

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE POLÍMEROS NA SEDIMENTAÇÃO E NA FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO NO ADENSAMENTO DO LODO DE ETA

Pedro Filipe Lima Silva¹, Wendel da Silva Vieira de Sousa², Prof. Dr.^o Sérgio Carlos Bernardo Queiroz³, Prof.^o Dr. Giuliano Guimarães⁴, Rafaela Pereira Neres¹, Cayo Henrique Alves Nunes⁵, Leonardo Souza de Figueredo⁶

¹Estudante do Curso Superior de Engenharia Civil – IFTO. Bolsista do CNPq. e-mail: <pedro.silva11@estudante.ifto.edu.br>

Resumo: Com o objetivo de melhorar o desempenho no processo de filtração de água, foi realizado um estudo que tinha a finalidade de análise o comportamento do polímero de três cargas diferentes em sedimentação e flotação no lodo da ETA de palmas, em comparação com o mesmo processo sem o uso de polímero. Para isso o estudo foi feito a partir da metodologia estatística de RSM. Primeiramente o LETA foi caracterizado e então foram realizados os ensaios de bancada para se avaliar as Velocidades de Clarificação e Sedimentação, sendo utilizado no ensaio os polímeros de cargas catiônicas, aniônicas e não-iônicas. Os resultados mostraram que o uso de polímeros melhora o desempenho para a remoção da Turbidez. Os polímeros aniônicos tiveram maior desempenho e velocidade da eliminação de turbidez e clarificação no adensamento realizado pela gravidade, enquanto os polímeros catiônicos tiveram melhores resultados no FAD.

Palavras-chave: adensamento, fad, lodo de eta, polímeros

1 INTRODUÇÃO

Embora as gestões com relação ao lodo gerado nas estações tivessem um avanço atrasado, final do século passado, muito devido às práticas mais rígidas de gerenciamento dos resíduos e no direcionamento de responsabilidades sobre os gestores do saneamento, ainda é comum que sejam encontrados lançamentos indevidos em corpos hídricos. SOUZA; SCALIZE, (2013) destacam a importância de se saber as características do LETA e seu impacto ambiental, pois elas iram definir o tipo de transporte, armazenamento em aterro, a disposição final e o aterro.

Com isso, esta pesquisa propõe avaliar o desempenho entre os métodos de Flotação por Ar Dissolvido e da Sedimentação no Adensamento em ETAs que trabalham com tratamento de Dupla Filtração. Na região de Palmas/TO, destaca-se que esse estudo é o primeiro a ser realizado nos trabalhos com aplicação da FAD em uma ETA local. Além disso, a abordagem se torna de maior valor tendo em vista

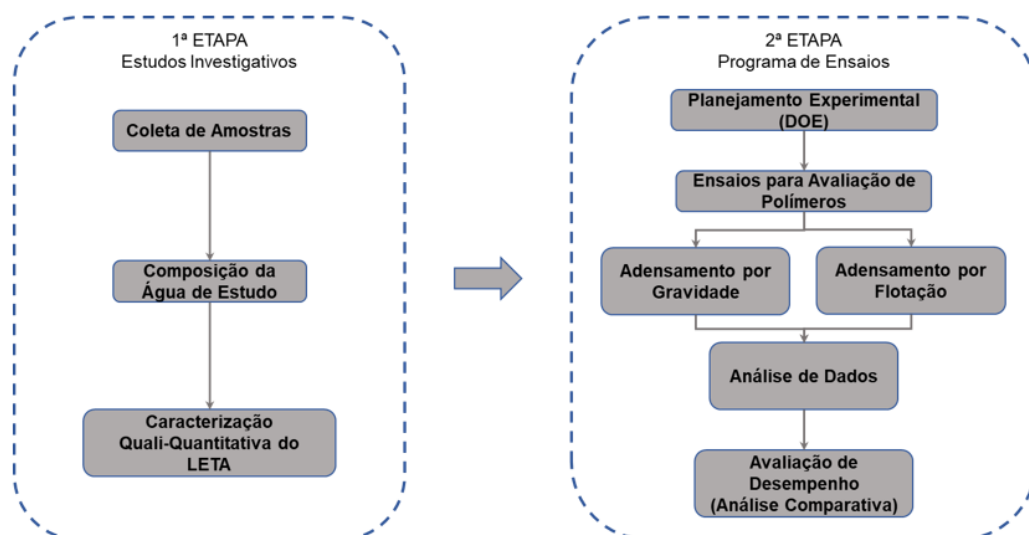
que poucas pesquisas parecidas voltadas a unidades que fazem uso da tecnologia de Dupla Filtração foram feitas.

