFERENCIAL TEÓRICO

Tubos geotêxteis

Um sistema de confinamento de resíduo (SCR) é uma bolsa ou tubo em geotêxtil tecido ou não tecido, com propriedades estabelecidas em função das características do efluente que se deseja desaguar, possuindo comprimento e perímetro costumáveis (CASTRO, 2005; KOERNER, 2005; PILARCZYK, 2000; TOMINAGA, 2010; VERTEMATTI, 2015). Imagem ilustrativa da técnica é apresentada na Figura 1. O termo bolsa em geotêxtil é usualmente utilizado para SCRs de até 5 m³, geralmente em forma de travesseiro enquanto o termo tubo em geotêxtil está associado a estruturas que assumem a forma tubular após enchimento, cuja sessão transversal apresenta entre 3 e 30 m de perímetro e o comprimento podendo chegar a até 200m (Lawson, 2006)

Figura 1 - Desaguamento com tubo geotêxtil.



Fonte: Autores.

Um tubo geotêxtil pode ser preenchido com grande variedade de materiais, como areias, resíduos de mineração, lodos e outros, possuindo grande leque de aplicações, desde deságue de resíduos de estações de tratamento, até construção de estruturas de proteção costeira, como diques e molhes (PILARCZYK, 2000). O sucesso desta tecnologia foi proporcionado pela capacidade de reter a parte sólida enquanto permite a saída da parte líquida, possuindo boa função filtrante (MOO-YOUNG, GAFFNEY e MO, 2002).

O processo de deságue em um tubo geotêxtil é descontinuo e misto, ocorrendo mecanicamente por filtração forçada mediante a pressão de preenchimento e, após esta, por processo natural, deságue por peso próprio, drenagem e evaporação (MÜLLER, 2019).

Histórico da técnica SCR

Atualmente, o processo de desaguamento em tubos geotêxteis vem se difundindo (LAWSON, 2008). Sua aceitação é devida a seus baixos custos de instalação e operação, e aos bons resultados proporcionados através de seu funcionamento misto de desaguamento, superando técnicas de deságue mecânico como centrífuga, filtro prensa, filtro de bandas, entre outros (MÜLLER et al., 2019).



Para o correto uso desta técnica de deságue é necessário um berço drenante (VERTEMATTI, 2015). O berço drenante tem a função de coletar o percolado gerado pelo processo de desaguamento, para posterior descarte segundo normas e regulamentações, ou recirculação no sistema de tratamento. Deste modo, o berço drenante é uma obra civil, devendo o terreno para sua locação ser terraplanado e adensado, recebendo sistema de revestimento de fundo (geralmente com geomembranas) e proteção mecânica sobre esta (geralmente geotêxtil não tecido), recebendo camada de drenagem (brita 2), valas perimetrais e proteção/barramento perimetral. A Figura 2 exemplifica o berço descrito.

Com o berço adequado, então, os tubos/sacos geossintéticos podem ser posicionados e, com o auxílio ou não de polimerização/flocação, receber ciclos de preenchimento e desaguamento até que seu volume total de projeto seja atingido. Uma vez o volume de projeto atingido, se necessário, tempo de descanso é proporcionado ao tubo/saco geossintético até que este alcance o teor de sólidos adequado.

Figura 2 - Berço drenante.



Fonte: HUESKER.

Quando todas as condições de preenchimento e desaguamento são alcançadas, o tubo/saco geossintético é rompido com maquinário (retroescavadeira ou pá escavadeira), seu conteúdo é retirado do berço e abastece caminhões para o transporte final. Uma vez o material totalmente retirado, limpeza e reconstituição do berço são efetuadas para novo tubo/saco geossintético entrar em operação.

