

## **82 - APLICAÇÃO DO PAC PARA REMOÇÃO DE FÓSFORO DO EFLUENTE DA ETE MÃE-BÁ - ES**

### **Juliana Guasti Lozer**

Possui Graduação em Química pela UFES e mestrado em Engenharia Ambiental pela UFES, atua na CESAN como Analista em Saneamento desde 2011.

### **Cinthia Gabriela Freitas Ribeiro Vieira Reis**

Possui curso Técnico em Química pelo CEFET Campos dos Goytacazes, atua na CESAN como Técnico em Saneamento desde 2006.

### **Nadja Lima Gorza**

Engenharia Química pela UFRJ e Mestre em Engenharia Ambiental pela UFES. Atua na CESAN como Analista em Saneamento desde 2004 e como gestora da Divisão de Tratamento Sul da CESAN desde 2016.

### **RESUMO**

A estação de tratamento de esgoto (ETE) Mãe-Bá, localizada no município de mesmo nome no Estado do Espírito Santo, é operada pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) e possui limite outorgado máximo de 1,0 mg/L de fósforo total para o lançamento do efluente tratado na lagoa Mãe-Bá. Para atendimento a este limite faz-se necessário uma etapa de tratamento com desfosfatação físico-química do efluente, cujo projeto da ETE já contemplava. A CESAN utilizava o coagulante cloreto férrico para esta finalidade, entretanto, diversas dificuldades na aplicação do produto foram surgindo ao longo dos anos de operação, como por exemplo, corrosão das tubulações pelo cloreto férrico, manutenção da dosagem ótima do produto, coloração amarelada do efluente final, custos e trâmites para aquisição do produto, e, principalmente, o não atendimento a portaria de outorga de lançamento do efluente. Neste cenário, a área operacional responsável pelo tratamento decidiu por testar novo coagulante para dirimir as dificuldades apresentadas anteriormente, e obteve sucesso nos resultados de remoção de fósforo do efluente tratado na ETE Mãe-Bá com a aplicação do Policloreto de Alumínio (PAC).

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de esgoto, remoção de fósforo, coagulante PAC.

### **INTRODUÇÃO**

A estação de tratamento de esgoto (ETE) Mãe-Bá possui tratamento do tipo UASB (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente) + BF (Biofiltro Aerado Submerso) + DS (Decantador Secundário) acrescido de sistema de desfosfatação físico-química do efluente. A ETE opera com eficiência média de remoção de DBO acima de 90%, foi projetada para vazão média de 4,0 l/s e atualmente opera com vazão média de 2,83 l/s. O corpo receptor é a Lagoa Mãe-Bá.

O início de operação da ETE ocorreu em 2009, sendo que de 2012 até 2016 utilizou-se o cloreto férrico como coagulante para remoção de fósforo do efluente. Este sal, ao se combinar com o fósforo forma um precipitado que sedimenta no decantador secundário podendo ser removido do sistema através do descarte de lodo. Para o processo ser efetivo era necessário realizar um ajuste fino da dosagem. Dessa forma, mesmo após diversos testes e ajustes verificou-se que a única forma de dosagem que se mostrava efetiva, porém com resultados pouco satisfatórios, seria a aplicação da solução bruta, em grande quantidade. Contudo, os resultados laboratoriais indicavam que, para grande parte das amostras, o limite de fósforo outorgado (1,0 mg/L) não era atendido.

A dosagem do cloreto férrico bruto possuía ainda outro agravante por produzir uma coloração amarelada ao efluente final da ETE, conforme observado também por Silva (2014). Este fato impactava no aspecto estético do lançamento e era alvo de grande rejeição e reclamações recorrentes por parte dos usuários da Lagoa de

Mãe-Bá, que atribuíam a coloração à ineficácia do tratamento. Ainda, devido ao não atendimento ao padrão de lançamento de fósforo em alguns períodos, a CESAN recebeu diversas notificações do órgão ambiental.

Devido à dificuldade nos trâmites para aquisição do cloreto férrico (licitação), sendo esta ETE a única da CESAN que ainda utilizava o produto em 2017, e tendo que atender a portaria de outorga de lançamento que considera que a concentração máxima de fósforo total no efluente tratado pode ser até 1,0 mg/L, surgiu a necessidade de testar outro produto para alcançar a desfosfatação do efluente.

## COAGULANTES E REMOÇÃO DE FÓSFORO DE EFLUENTE

Segundo Wang *et al.* (2005), em comparação aos diferentes tipos de tratamentos, o método físico-químico por flocodecantação com o uso de sais inorgânicos demonstra maior eficiência na remoção de fósforo. Estes sais, comumente utilizados os de alumínio e ferro, agem como agentes coagulantes diretamente nos colóides e sólidos suspensos das cargas poluentes.

Kemira (2009), *apud* Silva (2014), traça um comparativo de graus de eficiência de alguns coagulantes frente a alguns parâmetros, conforme Figura 1.

Coagulante/ Floculante	Redução Particulados	Metal Residual	Redução P-total	Redução H <sub>2</sub> S	Redução Cor	Extensão pH	Volume Lodo	Red. DQO
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	3	3	3	0	3	2	2	2
Sulfato de alumínio e ferro	3	3	4	0	3	3	3	3
PAC(padrão)	3	3	3	1	3	3	3	3
PAC (alta basicidade)	4	3	3	1	3	4	2	3
Polímero (não-iônico/ aniônico/ catiônico)	4	0	1	0	3	3	4	4

0 = nenhuma	1 = ruim	2 = intermediária	3 = boa	4 = muito boa
-------------	----------	-------------------	---------	---------------

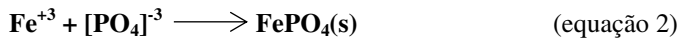
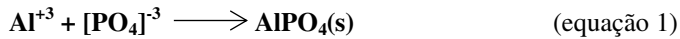
**Figura 1. Comparativo de atuação de diferentes coagulantes**  
Fonte: Kemira (2009) *apud* Silva (2014)

Silva (2014) realizou testes em bancada aplicando dosagens de Cloreto Férrico e PAC e avaliou as eficiências de remoção de cor, turbidez, fósforo total e sulfetos para efluente de reator UASB. O autor observou aumento na eficiência de remoção de fósforo total com o aumento da dosagem do coagulante policloreto de alumínio, até um máximo de remoção de 43% com uma dosagem de 100 mg/L, e concluiu que o PAC é muito menos suscetível à reação indesejada que ocorre com sulfetos dissolvidos, mantendo boas eficiências de remoção de fósforo, cor e turbidez no tratamento físico-químico por flotação.

Ainda, o PAC possui vantagens de não agredir os equipamentos utilizados no tratamento de esgoto de forma tão intensa como acontece com o uso do cloreto férrico e apresenta baixo consumo de alcalinidade do esgoto, formando um floco consistente, entretanto, como desvantagem, o lodo de alumínio é mais difícil de desidratar e tem pouca perspectiva de reutilização (Silva, 2014).

Conforme Giordano e Surerus (2015), a coagulação química seguida da precipitação do fósforo, é o método mais eficaz para remoção deste nutriente dos esgotos sanitários e industriais. Outro processo com eficácia também comprovada é a eletrocoagulação.

Na precipitação química, a adição de sais metálicos proporcionam reações que são regidas pela formação de compostos insolúveis conforme as equações 1 e 2:



Para que as reações aconteçam o fósforo deve estar disponível na forma do íon fosfato  $[\text{PO}_4]^{-3}$ .

## OBJETIVOS

Substituir o coagulante utilizado na remoção de fósforo do efluente tratado da ETE Mãe-Bá para atendimento a portaria de outorga de lançamento e avaliar o custo-benefício do novo produto.

## METODOLOGIA

O processo de tratamento da ETE Mãe-Bá compreende as etapas: pré-tratamento, tratamento anaeróbio seguido por tratamento aeróbio e desfosfatação físico-química. O fluxograma simplificado do tratamento é apresentado na Figura 2 e a descrição das unidades na Tabela 1.

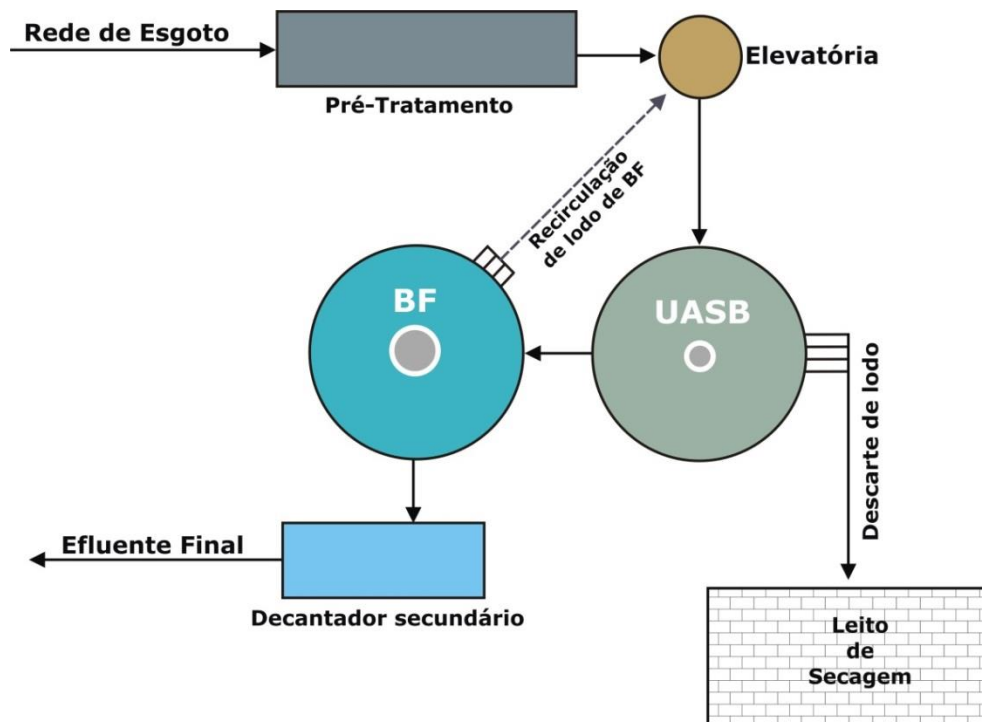


Figura 2. Fluxograma do tratamento de esgotos da ETE Mãe-Bá  
Fonte: MEMORIAL DESCRITIVO (2008)

**Tabela 1. Unidades e componentes da ETE Mãe-Bá**

Unidade	Componentes
Pré-tratamento	Gradeamento médio, caixa de areia e caixa de gordura
Estação elevatória	Poço e conjunto moto-bomba
Tratamento anaeróbio	Reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB)
Tratamento aeróbio	Biofiltros aerados submersos (BF)
Dispositivo de Segurança para Desinfecção	Decantadores Secundários (DS)
Tratamento terciário	Remoção de fósforo
Tratamento do lodo	Leitos de Secagem
Tratamento do Gás	Queimador do Biogás

Fonte: MEMORIAL DESCRITIVO (2008)

O lodo gerado no processo de tratamento é destinado a aterro sanitário licenciado.

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas que serão descritas a seguir:

### PRIMEIRA ETAPA: ESTUDOS EM LABORATÓRIO

Em março e abril de 2017 foram realizados testes de jarro para encontrar a melhor dosagem de PAC a ser aplicada na ETE, conforme Figura 3.



**Figura 3. Execução dos testes de jarro**  
 Fonte: O autor (2017)

Foram utilizadas alíquotas de 5mL, 10mL, 15mL e 20mL de solução de PAC ( $Al_2O_3$  - 42% sólidos), diluída a 1% (v/v), em amostra do efluente tratado coletado na saída do reator UASB. Os ensaios foram realizados

utilizando-se 2 litros de amostra em cada um dos quatro jarros. Os parâmetros utilizados no teste foram: 2 minutos na agitação rápida, 15 minutos na agitação lenta e 15 minutos de sedimentação.

Os jarros que apresentaram melhores resultados de sedimentação foram aqueles com adição de 15 e 20 mL de PAC, sendo referência para a dosagem em planta.

## **SEGUNDA ETAPA: APLICAÇÃO NA ESTAÇÃO**

Os resultados obtidos, em laboratório, permitiram definir a dosagem ótima a ser aplicada na estação, que foi de 15 mg/L de PAC.

Em março de 2017 foi automatizada a dosagem do PAC na ETE, sendo o ponto de aplicação a tubulação de entrada do biofiltro aerado, após o tratamento no reator UASB.

A aplicação do PAC foi parametrizada para iniciar toda vez que a bomba de esgoto bruto fosse acionada, sendo instalado um temporizador no painel de controle para aumentar o tempo de dosagem, tornando-a contínua. A dosagem aplicada é a mesma definida pelo teste de jarro, que é de 2 mL/5 segundos.

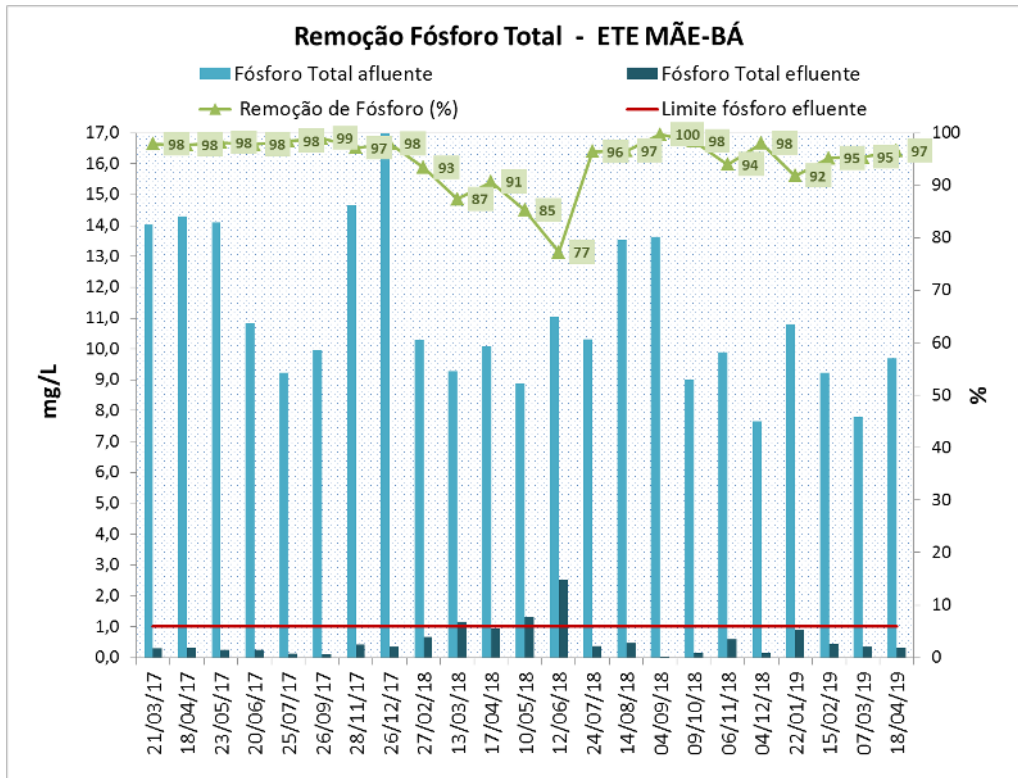
As amostragens para controle operacional da eficiência de remoção de fósforo foram programadas com frequência mensal, mesmo as exigências da licença de operação e portaria de outorga de lançamento da ETE ser de periodicidade trimestral, buscando-se agilidade na avaliação dos dados e ajustes, caso necessário, no sistema de dosagem.

As análises laboratoriais de determinação de fósforo total foram realizadas conforme Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 23ª Edição; 4500-P B e E (APHA, 2017).

## **RESULTADOS**

Durante o período no qual se utilizava o cloreto férrico para precipitação química do fósforo, os valores médios de remoção ficaram em torno de 76%, comparando-se afluente e efluente, e muitos resultados não atendiam a portaria de outorga da ETE, pois o ajuste fino da dosagem do coagulante era de difícil controle operacional.

Após o início da aplicação do PAC em março de 2017 até abril de 2019 (26 meses), foram realizadas análises de monitoramento mensal de fósforo do efluente, sendo que em três datas os resultados não atenderam a Portaria de Outorga (valores acima de 1,0 mg/L), entretanto a menor eficiência de remoção de fósforo foi de 77% no período. Estes resultados são justificados em função de problemas operacionais no sistema de aeração do biofiltro, que influenciam diretamente na mistura do coagulante e, conseqüentemente, no processo de precipitação química do fósforo. Cabe ressaltar que vem sendo realizadas amostras com frequência superior ao exigido pela licença de operação e portaria de outorga de lançamento da ETE, portanto, os resultados que estão fora do limite são de amostras extras. Os valores médios de remoção de fósforo no período avaliado, comparando-se afluente e efluente, foram de 95%, conforme demonstrado na Figura 4.



**Figura 4. Resultados do monitoramento de fósforo total na ETE Mãe-Bá**

Os resultados corroboram com o que é apresentado na literatura científica, demonstrando a excelente eficiência da aplicação de sais de alumínio na precipitação química do fósforo presente em esgotos (Figura 5).



**Figura 5. Eficiência do tratamento na ETE Mãe-Bá**

Avaliou-se ainda o custo benefício do PAC em relação ao cloreto férrico, calculando-se o consumo mensal dos dois produtos, de acordo com a dosagem requerida, demonstrando que o custo com cloreto férrico (R\$ 12.650,62) seria quase 10 vezes o custo com PAC (R\$ 1.350,98).

## **CONCLUSÕES**

Os resultados das análises laboratoriais demonstraram a efetividade da aplicação do PAC para remoção de fósforo do efluente da ETE Mãe-Bá, com valores médios de 95% de eficiência.

Após a substituição do cloreto férrico pelo PAC não houve reclamações de usuários da Lagoa Mãe-Bá quanto à coloração do efluente.

Além do cumprimento da portaria de outorga de lançamento, a dosagem de PAC é uma alternativa viável econômica e tecnicamente por se tratar de um produto de ampla utilização nas Estações de Tratamento de Água da CESAN. Ainda, foi possível demonstrar a relação custo-benefício do PAC sobre o Cloreto Férrico.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association & WPCF - Water Pollution Control Federation, 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23 st ed. Washington, DC.
2. GIORDANO, GANDHI; SURERUS, VICTOR. Efluentes Industriais – Estudo de Tratabilidade. Volume 1. Rio de Janeiro: Publit, 2015.
3. MEMORIAL DESCRITIVO – Estação de Tratamento de Esgoto Anchieta / ES. Documento Interno CESAN. 2008.
4. SILVA, Jader de Oliveira. AVALIAÇÃO DO AUMENTO NO CONSUMO DE COAGULANTE DA ETE UBERABINHA DEVIDO À REAÇÃO DE SULFETOS. XVIII Exposição de Experiências Municipais em Saneamento. Uberlândia - Minas Gerais, 2014.
5. WANG, Y.; HAN, T.; XU, Z.; BAO, G.; ZHU, T. Optimization of phosphorus removal from secondary effluent using simple method in Tianjin, China. Journal Hazard Mater, v. 121, n. 1–3, p. 183–186, 2005.