

Avaliação do emprego de sistemas fechados de geotêxteis como alternativa para disposição dos resíduos gerados nas Estações de Tratamento de Água

Mag Geislielly Alves Guimarães

Departamento de Engenharia Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, maggag@dppg.cefetmg.br

Denise de Carvalho Urashima

Departamento de Engenharia Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, urashima@civil.cefetmg.br

Delma de Mattos Vidal

Departamento Geotecnia, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, Brasil, delma@ita.br

Abstract

One of the present problems that are affecting the Brazil and the world is a result of impacts from the production of waste and tailings as sub-products of estate, materials and services, especially about their treatment and subsequent disposal. In particular, the wastes ('slurry') generated in the process of water potabilization are produced in large quantity and its incorrect disposal in the environment leads harmful impacts, besides the existence of legal restrictions to its release into the environment. At the same time, some stations Water Treatment Plants (WTP's) in Brazil have presented solutions that aim the minimizing the amount of residue generated their treatment and correct disposal. Therefore, research about its proper treatment and disposal has become necessary and of great importance. The technique of dewatering waste with high content of liquid compared to solids using geotextiles has been presented as an efficient and feasible solution from the technical and economic standpoint for volume reduction of waste to be disposed. Thereby, it appears as a contribution to questions about the disposal of waste generated by human activities in different segments, or even their reuse in distinct sectors. This research aims contribute in the study on analysis of the behavior and technical feasibility of dewatering waste generated in the potabilization of water in closed systems with geotextiles in real situations of filling. The evaluation system was based on the formulations proposed in the literature and the analysis of results has shown to be promising the technology studied in the dewatering fine-grained wastes with high resistance to filtration, which can be used as a single system or as improvement of the system already existent.

Keywords: Dewatering, geotextiles, environmental impacts

1. Introdução

Uma das problemáticas atuais no Brasil e no mundo é decorrente da crescente produção de resíduos (ou rejeitos) como subprodutos de processos para obtenção de bens, materiais e serviços.

O processo de potabilização de água realizada em Estações de Tratamento de Água – ETA's, para fornecimento de água potável a população segundo padrões de potabilidade constantes na Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde (Brasil, 2004), gera quantidades consideráveis de resíduos, denominados de águas de lavagem dos filtros e lodos dos decantadores, que podem corresponder até 5% do volume de água tratada no processo (Fontana; Cordeiro, 2005). A Figura 1 ilustra os pontos de geração de resíduos em uma ETA convencional.

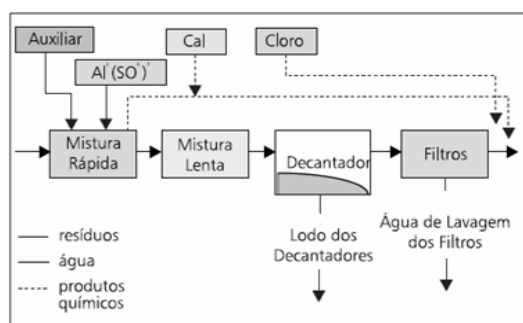


Figura 1. Geração de resíduos numa ETA Convencional (Reali et al., 1999, adaptado).

No Brasil, grande parte das ETA's lançam esses resíduos nos corpos d'água sem a realização de nenhum tratamento (Achon et al., 2005; Hoppen et al., 2005; Leme; Merlin, 2001; Oliveira et al., 2004; Tsutiya; Hirata, 2001), acarretando em impactos danosos, como assoreamento dos cursos d'água,

contaminação do solo (Andreoli et al., 2001; Reali et al., 1999) e dos mananciais urbanos (Hoppen et al., 2003), além de diminuir a disponibilidade de recursos hídricos para abastecimento e potabilização (Mendes et al., 2001). Ademais, poucas ETA's têm apresentado soluções que objetivem a minimização da quantidade de resíduos gerados, seu tratamento e disposição final sem impactar o meio ambiente (Ferreira Filho e Além Sobrinho, 1998).

Os lodos de ETA's, apesar de apresentarem mais de 95% de teor de água se comparado a sua quantidade de sólidos (Reali et al., 1999), são classificados pela norma NBR 10.004/2004 como resíduos sólidos e, portanto, não podem ser lançados in natura na rede pública de esgoto ou nos corpos d'água.