Pontos deficientes do estado da técnica SCR

Através do exposto no Histórico da disposição, percebe-se que o uso de tubos geotêxteis representa uma solução viável para o desaguamento. Porém, observa-se que: a) intervenções significativas no local para sua correta utilização são necessárias; b) que o processo de retirada do material adensado gerado é trabalhoso e causa danos ao berço; c) que ocorre empolamento do material adensado devido a movimentação e enchimento de caminhões; d) que devido ao empolamento mais viagens para disposição do material são necessárias e; e) que limpeza e readequações são necessárias ao berço após o processo de retirada do material adensado.

Sumário da técnica de desaguamento em berço móvel

Pela análise dos pontos deficientes do estado da técnica quanto ao uso de tubos geotêxteis e considerando a maior admissão de volume mediante a restrições laterais (MÜLLER, 2019), concebeu-se um sistema de utilidade que contempla o desaguamento com refil geotêxtil em caçamba especial drenante *rollon* (INPI, BR 2020 009781 0).

Neste sentido, o sistema em questão pretende sanar os pontos deficientes da técnica através de melhorias e adaptações diversas, propondo um modelo de utilidade onde caçamba especial drenante *rollon*, item de logística, e tubo/saco geossintético, item da engenharia civil e saneamento, se unem em uma solução melhorada, conforme exemplificado na Figura 3.

Deste modo, o sistema de desaguamento com caçamba especial drenante não requer grandes espaços ou adequações significativas para sua correta utilização, necessitando apenas de área pertinente para a locação das caçambas. Estas fazendo a vez de berço drenante.

Com o fim dos ciclos de preenchimento e desaguamento, com os parâmetros de projeto satisfeitos, basta caminhão *rollon* retirar a caçamba com o refil geotêxtil cheio. Sem a necessidade de maquinário complementar, evitando o empolamento do material adensado, proporcionando facilidade ao processo e ao transporte.

Ainda, devido a facilidade proporcionada, uma vez que uma caçamba especial drenante é retirada, nova caçamba já pode ser posicionada em seu lugar, sem qualquer readequação, perpetuando o funcionamento do desaguamento.

Figura 3 - Berço drenante móvel em caçamba especial *rollon*.



Fonte: SALUS.

Desaguamento em berço móvel

Por se tratar de um modelo de utilidade misto, abrangendo também transporte rodoviário de cargas, a técnica de desaguamento em caçamba especial drenante deve seguir a regulamentação da DNIT ANTT. Neste sentido a massa máxima desaguada admitida não deve ultrapassar 15 toneladas.

Devido as restrições dimensionais da caçamba *rollon*, o refil geotêxtil é predeterminado, atingindo uma altura de preenchimento máxima de 1,2 m e acondicionando, quando cheio, 12 m³ de torta adensada.

Esta técnica de desaguamento com restrições laterais apresenta, conforme demonstraram ensaios piloto de Müller (2019), a capacidade do refil de receber maior quantidade volumétrica do que se estivesse locado em berço convencional. Ainda, devido às restrições laterais, o refil pode ter resistência a tração reduzida, visto que a própria caçamba especial drenante absorve parte dos esforços solicitados.

Por fim, a caçamba promove uma eficiente drenagem através de drenos internos e perimetrais, garantindo um escoamento de até 30 m³/h por cada dreno, totalizando 60 m³/h para cada caçamba. O percolado drenado retornando para o sistema de tratamento local para reprocessamento ou reuso.



ESTUDO DE CASO – ETE SHOPPING CENTER

Estação de tratamento de esgoto abordada

A estação de tratamento de esgoto (ETE) em questão recebe e trata todo o esgoto gerado pelo shopping, tanto dos banheiros quanto da área de alimentação, somando vazão de trabalho de 35 m³/h. Com o tratamento, a ETE gera semanalmente cerca de 12 m³ de lodo com teor de sólidos por massa de 0,60%.

A ETE operava sistema de tratamento de lodo com filtro prensa, desaguando os 12 m³ de lodo gerados semanalmente e proporcionando torta com teor de sólidos por massa inferiores a 20%. A operação com o filtro prensa se tornou onerosa devido a dificuldades no deslocamentos das células e devido a valores de manutenção, momento que ele foi descomissionado da ETE.

