

AVALIAÇÃO DE BARREIRAS FLUTUANTES NA RETENÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS – RESULTADOS PARCIAIS

Allan Cesar Pasqualini Levighini¹; Rafael de Oliveira Tiezzi²

ABSTRACT

Through a simple and objective approach, this work elucidates the behavior of geotextile blankets in the retention of suspended solids. Due to the growing demand for treated water and a considerable worsening in the quality of the water available for collection, it is necessary to increase the dosage of chemicals used in water treatment, influencing not only the costs but also the characteristics of the waste generated in the process (sludge). The nature and quantity of the sludge depend, among other factors, on the turbidity and coagulant dosage. The experiment was developed using an acrylic channel with two spaced geotextiles barriers. The raw water are pumped from the Parshall flume into the channel and after passing through the barriers, returning by gravity to the Parshall flume and continuing for treatment. The affluent flow was maintained at 3.5 l/min and the blankets used had a weight of 170.0 and 420.0 g/m², respectively. The results demonstrate that the higher the average input turbidity, the lower the efficiency of the system and that regardless of the average input turbidity, the first barrier is more efficient, except for the minimum turbidity values. The estimated reduction in sludge generation proved to be higher for low values of medium turbidity.

Palavras-Chave – Água de Manancial, Cortinas de turbidez, Tratamento de água

1) Universidade Federal de Alfenas – Unifal-MG, Rodovia José Aurélio Vilela, 11.999, Poços de Caldas-MG, allanlevighini@hotmail.com, (19) 998237614

2) Universidade Federal de Alfenas – Unifal-MG, Rodovia José Aurélio Vilela, 11.999, Poços de Caldas-MG, rafael.tiezzi@unifal-mg.edu.br, (35) 3697-4702

1 - INTRODUÇÃO

Para transformar água insalubre em água própria para o consumo humano, cada etapa da ETA (Estação de Tratamento de Água) contempla um rígido controle na dosagem de produtos químicos e no acompanhamento dos parâmetros de qualidade, utilizando-se equipamentos especiais e reagentes químicos específicos. Dentre as etapas do processo, as de coagulação e floculação constituem a parte mais sensível do tratamento convencional (RIBEIRO, 2007).

Geralmente utilizado como coagulante, a aplicação de sulfato de alumínio está diretamente ligada à qualidade da água que chega à ETA e ao aspecto estético da água distribuída à população, desta forma, considerando a redução da qualidade dos mananciais e a crescente demanda de água tratada, torna-se necessário um proporcional aumento em sua aplicação (CORDEIRO et al., 1993).

Vale ressaltar que a definição das dosagens nem sempre está embasada em estudos prévios que possibilitem a determinação de valores eficazes a fim de evitar desperdícios e excessos, podendo acarretar problemas que afetam a eficiência do tratamento, como, por exemplo, as características dos resíduos gerados (FRANCO, 2009), pois a natureza e a quantidade de lodo dependem, entre outros fatores, da turbidez e da dosagem dos produtos químicos coagulantes (GRANDIN, 1993 apud ABOY, 1999).

Assim, surge a necessidade de buscar reduzir os sólidos suspensos presentes na água bruta, pois tal ação reflete diretamente na diminuição da geração de lodo, o principal resíduo do processo, que muitas vezes é lançado diretamente nos corpos d'água sem prévio tratamento, tornando-se um problema ambiental.

Em paralelo ao lodo gerado, outro fator que merece muita atenção e que pode ser mitigado com a redução dos sólidos suspensos contidos na água bruta, são os custos com produtos químicos utilizados no tratamento. Dados do Sistema Nacional de Informação sobre o Saneamento Básico - SNIS apontam que em 2017 os gastos com produtos químicos atingiram cerca de 1,3 bilhões, representando 3,4% da despesa total de exploração (DEX), que corresponde aos valores de custeio (SNIS, 2019).

Percebendo a necessidade de melhorar a qualidade da água que chega às ETA's e conhecendo a utilidade das mantas geotêxteis na contenção de sólidos em obras rodoviárias às margens de rios, ribeirões, córregos, etc., o presente estudo visa apresentar a eficiência destas mantas também na redução de sólidos suspensos presentes na água bruta, além de demonstrar sua aplicabilidade e seus benefícios no que tange à melhoria da qualidade d'água, redução da geração de lodo e economia de produtos químicos.