2 METODOLOGIA

Nas rotinas de laboratório teve-se que determinação as dosagens ideais do processo de condicionamento dos LETAs de Dupla Filtração. Para, dessa forma, fazer a avaliação dos principais parâmetros de eficiência nos processos de adensamento por Sedimentação e FAD. Os Ensaio foram de bancada.

Segue figura 1 com fluxograma com esquema de etapas feitas no laboratório:

Figura 1: Fluxograma da Pesquisa Proposta



Fonte: Wendel da Silva Vieira de Sousa

2.1 Caracterização da Área de Estudo

O LETA utilizado na pesquisa consiste no resíduo gerado por uma Estação de Tratamento de Água ETA-001, situada nas coordenadas 10°10'23.66" S e 48°28'29.85" O no distrito de Luzimangues, unidade administrativa pertencente ao município de Porto Nacional – TO. Nesta unidade, a captação superficial é realizada às margens do Lago da Usina Hidrelétrica Luiz Eduardo Magalhães (UHE Lajeado).

2.2 Equipamentos e Métodos Analíticos

Os ensaios propostos seguiram de acordo com a metodologia descrita no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater em sua 23ª edição (APHA, 2017). Os ensaios de bancada foram

realizados no laboratório de Águas (Bloco 7) do Instituto Federal do Tocantins (IFTO), em Palmas - TO e as caracterizações contaram com apoio do Laboratório de Recursos Hídricos da UNAERP, em Ribeirão Preto – SP. Segue quadro 1 com os equipamentos e parâmetros de interesse:

Quadro 1: Equipamentos de Ensaio

Equipamentos	Parâmetro de Interesse
Balança Eletrônica	Pesagem de Amostras e Produtos Químicos Sólidos (Totais, Voláteis)
<u>Floteste</u>	Adensamento por FAD
Coluna de Sedimentação	Adensamento por Gravidade
<u>pHmetro</u>	Medição de pH
<u>Turbidímetro Nefelométrico</u>	Medição de Turbidez
Cone <u>Imhoff</u>	Sólidos Sedimentáveis
Cronômetro	Medição de Tempo

Fonte: Wendel da Silva Vieira de Sousa

2.3 Programa de ensaios

2.3.1 Ensaio de adensamento

Os ensaios foram realizados com o uso dos equipamentos de Jar Test e Floteste com transferência para uma proveta graduada. O LETA era floculado com o polímero e assim obtido com o tempo fixo de Mistura Rápida (60s) e Gradiente de Mistura Rápida (300s-1). Após a mistura ser realizada para floculação do LETA, a solução era transferida para uma proveta graduada para a realização do passo a passo dos ensaios de adensamento.

2.3.1.1 Adensamento por gravidade

Os ensaios de adensamento foram feitos com proveta graduada de 1 litro e duração máxima de 30 min, onde a estabilização do adensamento geralmente foi estabelecida bem antes, serve de 5 minutos. Foram então feitas as leituras para a determinação da curva e velocidade de sedimentação. Segue a sequência dos ensaios:

1. Agitação da amostra composta para homogeneização da mistura e preenchimento dos jarros do equipamento (jarteste), sendo 2 litros, separados em 2 jarros (Solução I e Solução II), para cada ponto de análise;

