

REMOÇÃO DE FÓSFORO DO EFLUENTE DE ETE UTILIZANDO COAGULANTE ORGÂNICO

Elza de Abreu Costa

Química pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Analista de Sistemas de Saneamento e Gerente da Gerência de Gestão e Controle da Qualidade da Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN).

Juciane Silva da Motta

Bióloga pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestre em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Analista de Sistemas de Saneamento e Chefe da Divisão de Gestão e Pesquisa da Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN).

Juliane Giacomini Bof Ovani

Bióloga pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Analista de Sistemas de Saneamento e Chefe da Divisão de Operação de Esgoto da Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN).

Luciana da Silva Canuto

Química Industrial pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Especialista em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Analista da Qualidade de Esgoto da Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN).

Rafael de Souza Bergo⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Analista de Pesquisa e Desenvolvimento na Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN).

Endereço⁽¹⁾: Rua Francisca Guimarães s/n – Vila Velha – ES – CEP: 29.117-115 – Brasil. Telefone: +55 (27) 2127-6868 – e-mail: rafael.bergo@cesan.com.br

RESUMO

A ETE Civit II é constituída por lagoas de estabilização com capacidade para tratar 62,5 L·s⁻¹ e vazão média mensal de 35 L·s⁻¹. Por ser um sistema de nível secundário de tratamento, não atua na redução de nutrientes, como fósforo. Em 2010, a renovação de outorga de lançamento da ETE Civit II foi indeferida, alegando-se elevada carga de fósforo total no efluente. Visando controlar o teor de fósforo no efluente da ETE Civit II, implementou-se, em 2010, um processo de precipitação química utilizando sulfato de alumínio, que permitiu redução de 70% do teor de fósforo total no efluente final da ETE. O uso de coagulantes orgânicos à base de tanino em substituição ao sulfato de alumínio, permitiria uma destinação mais nobre do lodo produzido na ETE. Os ensaios de bancada indicaram que tanto o sulfato de alumínio quanto o Tanfloc produziram remoção de turbidez de 77% para dosagens de 150 mg·L⁻¹. O sulfato de alumínio, no entanto, foi mais eficiente para remoção de fósforo total e ortofosfato (72% e 93% de remoção, respectivamente), enquanto o Tanfloc demonstrou redução de 29% para o fósforo total e não demonstrou redução significativa para ortofosfato.

PALAVRAS-CHAVE: efluente de ETE; fósforo; coagulante orgânico

INTRODUÇÃO

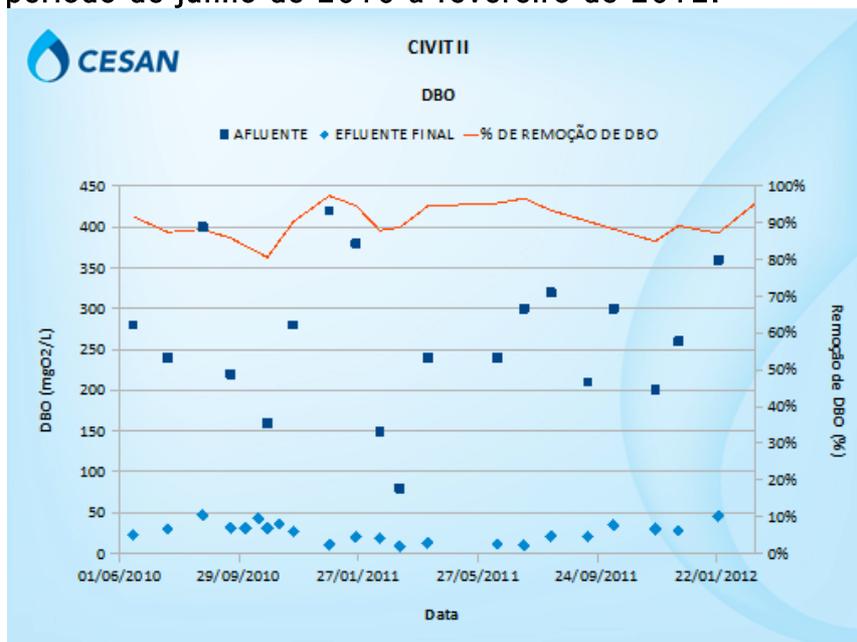
O Sistema de Esgotamento Sanitário de Civit II foi implantado pela Superintendência dos Projetos de Polarização Industrial (SUPPIN) e está em operação desde 1983. Possui atualmente 63 km de rede coletora e doze elevatórias para atender aos Bairros Parque Residencial Laranjeiras II, Residencial Alterosas, Vila Nova de Colares, Colina de Laranjeiras, Aldeia de Laranjeiras e Centro Industrial da Grande Vitória.

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) é, atualmente, constituída por lagoas de estabilização, sendo duas anaeróbicas operando em paralelo, uma facultativa e uma de polimento com filtro de pedra, com capacidade para tratar $62,5 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$. A vazão média mensal de tratamento, monitorada diariamente, é, atualmente, de aproximadamente $35 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$. Por ser um sistema de nível secundário de tratamento, tem por

objetivo a redução de matéria orgânica. Assim, a redução de nutrientes, como fósforo, não está prevista neste tipo de tratamento.

A Figura 1 mostra os resultados obtidos no monitoramento de DBO para a ETE Civit II no período de junho de 2010 a fevereiro de 2012. A eficiência média de remoção de DBO observada nesse período foi de cerca de 90%, o que condiz com dados da literatura.

Figura 1: DBO no esgoto bruto e no efluente final e eficiência de remoção de DBO para a ETE Civit II, no período de junho de 2010 a fevereiro de 2012.

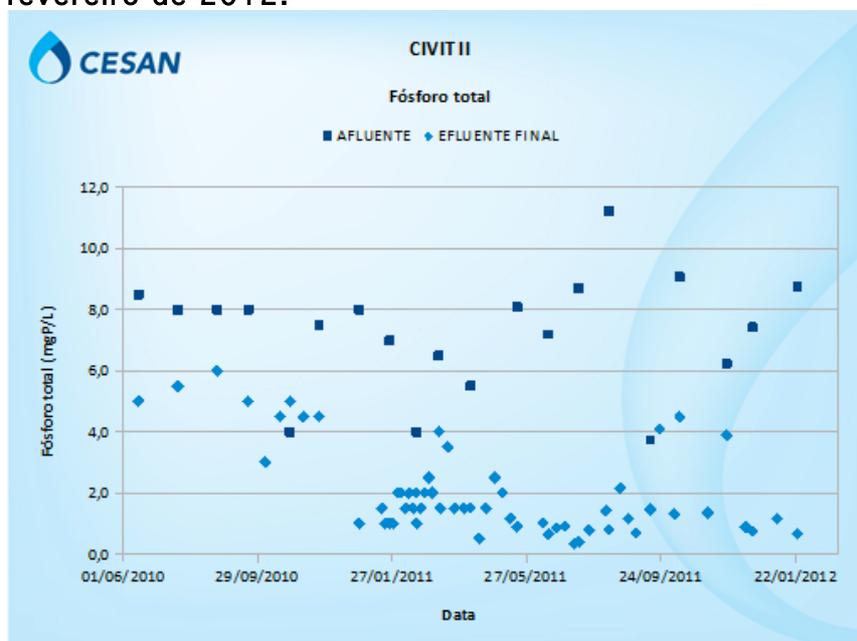


O corpo receptor da ETE Civit II é um afluente do córrego Maringá, que deságua na lagoa Maringá. No ano de 2010, a renovação de outorga de lançamento da ETE foi indeferida, alegando-se:

- ausência de disponibilidade hídrica no corpo receptor para diluir o efluente lançado, considerando o parâmetro DBO;
- elevada carga de fósforo total no efluente da ETE Civit II, acima da capacidade máxima de assimilação pela lagoa Maringá.

A alta concentração de fósforo no córrego Maringá refletiu-se no ecossistema aquático da lagoa Maringá, onde observou-se eutrofização caracterizada pela proliferação de macrófitas. Uma vez que existem espécies de algas capazes de fixar o nitrogênio atmosférico, o fósforo torna-se o nutriente limite para o desenvolvimento da comunidade aquática na lagoa. Visando controlar o teor de fósforo no efluente da ETE Civit II, implementou-se um processo de precipitação química utilizando sulfato de alumínio. A Figura 2 mostra os resultados obtidos para a remoção de fósforo na ETE utilizando precipitação química. Observa-se que, com a implementação do processo, em dezembro de 2010, o teor médio de fósforo total caiu de 7,2 mg · L⁻¹ para 2,0 mg · L⁻¹, uma redução de cerca de 70%.

Figura 2: Teor de fósforo no esgoto bruto e no efluente final da ETE Civit II, no período de junho de 2010 a fevereiro de 2012.



A química de remoção de fósforo pelo alumínio ainda não é completamente conhecida, uma vez que as reações que envolvem a incorporação dos polisfosfatos e do fósforo orgânico aos flocos formados são complexas. A simplificação do processo parte da hipótese de que o fósforo a ser removido encontra-se na forma de ortofosfato, e se comporta segundo a equação (1) abaixo (EPA apud REYNOLDS, RICHARDS, 1996 In: Mota&von Sperling, 2009):



A aplicação de sulfato de alumínio demonstrou que a precipitação química é eficaz para remoção de fósforo. No entanto, o lodo gerado durante o processo é contaminado com alumínio, inviabilizando seu uso agrícola e forçando seu descarte em aterro sanitário. Existem no mercado, atualmente, coagulantes orgânicos à base de tanino que podem ser utilizados em substituição ao sulfato de alumínio, permitindo uma destinação mais nobre do lodo produzido na ETE.

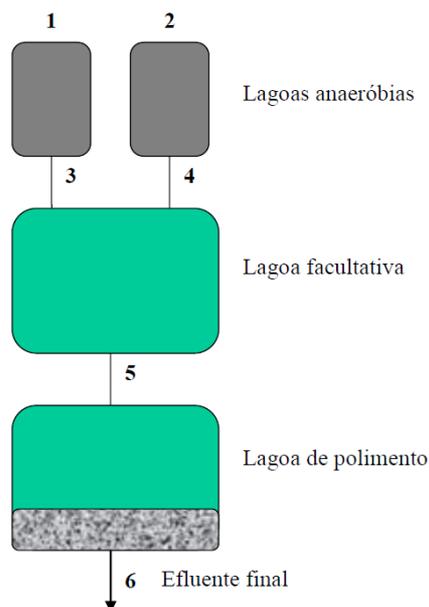
OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho foi testar, em laboratório, a eficácia de coagulante orgânico para a remoção de fósforo na ETE Civit II, comparando sua eficiência com o sulfato de alumínio utilizado atualmente, tendo em vista uma destinação mais adequada ambientalmente do lodo.

METODOLOGIA

A **Figura 3** mostra um esboço gráfico do sistema de lagoas da ETE Civit II onde, atualmente, o sulfato de alumínio é dosado no ponto 5. As amostras utilizadas nos testes foram coletadas em duas bombonas de 20 L nesse ponto, correspondendo ao efluente da lagoa facultativa.

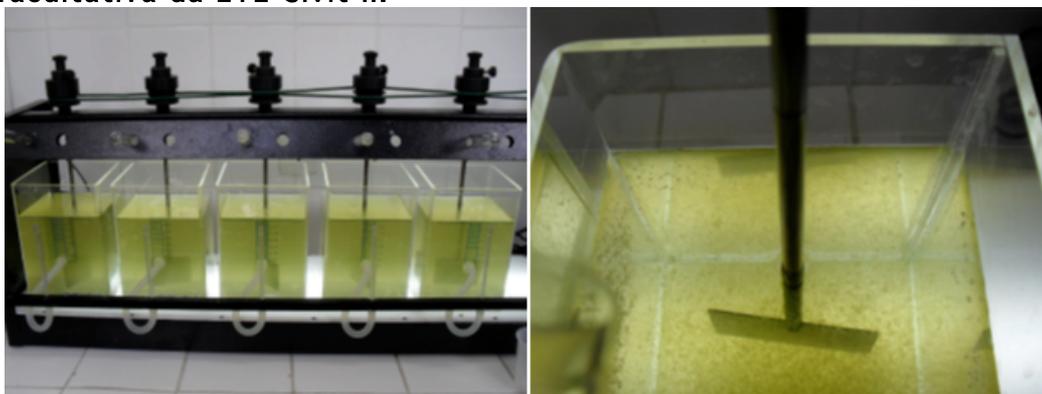
Figura 3: Esboço gráfico do sistema de lagoas da ETE Civit II.



Ensaio de jar-test

A dosagem de sulfato de alumínio utilizada atualmente é de $135 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, usada como referência para a realização dos testes. Os ensaios foram realizados em duplicata com o coagulante orgânico utilizando dosagens de $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $75 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $125 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e $150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Seguindo o procedimento dos testes realizados em dezembro de 2010 e descritos no relatório “Avaliação sobre a remoção de fósforo na ETE Civit II”, o equipamento de *jar-test* Policontrol FlocControl II (Figura 4) foi programado para operar em uma velocidade de 120 RPM por dois minutos para simular a situação de mistura rápida, 40 RPM por vinte minutos para simular a situação de mistura lenta e repouso por vinte minutos para simular o processo de decantação, sendo retiradas amostras do sobrenadante para caracterização. Para efeito de comparação da eficiência de remoção de fósforo, os testes foram realizados também utilizando sulfato de alumínio, seguindo o mesmo procedimento.

Figura 4: Ensaio de jar-test realizado com amostras da lagoa facultativa da ETE Civit II.



Caracterização das amostras

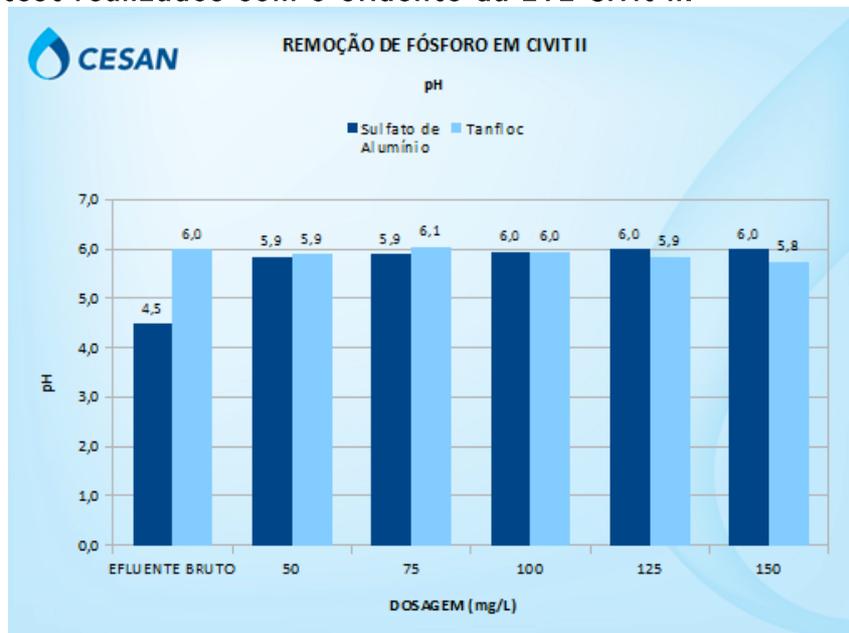
As amostras utilizadas foram submetidas a determinação de fósforo total, ortofosfato, pH e turbidez. As análises de pH e turbidez foram realizadas *in loco* utilizando-se uma sonda multiparâmetros HORIBA W23XD, enquanto as amostras para as análises de

fósforo total e ortofosfato foram preservadas e encaminhadas para análise pelo método colorimétrico.

Resultados

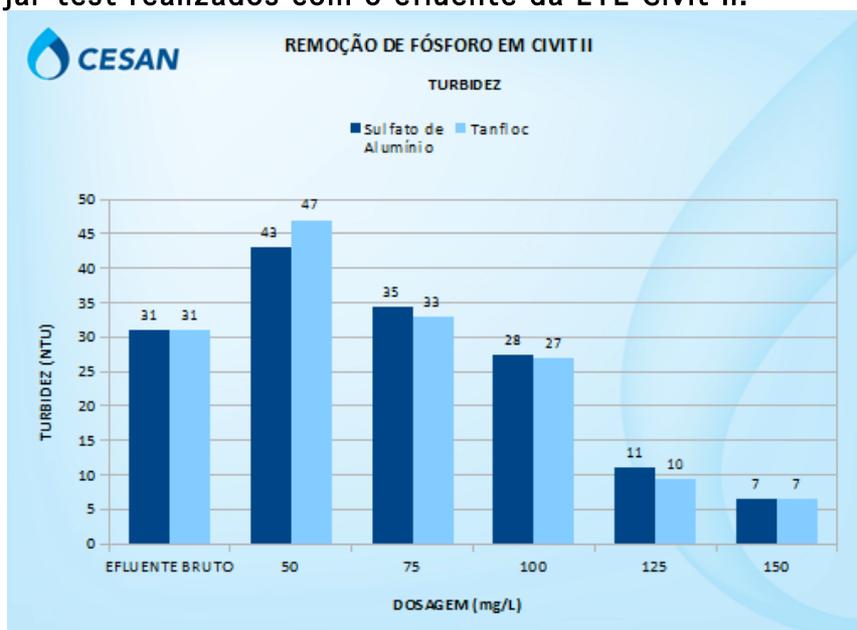
As amostras de efluente da lagoa facultativa foram coletadas no dia 08 de dezembro de 2011, sendo os ensaios de *jar-test* realizados no dia 09 de dezembro de 2011. A Figura 5 mostra os resultados de pH obtidos durante os ensaios. Observa-se que não há alteração significativa no pH com a adição dos coagulantes.

Figura 5: Resultados de pH obtidos nos ensaios de *jar-test* realizados com o efluente da ETE Civit II.



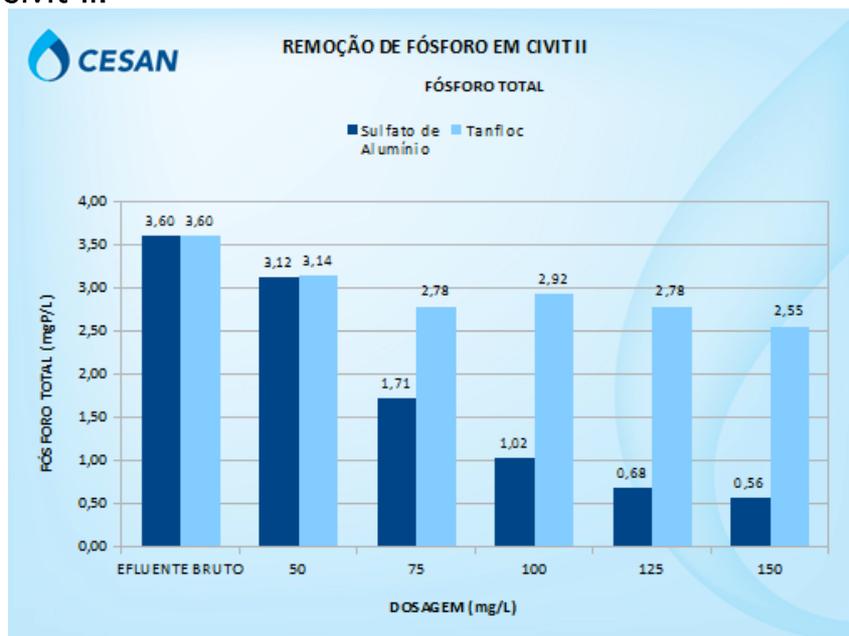
A Figura 6 mostra os resultados de turbidez obtidos durante os ensaios. Observa-se um comportamento similar para os dois coagulantes. Tanto o sulfato de alumínio quando o Tanfloc apresentaram uma redução de turbidez com o aumento da dosagem, atingindo 77% de redução com uma dosagem de 150 mg · L⁻¹.

Figura 6: Resultados de turbidez obtidos nos ensaios de *jar-test* realizados com o efluente da ETE Civit II.



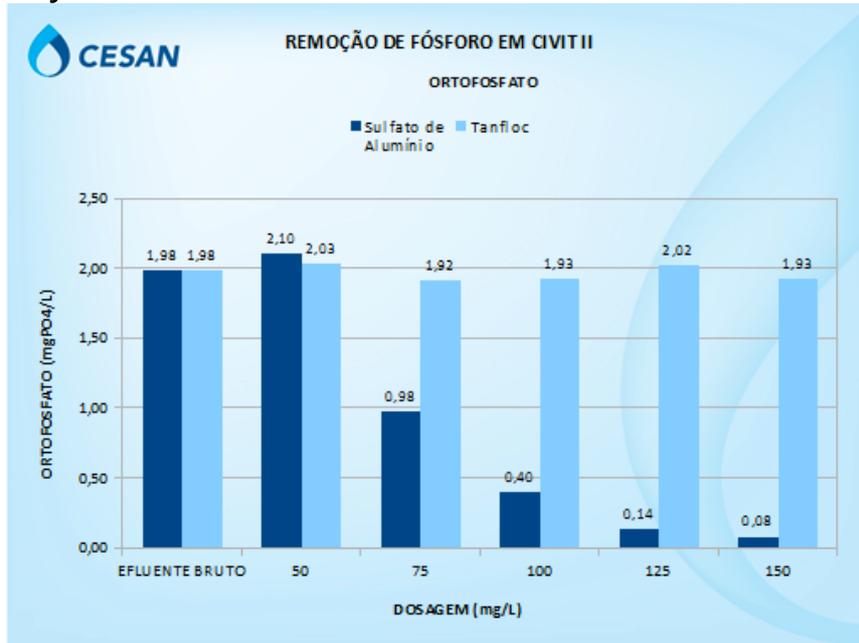
Os resultados de fósforo total obtidos durante os ensaios (Figura 7) mostram comportamento bastante distinto para os dois coagulantes. Enquanto o sulfato de alumínio apresentou uma redução no teor de fósforo total mais acentuada, fornecendo um efluente com teor de fósforo total de $1,02 \text{ mgP} \cdot \text{L}^{-1}$ (redução de 72%) com uma dosagem de $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, o Tanfloc apresentou redução de fósforo total menos eficiente, fornecendo um efluente com teor de fósforo total de $2,55 \text{ mgP} \cdot \text{L}^{-1}$ (redução de 29%) com uma dosagem de $150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Figura 7: Resultados de fósforo total obtidos nos ensaios de jar-test realizados com o efluente da ETE Civit II.



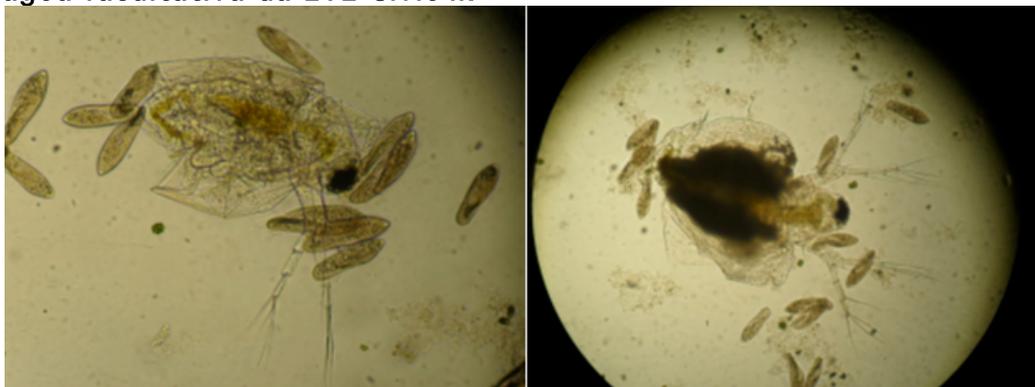
Assim como os resultados de fósforo total, os resultados de ortofosfato (Figura 8) mostram comportamento distinto para os dois coagulantes. O sulfato de alumínio atingiu um teor de ortofosfato de $0,14 \text{ mgPO}_4 \cdot \text{L}^{-1}$ (redução de 93%) com uma dosagem de $125 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Por sua vez, uma dosagem de $150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de Tanfloc não proporcionou redução significativa no teor de ortofosfato.

Figura 8: Resultados de ortofosfato obtidos nos ensaios de jar-test realizados com o efluente da ETE Civit II.



Durante os ensaios de *jar-test* realizados observou-se a presença de população de paramécios e dáfrias (Figura 9). Essas populações foram observadas na segunda bombona de amostras, quando o grande número de dáfrias nos jarros do equipamento durante os ensaios utilizando Tanfloc chamaram a atenção.

Figura 9: Paramécios e dáfrias presentes nas amostras de efluente da lagoa facultativa da ETE Civit II.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstram a eficácia do Tanfloc para remoção de turbidez nas condições do ensaio, mas demonstram que o coagulante não foi eficaz para redução dos teores de fósforo total e de fosfato no efluente testado. Dessa forma, embora o uso de Tanfloc apresente uma oportunidade de destinação mais nobre para o lodo gerado no tratamento, seu uso em substituição ao sulfato de alumínio não é recomendado devido à sua baixa eficácia. Em face à baixa eficiência demonstrada pelo Tanfloc, não foi realizada análise de viabilidade econômica do uso deste coagulante para remoção de fósforo do efluente da ETE Civit II.

É interessante destacar a presença das populações de paramécios e dáfrias. Por se tratarem de organismos bastante sensíveis a ambientes tóxicos, esses organismos são utilizados como indicadores de qualidade. Sua presença no efluente indica um ambiente com baixa toxicidade, indicando um menor impacto no corpo receptor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Francisco Suetônio Bastos Mota e Marcos von Sperling (coordenadores). Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. Rio de Janeiro: ABES, 2009.
2. CESAN – Relatório de Avaliação sobre a remoção de fósforo na ETE Civit II, Documento interno da CESAN, 2010.