Após a retirada do filtro prensa, a ETE começou a operar com retiradas semanas por caminhão hidrovácuo, perfazendo 02 viagens por semana e cerca de 96 viagens por ano, destinando o lodo molhado e sem qualquer separação de fases.

Mediante as novas regras e taxas de recebimento do aterro, a ETE teve que procurar outra solução de desaguamento, visando continuar sua operação e correta destinação do lodo gerado. Momento em que a técnica de desaguamento em berços móveis foi solicitada.

Ensaios preliminares

A análise da necessidade de polimerização e a dosagem de um eventual polímero são realizados através de ensaios de polimerização e ensaios de cone. A dosagem de trabalho para a solução polimérica é determinada com o auxílio da correlação:

$$PPM = (Vsolução \times Csolução) / Vlodo \quad \text{equação (1)}$$

Onde, PPM é a dosagem de solução polimérica em partes por milhão (mg/l); Vsolução é o volume de solução polimérica (l); Csolução é a concentração da solução polimérica (mg/l); e Vlodo é o volume de lodo ensaiado (l).

Coleta e tratativa de dados

O percolado foi coletado nos primeiros e últimos 5min de cada ciclo e os valores de sólidos totais (ST) calculado. Após o enchimento dos refis, amostras da torda adensada foram coletadas para determinar o teor de sólidos por massa.

De posse dos dados e suas médias as eficiências de filtração e desaguamento podem ser calculadas por:

$$EF = (ST_{inicial} - ST_{final}) / ST_{inicial} \times 100 \% \quad \text{equação (2)}$$

Onde: EF é a Eficiência de filtração (%); ST_{inicial} são os sólidos totais iniciais (mg/l); e ST_{final} são os sólidos totais no líquido percolado após a filtração (mg/l).

$$ED = (PS_{final} - PS_{inicial} / PS_{final} \times 100 \% \quad \text{equação (3)}$$

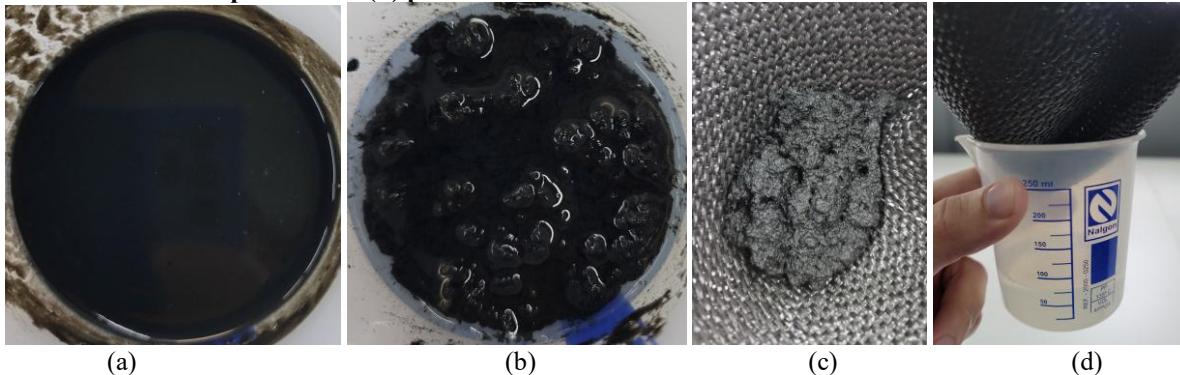
Onde, ED é a eficiência de desaguamento (%); PS_{inicial} é a porcentagem de sólidos inicial (%); e PS_{final} é a porcentagem de sólidos final do particulado sólido retido no geotêxtil (%).

RESULTADOS OBTIDOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO

Ensaios preliminares

Através dos ensaios de polimerização foi definido o uso de um polímero catiônico de baixo peso molecular com dosagem de 40 ppm e em concentração de 1 g/l. Com os ensaios de cone foi possível selecionar o geotêxtil aqui denominado GTX W, que promoveu rápida drenagem e retenção eficiente da fase sólida. A Figura 4 apresenta o lodo natural (a), o lodo após o condicionamento (b), e o retido pelo filtro (c) e o líquido percolado final (d), resultante do ensaio com o geotêxtil escolhido.

Figura 4 - Resultados de ensaios de polimerização e de cone: (a) lodo natural, (b) lodo condicionado, (c) massa sólida retida pelo filtro e (d) percolado final.



A Tabela 1 apresenta os valores característicos (garantidos com 95% de eficiência) informados pelo fabricante para o geotêxtil utilizado.

Tabela 1 - Caracterização dos geotêxteis utilizados.

PROPRIEDADES	NORMAS	GTX W
O90a (mm)	NBR ISO 12.956	0,400 + 0,040
Tnb (kN/m)	NBR ISO 10.319	42 + 5

a Abertura de filtração característica; b Resistência à tração nominal em ambas as direções.

Instalação do sistema de desaguamento

Um berço móvel foi mobilizado para o desaguamento do lodo gerado na ETE do shopping. A caçamba especial drenante e o refil geotêxtil em seu interior receberam por bombeamento o lodo gerado pela estação. A Figura 5 mostra o posicionamento da caçamba.

Figura 5 - Locação do sistema de desaguamento com caçambas especiais drenantes.



Além do berço móvel e do refil geotêxtil, central de polimerização por batelada foi montada e instalada na ETE, com propósito de flocular o lodo em linha e proporcionar um desaguamento mais ágil e eficiente. Ademais, apenas uma saída de drenagem foi utilizada na caçamba, determinando uma vazão máxima de saída de percolado de até de 30 m³/h, maior do que o necessário. O mangote de percolado foi ligado em tubulação rígida de PVC, onde a água proveniente do desaguamento retorna por gravidade para o processo de tratamento da ETE.

A instalação foi rápida, sendo totalmente concluída em menos de 8h, demonstrando a facilidade de uso desta técnica de desaguamento. A instalação contempla a mobilização/viagem da caçamba, refil geotêxtil, montagem da central de polímeros, montagem das tubulações e transporte de componentes até a destinação de serviço, seguida do posicionamento da caçamba, fixação da georrede com sistema de drenagem e locação do refil e demais componentes. Após os componentes estarem em posição na ETE, mangotes de preenchimento e drenagem são fixados com o auxílio de engates rápido, para então ser realizado enchimento inicial com a dosagem de condicionante químico ensaiado.

A dosagem de condicionante químico é crucial, representando o sucesso do desaguamento. A dosagem deve ser cuidadosamente avaliada, sendo retirada amostra de lodo condicionado após a mistura em linha. Em caso de dosagem insuficiente o particulado sólido pode colmatar o geotêxtil, já no caso de dosagem exagerada, a viscosidade do lodo condicionado cegará o geotêxtil. Em ambos os casos ocorrerá a retenção de umidade, prejudicando o desaguamento.

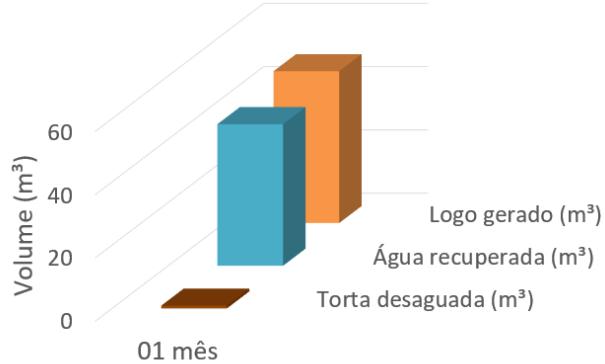
Ciclos de preenchimento e deságue

O desaguamento do lodo gerado pela ETE é realizado através do bombeamento semanal de cerca de 12 m³ de lodo condicionado quimicamente para o interior da caçamba. Esta mesma caçamba fica em operação com um refil geotêxtil por cerca de 13 meses, desaguando aproximadamente 624 m³ em 12 m³ de torta adensada e desaguada.