A crescente preocupação quanto aos impactos advindos da disposição inadequada dos resíduos gerados na potabilização da água e a existência de regulamentações legais vêm restringindo e, também, proibindo tal prática (Richter, 2001), tais como: Resolução CONAMA nº 357 (2005), Lei 9433 (1997), Lei nº 9.605 (1998), entre outras.

O Capítulo IV da Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes nos corpos hídricos, de modo que os efluentes de qualquer fonte geradora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos hídricos depois de transcorrido seu tratamento e, também, desde que obedeçam a padrões constantes nessa resolução e em demais normas aplicáveis (Artigo 24).

O artigo 12, parágrafo III, da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9433/77), estabelece que estão sujeitos a outorga do poder público aqueles que lançarem em corpos d'água esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com finalidade de diluição, transporte ou disposição final (Brasil Leis, 1977).

Além disso, segundo a Lei 9.605/98, o lançamento de resíduos sólidos em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos (Artigo 54, inciso 2º, parágrafo V) é considerado crime ambiental, devido aos impactos causados ao ambiente aquático do corpo receptor, além de danos à fauna aquática.

Dentro desse contexto, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas para o tratamento e disposição final dos resíduos de ETA's (Fontana; Cordeiro, 2005).

A destinação final dos resíduos gerados nas ETA's é uma das tarefas mais difíceis para os responsáveis no setor de saneamento, uma vez que envolve altos custos com transporte e restrições ambientais, como a presença dos coagulantes e outros agentes químicos empregados no processo de potabilização da água, que podem aumentar a sedimentação dos resíduos nos cursos d'água, com formação de depósitos indesejáveis (Richter, 2001).

A partir da década de 90, iniciaram-se pesquisas para utilização de sistemas fechados de geotêxteis para desidratação (desaguamento) do volume de resíduos ou rejeitos que apresentam alto teor de líquido em relação ao teor de sólidos. Tal metodologia consiste no bombeamento do resíduo em velocidades controladas dentro desses sistemas, de forma a reter a parte sólida do resíduo e permitindo apenas a passagem da parte líquida, com conseqüente confinamento e aceleração do processo de desidratação. A Figura 2 ilustra a configuração básica de um sistema de geotêxtil, formado por tubo geotêxtil, para desidratação de resíduos que contenham alto teor de líquido, como o caso do lodo de ETA.

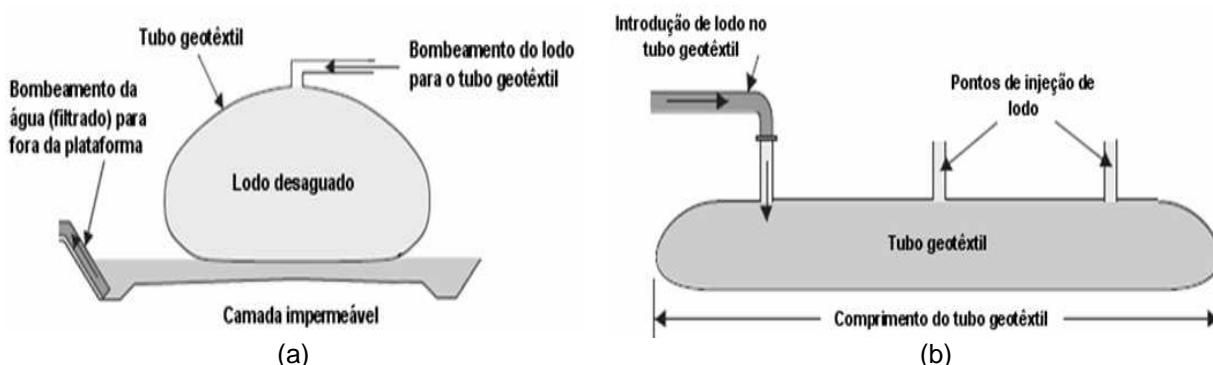


Figura 2. Detalhes do desaguamento em tubos de geotêxteis: (a) Vista frontal; (b) Vista lateral (Lawson, 2008, adaptado).

A técnica de desidratação (desaguamento) de resíduos em sistemas fechados de geotêxteis é bastante viável, pois possibilita uma rápida disposição de grande volume de resíduos, fácil execução, baixo custo de implantação e manutenção, alta eficiência e baixo impacto ambiental (Fowler et al., 2002; Moo-Young et al., 2002; Satyamurthy; Bathia, 2009b), surgindo como uma contribuição quanto à disposição mais adequada de resíduos gerados pelas atividades humanas em diferentes processos, ou mesmo sua possível utilização em setores distintos (Fowler et al., 2002; Lawson, 2008; Moo-Young et al., 2002; Moo-Young;

Tucker, 2002; Muthukumar; Ilamparuthi, 2006; Satyamurthy; Bathia, 2009a). Os resíduo desidratado de ETA pode ser utilizado como matérias-primas na fabricação de cerâmicas vermelhas (Oliveira et al., 2004).

Além disso, o filtrado pode ser submetido a um tratamento secundário antes do seu descarte (Muthukumar; Ilamparuthi, 2006) e, em alguns casos, dependendo dos resultados de análise química e biológica, o mesmo pode retornar ao processo inicial de tratamento, ser utilizado para jardinagem ou até mesmo lançado em cursos d'água próximos (Castro et al., 2009).

Os sistemas de geotêxteis para fins de desidratação de lodos de ETA podem ser dispostos em bacias ou empilhados uns sobre os outros. Como vantagem, tem-se a necessidade de menores áreas para o processo de desidratação (Muthukumar; Ilamparuthi, 2006), além da independência das condições meteorológicas e a minimização de alguns impactos ambientais (Mendes et al., 2001).

A partir do disposto acima, o presente artigo apresenta a pesquisa realizada para avaliação da eficiência de sistemas fechados constituídos por geotêxteis para desaguamento de resíduo produzido nos decantadores de Estações de Tratamento de Água e seu comportamento frente as variáveis que exercem maior influência no desempenho do processo.

2. Metodologia

2.1. Materiais Ensaçados

2.1.1. Sistemas Fechados de Geotêxteis

Para a realização dos ensaios de desidratação (desaguamento) em sistemas fechados de geotêxteis, utilizou-se bolsas constituídas por dois tipos de geotêxtil tecido (GT1 e GT2) de monofilamento de polipropileno, para simulação do comportamento de sistemas constituídos por tubos geotêxteis, como ilustrado na Figura 2. A Tabela 1 apresenta os resultados de caracterização física dos geotêxteis.

Tabela 1. Caracterização dos geotêxteis ensaiados.

| Propriedades | GT1 | GT2 |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Massa por unidade área (NBR 12568, 2003) | 398,24 g/cm ² | 452,47 g/cm ² |
| Espessura nominal (NBR 12569, 1992) | 1,21mm | 1,5mm |
| Abertura de filtração (NBR 15229, 2005) | 200µm | 180µm |
| Permeabilidade hidráulica (NBR 15223, 2005) | 0,032 cm/s | 0,025 cm/s |
| Resistência à tração nominal | ≥ 80 kN/m | ≥ 105 kN/m |

*Observação: Valores fornecidos pelo fabricante.

As bolsas ensaiadas apresentam dimensões de 60x60cm e bocal para bombeamento do resíduo no formato de mangote localizado na extremidade da bolsa. A fim de avaliar a representatividade do ensaio, foram ensaiadas duas bolsas para cada tipo de geotêxtil, as quais foram identificadas da seguinte forma: GT1-A e GT1-B; GT2-A e GT2-B.

2.1.2. Lodo Ensaído

O resíduo ensaído é proveniente de amostra única de lodo de descarga de limpeza dos decantadores da Estação de Tratamento de Água do Centro Tecnológico de Aeronáutica – CTA (Divisão de Engenharia do CTA – São José dos Campos, SP), que são realizadas a cada três meses e o condicionante químico empregado durante o tratamento da água é o sulfato de alumínio. A Tabela 2 apresenta os resultados de caracterização física e química do lodo.

Tabela 2. Caracterização física e química do lodo.

| Parâmetros | Resultados | Parâmetros | Resultados |
|----------------------------|------------|--------------------------|------------|
| Sólidos totais (mg/L) | 11.586,0 | Ni (mg/L) | < 0,1 |
| Umidade (%) | 7.396,35 | Fe (mg/L) | 157,3 |
| Percentual sólidos (%) | 1,33 | Mn (mg/L) | 9,3 |
| pH | 6,5 | Cu (mg/L) | 0,3 |
| Turbidez (UNT) | 234 | Cr (mg/L) | < 0,03 |
| Perda calcinação 800°C (%) | 99,1 | Zn (mg/L) | 0,9 |
| Al (mg/L) | 174,1 | Al ₂ O (mg/L) | 15,9 |
| Pb (mg/L) | < 0,01 | Fe ₂ O (mg/L) | 22,4 |
| Cd (mg/L) | 0,1 | Al ₂ O (mg/L) | 28,5 |

2.2. Ensaio de desidratação do lodo de ETA

Os ensaios de desidratação foram realizados no protótipo construído de uma Estação de Tratamento de Resíduos (ETR) que simula pressões de enchimento executadas em campo (0,1 a 0,4 kg/cm²), possibilitando a desidratação de resíduos e avaliação do comportamento do sistema fechado de geotêxtil. Foram empregados 75 litros de lodo em cada ensaio e, para um melhor controle do sistema, instalou-se um variador de frequência para fixação da vazão média de enchimento estipulada de 0,75 L/s. O equipamento construído e empregado na pesquisa é apresentado na Figura 3.



Figura 3. Equipamento ensaio de desaguamento em sistemas fechados por geotêxtil.

Como os lodos de ETA apresentam alta resistência à filtração, realizaram-se preliminarmente ensaios de cone (Lawson, 2008; Miratech, 2005) nos geotêxteis tecido (GT1 e GT2) que constituem os materiais das bolsas têxteis ensaiadas. Este ensaio tem como objetivo avaliar qual a concentração mais adequada de um agente coagulante para separação sólido-líquido do lodo, por meio da coagulação (aglomeração em flocos) da parte sólida e liberação da sua água adsorvida. A Figura 4 ilustra o ensaio realizado.

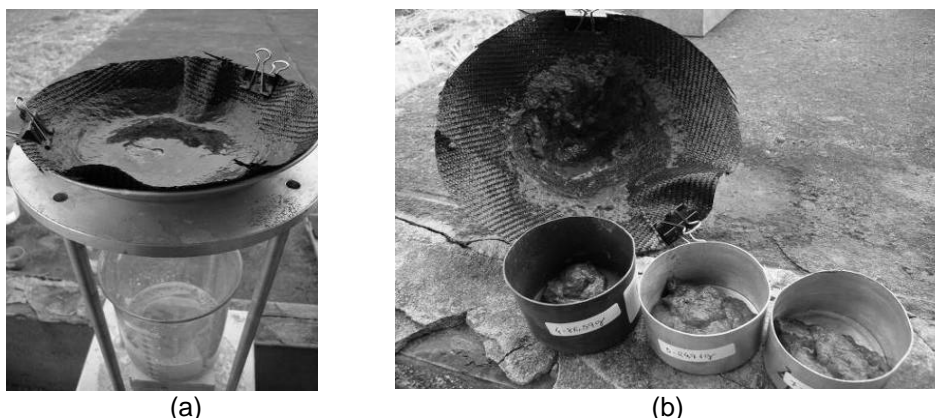


Figura 4. Ensaio de cone: (a) Visualização da separação sólido-líquido do lodo; (b) Coleta de lodo desidratado para determinação da umidade final.

O coagulante testado foi o polímero catiônico C8396, utilizado por Guanaes (2009), nas concentrações 0,1%, 0,25% e 0,5%, com a fixação do tempo de 6 (seis) minutos para a ensaio para medida dos seguintes parâmetros de ensaio: turbidez (unidade nefelométrica de turbidez – UNT), volume de água coletado e umidade do lodo retido no cone de geotêxtil. Tal análise indicou a escolha da concentração de 0,25% do polímero C8396 para condicionamento químico do lodo em estudo.

2.3. Parâmetros mensurados

Os parâmetros de ensaio estabelecidos para medidas foram análises do filtrado coletado no ensaio com medidas de potencial hidrogeniônico (pH) e da dureza total em termos sais de cálcio (CaCO_3) na concentração de mg/L (miligramas por litro) ou ppm (parte por milhão), medidas de umidade final do lodo, com amostragem coletada após transcorridos 24 (vinte e quatro) horas de ensaio e variação da turbidez do filtrado durante o ensaio de desidratação.

Além disso, a avaliação do desempenho do sistema de desidratação em estudo foi realizada com mensuração do desempenho do sistema a partir de formulações propostas pela literatura, com seus respectivos valores médios e coeficientes de variação (C.V.), conforme descrição a seguir:

(a) Eficiência de Filtração (EF)

Parâmetro estimado por Moo-Young e Tucker (2002), a eficiência de filtração corresponde à relação entre o valor de sólidos totais no lodo antes do desaguamento e sólidos totais no filtrado após a filtração. Portanto, é um parâmetro relacionado com a capacidade do geotêxtil em reter sólido concomitante à máxima expulsão de água constituinte no floco de lodo (Muthukumaran; Ilamparuthi, 2006), conforme equação 1.

$$EF = \frac{TS_{inicial} - TS_{final}}{TS_{inicial}} \cdot 100\% \quad (1)$$

sendo,

EF: Eficiência de filtração, %

$TS_{inicial}$: sólidos totais iniciais, mg/L

TS_{final} : sólidos totais no filtrado, mg/L

Como parâmetro de eficiência, Christopher e Holtz (1985) *apud* Moo-Young et al. (2002) consideram que, para aplicações em sistemas de filtração, a eficiência de filtração mínima deve ser de 75%.

(b) Perda de partículas por área (PP)

A perda de partículas é uma medida de indicação da capacidade de retenção do geotêxtil por meio da massa de sólidos suspensos totais que passa pelo geotêxtil durante a realização do ensaio de desaguamento (Satyamurthy; Bhatia, 2009a), conforme equação 2.

$$PP = \frac{TSS_{final}}{A} \quad (2)$$

sendo,

PP = Perda de Partículas, g/m²

TSS_{final} = Sólidos suspensos final, g

A = Área efetiva de geotêxtil no desaguamento, m²

Todavia, a utilização da concentração de sólidos suspensos na avaliação de perda de partículas não é o mais coerente, tendo em vista que os sólidos presentes no efluente são, na verdade, os sólidos totais, que representa o somatório dos sólidos suspensos e sólidos dissolvidos. Desse modo, Tominaga (2010) apresenta a formulação de perda de partículas com a substituição de total de sólidos suspensos para total de sólidos totais, conforme apresentado na equação 3, que foi a formulação adotada nessa pesquisa.

$$PP = \frac{TS_{final}}{A} \quad (3)$$

sendo,

PS = Perda de Partículas, g/m²

TS_{final} = Sólidos totais final, g

A = Área efetiva de geotêxtil no desaguamento, m²

3. Resultados e Discussões

A Figura 5 apresenta os resultados dos ensaios de desaguamento em termos de medida de turbidez dos filtrados durante o tempo de desidratação do resíduo. A Tabela 3 contém os resultados da mensuração do desempenho do sistema para cada bolsa geotêxtil ensaiada.

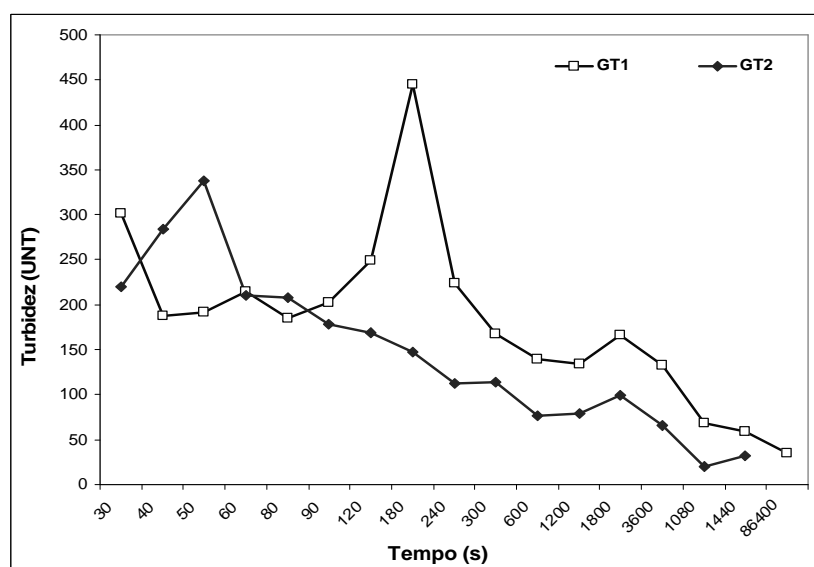


Figura 5. Variação da turbidez (UNT) do filtrado ensaio de desidratação do lodo de ETA.

Tabela 3. Resultados do desempenho do sistema de geotêxtil.

| Bolsa | pH _{filtrado} | CaCO ₃ | W _{inicial} (%) | W _{final} (%) | EF (%) | PP (g/m ²) |
|--|------------------------|-------------------|--------------------------|------------------------|--------------|------------------------|
| GT1-A | 6,1 | 10,9 | 7396,35 | 758,15 | 97,32 | 0,55 |
| GT1-B | 5,9 | 11,4 | 7396,35 | 706,37 | 97,05 | 0,61 |
| Valor médio | | | | | 97,19 | 0,58 |
| Coefficiente de variação (C.V.) | | | | | 0,20 | 7,31 |
| GT2-A | 6,0 | 12,0 | 7396,35 | 665,09 | 98,2 | 0,37 |
| GT2-B | 6,2 | 11,8 | 7396,35 | 603,15 | 98,08 | 0,39 |
| Valor médio | | | | | 98,14 | 0,38 |
| Coefficiente de variação (C.V.) | | | | | 0,09 | 3,72 |

Observações:

CaCO₃: Dureza total do filtrado;

W_{inicial}: Umidade lodo inicial;

W_{final}: Umidade lodo desaguado;

EF: Eficiência de Filtração;

PP: Perda de Partículas

A partir dos resultados apresentados na Tabela 3, verifica-se um valor médio de eficiência de filtração (EF) no sistema em estudo de 97,67%, valor superior ao indicado por Christopher e Holtz (1985) *apud* Moo-Young et al., (2002), os quais apontam uma eficiência de filtração mínima de 75% para aplicações em sistemas de filtração.

Os resultados de perda de partículas (PP) demonstram a adequada eficiência de filtração do sistema em estudo, tendo em vista que é um parâmetro que indica a presença de sólidos no filtrado e cujo resultado médio de 0,58 g/m² representa valor baixo.

Em relação à análise química dos filtrados, observou-se um comportamento ácido próximo à faixa de pH (potencial hidrogeniônico) neutro e dureza total em termos sais de cálcio em média de 11,53mg/L ou ppm, apontando a um possível reaproveitamento da água, por exemplo, no próprio sistema de tratamento, visto que para efeito de potabilidade da água, admite-se o limite máximo de 500mgCaCO₃/L (Portaria N° 1.469, 2000).

A Figura 5 indica que a desidratação do lodo em GT2 apresentou um melhor comportamento em termos de variação de turbidez, provavelmente por esse apresentar uma menor abertura de filtração, como apresentado na Tabela 1, resultando numa melhor retenção de sólidos. Contudo, ressalta-se que o objetivo da pesquisa realizada não é indicar qual é o melhor geotêxtil a ser empregado em sistemas fechados para desidratação de resíduo de ETA, mas sim o estudo e avaliação do comportamento geral do sistema.

4. Conclusões

Como medida de desempenho da desidratação obtida no sistema fechado de geotêxtil, a eficiência de filtração depende diretamente das condições iniciais do lodo, além da atuação do condicionamento químico na separação das fases sólido-líquido, o que auxilia na sua desidratação e, em consequência, redução do seu volume final a ser disposto.

A análise dos resultados demonstrou ser promissora a tecnologia estudada para esse fim, surgindo como uma alternativa para uma correta disposição de grandes volumes de resíduos que são gerados continuamente nas Estações de Tratamento de Água, que apresentam alto potencial poluidor, além de uma possível utilização da massa sólida desidratada como matérias-primas em processos industriais, como descrito na literatura. Para tanto, é necessária a realização de pesquisas de caracterização de cada resíduo, uma vez que suas características dependem diretamente do processo de potabilização, além do condicionante químico utilizado na coagulação e floculação dos resíduos presentes na água captada para a potabilização.

A tecnologia apresentada pode ser utilizada como sistema único para desidratação do resíduo de ETA ou como melhoria do sistema já existente. Por último, apontam-se os baixos custos de sua implantação, se comparado com dos sistemas tradicionalmente utilizados pelas ETA, como os leitos de secagem e lagoas de sedimentação, devido a necessidade de pequenas áreas para instalação e operação do sistema, além da ocorrência de baixos impactos ambientais.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Pesquisa do Estado de Minas Gerais, FAPEMIG, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pelo apoio financeiro. À Huesker pelo fornecimento das bolsas geotêxteis e a Estação de Tratamento de Água do Centro Tecnológico de Aeronáutica – CTA (Divisão de Engenharia do CTA) pelo fornecimento do lodo e disponibilidade de espaço físico para a realização dos ensaios em campo.

Referências Bibliográficas

1. ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. **Desempenho do Leito de Drenagem para Desaguamento de Lodo de ETA, que Utilizam Diferentes Coagulantes, Considerando as Variáveis Climáticas**. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande/MS, 2005.
2. ANDREOLI, C.V. (coord.) **Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final**. Rio de Janeiro: Rima / ABES / PROSAB, 2001. págs. 121 - 142.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**. Resíduos Sólidos - Classificação, Rio de Janeiro, 2004.
4. _____. **NBR 12568**. Geossintéticos - Determinação da massa por unidade de área, Rio de Janeiro, 2003.
5. _____. **NBR 12569**. Geotêxteis - Determinação da espessura, Rio de Janeiro, 1992.
6. _____. **NBR 15223**. Geotêxteis e produtos correlatos – Determinação das características de permeabilidade hidráulica normal ao plano e sem confinamento, Rio de Janeiro, 2005.
7. _____. **NBR 15229**. Geotêxteis e produtos correlatos – Determinação da abertura de filtração característica, Rio de Janeiro, 2005.

8. CASTRO, N. P. B., MARTINS, P. M., STEPHENS, T., MELO, L. C. Q. C. **Tests to Evaluate Dewatering and Filtration Efficiency for Geotextile Tubes Design**. Geosynthetics 2009. Utah, EUA, 9f, 2009.
9. CHRISTOPHER, B. R.; HOLTZ, R. D. **Geotextile Engineering Manual**, FHWA-TS-86-203. Federal Highways Administration, Washington, DC, pág. 1044, 1985.
10. FERREIRA FILHO, S. S., ALÉM SOBRINHO, P. A. **Considerações sobre o tratamento de despejos líquidos gerados em estações de tratamento de água**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 3, n. 5, págs. 128-136, 1998.
11. FONTANA, A. O.; CORDEIRO, J. S. **Gestão Integrada como Busca de Solução para Rejeitos de ETA's – O Caso de Cardoso – SP**. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande/MS, 2005.
12. FOWLER, J., DUKE, M., SCHMIDT, M.L., CRABTREE, B., BAGBBY, R.M., ETRAINER, E. **Dewatering sewage sludge and hazardous sludge with geotextile tubes**. In: 7ª Geossintéticos - ICG, 2002, Nice, págs. 1007-1012, 2002.
13. GUANAES, E. A. **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, 2009.
14. HOPPEN, C., ANDREOLI, C. V., PORTELLA, K. F., SALES, A., JOUKOSKI, A. **Estudo da Incorporação do Lodo Centrifugado da Estação de Tratamento de Água Passaúna em Matriz de Concreto, com Dosagem de 3%**. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville, 2003.
15. HOPPEN, C.; PORTELLA, K. F.; JOUKOSKI, A.; BARON, O.; FRANCK, R.; SALES, A.; ANDREOLI, C. V.; PAULON, V. A. **Co-disposição de lodo centrifugado de Estação de Tratamento de Água (ETA) em matriz de concreto: método alternativo de preservação ambiental**. Cerâmica, nº 51, págs. 85-95, 2005.
16. KOERNER, R. M. **Design with geosynthetics**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1998.
17. KOERNER G. R.; KOERNER R. M. **Geotextile tube assessment using a haging bag test**. Geotextiles and Geomenbranes, V 24, págs. 129-137, 2006.
18. LAWSON, C.R. **Geotextile containment for hydraulic and environmental engineering**. 8ª Conferência Internacional de Geossintéticos, Yokohama, págs. 9-48, 2008.
19. LEME, H. M. P.; MERLIN, G. L. **Estação de tratamento de lodo gerado pela ETA Capim Fino**. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa. v.1. págs. 1-6, 2001.
20. LESHCHINSKY, D., LESHCHINSKY, O. **GeoCoPS (2.0): supplemental notes**. Newark: ADAMA Engineering, Inc, 2002.