2. Foram adicionadas as dosagens do polímero em emulsão em cada jarro conforme proposto no DOE apresentado na Tabela 1;
3. Execução da mistura rápida da solução no jarro, considerando o Tempo de Mistura Rápida de 60 s e o Gradiente de Mistura Rápida em 300s-1;
4. Após mistura, o volume do jarreste da Solução I era transferido imediatamente para um Cone Inhoof para aferição dos sólidos e leituras de turbidez do sobrenadante (NTU). Foram realizadas leituras a cada 5min durante 1h;
5. Após mistura, o volume da Solução II era transferido imediatamente para uma proveta graduada onde se iniciavam as leituras da interface lodo/água durante um período total de 30 min;

Tabela 1: Planejamento Experimental - Adensamento por Gravidade

Ensaio	X ₁ Dosagem de Polímero (mg pol/g SST)
1	1 (-1)
2	8 (+1)
3	0,34 (-α)
4	8,66 (+α)
5	4,5 (0)
6	4,5 (0)
7	4,5 (0)

Fonte: Wendel da Silva Vieira de Sousa

2.3.1.2 Adensamento por Flotação por Ar Dissolvido

Nesse ensaio a estabilização geralmente acontecia antes de 1 minuto. Sendo considerada a estabilização em 5 minutos. Segue sequência do ensaio:

1. Preparo da Água na Câmara de Saturação com inserção de Ar Comprimido e manutenção da Pressão Interna em 6 atm durante 20 min. A Pressão de Saturação foi fixada pois ele apresentou os melhores resultados nos trabalhos de Maraschin et al (2018);
2. Agitação da amostra composta para homogeneização da mistura e preenchimento dos jarros do equipamento (jarteste), contendo 1 litro para cada ponto de análise;
3. Foram adicionadas as dosagens do polímero em emulsão em cada jarro conforme proposto no DOE apresentado na Tabela 2;
4. Execução da mistura rápida da solução no jarro, considerando o Tempo de Mistura Rápida de 60 s e o Gradiente de Mistura Rápida em 300s-1;
5. Após mistura, o volume dos jarros era transferido imediatamente para uma célula de flotação de acrílico provida de uma graduação para leitura da interface lodo/água;
6. Imediatamente após esta transferência, foi adicionada na Célula de Flotação a água saturada, considerando a TR conforme indicado na Tabela 2;
7. Após mistura, foram iniciadas as leituras da interface lodo/água. Foram realizadas leituras a cada 5s, sendo maior espaçadas conforme estabilização da mistura e com duração máxima de 5min;
8. Ao final do ensaio, o volume do sobrenadante/clarificado era retirado para a realização das leituras de Turbidez, Análise do SST do sobrenadante e lodo adensado;

Tabela 2: Planejamento Experimental - Adensamento por FAD

Ensaio	Variáveis	
	X ₁ Dosagem de Polímero (mg pol/g SST)	X ₂ Taxa de Recirculação (%)
1	1,5 (-1)	20 (-1)
2	8 (+1)	20 (-1)

3	1,5 (-1)	45 (+1)
4	8 (+1)	45 (+1)
5	0,15 (- α)	32,5 (0)
6	9,35 (+ α)	32,5 (0)
7	4,75 (0)	14,82 (- α)
8	4,75 (0)	50,18 (+ α)
9	4,75 (0)	32,5 (0)
10	4,75 (0)	32,5 (0)
11	4,75 (0)	32,5 (0)

Fonte: Wendel da Silva Vieira de Sousa

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Velocidades do Adensamento por Gravidade

A Tabela 3 demonstra as velocidades de sedimentação e clarificação com o uso dos 3 polímeros no adensamento por gravidade:

Tabela 3: VCl e Vsd - DCCR Adensamento por Gravidade

Ensaio	X ₁ - Dosagem de Polímeros (mg Pol/gSST)	Velocidade de Clarificação (cm/min)			Velocidade de Sedimentação (cm/min)		
		CAT	ANI	NION	CAT	ANI	NION
1	1 (-1)	6,19	10,14	6,42	5,81	8,54	6,78
2	8 (+1)	11,67	15,91	11,86	10,98	13,05	9,60
3	0,34 (- α)	6,03	7,78	5,47	6,12	6,29	4,94
4	8,66 (+ α)	14,29	19,44	12,96	13,05	15,03	10,80
5	4,5 (0)	8,75	13,46	8,05	7,52	9,60	7,60
6	4,5 (0)	8,05	11,29	7,22	7,60	10,17	6,52
7	4,5 (0)	7,78	14,00	8,14	7,36	10,80	7,68

