

1047 - ENSAIOS DE TRATABILIDADE EM LEITOS DE DRENAGEM DE RESÍDUOS GERADOS EM ETA'S DE CICLO COMPLETO ORIUNDO DE MANANCIAIS EUTROFIZADOS

Romero Correia Freire⁽¹⁾

Doutorando em engenharia civil – UFPE, Mestre em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE, Químico pela Universidade Federal de Pernambuco. Biólogo pela Universidade de Pernambuco. Especialista em Saúde Pública pela Universidade de Pernambuco. Especialista no Ensino de Ciências pela Universidade de Pernambuco. Especialista em vigilância e saúde ambiental UFRJ, Especialista em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos IFCE/ANA, e tecnólogo em Tecnologia em Gestão Ambiental pelo IFPE.

Mauricio Alves da Motta Sobrinho⁽²⁾

Engenheiro químico pela Universidade Católica de Pernambuco. Mestre em Engenharia química pela UFCG. Doutor em Engenharia de processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine. Pós-Doutorado na UFPE e na UMINHO (Portugal). Professor Titular, Pesquisador PQ2 CNPq e coordenador do curso de Eng. Química do Departamento de Eng. Química da UFPE. Editor Adjunto da Revista Brasileira de Eng. Sanitária e Ambiental.

Mayra Angelina Quaresma Freire⁽³⁾

Engenheira Civil e mestrandra em Engenharia engenharia civil (UFPE).

Maria Clara Quaresma Freire⁽⁴⁾

Graduanda em engenharia civil pela Universidade de Pernambuco – Poli -UPE

Aldebarã Fausto Ferreira⁽⁵⁾

Engenheiro Químico pela UFPE, com Técnico em Eletrônica pelo IFPE, especialização em Gestão Integrada da Qualidade, Auditoria e Certificações pela FAFIRE e Mestrado em Ciência dos Materiais pela UFPE. Doutor em Química pela UFPE e Engenheiro Químico da COMPESA.

Endereço⁽¹⁾: COMPESA – Gerência de Controle de Qualidade - Rua Dois Irmãos, 1012 – Dois Irmãos – Recife - PE - CEP: 52071-440 - Brasil - Tel: (81) 34129977 - e-mail: romerocorreia@compesa.com.br

RESUMO

Atualmente, há uma grande preocupação com os resíduos gerados em ETA's, permitindo o incremento de pesquisas destinadas, principalmente, ao tratamento desse resíduo, bem como sua disposição final (FEITOSA; CONSONI, 2008), essas preocupações têm impulsionado a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e sustentáveis para o tratamento e manejo do lodo de ETA (METCALF & EDDY, 2014), em nível nacional as concessionárias de saneamento tem desenvolvido pesquisa para aprimorar tecnologias que sejam eficientes no tratamento desses resíduos (VIANNA, 2019). Esses trabalhos são motivados, majoritariamente, pelo questionamento dos órgãos ambientais em virtude dos riscos à saúde pública e meio ambiente ocasionados por estes materiais, assim como pela evolução dos conceitos de qualidade dentro das próprias empresas de saneamento (RITCHER, 2001). As tecnologias que vem sendo utilizadas são antigas, e foram projetadas para águas em condições totalmente diferente das atuais (RITCHER, 2001). Portanto, devido à sua composição química e biológica, este lodo necessita de tratamento específico para posterior disposição final no ambiente ou recirculação ao início do tratamento (ANDREOLI, 2013).

PALAVRAS-CHAVE: Leito de drenagem, Eutrofizada, Carga hidráulica, Taxa de Aplicação de Sólidos.