21. Lei Federal. Política Nacional de Recursos Hídricos. **Lei 9433**. Janeiro de 1997.
22. _____. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Lei 9605**. Fevereiro de 1998.
23. MENDES, R. L.; FERREIRA FILHO; SCIAN, J. B. **Desaguamento Mecânico por Filtro Prensa de Lodos Gerados em Estações de Tratamento de Água**. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa, PB, v. 1, págs. 1-10, 2001.
24. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução 357**. Março de 2005.
25. _____. Normas de qualidade de água para o consumo humano. **Portaria 518**. Março de 2004.
26. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Fundação Nacional da Saúde – FUNASA. **Portaria Nº 1.469**. Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade. Outubro de 2001.
27. MIRATECH Ten Cate Nicolon. **Geotube. Dewatering Technology**: versão 5.2. Seção: Aplicações: [S.l.]: Mining & Mineral Processing, 2005
28. MOO-YOUNG, H. K., GAFFNEY, D. A., MO, X. **Testing Procedures to asses the viability of dewatering with geotextiles tubes**. Geotextiles and Geomembranes, vol. 20, págs. 289-303, 2002.
29. MOO-YOUNG, H. K., TUCKER, W.R. **Evaluation of vacuum filtration testing for geotextile tubes, Geotextiles and Geomenbranes**, vol. 20, pág. 191-212, 2002.
30. MUTHUKUMARAN, A.E., ILAMPARUTHI, K. **Laboratory studies on geotextile filters as used in geotextile tube dewatering**, Geotextiles and Geomenbranes, vol. 24, págs 210-219, 2006.
31. OLIVEIRA, E. M. S.; MACHADO, S. Q. e HOLANDA, J. N. F. **Caracterização de resíduo (lodo) proveniente de estação de tratamento de águas visando sua utilização em cerâmica vermelha**. Cerâmica, v. 50, nº. 316, págs. 324-330, 2004.
32. PORTELLA, K. F., ANDREOLI, C.V., HOPPEN, C., SALES, A., BARON, O. **Caracterização físico-química do lodo centrifugado da estação de tratamento de água Passaúna – Curitiba/PR**. 4º Congresso Regional de Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo, V. II045, págs. 1-10, 2003.
33. REALI, M. A. P. et al. **Noções Gerais de Tratamento e Disposição Final de Lodos de Estações de Tratamento de Água**. Rede Corporativa de Pesquisas. ABES: Projeto PROSAB. Rio de Janeiro, RJ, 240p, 1999.
34. RICHTER, C.A. **Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água**. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2001.
35. SATYAMURTHY, R. **Experimental Investigations of Geotextile Tube Dewatering**. PhD Dissertação, Syracuse University, Syracuse, Nova York, 233f, 2008.

36. SATYAMURTHY, R., BHATIA, S. K. **Experimental Evaluation of Geotextile Dewatering Performance.** Geosynthetics 2009. Utah, EUA, fev., págs. 464-473, 2009a.
37. SATYAMURTHY, R., BHATIA, S. K. **Effect of Polymer Conditioning on Dewatering Characteristics of Fine Sediment Slurry Using Geotextiles.** Geosynthetics International. Vol. 16, nº 2, págs. 83-96, 2009b.
38. TOMINAGA, E. **Análise dos Procedimentos para Avaliação de Desempenho de Sistemas Fechados com Geotêxtil para Desaguamento.** Dissertação (Mestrado) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, São José dos Campos, 126 f, 2010.
39. TSUTUYA, M. T., HIRATA, A. Y. **Aproveitamento e Disposição Final de Lodos de Estação de Tratamento de Água do Estado de São Paulo.** 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa: ABES, 2001.
40. URASHIMA, D. C., GUANAES, E. A., VIDAL, D., PROCOPIO, P. **Evaluation on Filtration Performance by Pressure Filtration Test in Laboratory Reduced Models.** GeoAfrica Conference, 2009.
41. VIDAL, D. **Os geossintéticos e suas principais aplicações. Módulo I – Produtos, Aplicações e Especificações.** Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo. 13f. 2002.