Brazilian Journal of Development

# Sistema de confinamento de resíduos empregando geotêxteis comparados a leito de drenagem para desaguamento de lodo de estação de tratamento de água

# Waste containment system using geotextiles compared to drainage bed for dewatering sludge from water treatment plant

DOI:10.34117/bjdv6n5-107

Recebimento dos originais: 17/04/2020
Aceitação para publicação: 07/05/2020

**Beatriz Mydori Carvalho Urashima**
Mestranda em Geotecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Núcleo de Geotecnia da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto
Instituição: Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP
Endereço: Núcleo de Geotecnia da Escola de Minas, Campus Universitário Morro do Cruzeiro, s/n, Ouro Preto – MG, Brasil
E-mail: urashimabeatriz@gmail.com

**Denise de Carvalho Urashima**
Doutora em Engenharia Aeronáutica e Mecânica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Instituição: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG
Endereço: Departamento de Computação e Engenharia Civil, Avenida dos Imigrantes, 1.000 – Vargem, Varginha – MG, Brasil
E-mail: urashima@cefetmg.br

**Mag Geisielly Alves Guimarães**
Doutoranda em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Instituição: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG
Endereço: Departamento de Computação e Engenharia Civil, Avenida dos Imigrantes, 1.000 – Vargem, Varginha – MG, Brasil
E-mail: mag@cefetmg.br

**Gustavo Ribeiro Paulino**
Graduando em Engenharia Civil pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Instituição: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG
Endereço: Avenida dos Imigrantes, 1.000 – Vargem, Varginha – MG, Brasil
E-mail: ribeiro.gustavop@gmail.com

**André Geraldo Cornélio Ribeiro**
Doutor em Geotecnia pela Universidade Federal de Viçosa
Instituição: Universidade Federal de Lavras, Lavras
Endereço:Departamento De Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Lavras, s/n – Inácio Valentim, Lavras – MG, Brasil.
E-mail: andreribeiro@deg.ufla.br

Brazilian Journal of Development

**RESUMO**
Na era do antropoceno, emerge uma crescente preocupação ligada a questões ambientais, sendo uma destas os impactos associados à disposição final dos resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água (ETA). O artigo avalia a eficácia dos sistemas fechados de geotêxteis, também designados como sistemas de confinamento de resíduos (SCRs), em relação aos leitos de drenagem, ambos considerados sistemas viáveis na disposição dos resíduos gerados em ETA. Nos ensaios realizados, tanto nos protótipos de SCR como de leito de drenagem foi utilizado como resíduo somente lodo de ETA condicionado químicamente. Para escolha foram empregados cinco distintos condicionantes poliméricos, sendo quatro catiônicos e um aniônico. Esta foi realizada por meio de ensaio de cone, no qual se avaliou a concentração e preliminarmente a dosagem a ser empregada. Os protótipos e suas réplicas receberam quatro recargas de 10 L de lodo a cada trinta minutos e posteriormente ficaram expostos às intempéries por 420 horas. Durante o experimento, manteve-se como premissa as mesmas condições de contorno, com a fixação das variáveis controláveis e ponderação das variáveis respostas das campanhas experimentais: volume percolado e sua turbidez, bem como eficácia de tempo do processo de deguamento/desecagem do lodo. Os resultados foram promissores. Inicialmente, ambos os sistemas apresentaram valores similares de turbidez e volume de percolado; entretanto, quando expostos em campo devido à ação das intémperies, principalmente precipitação, no final das 420 horas o teor de sólidos que inicialmente era de 7,4% passou para 66,4% no SCR e 32,4% no leito de desaguamento.