INTRODUÇÃO

O nível de eutrofização dos mananciais que abastecem as estações de tratamento de água para consumo humano, é um dos grandes problemas que as empresas de saneamento tem atualmente, por este motivo tem sido desenvolvida várias pesquisas como objetivo de tratar corretamente esses resíduos, o leito de secagem é uma concepção de tratamento antiga e possui algumas limitações, em particular com águas eutrofizadas, onde provoca obstrução do sistema de drenagem, inutilizando ou reduzindo a eficiência da unidade de tratamento. Estudos mostraram que a presença de matéria orgânica na água bruta produz flocos de lodo menores, com maior índice de água, resultando em uma capacidade de adensamento e desidratação reduzido, a carga negativa na superfície das partículas de lodo aumenta com a quantidade de algas (e com sua matéria orgânica extracelular).

O Leito de Secagem é um método antigo de desaguamento de lodo e recomendado para tratamento dos resíduos gerados em águas da lavagem dos filtros e descarga de clarificadores e em tratamento de resíduos de ETA's de ciclo completo de pequeno porte (a diferença do leito de secagem para o leito de drenagem é a colocação de uma manta geotêxtil em cima das britas). O desaguamento ocorre devido a diferentes fatores, incluindo a evaporação e a drenagem em meio poroso. O desaguamento depende de diversos fatores, destacando-se: temperatura e umidade do ar, viscosidade do lodo adensado e ação de ventos. Via de regra, para lodo adensado com teor de SST de 1,5 a 3,0%, obtém-se lodo desaguado com teor de SST de 15 a 20%. Em ETA's que empregam sulfato de alumínio como coagulante, a espessura da camada de lodo não deve exceder 75 cm (usualmente 35 cm) quando todas as condições forem favoráveis ao desaguamento (insolação elevada, ausência de chuva e ventilação adequada).

OBJETIVOS

O objetivo da pesquisa foi de avaliar o sistema de desaguamento de lodo de decantadores e o lodo oriundo da lavagem dos filtros de ETA de mananciais eutrofizados em leito de drenagem com uso de manta geotêxtil e ensaios de laboratório em protótipos de escalas reduzida e piloto.



METODOLOGIA UTILIZADA

Os ensaios foram realizados com os resíduos gerados na ETA Presidente Castelo Branco, figura 2, que recebe água da barragem de Tapacurá, Figura 1, unidade de tratamento que pertence a COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento, e opera com vazão de nominal de 3650 L/s, é uma ETA de ciclo completo, que possui as etapas de coagulação, floculação, decantadores lamelares e convencionais e filtros (16 filtros) com operação hidráulica de taxa declinante.



Figura 1 -Barragem de Tapacurá



Figura 2 - ETA Presidente Castello Branco

Os filtros são lavados 2 a 3 vez por dia, cada unidade e os decantadores tem descargas planejadas uma vez a cada 30 dias. Foram realizadas medidas de pH, turbidez e cor aparente para mensurar a qualidade dos drenados.

O material foi coletado com teor de sólidos inicial de %ST \approx 1,6, foi realizada coleta composta durante a descarga dos decantadores convencionais. Os experimentos foram realizados aplicando camadas de lodo de 0,25 – 0,35 – 0,45 m nos leitos de secagem pilotos desenvolvido em laboratório com meio granular constituído de manta geotêxtil (sendo retirada a areia que faz parte da concepção dos leitos de secagem, substituindo pelas mantas), seixo e tijolo, com três aberturas aparentes distintas. O leito constituído de uma camada de brita 02 com 5 cm e sobre ela manta geotêxtil, com as aberturas aparentes apresentadas no quadro 1, O tempo de drenagem da água livre diminui bruscamente com o novo arranjo, recebendo a denominação de Leito de Drenagem (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012). Com relação aos clarificados foram consideradas duas condições de turbidez (100 uT – Valor de turbidez limite para água doce conforme o CONAMA 357 de 2005 e 10 uT valor máximo para água drenada recirculada ao início da ETA. No quadro 2 e 3 são apresentadas as especificações técnicas das mantas geotexteis aplicados nos ensaios.