2 - OBJETIVOS

O objetivo deste artigo é avaliar o comportamento de barreiras flutuantes na redução de sólidos suspensos em reservatórios de água. Como objetivos específicos têm-se: Estudar a dinâmica de retenção de material particulado utilizando mantas geotêxteis como barreiras de contenção; relacionar a redução de turbidez à redução da quantidade de coagulante utilizado e à geração de lodo; avaliar o tempo de vida útil do sistema em função da perda de eficiência.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - MATERIAIS

Foi utilizada uma bomba centrífuga de 0,5 cv para bombear a água bruta da calha Parshall para o canal de acrílico durante todo o experimento, sem intervalos.

O canal de acrílico utilizado possui dimensões de 1,65 x 0,40 x 0,30 m - comprimento útil x largura útil x altura do vertedouro – respectivamente, totalizando um volume útil de 198,0 litros. O canal foi alocado com declividade de 0,5% em direção a saída, possuindo tubulação de chegada, saída e extravasor, para auxiliar no controle da vazão.

Para cada ensaio foram utilizadas duas barreiras de manta geotêxtil com distância aproximada de 0,50 m, alocadas dentro do canal com o auxílio de uma moldura de acrílico de forma a preencher toda a seção molhada, possuindo uma área útil inicial de aproximadamente 0,12 m², atingindo 0,16 m² ao termino do experimento. O canal e a disposição das barreiras podem ser visualizados na Figura 1.

As mantas geotêxteis utilizadas são do tipo não-tecido de filamento contínuo, com gramatura de 170 e 420 g/m², respectivamente.



Figura 1 - Canal utilizado no experimento com as barreiras instaladas

3.2 - MÉTODOS

O local escolhido para a realização do estudo foi a ETA-I, no município de Poços de Caldas-MG, cuja capacidade nominal de operação é de 210,0 l/s e sua alimentação realizada por dois mananciais distintos, represa Saturnino de Brito e Ribeirão da Serra. A captação Saturnino de Brito é feita no reservatório homônimo, cuja área de drenagem possui 26,34 km², no ribeirão de Caldas, reservatório este que tem finalidades múltiplas, fazendo também o controle de enchentes.

Este manancial é captado a fio d'água com vazão aproximada de 120,0 l/s e veiculada por gravidade, existindo na tomada d'água apenas um gradeamento. Com uma vazão da ordem de 65,0 l/s, a captação do ribeirão da Serra é a fio d'água, sem regularização, veiculada por gravidade e dotada apenas de um gradeamento.

Foram realizados três experimentos, entre os dias 29/04/2019 e 07/05/2019, 08/05/2019 e 03/06/2019 e 01/11/2019 e 16/12/2019, sendo as amostras coletadas na calha Parshall e após cada barreira do canal de acrílico.

Antes do início do experimento foi realizada a limpeza do canal, a fixação das mantas nos suportes de acrílico e a instalação dos mesmos. Segundo Oliveira (2017), a eficiência do sistema é maior para taxas de aplicação inferiores a 50,0 l/min.m², portanto, foi utilizada uma vazão de 3,5 l/min, o que representa uma taxa de aplicação de 29,3 l/min.m², muito próxima da apontada como ótima pelo próprio autor.

É importante frisar que durante a realização do experimento foram tomadas todas as medidas necessárias e as atividades foram desenvolvidas normalmente, sendo possível manter a vazão constante durante praticamente todo o tempo. Ao longo dos experimentos, as amostras foram coletadas a cada 2 horas e a medição de turbidez obtida com a utilização de turbidímetro de bancada da marca Del Lab, modelo DLT-WV, conforme Figura 8. Foram realizadas as calibrações periódicas com as soluções padrões de <10 NTU, 10 NTU, 100 NTU e 1000 NTU, conforme orientações do fabricante e condizentes com a escala utilizada para o experimento.

Os dados de turbidez bruta e após cada barreira, assim como das dosagens de coagulante, foram divididos em três grupos e analisados separadamente, o primeiro grupo recebeu os dados da máxima turbidez bruta de cada dia, o segundo da mínima e o terceiro da mediana.

Desta forma foi possível analisar o comportamento do sistema em diferentes situações.

A perda de carga foi verificada a partir da diferença de altura da lâmina d'água antes e após cada barreira, como demonstra a Equação 1. Porém, conforme as mantas foram saturando, o nível na primeira célula foi aumentando, assim, o fim do experimento foi determinado após o extravasamento do canal.

$$\text{Perda de Carga} = \text{Nível}_{\text{Antes da barreira}} - \text{Nível}_{\text{Após a barreira}} \quad (1)$$

Por meio de métodos que correlacionam variáveis de turbidez, sólidos totais suspensos, utilização e concentração de coagulante e cor da água é possível estimar a produção de lodo em uma ETA. Um estudo de variados métodos elaborado por Katayama (2012) comparou o resultado com a produção in loco. Como forma de estimar a redução da geração de lodo foi utilizado o modelo apresentado pela American Water Work Association - AWWA (1978 apud KATAYAMA, 2012), conforme Equação 2.

$$P=3.5*10^{-3}*Tu^{0,66}(2)$$

Sendo: P - produção de sólidos (kg de matéria seca / m³de água bruta tratada); Tu - turbidez da água bruta (NTU).

Desta forma, foi estimada a redução da geração de lodo na ETA, utilizando como dados de entrada a turbidez média da água bruta e a turbidez média reduzida, após a passagem pelas barreiras. Foi considerada a vazão máxima de operação da ETA, ou seja, 210,0 l/s.

4 - 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 - Influência da Variação de Turbidez na Eficiência de Remoção de Sólidos Suspensos

Após a separação dos dados de turbidez em três grupos, mínima, mediana e máxima turbidez bruta de cada dia, observou-se que, para o primeiro experimento, a maior eficiência média foi atingida pelo grupo da turbidez mediana (17,93%), seguido pela máxima (17,38%) e, por fim, pelo da turbidez mínima (9,42%). Para o segundo experimento notou-se que a maior eficiência média foi atingida pelo grupo da turbidez máxima (14,53%), seguida pela mediana (12,35%) e, na sequência, pela turbidez mínima (9,79%). No terceiro experimento constatou-se que a maior eficiência média foi atingida pelo grupo da turbidez máxima (18,80%), seguida pela mediana (16,12%) e, por fim, pela turbidez mínima (7,47%).

Fato importante a ser destacado é que a turbidez média bruta do primeiro experimento (12,53 NTU) representa aproximadamente a metade do segundo (24,52 NTU) que, por sua vez, está ligeiramente acima do terceiro (22,08%), porém, a eficiência de remoção do sistema para os três experimentos foi de 14,91%, 11,20% e 13,39%, respectivamente. Deste modo, percebe-se que é a eficiência do sistema é inversamente proporcional a turbidez média no período.

Vale frisar que a média geral da eficiência de remoção do sistema para o terceiro experimento foi de 13,39%, no entanto, quando considerado somente os valores de turbidez acima de 50,00 NTU, a eficiência saltou para 23,55%. Enquanto no terceiro experimento notou-se um relevante aumento na eficiência quando considerado somente os valores de turbidez acima de

50,00 NTU, o segundo apresentou uma ligeira melhora, passando de 11,20% para 15,32%. Durante o primeiro experimento não foram identificados valores de turbidez acima de 50,00 NTU.

Assim, é possível perceber que o comportamento da eficiência do sistema nos picos de turbidez aumenta para valores mais baixos de turbidez média, ou seja, quanto maior o valor da turbidez média, menor é a eficiência do sistema para os picos de turbidez, conforme demonstra a Tabela 1.

Tabela 1 - Eficiência de remoção de sólidos suspensos no sistema

EXPERIMENTO	TURBIDEZ (NTU)	EFICIÊNCIA (%)	EFICIÊNCIA (%) > 50 NTU
1º	12,53	14,91	-
2º	24,52	11,20	15,32
3º	22,80	13,39	23,55

4.2 - Influência da Variação de Turbidez na Eficiência de Cada Barreira Isoladamente

Nos três experimentos o sistema se comportou da mesma maneira, a primeira barreira demonstrou ser mais eficiente para os valores máximos e medianos de turbidez, sendo a segunda barreira mais eficiente para os valores mínimos.

Portanto, independente do valor da turbidez média, a primeira barreira demonstrou ser mais eficiente, exceto para os valores mínimos de turbidez, conforme podemos observar na Tabela 2.

Tabela 2 - Eficiência de remoção de sólidos suspensos de cada barreira isoladamente

		EFICIÊNCIA DE CADA BARREIRA ISOLADAMENTE (%)					
		EXPERIMENTO					
		1º		2º		3º	
		Eficiência (%)	Diferença Entre as Barreiras (%)	Eficiência (%)	Diferença Entre as Barreiras (%)	Eficiência (%)	Diferença Entre as Barreiras (%)
Valores Máximos de Turbidez	1ª Barreira	11,21	4,24	9,45	3,16	11,68	2,94
	2ª Barreira	6,97		6,29		8,74	
Valores Medianos de Turbidez	1ª Barreira	11,11	2,73	6,93	0,72	9,20	1,18
	2ª Barreira	8,38		6,21		8,02	
Valores Mínimos de Turbidez	1ª Barreira	4,81	-0,09	1,79	-6,38	1,78	-4,12
	2ª Barreira	4,90		8,17		5,90	

4.3 - Influência da Variação de Turbidez na Geração de Lodo

Apresentando comportamento similar ao da eficiência do sistema em função da variação de turbidez, na Tabela 3, verifica-se que quanto maior a turbidez média bruta, menor é a redução da geração de lodo.

Tabela 3 - Estimativa de geração de lodo

	ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE LODO		
	EXPERIMENTO		
	1º	2º	3º
Geração de Lodo - Bruta (kg/dia)	333,69	477,95	443,12
Geração de Lodo - Após a 2ª Barreira (kg/dia)	297,12	438,89	395
Redução da Geração de Lodo (kg/dia)	36,57	39,06	48,12
Redução da Geração de Lodo (%)	10,96	8,17	10,86

4.4 - Influência da Variação de Turbidez na Saturação e Tempo de Vida Útil do Sistema

Contrariando as expectativas, o primeiro experimento apresentou tempo de vida útil inferior aos demais, conforme podemos visualizar na Tabela 4. Desta forma, não é possível afirmar que quanto maior a turbidez média, menor o tempo de vida útil do sistema.

Ao longo do experimento percebeu-se que em alguns momentos a turbidez após as barreiras era maior que a turbidez de entrada, ocorrendo tal situação de maneira intervalada. Contudo, não foi possível definir o intervalo com que ocorriam tais desprendimentos de materiais das mantas.

Tabela 4 – Tempo de vida útil do experimento

	EXPERIMENTO		
	1º	2º	3º
VIDA ÚTIL DO EXPERIMENTO (dias)	7	27	36

4.5 - Influência da Variação de Turbidez na Dosagem de Sulfato de Alumínio

Foram traçadas algumas curvas na tentativa de encontrar relação lógica entre a turbidez bruta e a dosagem de sulfato de alumínio, todavia, os resultados obtidos não foram satisfatórios.

Assim, não foi possível estimar a redução da dosagem de coagulante gerada pela diminuição da turbidez de entrada.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do estudo realizado foi possível avaliar a influencia da variação de turbidez na eficiência de remoção de sólidos suspensos pelo sistema e por cada barreira isoladamente, assim

como, foi possível estimar a redução da geração de lodo provocada pela instalação das mantas. Desta forma, para as condições avaliadas neste trabalho, conclui-se que:

Quanto maior a turbidez média da água bruta, menor é a eficiência de remoção de sólidos suspensos pelo sistema;

A eficiência do sistema nos picos de turbidez aumenta para valores mais baixos de turbidez média;

Independente do valor da turbidez média de entrada, a primeira barreira demonstrou ser mais eficiente do que a segunda, exceto para os valores mínimos de turbidez;

Com comportamento similar ao da eficiência do sistema em função da variação de turbidez, nota-se que quanto maior a turbidez média bruta, menor é a redução da geração de lodo;

Através dos dados analisados não foi possível definir uma tendência para a vida útil de cada sistema em função da turbidez média de entrada, tampouco foi possível definir com exatidão o intervalo de desprendimento dos materiais retidos nas mantas.

Vale lembrar que o presente estudo tem o intuito de demonstrar a dinâmica de retenção de material particulado utilizando-se mantas geotêxteis e, ainda, visa fornecer subsídios para futuros estudos em escalas reais, pois, se trata de um assunto ainda pouco estudado.

BIBLIOGRAFIA

- ABOY, N. (1999). *Secagem natural e disposição final de lodos de estações e tratamento de água*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS, 97 p.
- CORDEIRO, J. S. (1993). *O problema dos lodos gerados em decantadores de estações de tratamento de água*. Tese (Doutorado) - SHS – EESC, USP. São Carlo/SP, 342p.
- FRANCO, E. S. (2009). *Avaliação da influência dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico na remoção de turbidez e cor d'água bruta e sua relação com sólidos na geração de lodo em estações de tratamento de água*. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto/MG, 187 p.
- OLIVEIRA, E. P. (2017) *Avaliação de barreiras flutuantes na redução de sólidos suspensos*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Alfenas. Poços de Caldas/MG, 61 p.
- KATAYAMA, V. T. (2012). *Quantificação da produção de lodo de estações de tratamento de água de ciclo completo: uma análise crítica*. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, USP. São Paulo/SP, 129 p.
- RIBEIRO, F. L. M. (2007). *Quantificação e caracterização química dos resíduos da ETA Itabirito - MG*. Dissertação (mestrado). Pró-água, Universidade de Ouro Preto. Ouro Preto/MG, 115 p.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS (2019). *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos-2017*. Ministério das Cidades. Brasília, 2019. [Acesso em: 21 de maio de 2019](http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017). Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>>