A vazão de preenchimento é definida pela bomba helicoidal de enchimento, fixada em 2 m³/h, resultando em ciclos de enchimento duas vezes por semana em períodos matinais de 3 horas, seguidos por períodos de descanso superiores a 48 horas. Com a vazão de lodo fixada, a vazão de injeção de solução polimérica pode ser calculada através da Equação 1, resultando em 0,08 m³/h.

Com a operação mensal de desaguamento a redução da massa a ser transportada foi significativa, reduzindo o volume de lodo gerado de cerca de 48 m³ por mês para cerca de 0,88 m³ por mês. Esta redução repercutiu na quantidade de viagens de destinação mensal, que antes eram de 08 viagens por mês, 96 viagens por ano, e agora é de uma viagem a cada 13 meses. A Figura 6 ilustra a redução de massa de lodo gerada em comparação com a água recuperada e a massa final de torta desaguada destinada atualmente.

Figura 6 – Massas mensais de lodo gerado, água recuperada e torta adensada e desaguada.



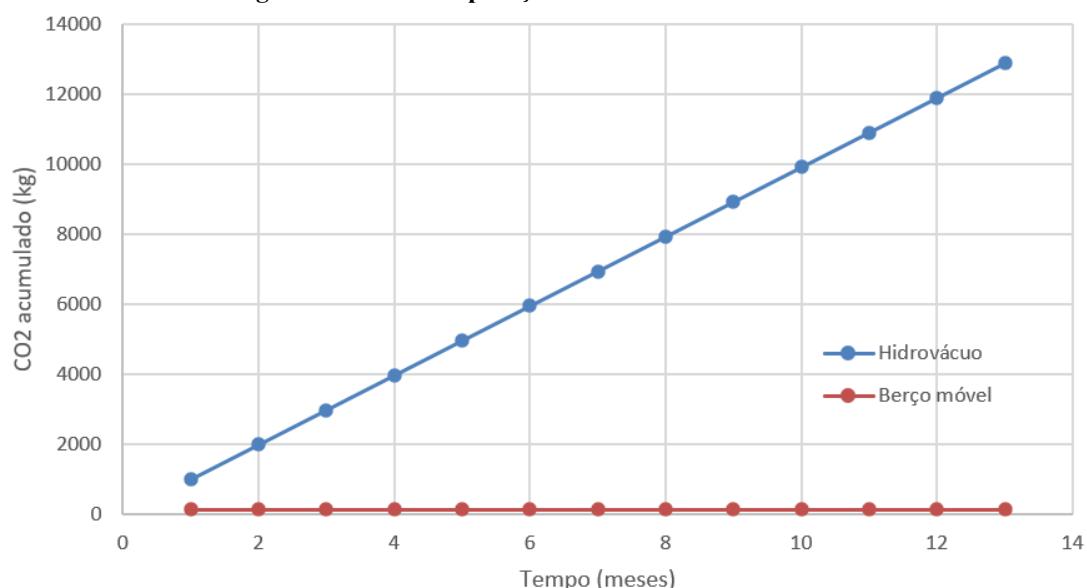
Devido à redução na quantidade de viagens por período de 13 meses, a emissão de gases do efeito estufa e pegada de carbono também reduziram, conforme exemplifica a Figura 7.

Ainda, dados de sólidos totais no percolado foram coletados periodicamente mensalmente durante a operação de enchimento nos 13 meses, compondo valores nos primeiros 5min de enchimento (STf0) e últimos 5min de enchimento (STf1). Estes valores são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados do líquido percolado durante a fase de enchimento.

Tempo (meses)	1	2	3	4	5	6	7
STf0 (mg L-1)	0.945	0.965	0.940	0.875	0.937	0.918	0.863
STf1 (mg L-1)	0.255	0.341	0.352	0.373	0.385	0.394	0.397
Tempo (meses)	8	9	10	11	12	13	
STf0 (mg L-1)	0.856	0.924	0.853	0.922	0.884	0.851	
STf1 (mg L-1)	0.391	0.432	0.428	0.393	0.418	0.390	

Figura 7 – Massa de CO₂ gerada com cada operação.



Após a finalização dos ciclos de enchimento, os teores de sólidos por massa (TSm) foram aferidos nos meses 1 e 13, através da manga de enchimento do refil e coleta de amostras. Os resultados de teores de sólidos por massa para as amostras coletadas deram resultados de 22,34% para o primeiro mês de enchimento e 34,70 para o decimo terceiro mês de enchimento. Ressalta-se que as amostras coletadas foram superficiais, retiradas através do bocal de enchimento, e que devido aos ciclos de enchimento e da sedimentação por níveis, que a torta deve ter alcançado teores de sólidos maiores do que os aferidos.

Através da análise dos dados obtidos para os sólidos totais no início e no fim do processo de enchimento mensal foi possível perceber a formação do filter cake. Onde observa-se que a eficiência de filtração inicial é inferior a eficiência de filtração final. Ressalta-se que o operador iniciava o bombeamento de enchimento com lodo condicionado quimicamente para depois coletar a amostra de percolado inicial, momento em que o pré-filtro poderia estar se formando ou já ter se formado.

Finalmente, com os dados da Tabela 2, teores de sólidos e Equações 2 e 3, consegue-se calcular as eficiências de filtração e desaguamento, apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização dos geotêxteis utilizados.

EF (%)	ED (%) mês 1	ED (%) mês 13
95,75	97,31	98,27



De posse destas eficiências é possível perceber que a filtração foi satisfatória, retendo cerca de 95% da fase sólida no interior do tubo geotêxtil e, que o volume adensado sofreu drástica redução através da perda de umidade, representando um aumento no teor de sólidos de mais de 97% no 1º mês e mais de 98% no decorrer dos ciclos de desaguamento realizados no período de 13 meses.

CONCLUSÕES

De maneira geral, percebe-se que o uso da técnica de desaguamento com refil geotêxtil em berço móvel é interessante. Onde não existe a necessidade de grandes intervenções para a utilização da técnica, esta sendo rapidamente instalada e podendo ser prontamente utilizada.

Ressalta-se a importância de ensaios preliminares de polimerização e cone. Estes responsáveis pela aferição da escolha do condicionante químico e geossintético pertinentes para o desaguamento pretendido, viabilizando uma operação bem-sucedida.

Observa-se que uma caçamba especial drenante com um refil geotêxtil foi necessária para a geração de lodo da ETE estudada, tendo vida útil de operação de cerca de 13 meses, desaguando 48 m³ de lodo com 0,6% de teor de sólidos por massa mensalmente.

Através dos resultados de teores de sólidos por massa alcançados, a técnica em berço móvel foi satisfatória, destinando corretamente o material adensado para o aterro outorgado. Ainda, devido a redução de 96 viagens por ano para 01 viagem pro ano redução significativa com custos de transporte e pegada de carbono foram evitados, representando cerca de 12.896 kg de CO₂ na operação com hidrovácuo para 124 kg de CO₂ com o berço móvel.

As eficiências de filtração e desaguamento demonstram ainda mais a efetividade da técnica de desaguamento em berço móvel, onde a fase sólida foi retida com mais de 95% de eficiência de filtração média e o aumento do teor de sólidos ocorreu até ultrapassar 98% de eficiência.