Na aquisição das mantas é importante avaliar se o clarificado será para: o reuso da água drenada e integrar a água bruta no ínico da ETA ou se será lançada no corpo receptor, pois alguns fornecedores comercializam o tecido com diferentes gramaturas (abertura de filtração): reuso \rightarrow abertura \leq 0,2 mm; descarte \rightarrow abertura \leq 0,4 mm;

Quadro 1 - Características da manta geotêxtil utilizada nos ensaios

MANTA GEOTÊXTIL	GRAMATURA (g/m ²)	PERMEABILIDADE (cm/s)	ABERTURA APARENTE DE FILTRAÇÃO
1	300	0,35	0,151 a 0,252
2	600	0,35	0,111 a 0,154



33º CONGRESSO DA ABES

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

FITABES 2025

Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental



Quadro 2 – Especificação técnica do tecido – manta geotextil Abertura aparente de 252 mm

Ensaio	Norma	Resultado
Resistência aos raios UV	ASTM D4355:2007	98%
Geossintéticos – determinação da massa por unidade de área	ABNT NBR ISO 9864:2003	634,0 (g/m ²)
Geotêxteis – Determinação da espessura	ABNT NBR ISO 9863-1:2013	2,16 (mm)
Geotêxteis – Determinação da resistência à tração não confinada – Ensaio de tração de faixa larga	ABNT NBR ISO 10319:2013	Longitudinal: 78,2 (kN/m) Transversal: 106,5 (kN/m)
Geotêxteis – Determinação da resistência ao funcionamento estático – Ensaio com pistão tipo CBR	ABNT NBR ISO 12236:2013	9,5 (kN)
Geotêxteis e produtos correlatos – Determinação da resistência à perfuração dinâmica	ABNT NBR ISO 13433:2013	Sem Perfuração
Permeabilidade de geotêxteis à água por permissividade	ASTM D 4491	0,35 (s ⁻¹)
Abertura Aparente	ASTM D 4751	0,252 mm

Quadro 3 – Especificação técnica do tecido – manta geotextil Abertura aparente de 252 mm

Ensaio	Norma	Resultado
Resistência aos raios UV	ASTM D4355:2007	98%
Geossintéticos – determinação da massa por unidade de área	ABNT NBR ISO 9864:2003	634,0 (g/m ²)
Geotêxteis – Determinação da espessura	ABNT NBR ISO 9863-1:2013	2,16 (mm)
Geotêxteis – Determinação da resistência à tração não confinada – Ensaio de tração de faixa larga	ABNT NBR ISO 10319:2013	Longitudinal: 78,2 (kN/m) Transversal: 106,5 (kN/m)
Geotêxteis – Determinação da resistência ao funcionamento estático – Ensaio com pistão tipo CBR	ABNT NBR ISO 12236:2013	9,5 (kN)
Geotêxteis e produtos correlatos – Determinação da resistência à perfuração dinâmica	ABNT NBR ISO 13433:2013	Sem Perfuração
Permeabilidade de geotêxteis à água por permissividade	ASTM D 4491	0,35 (s ⁻¹)
Abertura Aparente	ASTM D 4751	0,154 mm

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados apresentados, as respostas das tabelas (2 a 5) podem ser avaliadas em termos da influência da drenagem e da carga hidráulica da lâmina no processo de desaguamento. A análise considera os seguintes aspectos:

Levando em consideração as avaliações quantitativas e qualitativas dos lodos drenados produzidos, tempos requeridos para extinção da lâmina líquida e duração das fases de secagem para os diferentes tipos / densidade de manta geotêxtil e TAS aplicados nos ensaios de desaguamento em protótipos de escalas reduzida e piloto, pode-se constatar que, para o lodo de estudo em questão, a manta de 600 g.m⁻² apresentou melhor desempenho. Na seleção da **densidade da manta**, juntamente com o controle da **vazão de aplicação**, tem um impacto direto sobre a **Taxa de Aplicação de Sólidos (TAS)** e o **tempo de secagem** do lodo. Mantas de maior densidade favorecem a retenção de sólidos e uma maior **TAS**, mas resultam em um tempo de secagem mais longo. Já mantas de menor densidade permitem um processo de secagem mais rápido, mas com menor retenção de sólidos. O equilíbrio entre esses parâmetros é essencial para otimizar o processo de **secagem e desaguamento de lodo** em leitos de drenagem, dependendo das necessidades específicas do processo de tratamento de efluentes. Ambas as mantas possuem a mesma permeabilidade (0,35 cm/s), o que significa que elas têm a mesma capacidade de permitir o fluxo de água através delas. Isso indica que ambas têm a mesma capacidade de drenagem. Com relação a abertura aparente a manta 1 tem abertura que varia entre 0,151 mm e 0,252 mm, e a manta 2 entre 0,111 mm e 0,154 mm. Manta 2 apresenta uma abertura aparente menor, o que significa que ela possui poros menores, tornando-a mais eficiente em reter partículas finas e sólidos do lodo. Isso pode ser vantajoso em processos onde é necessário reter mais sólidos no leito de drenagem.

Com relação a gramatura, a Manta 2 (600 g/m²) é o dobro da Manta 1 (300 g/m²), o que indica que ela é mais densa e tem uma maior capacidade de retenção de sólidos. Isso pode resultar em uma maior taxa de aplicação de sólidos (TAS) e um tempo de secagem mais lento devido à maior capacidade de retenção de água e sólidos. Embora ambas as mantas tenham a mesma permeabilidade, a Manta 2 (600 g/m²) é mais eficiente em reter sólidos devido à sua menor abertura aparente de filtração e maior gramatura. Isso pode ser vantajoso quando o objetivo é reter mais sólidos durante o processo de secagem, embora isso possa resultar em um tempo de secagem mais longo. A **Manta 2** (600 g/m²) seria a melhor escolha tanto para **lançamento no corpo hídrico**

quanto para retorno ao início da ETA, devido à sua **maior capacidade de retenção de sólidos**, o que garante a redução da carga de sólidos no efluente e melhora o processo de tratamento subsequente.

Se a prioridade for uma drenagem mais rápida e menos retenção de sólidos, a Manta 1 pode ser mais adequada devido à maior abertura aparente de filtração. Se quiser diminuir a abertura aparente a gramatura é aumentada, será mais fio por m², ficando o tecido mais pesado, ai se diminuir a quantidade de fios termina perdendo a resistência. A escolha da manta geotêxtil e da carga hidráulica da lâmina deve equilibrar o tempo de drenagem, a qualidade do efluente drenado e a capacidade de retenção de sólidos. A manta de 600 g/m² oferece maior eficiência na retenção de sólidos e na qualidade do efluente, enquanto a manta de 300 g/m² é mais adequada para sistemas que priorizam a rapidez do processo, com menor ênfase na qualidade do efluente. A otimização do processo depende de ajustar a TAS e a espessura da lâmina às necessidades específicas do tratamento.

No Quadro 5 é possível observar a turbidez final do ensaio que atende a todos requisitos das legislações vigentes, e que foi composto pela sequência do ensaio apresentado no Quadro 4 que teve turbidez limitada a 100 uT, na sequência do ensaio os resultados são apresentados no Quadro 5 com turbidez limite de 10 uT, em seguida o teor de SST presente no lodo desagua após 10 dias de ensaios, tempo recomendado por conta do tipo de lodo que é oriundo de manancial eutrofizado.

Quadro 4 - 100 uT – Valor de turbidez limite para água doce conforme o CONAMA 357 de 2005

ALTURA DA LÂMINA DE LODO (m)	MANTA USADA NO LEITO DE DRENAGEM	TS (kg/m ³)	OBTENÇÃO DO CLARIFICADO IGUAL A 100 Ut			
			TEMPO MÍNIMO (MIN)	TS MÍNIMA (mg/m ³)	Vol. Mín. (%)	100 - Vol. Mín (%)
0,25	300	3,12	7,2	0,22	6,2	93,8
	600	2,91	5,8	0,39	11	89
0,35	300	3,12	8,2	0,29	6,9	93,1
	600	2,91	6,3	0,42	14	86
0,45	300	3,12	8,4	0,31	7,3	92,7
	600	2,91	6,5	0,48	16	84



Quadro 5 - 10 uT - Valor de turbidez limite para água drenada e recirculada ao início da ETA.

ALTURA DA LÂMINA DE LODO (m)	MANTA USADA NO LEITO DE DRENAGEM	TS (kg/m ²)	OBTEÇÃO DO CLARIFICADO IGUAL A 10 Ut			
			TEMPO MÍNIMO (MIN)	TS MÍNIMA (mg/m ³)	Vol. Mín. (%)	101 - Vol. Mín (%)
0,25	300	3,12	31	0,84	21	79
	600	2,91	42	0,91	23	77
0,35	300	3,12	35	0,96	24	76
	600	2,91	47	1,02	29	71
0,45	300	3,12	41	1,3	26	74
	600	2,91	54	1,6	40	60

Quadro 6 - Teor de sólidos por lâmina

MANTA USADA NO LEITO DE DRENAGEM	TEOR DE SST NO LODO DESAGUADO APÓS 10 DIAS
300	17,5
600	16,8
300	18,2
600	17,1
300	20,4
600	18,7

Figura 5 - Turbidez final do ensaio

TURBIDEZ FINAL
4,2
2,6
5,1
3,1
5,9
3,4

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O desaguamento de resíduos provenientes de ETA's por meio de leitos de drenagem com uso de mantas geotêxteis é uma alternativa eficiente, especialmente em sistemas de menor porte. Esse processo apresenta benefícios como:

- Alta eficácia no desaguamento:** Promove a separação da água e a secagem do lodo de maneira natural, sem necessidade de aditivos químicos.
- Baixo consumo energético:** Em comparação com métodos mecânicos, o gasto de energia é minimizado.
- Adequação às condições locais:** O desempenho do desaguamento depende diretamente de fatores climáticos, como temperatura, umidade relativa do ar e circulação de vento, além das propriedades da manta geotêxtil selecionada.

A escolha adequada da manta geotêxtil é essencial para garantir a eficiência da drenagem e reduzir a colmatação, superando desafios comuns em leitos de secagem convencionais e lagoas de lodo. Após a remoção inicial da água, a secagem do lodo ocorre predominantemente por evaporação, o que reforça a relevância das condições climáticas no processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHON, C.L.; BARROSO, M. M; CORDEIRO, J.S. Leito de Drenagem: sistema natural para redução de volume de lodo de estação de tratamento de água. Revista Engenharia Sanitária e ambiental. Rio de Janeiro. v. 13, n. 1, p. 54-62, jan/mar. 2008.

ANDREOLI, C. V. Lodo de estações de tratamento de água: gestão e perspectivas tecnológicas. 1. ed. Curitiba: Sanepar, 2013.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. . Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água. 1. ed. São Carlos: Editora LDibe, 2012.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. Tratabilidade de Água e dos Resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água. 1. ed. São Carlos: Editora LDibe, 2011.

FEITOSA, C. A. G.; CONSONI, A. J. Análise de oportunidades de minimização da geração de lodo na Estação de Tratamento de Água Alto da Boa Vista, São Paulo. INTERFACEHS – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente, v. 3, n. 2, p. 1-12, abr./ago. 2008.

METCALF & EDDY. Wastewater engineering: treatment and resource recovery. 5. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014.

RICHTER, Carlos A. Tratamento de lodos de estações de tratamento de água. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.



33º CONGRESSO DA ABES

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

FITABES 2025

Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental



RICHTER, Carlos A.; AZEVEDO NETTO, José M. de. Tratamento de água: tecnologia atualizada. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1991.

SECKLER, Sidney. Tratamento de água: concepção, projeto e operação de estações de tratamento. São Paulo: Blucher, 2014.