Fonte: Wendel da Silva Vieira de Sousa

Com base nos dados obtidos observa-se que para o adensamento por gravidade o polímero aniônico foi o que teve velocidade de sedimentação e clarificação mais rápido que os demais polímeros

3.1 Velocidades do Adensamento por FAD

A Tabela 4 mostra as velocidades de sedimentação e clarificação para o adensamento por FAD nos 3 polímeros usados:

Tabela 4: VCl e Vsd - DCCR Adensamento por FAD

Ensaio	Variáveis		Velocidade de Clarificação (cm/min)			Velocidade de Sedimentação (cm/min)		
	X ₁ - Dosagem de Polímeros (mg Pol/gSST)	X ₂ - Taxa de Recirculação (%)	CAT	ANI	NION	CAT	ANI	NION
1	1,5 (-1)	20 (-1)	11,77	8,02	7,91	9,01	6,16	5,96
2	8 (+1)	20 (-1)	8,53	6,20	13,78	8,88	5,06	10,56
3	1,5 (-1)	45 (+1)	11,81	12,33	7,48	8,11	8,20	7,08
4	8 (+1)	45 (+1)	19,51	14,38	9,43	17,71	10,53	7,91
5	0,15 (-α)	32,5 (0)	8,14	9,61	15,73	7,24	7,82	12,90
6	9,35 (+α)	32,5 (0)	14,83	5,93	8,37	10,86	5,22	5,98
7	4,75 (0)	14,82 (-α)	11,10	6,96	12,51	8,48	6,48	9,80
8	4,75 (0)	50,18 (+α)	12,32	6,99	9,44	8,20	6,75	7,51
9	4,75 (0)	32,5 (0)	12,00	6,49	12,21	10,07	5,58	11,15
10	4,75 (0)	32,5 (0)	11,86	6,45	12,07	9,38	5,55	10,75
11	4,75 (0)	32,5 (0)	12,07	6,70	12,28	9,60	6,00	10,86

Fonte: Wendel da Silva Vieira de Sousa

Para o adensamento por FAD observa-se que o polímero Aniônico se saiu pior, com resultados opostos do adensamento por gravidade. Enquanto que o polímero Catiônico se saiu ligeiramente melhor que o não iônico, se destacando apenas em alguns pontos, e sendo pouco menor em outros.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As Dosagens de Polímeros utilizadas foram eficientes na remoção da turbidez, superando 90% em todos os tipos de polímeros utilizados. O FAD sem uso de polímero demonstrou ser um método ineficiente. O uso do polímero reduziu em $\frac{1}{4}$ o tempo para se alcançar valores abaixo de 10 NTU no adensamento por gravidade. Como a estabilização do tempo no FAD é rápida a velocidade de clarificação não é significativa, porém o resultado final é de baixa turbidez.

A velocidade de sedimentação da FAD foi superior ao de adensamento por gravidade, já a de clarificação foi equivalente para ambas. Porém para o uso da FAD a área necessária é 38% maior que o adensamento por gravidade, portanto fica inviável o uso da FAD para ETAs de Dupla Filtração.

REFERÊNCIAS

- MARASCHIN, M. et al. Flocculação do lodo de ETA: Variáveis e mecanismos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 6., 2018, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Bento Gonçalves: CITMA, 2018. p. 1-6.
- SOUZA, L. M.; SCALIZE, P. S. Resistência específica do material sedimentado em ensaio de Jar Test, obtido com a adição de lodo de Estação de Tratamento de Água. **Revista Brasileira de Engenharia Química**, S.L, v. 29, n. 3, p. 45-50, ago. 2013. ISSN 0102-9843.
- SOUSA, W. S. V. (2021). Análise de Desempenho entre a Sedimentação e a Flotação por Ar Dissolvido no Adensamento do Lodo de ETA. Dissertação (Mestrado) Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins.