



I- 452 - TRATAMENTO DO LODO GERADO EM ETA DE DUPLA FILTRAÇÃO COM FLOCULADORES EM BANDEJAS DE FLUXO ASCENDENTE E (FAD) FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO COM TORRE DE SATURAÇÃO COM GEOMETRIA DE SERPENTINA – AVALIAÇÃO EM ESCALA PILOTO

Romero Correia Freire⁽¹⁾

Mestre em Gestão Ambiental pelo IFPE. Especialista no Ensino de Ciências pela Universidade de Pernambuco, Especialista em vigilância e saúde ambiental pela UFRJ. Especialista em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos pelo IFCE/ANA.

Rosangela Gomes Tavares⁽²⁾

Engenheira Química pela Universidade Católica de Pernambuco, mestrado em Engenharia Civil, na área de recursos hídricos e tecnologia ambiental, pela Universidade Federal de Pernambuco, e doutorado em Engenharia Civil, na área de Resíduo Sólido, pela Universidade Federal de Pernambuco e Universidade do Minho em Portugal. Professora da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Silvio Mario Pereira da Silva Filho⁽³⁾

Doutorando em oceanografia - UFPE, Mestre em tecnologia ambiental, pelo ITEP/OS, especialização em gestão ambiental pela FAFIRE.

Edmilson Martins de Vasconcelos Junior⁽⁴⁾

Químico industrial pela Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP, ESPECIALIZAÇÃO em PERÍCIA E AUDITORIA AMBIENTAL pela Faculdade Frassinetti do Recife, FAFIRE, MBA em ENGENHARIA DE SANEAMENTO BÁSICO E AMBIENTAL pela Universidade Cidade de São Paulo, UNICID e MESTRADO em GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS (2020) pelo ProfÁgua - Polo Universidade Federal de Pernambuco, UFPE.

Endereço⁽¹⁾: Av. Profº Luiz Freire, 500, Cidade Universitária Recife – PE CEP: 50740-545 e-mail: romerofreire@outlook.com

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivos apresentar o estudo, desenvolvimento de um projeto e ensaios de uma Estação de Tratamento de Resíduos (ETR) piloto, para o tratamento de resíduos gerados na estação de tratamento Presidente Castelo Branco-PE. A unidade de estudo foi um floco-flotador (FFAD), onde se tem a associação das tecnologias de floculadores em bandejas seguido de flotação por ar dissolvido (FAD), com aplicação do Polydadmac, polímero de alta carga de baixo peso molecular. No estudo o condicionante químico Polydadmac teve a função de modificador de superfície. Os resultados obtidos demonstraram que a combinação de tecnologias (floculador em bandejas + flotação por ar dissolvido–FAD) com a aplicação do polímero catiônico (Polydadmac), ofereceram uma qualidade de efluente, e se enquadram na legislação vigente para padrões de lançamento em corpos hídricos para padrões de lançamento em corpos hídricos, e também aos padrões preconizados para recirculação na unidade de tratamento de água para consumo humano; o resíduo adensado também atendeu aos percentuais requeridos para o teor de sólidos no lodo flotado.

PALAVRAS-CHAVE: Aumento de Capacidade, Melhoria da Qualidade, Água com Alcalinidade, Coagulante Adequado, Auxiliares de Flocculação.



Atualmente, há uma grande preocupação com o Lodo gerado em Estações de tratamento de Água - LETA, 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 em nível internacional (FERRARIS et al., 2018), 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. As tecnologias que vem sendo utilizadas no tratamento destes resíduos são antigas, e foram projetadas para águas em condições totalmente diferente das atuais (RITCHER, 2001). É importante salientar que a Agenda 2030 da ONU para o desenvolvimento sustentável aponta, nos seus objetivos 06 e 12 respectivamente, assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, e a necessidade do consumo e produção responsáveis. Vale ressaltar também que a economia circular, e nela incluído o reuso, é fundamental para o desenvolvimento sustentável e para o atingir o Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) supracitado. Atualmente a associação de tecnologias vem se tornando uma grande alternativa no tratamento de água, efluentes domésticos e LETA, o emprego da associação da tecnologia de Flotação por Ar Dissolvido (FAD), com torre de saturação modificada, com geometria em serpentina com a aplicação da floculação em bandejas perfuradas na etapa de tratamento é considerada uma inovação tecnológica e pode elevar a eficiência de tratamento do LETA, Nem sempre uma única tecnologia é capaz de atender a todas as necessidades e condições específicas. A associação de diferentes tecnologias permite a adaptação do tratamento às características locais, como a quantidade e qualidade do lodo gerado, a disponibilidade de recursos e a infraestrutura existente. Isso permite uma abordagem mais flexível e personalizada, resultando em um tratamento mais eficiente e adequado ao contexto específico (PAMPLONA; MELO; FARIAS, 2018). No presente trabalho, o lodo gerado na unidade de tratamento de dupla filtração foi testado na ETA Piloto com associação das tecnologias supracitadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os testes foram realizados na unidade Piloto Floco Flotador Por Ar Dissolvido (FFAD) instalada na ETA Presidente Castelo Branco (ETA Tapacurá), localizada na Região Metropolitana do Recife (Pernambuco, Brasil), as amostras foram coletadas na ETA Lagoa do Carro, que é uma ETA com concepção de dupla filtração pressurizada (Clarificador de fluxo Ascendente em Pedregulho (CAP) e Filtro Rápido Descendente com camada simples) transportadas para ETA Tapacurá, local dos ensaios. Foram coletadas amostras compostas durante a lavagem e descarga das unidades.

O sistema piloto (Figura 01) instalado na ETA Tapacurá, contou com um tanque para equalização da água da lavagem e descarga dos clarificadores e filtros, em seguida o transporte para unidade de floco-flotação. A unidade piloto de floco-flotação por ar dissolvido (FFAD) foi projetada e desenvolvida para tratar resíduos oriundo de ETA's. A estação de tratamento de resíduos piloto possui 3 unidades de floculação hidráulica em bandejas, correspondendo à etapa de mistura lenta com três bandejas perfuradas por floculador. Os orifícios das bandejas possuem diâmetros previstos em projeto e garantem gradientes variando entre (30 s-1 a 100 s-1), seguido da FAD.

ETAPAS DO PROCESSO:

- Quantificação do volume de água e dos resíduos gerados nas operações de lavagem dos filtros e descargas dos clarificadores durante o ano de 2020 na ETA Lagoa do Carro.
- Caracterização do lodo gerado nas operações de lavagem dos filtros e descargas dos clarificadores.
- Determinação da Resistência Específica (RE) do LETA e ensaios de tratabilidade para definição da aplicação do polímero, definição dos gradientes de floculação e taxa de aplicação superficial (TAS).
- Verificar os parâmetros do projeto mais eficientes na redução das variáveis de qualidade do LETA.
- Verificar se as variáveis de qualidade da água clarificada estão de acordo com os padrões de lançamento de efluentes ou integração a água bruta no início da ETA conforme Resolução CONAMA n° 430/2011.
- Avaliar as possibilidades de disposição final do LETA oriundo da ETA Lagoa do Carro.



Essa concepção, na etapa de adensamento, surgiu na observação da ineficiência dos processos de adensamentos usuais para tratar o lodo oriundo de águas eutrofizadas e com cor alta e turbidez baixa, como é o caso da água bruta aduzida para ETA Tapacurá.



Figura 1 - ESTAÇÃO PILOTO DE FLOCOFLOTAÇÃO

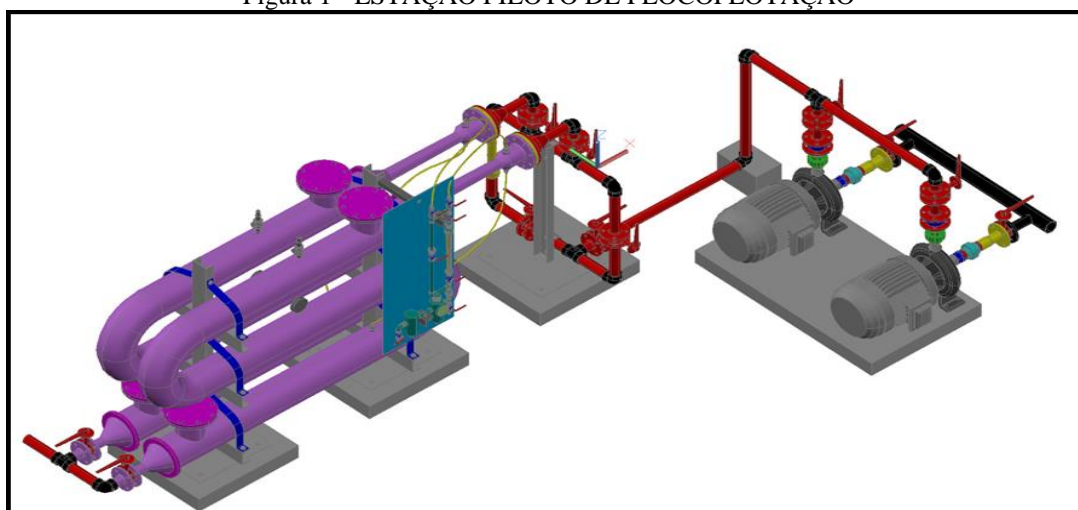


Figura 2 - TORRE DE SATURAÇÃO EM SERPENTINAS

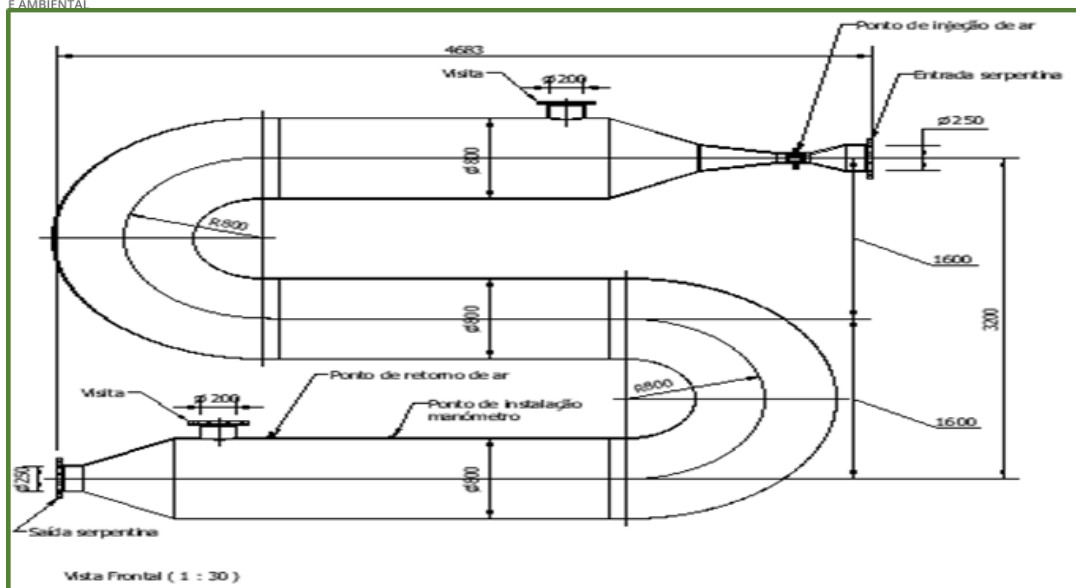


Figura 3 - CORTE DA TORRE DE SATURAÇÃO EM SERPENTINAS

RESULTADOS OBTIDOS

O manancial que abastece a ETA Lagoa do Carro é oriundo da barragem Carpinão, onde encontram-se eutrofizadas em algumas épocas do ano (período de estiagem), nessa época é possível que ocorra a decomposição anaeróbica do material sólido (fitoplâncton) com formação de compostos orgânicos que se ligam às moléculas de água (água intersticial), aumentando a complexidade para desidratação do lodo devido ao aumento de sua (Resistência Específica) RE. Isso pode ser observado com o lodo de clarificadores de fluxo ascendente onde a maior concentração de lodo ocorre na primeira terça parte da camada de pedregulho, como é o caso da ETA Lagoa do Carro, que a descarga ocorre a cada 24 horas (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2017). A presença de algas prejudica o tratamento além de gerar resíduos com água de difícil remoção.

A vazão aduzida é de 28,80 L/s, o volume gasto com água da lavagem e descarga dos clarificadores + água da lavagem dos filtros rápidos descendentes é de 6,25% da água produzida, o recomendado é de até 4%. Características do lodo gerado na eta:

- Cor: 420 uC
- Turbidez: 196 uT
- Ph: 7,6
- SST: 550 mg/l
- SSed: 420 mg/l
- Al: 82 mg/l
- Fe: 65 mg/l
- Manganês: 2,95 mg/l
- Chumbo: 0,019 mg/l

QUANTIDADE DE lodo gerado na ETA:

- Massa de lodo seco gerado 2,62 kg/h = 62,88 kg/dia

A RE é o parâmetro usado para avaliar a passagem do líquido através de uma massa sólida, a qual depende de diversos fatores, especialmente o uso e tipo de polímero a ser empregado: quanto menor o valor da RE, mais difícil será a retirada do lodo. Os valores de resistência específica podem variar consideravelmente. Em geral, lodos com resistência específica de até 1×10^{12} m/kg são considerados de fácil desidratação, enquanto aqueles com resistência específica acima de 10×10^{12} m/kg têm baixa desidratabilidade (RITCHER, 2001).

Tabela 1 - Resistência específica do Lodo da Estação de Tratamento de Água de Lagoa do Carro, considerando aplicação de diferentes polímeros

RESISTÊNCIA ESPECÍFICA DO LODO (x 10 ¹²)						
LODO	DOSAGENS DE POLÍMERO (mg pol. /g SST)					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
LODO COM APLICAÇÃO DE POLÍMERO ANIÔNICO	4,8	4,2	3,7	3,6	3,4	2,2
LODO COM APLICAÇÃO DE POLÍMERO NÃO IÔNICO	3,5	3,1	2,12	1,9	1,2	1,0
LODO COM APLICAÇÃO DE POLÍMERO CATIÔNICO (POLYDADMAC)	2,1	1,54	1,4	0,97	0,91	0,65

Fonte: o autor (2023)

Foram realizados 6 ensaios na planta piloto instalada na ETA Tapacurá; cada experimento levou em consideração a aplicação da dosagem de polímeros variando de 0,5 a 3,0 mg pol/g SST. Para cada dosagem, foram testadas as pressões de 5,0 - 5,5 - 6,0 atm, a taxa de recirculação foi de 40%, e a taxa de aplicação superficial 19 cm/min. As análises do clarificado foram realizadas pelo laboratório da GQL, na COMPESA.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

O SST do LETA analisado na ETA Lagoa do Carro foi de 550 mg/L e a RE do LETA sem aplicação de produto químico foi de 8,9 x 10¹² m/kg, indicando que se trata de um lodo de difícil desidratação. Neste trabalho, foi aplicado o polímero Polydadmac, polímero catiônico de alta carga e baixo peso molecular (RITCHER, 2001), além de ter a característica de ser um modificador de superfície, a escolha deste polímero foi feita porque para a remoção de água do lodo há necessidade de alta carga para gerar aderência e baixo peso molecular, pois polímeros de médio e alto peso molecular são mais viscosos e interferem no processo (MOGHADDAM; MOGHADDAM; ARAMI, 2010).

A aplicação da torre de saturação em serpentina proporcionou maior agitação, provocando menor possibilidade de aglutinação e formação de bolsão de ar, prejudicial à saturação (HAN; KIM; KIM, 2015). A partir da Tabela 1, o polydadmac apresentou melhor performance a partir da dosagem de 2 mg pol./g SST. Nos testes realizados com o polímero aniônico, os resultados não atenderam ao recomendado. O polímero não iônico, que é um polímero sem carga, apenas a dosagem de 3,0 mg pol. /g SST, apresentou resultados de acordo com o recomendado; esse polímero tem a função de fazer pontes e aumentar a densidade aparente dos flocos, causando a sedimentação, não sendo aplicável na flotação por ar dissolvido.

Na avaliação dos melhores resultados, pode-se observar que com relação às pressões de 6 atm e 5,5 atm, os resultados não apresentaram diferença significativa, indicando que o aumento de pressão não garante a qualidade do clarificado, pois esse aumento tende a formar bolhas irregulares reduzindo a performance do tratamento (ETCHEPARE et al., 2017). Com a pressão de 5 atm, os resultados foram inferiores às outras duas pressões investigadas. Os melhores resultados foram obtidos com pressão de 5,5 atm, gradiente de 100 s-1 e taxa de recirculação de 40%:

Remoção: 98% na turbidez, 99,04% na cor, 99,98% nos SST, 99,92% no alumínio, 99,92% no ferro, 99,91% no manganês, 97,45% SSED, e chumbo 98,46%. Pode-se observar que na aplicação de microbolhas modificadas por polímero, as interações polímero-bolha-resíduo revestem e funcionalizam para gerar microbolhas carregadas positivamente que são atraentes para partículas carregadas negativamente, provocando a mínima coalescência, com a camada flutuante desprovida de grandes bolhas coalescentes (RITA; SIMON; BRUCE, 2010).

CONCLUSÕES

Nos ensaios, os resultados na análise de teor de sólidos de lodo flotado atenderam os valores requeridos para o mercado das tecnologias que variam de 3% á 8% de lodo adensado (RITCHER, 2001). que são aplicadas para desague do lodo, a variação do teor de sólidos no lodo adensado foi de 3,1% a 4,1%, com uma taxa de captura superior a 90%, com esse resultado pode ser adotado qualquer tipo de tecnologia para etapa de desague, sem risco de se ter baixa remoção de água nessa etapa. A melhor pressão de operação foi a de 5,5 atm e estudos mostram que pressões acima de 600 kPa pouco influenciam no tamanho das bolhas. Pressões de saturação maiores que 600 kPa resultam no aumento da taxa de aglutinação das microbolhas no momento da



despressurização, diminuindo, dessa forma, a produção efetiva de bolhas adequadas à flotação (FOX; PRITCHARD; MCDONALD, 2010).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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.
2. 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.
3. DI BERNARDO, Luiz; DI BERNARDO, Angela; CENTURIONE FILHO, Paulo Luiz. Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. São Carlos: RiMa, 2002.
4. DI BERNARDO, Luiz; DI BERNARDO, Ângela; CENTURIONE FILHO, Paulo Luiz. Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. Dosage. *Water Science and Technology*, v. 46, n. 10, p. 115-121, 2002.
5. DONG, Y. J.; WANG, Y. L.; FENG, J. Rheological and fractal characteristics of unconditioned and conditioned water treatment residuals. *Water Research*, v. 45, p. 3871-3882, 2011.
6. FEITOSA, C. A.; CONSONI, Â. J. Análise de Oportunidades de Minimização da Geração de Lodo na Estação de Tratamento de Água Alto da Boa Vista, São Paulo. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, v. 3, n. 2, p. 1-29, 2008.
7. Ferraris, C., Carrera, G., Fumagalli, G., Rigoldi, A.. Waste Sludge from Water Treatment Plants: A Resource to Enhance Water and Energy Efficiency. **Water**, (2018).
8. MOGHADDAM, S. S.; ALAVI MOGHADDAM, M. R.; ARAMI, M. Coagulation/flocculation process for dye removal using sludge from water treatment plant: Optimization through response surface methodology. **Journal of Hazardous Materials**, v. 175, p. 651-657, 2010.
9. PAMPLONA, P. M. P.; MELO, J. C. T. F.; FARIAS, A. M. O. Integração de Tecnologias para o Tratamento de Lodo de ETA: Estudo de Caso em Uma Estação de Tratamento de Água. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 3, 2018.
10. RICHTER, C. A. Água: Métodos e Tecnologia de Tratamento. 1. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2009.
11. RICHTER, Carlos A. Tratamento de Lodo de Estação de Tratamento de Água. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.
12. SCALIZE, P.; DI BERNARDO, L.; SOARES, L.; BAUMANN, L. Disposição de resíduo de ETA em sistema de tratamento aeróbio de esgoto seguido de lagoa de sedimentação. **Revista DAE**, n. 197, p. 72-86, 2014.