**Palavras-Chave**: Geotêxteis, Desaguamento, Leito de drenagem, Resíduo.

**ABSTRACT**
In the anthropocen era, a growing concern about environmental issues emerges; one of these is impacts associated with the final disposal of waste generated in Water Treatment Plants (WTP). The article evaluates the effectiveness of geotextile closed systems, also referred to as waste containment systems (WCS) in relation to drainage beds, both considered systems usually used in the disposal of wastes generated in WTP. In the tests carried out, both the SCR prototype and the drainage bed were used as waste only chemically conditioned WTP sludge. The choice of five different polymeric conditioning agents, four cationic and one anionic, was performed by means of a cone test, in which the concentration and preliminary determination of the dosage to be used were evaluated. The prototypes and their replicates received four refills of 10 L of sludge every thirty minutes and were then exposed to the weathering for 420 hours. During the experiment, the same boundary conditions were maintained, with the fixation of controllable variables and weighting of the variables responses of the experimental campaigns: percolated volume and turbidity, as well as time efficiency of sludge dewatering/desiccation process. The results were promising. At the begin, both systems presented similar values of turbidity and volume of percolated; however, when exposed in the field, due to weathering, mainly precipitation, at the end of 420 hours the solids content was initially of 7.4% to 66.4% in the WSC and 32.4% in the drainage bed.

**Key Words**: Geotextiles, Dewatering, Drainage bed, Waste.

## 1 INTRODUÇÃO

Devido ao grande volume de resíduos gerados no processo de potabilização da água e suas graves consequências ao meio ambiente, estudos sobre seu adequado tratamento e disposição têm se tornado cada vez mais relevantes. Normalmente, em uma Estação de Tratamento de Água (ETA), estes têm origem nos decantadores e na lavagem dos filtros (Reali et al., 1999).

Inúmeras são as maneiras de reduzir o volume dos resíduos gerados em ETA's, diminuindo assim os riscos ambientais e de contaminação quando dispostos (Fontana & Cordeiro, 2005), tais como a utilização de centrífugas, filtros à vácuo, prensas, remoção da água em leitos de drenagem/secagem ou ainda sistemas fechados de geossintéticos, também designados de sistemas de confinamento de resíduos (SCRs) (Urashima et al., 2018; Fontana, 2005; Cordeiro, 2003).

A escolha do método deve levar em consideração a área disponível para implantação do mesmo, o custo, as condições climáticas, os recursos humanos, entre outros (Reali et al., 1999).

Cordeiro (2003) realizou diversos estudos pilotos modificando a constituição dos leitos de drenagem tradicionais, empregando geotêxteis não tecido. No primeiro estágio, diretamente sobre a camada filtrante de areia e posteriormente, substituindo a camada filtrante pelo geotêxtil não tecido, sendo estes colocados logo acima da camada de brita. Os resultados da última combinação foram muito promissores, não só em relação ao tempo de drenagem, mas também em relação às características da porção drenada.

Paralelamente, um novo método de redução do volume de resíduos de ETA, com primeiros registros literários datando da década de 90 (Lawson, 2008), foram os sistemas de confinamento de resíduos (SCR's) para desaguamento/dessecagem e confinamento destes resíduos. Os geossintéticos usados para o desaguamento de resíduos finos geralmente são os geotêxteis tecidos, não tecidos e os geocompostos. Estes materiais devem possuir bom desempenho de filtração, tendo capacidade de reter sólidos e ao mesmo tempo permitir o escoamento de fluidos (Guimarães & Urashima, 2013).

Os sistemas de confinamento de resíduos (SCR's) de geotêxteis são recipientes flexíveis com capacidade de reter materiais saturados. São confeccionados costurando-se um ou mais geotêxteis. De acordo com suas dimensões, segundo GRI-GT15 (2009), recebem designações diferentes: bolsas, contêineres ou tubos. Apresentam como destaques a vantagem de poderem ser moldados conforme o espaço disponível e poderem, inclusive, ser empilhados, facilidade de montagem, baixo custo se comparado com as técnicas supracitadas e independência das condições meteorológicas do local (Koerner & Koerner, 2006; Muthukumaran & Ilamparuthi, 2006; Mendes et al., 2001).

Dentro deste contexto, o artigo apresenta a avaliação do emprego de protótipos tanto de SCR de geotêxteis como de leitos de drenagem, conforme proposta similar apresentada por Cordeiro (2003), ou seja, substituindo a camada filtrante por geotêxtil tecido.

Brazilian Journal of Development

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Para a realização da pesquisa, utilizou-se lodo dos decantadores da ETA Modular da Universidade Federal de Lavras (UFLA) (Figura 1) coletado no início do segundo semestre de 2018.

Para confecção dos protótipos tanto do leito de drenagem/secagem como dos sistemas de confinamento de resíduos (SCRs) de geossintéticos, foi empregado um tipo de geotêxtil tecido de polipropileno com caracteristicas apropriadas para estas aplicações, ou seja, alta permeabilidade e pequena abertura de filtração. Especificações do geotêxtil empregado na pesquisa são apresentadas na Tabela1,

Figura 1. ETA modular da UFLA.

Tabela 1. Especificações do geotêxtil empregado na pesquisa.

| Abertura de filtração[1] | Permeabilidade[2] | Resistência à tração[3] |
|---|---|---|
| 250 µm | 20 x $10^{-3}$ m/s | 117 kN/m |
| (tolerância ± 40) | (tolerância -2x$10^{-3}$) | (tolerância ± 4) |

[1]ABNT ISO (2013a); [2]ABNT ISO (2013b); [3]ABNT ISO (2013c).

Nos protótipos de leito de drenagem foram empregadas pedras britadas de dimensão máxima característica (DMC) que a classifica como brita nº0 fazendo interface com o mesmo geotêxtil constituinte dos SCR, o qual substituiu a camada filtrante.

Brazilian Journal of Development

Com a finalidade de condicionar quimicamente o lodo, foram avaliados quatro polímeros catiônicos e um aniônico para determinar qual apresentaria melhor eficiência na polimerização do lodo. As especificações dos polímeros empregados para o condicionamento químico do lodo são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Especificações dos polímeros empregados na pesquisa.

| Referência comercial | Classificação |
|---|---|
| CH-492 | Catiônico |
| CH-494 | Catiônico |
| CH-496 | Catiônico |
| CH-498 | Catiônico |
| A-150 | Aniônico |

## 2.2 MÉTODOS EMPREGADOS

A Figura 2 apresenta o fluxograma das etapas realizadas no desenvolvimento da pesquisa.

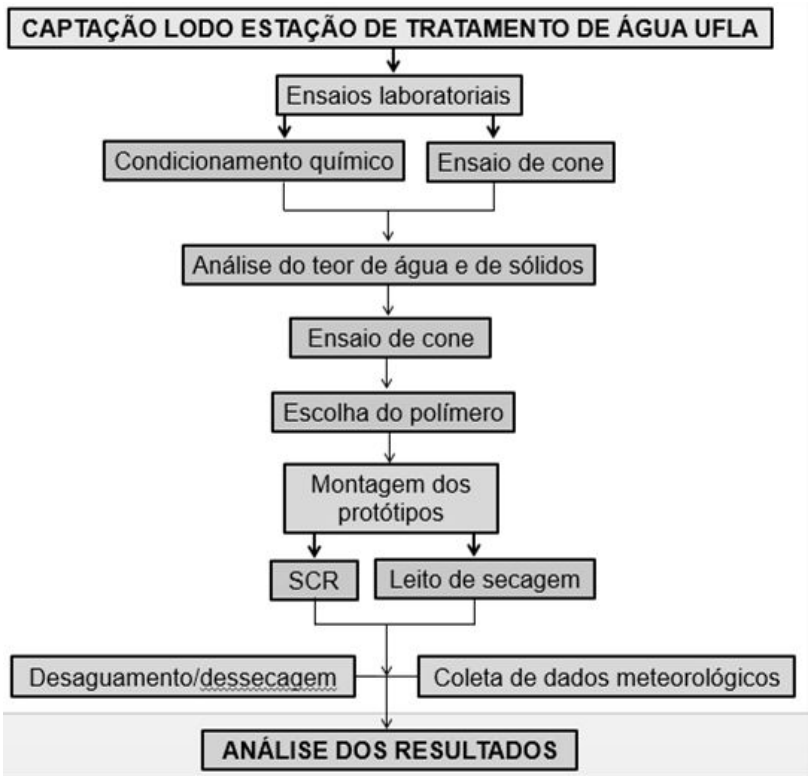


Figura 2. Etapas da metodologia adotada.

Brazilian Journal of Development

A captação do lodo ocorreu por meio da válvula inferior do tanque de decantação do lodo gerado nos decantadores (Figura 3).

Figura 3. Tanque de decantação do lodo gerado na ETA da UFLA.

Assim sendo, o lodo coletado apresentava teor de sólidos elevado se comparado com os valores encontrados na literatura conforme ilustra a Figura 4.

Para a análise do condicionamento químico foram realizados ensaios de cone, metodologia que consiste na filtragem de uma amostra de volume de lodo contendo um polímero com concentração e dosagem em análise (Lawson, 2008). Após o tempo de filtragem, realizam-se análises tanto do lodo desaguado sobre o cone quanto do filtrado coletado. Para o lodo em estudo, foram testados os polímeros apresentados na Tabela 2, todos preparados na concentração de 0,2% e dosagens de 20mL/L e 30mL/L.

Figura 4. Lodo no momento da coleta.

Brazilian Journal of Development

Para os ensaios de cone, foram preparados corpos de prova do geotêxtil empregado na pesquisa, com 30 cm de diâmetro, mostrados na Figura 5 e uma amostra única de lodo.

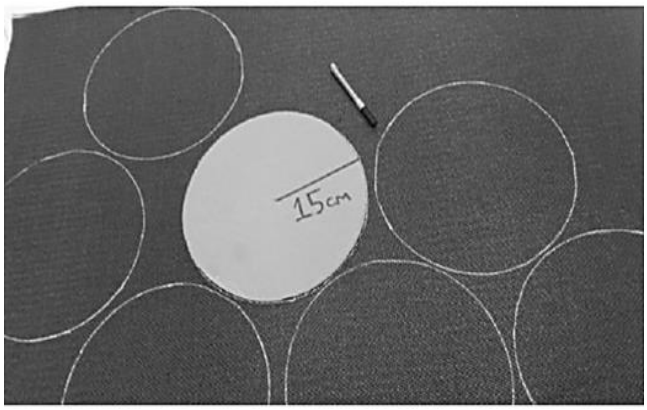


Figura 5. Corpos de prova de geotêxtil com diâmetro de 30 cm cada.

Montou-se o sistema demonstrado na Figura 6 e a filtração do lodo neste filtro foi observado, tomando como base a literatura, durante dez minutos, sendo avaliados a turbidez e o volume do percolado final, bem como a umidade do resíduo restante sobre o geotêxtil.

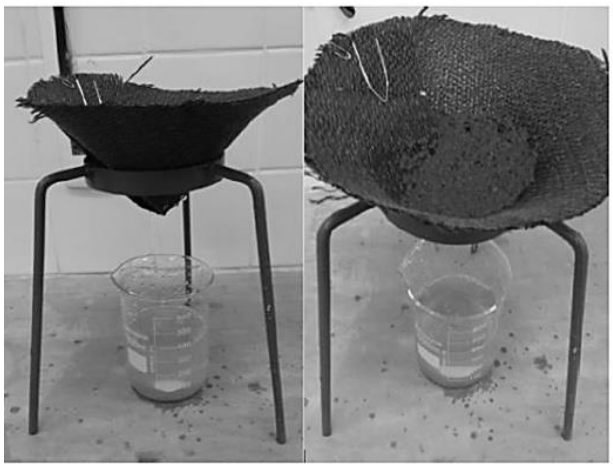

Figura 6. Sistema montado para a realização do ensaio de cone.

A observação do comportamento do lodo desaguado com a sua polimerização química, por meio deste ensaio, foi de fundamental importância na determinação do condicionante adequado para o lodo empregado na pesquisa.

Para a preparação da solução na concentração desejada, pesaram-se os polímeros em balança de precisão, como mostrado na Figura 7, para, posteriormente, com auxílio de um dispersor, preparar as soluções acrescentando ao polímero água destilada, de tal forma a obter uma solução com concentração de 0,2%. Um dos parâmetros de eficiência do polímero observado foi a

Brazilian Journal of Development

floculação do lodo (Figura 8). Além da turbidez do percolado medida com a utilização de turbidímetro (Figura 9).

Figura 7. Pesagem dos polímeros.

Figura 8. Polimerização do lodo com a formação de flocos.

Figura 9. Turbidímetro utilizado.

Brazilian Journal of Development

Por meio das análises dos resultados obtidos, pode-se definir o polímero mais adequado para o condicionamento químico do lodo da ETA da UFLA.

É importante ressaltar que os ensaios de cone foram realizados com réplicas de forma a avaliar existência de erros sistemáticos, para que somente os erros aleatórios (flutuações), inerentes aos procedimentos experimentais, fossem admitidos, viabilizando que estes fossem tratados e avaliados por ferramentas estatísticas (Barros Neto et al., 2001).

Após a escolha do polímero, sua concentração e dosagem, o procedimento seguinte foi a montagem dos protótipos de leito de drenagem e de SCR utilizados na pesquisa.

Para a montagem do protótipo de SCR foi empregada a norma ASTM (2013) com pequenas adequações, ou seja, cada bolsa apresentou dimensões de 50x50 cm, capacidade de cerca de 30 litros e um bocal central, possibilitando a inserção de um tubo com diâmetro de 50 mm e 760 mm de comprimento, utilizado para o preenchimento da bolsa com o lodo (Figura 10).

Para cada SCR ensaiado, foi empregada uma grelha para suporte, com o objetivo de possibilitar o escoamento e análise do percolado. Ressalta-se que a grelha estava sobre uma mesa dimensionada e com inclinação para direcionar o percolado e permitir a coleta deste (Figura 11).

Figura 10. Protótipo de SCR.

Brazilian Journal of Development

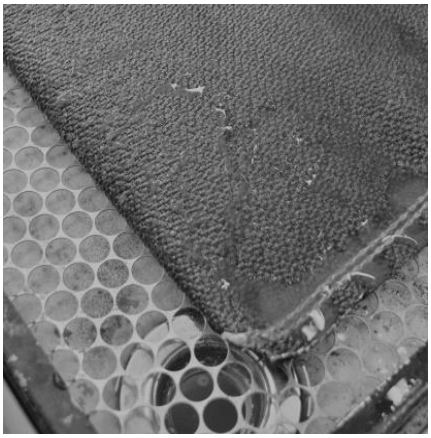

Figura 11. Detalhe do bocal de saída para coleta do percolado do SCR.

O protótipo de leito de drenagem/desecagem foi estruturado com base na literatura, para definição das camadas e suas espessuras, em um recipiente com capacidade de 80 L e área de base em torno de 2500 cm² (50 x 50 cm), perfurada para permitir o escoamento. Para o tamponamento do bocal de saída existente no recipiente empregado, utilizou-se o mesmo geotêxtil do SCR.

Resssalta-se que para garantir que não ocorresse vazamento do lodo sem passar pelo filtro têxtil, o mesmo foi posicionado acima da camada de brita e levado até a borda do recipiente (Figura 12). Para a finalização do protótipo, construiu-se um suporte de madeira para encaixe do protótipo e do recipiente para coleta do percolado (Figura 13).

Figura 12. Esquema do protótipo de leito de drenagem.

Brazilian Journal of Development

Figura 13. Protótipo do leito de drenagem sobre o suporte e recipiente para coleta de percolado.

Durante a realização dos procedimentos foi possível observar que quanto maior o teor de sólidos no resíduo, maior a dosagem do condicionante químico, situação similar a que foi reportada por outros autores em relação ao sulfato de alumínio empregado na etapa de floculação da água bruta para posteriores etapas de potabilização da água em ETA's convencionais (Caliari et al., 2008; Guanaes, 2009).

Embora a amostra de lodo empregada na pesquisa fosse única, houve um intervalo de tempo entre a realização dos ensaios de cone e os ensaios de desaguamento. Neste contexto, verificou-se que houve um aumento no teor de sólidos em relação ao período em que foram realizados os ensaios de cone preliminares. Para análise do condicionamento para esta nova situação, realizou-se a polimerização do lodo com o polímero C498 em diferentes dosagens para amostras diluídas (diferentes teores de sólidos).

O desaguamento iniciou no dia 21 de dezembro de 2018, com réplicas de cada protótipo, sendo realizadas neste dia quatro recargas de 10L cada, com o intervalo de 30 minutos entre elas em cada protótipo. Utilizou- se uma amostra única de lodo para as recargas em todos os protótipos. Após a finalização dos desaguamentos, os protótipos foram expostos às intempéries durante 420 horas em campo.

Posteriormente, amostras do lodo foram coletadas e o teor de sólidos e de umidade medidos. Durante o período de exposição, os dados meteorológicos (precipitação e temperatura) foram monitorados para avaliar a influência destes ao longo do período de exposição nos protótipos pesquisados.

Brazilian Journal of Development

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do condicionamento químico e do ensaio de cone são apresentados na Tabela 3. Os polímeros C494, C492 e A150 não presentam resultados para a dosagem de 30 mL/L, visto que para a dosagem 20 mL/L os valores obtidos estavam distantes do esperado. Assim sendo, esta condição foi desconsiderada para estes polímeros. Pode-se observar que o polímero mais adequado para a floculação do lodo da ETA da UFLA foi o C498 na dosagem de 20 mL/L, já que os valores para a dosagem de 30 mL/L não apresentaram variação significativa em termos de custo benefício.

Tabela 3. Resultados de condicionamento químico e ensaio de cone.

| P | C (%) | D (mL/L) | VP (mL) | T (NTU) |
|---|---|---|---|---|
| C494 | 0,20 | 20 | 150,00 | 950,00 |
| | | 30 | - | - |
| C498 | 0,20 | 20 | 395,00 | 96,00 |
| | | 30 | 410,00 | 63,85 |
| C492 | 0,20 | 20 | 110,00 | *NA |
| | | 30 | - | - |
| C496 | 0,20 | 20 | 280,00 | 344,00 |
| | | 30 | 415,00 | 318,50 |
| A150 | 0,20 | 20 | 220,00 | *NA |
| | | 30 | - | - |

Onde:

P: Polímero, C: Concentração, D: Dosagem, VP: Volume percolado médio, T: Turbidez.

*NA: Não foi possível aferir, valor maior do que o possível de leitura do equipamento.

A Figura 14 apresenta a curva teor de sólidos (%) obtidos pela diluição do lodo versus dosagens poliméricas (mL/L). Como o teor de sólidos inicial do lodo no período de realização dos ensaios de desaguamento foi de 7,4%, a dosagem do condicionante C498 com concentração de 0,2% foi de 60 mL/L de lodo.

A Tabela 4 apresenta os valores de volume percolado e turbidez para cada recarga realizada nos protótipos de SCR e leito de drenagem.

Brazilian Journal of Development

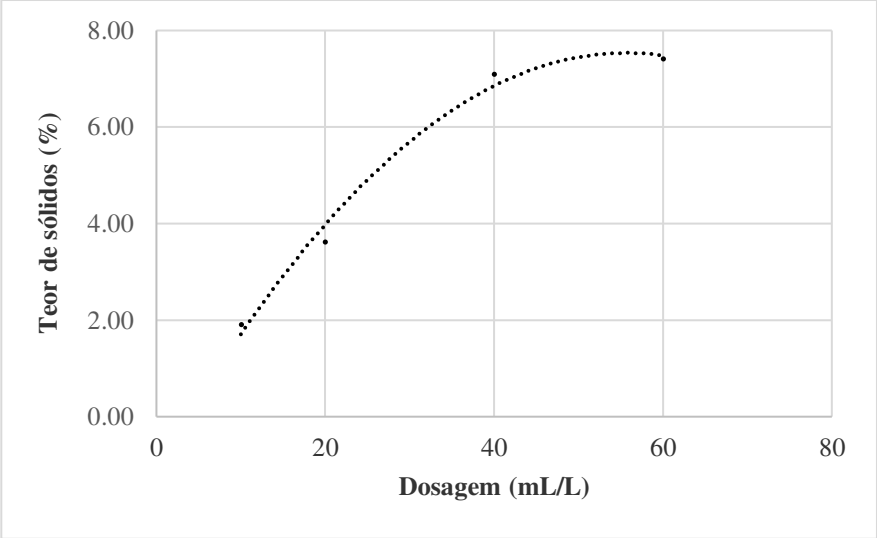


Figura 14. Teor de sólidos do lodo diluído versus dosagens.

Tabela 4. Volume percolado e turbidez dos protótipos após recargas.

| Protótipo | Recarga | Δt (min) | VP (L) | T (NTU) |
|---|---|---|---|---|
| SCR | 1° | 20 | 7,68 | 115,00 |
| | 2° | 20 | 8,14 | 52,09 |
| | 3° | 20 | 8,32 | 13,00 |
| | 4° | 20 | 8,24 | 17,00 |
| Leito de drenagem | 1° | 20 | 7,90 | 6,82 |
| | 2° | 20 | 8,42 | 5,59 |
| | 3° | 20 | 8,02 | 6,80 |
| | 4° | 20 | 7,84 | 7,07 |

Onde:

Δt: tempo do início da recarga; VP: Volume percolado médio; T: Turbidez.

Inicialmente, o leito de drenagem e o SCR apresentaram volume de percolado com valores semelhantes, e o leito de drenagem resultou em valores de turbidez do percolado inferiores aos obtidos pelo SCR.

Porém, pode-se observar que ao longo das recargas, para o SCR, houve uma tendência de aumento do volume e redução da turbidez do percolado. Tal fato ocorreu devido a formação do *filter cake* na superfície interna do geotêxtil constituinte do SCR, o que colaborou na retenção dos sólidos.

Após cerca de oito horas do início das recargas, mediu-se o teor de sólidos e de umidade em cada um dos protótipos (Tabela 5).

Brazilian Journal of Development

Tabela 5. Teor de sólidos e de umidade após oito horas do ínicio das recargas.

| Protótipo | Teor de sólidos (%) | Teor de umidade (%) |
|---|---|---|
| SCR | 21,59 | 364,86 |
| Leito de drenagem | 20,08 | 397,96 |

Constatou-se que a diferença de teor de sólidos e de umidade entre os protótipos não era relevante. Entretanto, o leito de drenagem fica sujeito a intempéries, o que influencia no processo de secagem do lodo (tempo e qualidade do *filter cake* formado). Assim, a Tabela 6 apresenta os valores de teor de sólidos e teor de umidade obtidos após 420 horas de exposição dos protótipos às intempéries. As Figuras 15 e 16 ilustram o lodo nos protótipos de leito de drenagem e SCR, respectivamente.

Tabela 6. Teor de sólidos e de umidade após 420 horas.

| **Protótipo** | **Teor de sólidos (%)** | **Teor de umidade (%)** |
|---|---|---|
| SCR | 66,4 | 51,0 |
| Leito de secagem | 32,4 | 210,2 |

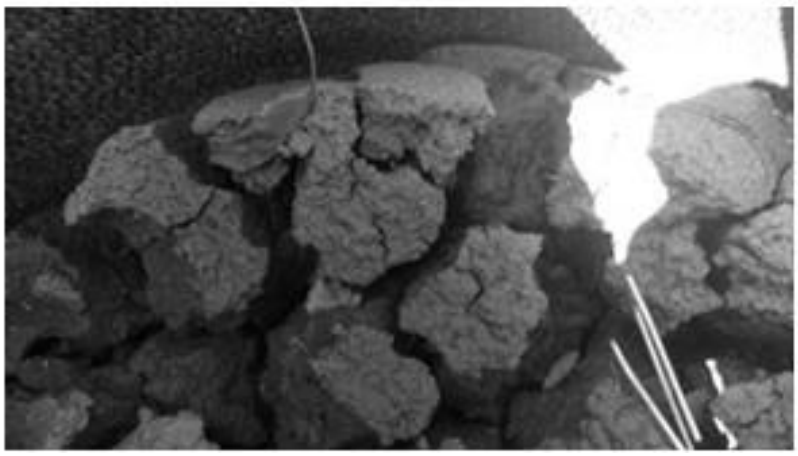

Figura 15: Lodo seco no leito de secagem.

Brazilian Journal of Development

Figura 16. Lodo seco no SCR.

A Tabela 7 mostra os dados meteorológicos medidos durante o período de exposição.

Tabela 7. Dados meteorológicos do período de exposição.

| Período | Precipitação (mm) | Radiação Global (MJ/m²) | Temperatura média (ºC) |
|---|---|---|---|
| 420 horas | 74,2 | 836,07 | 22,34 |

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao grande volume de resíduos gerados no processo de potabilização da água e suas graves consequências ao meio ambiente, estudos sobre seu adequado tratamento e disposição têm se tornado cada vez mais relevantes.

Neste contexto, a pesquisa comparou os métodos de desaguamento/dessecagem de leito de drenagem e de sistemas de confinamento de resíduos (SCRs) de geotêxteis. Verificou-se que durante as recargas os dois sistemas apresentaram comportamento similares, entretanto o SCR apresenta maior eficiência quando expostos às intempéries climáticas, visto que não permite a entrada de água no sistema, ficando menos vunerável à dinâmica atmosférica. Também, apresentam capacidade de absorver maiores volumes em menor área em relação aos leitos de drenagens.

Além disso, constatou-se que quanto maior o teor de sólidos do lodo produzido em ETA, maior a dosagem para sua adequada polimerização. Neste contexto, sugere-se a continuidade do estudo com relação ao teor de sólidos versus dosagens de condicionantes.

No caso do emprego de SCR, é possível inferior sobre a conveniência de se misturar a água de lavagem dos filtros com o lodo do decantador, de forma a diluir este e trabalhar-se com menores dosagens de condicionamento químico para obtenção de um melhor custo benefício.

**AGRADECIMENTOS**

À Estação de Tratamento de Água da Universidade Federal de Lavras (UFLA) pela disponibilidade do lodo. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo aporte financeiro. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo acesso aos Periódicos Capes. À empresa HUESKER Ltda pelo fornecimento dos geotêxteis.

## REFERÊNCIAS

ABNT (2013a). NBR ISO 12 956: *Geotêxteis e produtos correlatos – Determinação da abertura de filtração característica*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

ABNT (2013b). NBR ISO 11 058: *Geotêxteis e produtos correlatos – Determinação das características de permeabilidade normal ao plano sem confinamento*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

ABNT (2013c). NBR ISO 10 319: *Geossintéticos-Ensaio de tração faixa larga*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

ASTM (2013) D 7880 *Standard Test Method for Determining Flow Rate of Water and Suspended Solids Retention from a Closed Geosynthetic Bag, American Society for Testing and Materials*, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.

Barros Neto, B.B., Scarminio, I. S. & Bruns, R. E. (2001). *Como fazer experimentos.* Editora da UNICAMP, Campinas, São Paulo.

Caliari, P.C., Araújo, W.F. & Vieira, D.P. (2008). *Influência de parâmetros físicos na dosagem de sulfato de alumínio para a clarificação da água e proposição de modelos de estimativa*. 48º Congresso Brasileiro de Química. Rio de Janeiro, RJ.

Cordeiro, J.S. (2003). *Rejeitos em estações de tratamento de água – O estado da arte no Brasil*. IV Congresso Nacional Punta Del Este: Sección Uruguay, AIDIS. Punta Del Este, UY.

Fontana, A.O. (2005). *Sistema de drenagem e sedimentador como solução para redução de volume de lodo de decantador e reuso de água de lavagem de filtros: estudo de caso.* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, 161 p.

Fontana, A.O. & Cordeiro, J.S. (2005). *Gestão Integrada como Busca de Solução para Rejeitos de ETA's – O Caso de Cardoso – S*P. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, MS.

Guanaes, E.A. (2009). *Análise Laboratorial do Desaguamento do Lodo Residual de Estação de Tratamento de Água por Meio de Geossintéticos,* Dissertação (Mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 129f.

Guimarães, M.G.A.& Urashima, D.C. (2013). Dewatering sludge in geotextile closed systems: Brazilian experiences. Soils & Rocks, v. 36, n. 3, p. 251-263.

GRI – GT15 (2009). The pillow teste for field assessment of fabrics/additives used for geotextile bags, containers, and tubes. Geosynthetics Research Institute (GRI), Folsom, USA.

Lawson, C.R. (2008). Geotextile containment for hydraulic and environmental engineering. Geosynthetics International, v. 15, p. 384-427.

Koerner, G.R. & Koerner, M.R. (2006). Geotextile tube assessment using a hanging bag test. Geotextiles and Geomembranes, v. 24, n. 2, p. 129-137.

Mendes, R.L., Ferreira Filho & Scian, J.B. (2001). Desaguamento Mecânico por Filtro Prensa de Lodos Gerados em Estações de Tratamento de Água. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa, v. 1, p. 1-10.

Muthukumaran, A.E. & Ilamparuthi, K. (2006). Laboratory studies on geotextile filters as used in geotextile tube dewatering. Geotextiles and Geomembranes, v. 24, p. 210-219.

Reali, M.A.P. (1999) Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: Abes, 250 p.

Urashima, B.M.C., Urashima, D.C., Ferreira, S.R., Álvares, V.M., Lima, M.B.B., Cintra, J.P.G. (2018). Sistemas Fechados de Geotêxtil Empregados no Desaguamento de Resíduos de Estação de Tratamento de Água: Estudo de Caso. XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica Geotecnia e Desenvolvimento Urbano. Salvador, BA.