Por fim, indica-se que a técnica de desaguamento com berço móvel é eficiente e se encaixa bem em estações de pequeno porte. Ainda, propõe-se a realização de estudos observando o aumento do teor de sólidos do lodo por evaporação, e como o geotêxtil interfere neste processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CASTRO, N. (2005) Sistemas tubulares para contenção de lodo e sedimentos contaminados. Dissertação de mestrado em engenharia de infraestrutura aeronáutica – ITA.
2. DALY, H. (1992) Allocation, distribution, and scale: towards an economics that is efficient, just, and sustainable. *Ecological Economics*, Comment, v. 06, p. 185-193.
3. DALY, H. (2013) A further critique of growth economics. *Ecological Economics*, v. 88, p. 20-24.
4. DAILY, G.C. (1997) Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Island Press. 1. Ed., 392 p.
5. GJORUP, A.F., FIDALGO, E.C.C., PRADO, R.B., SCHULER, A.E. (2015) Análise de procedimentos para seleção de áreas prioritárias em programas de pagamento por serviços ambientais hídricos. *Ambiente & Água*, v. 11, n° 1, p. 225-238.
6. GODECKE, M.V., NAIME, R.H., FIGUEIREDO, J.A.S. (2012) O consumo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. *Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 8, n°. 8, p. 1700-1712.
7. IGSBR (2014) Recomendação 004: Aplicação de geossintéticos em áreas de disposição de resíduos.
8. JOLLANDS, N. (2006) Concepts of efficiency in ecological economics: Sisyphus and the decision maker. *Ecological Economics*, v. 56, p. 359-372.
9. KOERNER, R.M. (2005) Designing with Geosynthetics. Upper Saddle River, NJ, Pearson, 5. Ed. p. 796.
10. LAWSON, C.R. (2006) Geotextile containment for hydraulic and environmental engineering, 8th ICGeosynthetics, J.Kuwano & J. Koseki (eds), Milpress, Rotterdam, ISBN9059660447, p. 9-48
11. LAWSON, C. R. (2008) Geotextile containment for hydraulic and environmental engineering. *Geosynthetics International*, V 15, n°. 6, p. 384-427.
12. MERICO, L.F.K. (1996) Introdução à economia ecológica. Blumenau: FURB, coleção sociedade e ambiente.



13. MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2003) Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Island Press, 1 Ed., 392 p.
14. MOO-YOUNG, H. K., GAFFNEY, D. A., MO, X., (2002) Testing Procedures to assess the viability of dewatering with geotextiles tubes, Geotextiles and Geomembranes, V 20, p. 289-303.
15. MÜLLER, M. (2019) Efeito de diferentes configurações no deságue de lodos em sistemas de confinamento de resíduos em geotêxtil, Dissertação de mestrado em engenharia de infraestrutura aeronáutica – ITA.
16. MÜLLER, M., ALBUQUERQUE, T., ALLARIZ, B.B., RUIZ, E.F., VIEIRA, D.C. (2019) Estudo comparativo de sistemas de deságue: Abordagem bibliográfica, econômica e estatística, FENASAM 2019, AE SABESP, p. 1-10.
17. PEARCE, D.W. (1993) Economic values and the natural world. Massachusetts: The MIT Press.
18. PILARCYK, K.W. (2000) Geosynthetics and Geosystems in Hydraulic and Coastal Engineering. Netherlands, A.A. Balkema, 1. Ed., 913 p.
19. RIBEIRO, G.D. (2009) Valoração ambiental: Síntese dos principais métodos. Monografia de graduação em engenharia ambiental – Unesp Rio Claro.
20. SOL, J. (2019) Economics in the anthropocene: species extinction or steady state economics. Ecological Economics, v. 165, n. 106392.
21. TOMINAGA, E. (2010) Análise dos procedimentos para avaliação de desempenho de sistemas fechados com geotêxtil para desaguamento. Dissertação de mestrado em engenharia de infraestrutura aeronáutica – ITA.
22. VERTEMATTI, J.C. (2015) Manual brasileiro de geossintéticos. Blucher, 2. Ed. p. 570.