

## AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE COAGULANTES INORGÂNICOS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA SUBDIMENSIONADAS

Thyago Nóbrega Silveira <sup>1</sup>  
Lucas Alves Batista Pequeno <sup>2</sup>  
Maria Gabriela Negromonte Barbosa <sup>3</sup>  
Whelton Brito dos Santos <sup>4</sup>  
Weruska Brasileiro Ferreira <sup>5</sup>

### RESUMO

No Brasil, os agentes coagulantes à base de sais de ferro e alumínio são os mais utilizados no processo de tratamento de água, devido seu baixo custo e sua eficácia na remoção de cor e turbidez, que são os principais parâmetros de monitoramento da água produzida nas estações de tratamento de água (ETA's). Todavia, estes coagulantes podem se configurar nocivos à saúde humana, além de gerar um lodo de difícil manuseio e tratabilidade. Com a crescente demanda da sociedade por água tratada, as ETA's acabam tornando-se subdimensionadas, não havendo na maioria das companhias de saneamento brasileiras, capacidade de ampliação das estações, dificultando ainda mais o tratamento. Dessa forma, o objetivo do presente estudo consistiu em verificar por meio de diagramas de coagulação, a eficiência do uso dos coagulantes inorgânicos (sulfato de alumínio e cloreto férrico), na remoção de cor aparente e turbidez da água bruta de reservatórios, em detrimento das dificuldades das estações de tratamento de água subdimensionadas apresentadas neste estudo, simulando em escala de bancada suas condições hidráulicas. Os ensaios de coagulação/floculação/sedimentação foram realizados em aparelho jarrest. O pH utilizado para o estudo variou entre 4,5 e 9,5 e as concentrações dos coagulantes inorgânicos variaram de 10 a 80 mg/L. Com base nos diagramas obtidos, foi possível afirmar que os coagulantes inorgânicos se mostraram ineficientes para as ETA's subdimensionadas estudadas, uma vez que poucas faixas de pH e dosagem atingiram resultados satisfatórios, e por vezes, inviáveis economicamente.

**Palavras-chave:** Coagulação, Jarrest, Cloreto férrico, Sulfato de alumínio.

### INTRODUÇÃO

No Brasil, os agentes coagulantes à base de sais de ferro e alumínio são os mais utilizados no processo de tratamento de água por sua eficácia e baixo custo. Apesar de seus benefícios, estes coagulantes inorgânicos além de gerar nas ETA's um lodo de difícil manuseio

<sup>1</sup> Mestrando em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [thyagonobregal1996@gmail.com](mailto:thyagonobregal1996@gmail.com);

<sup>2</sup> Graduando do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, [lucaspequeno\\_alves@hotmail.com](mailto:lucaspequeno_alves@hotmail.com);

<sup>3</sup> Graduanda do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, [mariagabriellanegromonte@yahoo.com.br](mailto:mariagabriellanegromonte@yahoo.com.br);

<sup>4</sup> Doutorando em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [wheltonbrt@gmail.com](mailto:wheltonbrt@gmail.com);

<sup>5</sup> Professor orientador: Doutora, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, [weruskabrasileiro2016@gmail.com](mailto:weruskabrasileiro2016@gmail.com)

e tratabilidade, podem deixar resíduos químicos na água após o tratamento, que podem gerar malefícios à saúde (McLACHLAN, 1995; CRUZ et al., 2005; DI BERNARDO e PAZ, 2008).

A maior rigorosidade dos parâmetros da legislação brasileira que estabelece os parâmetros de qualidade da água (Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº5/2017, Anexo XX) torna cada vez mais difícil manter o padrão de qualidade utilizando apenas os coagulantes inorgânicos no tratamento convencional, sendo necessário muitas vezes a utilização de coadjuvantes de coagulação, aumentando o custo do processo.

Com a crescente demanda da sociedade por água tratada (crescimento populacional, desenvolvimento econômico), as estações de tratamento de água acabam tornando-se subdimensionadas, uma vez que se torna necessário o aumento da vazão, não havendo, na maioria das companhias de saneamento brasileiras, capacidade de ampliação das estações, dificultando ainda mais o tratamento.

Tendo em vista estas desvantagens e dificuldades para o tratamento de água, são necessários investimentos em novas tecnologias de baixo custo para solucionar os problemas no tratamento de água. A troca do agente coagulante pode ser uma saída, segundo pesquisas recentes (YIN, 2010; TREVISAN, 2014; NEPOMUCENO, 2015; RÔLA, 2016; SILVEIRA et al., 2019).

Apesar dos avanços das pesquisas e das críticas existentes sobre os coagulantes inorgânicos, ainda é raro identificar empresas de saneamento que usem substitutos orgânicos como agente coagulante, mesmo já existindo trabalhos acadêmicos comprovando sua eficácia e seu custo-benefício (YIN, 2010; TREVISAN, 2014; RÔLA, 2016).

Objetivou-se com esse trabalho verificar a eficiência do uso dos coagulantes inorgânicos em escala de laboratório utilizando como ferramenta os diagramas de coagulação, avaliando estes em detrimento das dificuldades hidráulicas de estações de tratamento de água apresentadas neste estudo.

O trabalho apresentou a ineficiência dos coagulantes inorgânicos quando utilizados em baixo tempo de sedimentação, apresentando a necessidade de se repensar o uso deste em detrimento de outras tecnologias, necessitando a realização de novos estudos de custo benefício para substituição dos coagulantes nessas condições, ou uso de outras tecnologias.

## **METODOLOGIA**

Para os experimentos, foram utilizadas águas naturais de dois reservatórios da Paraíba de diferentes características naturais, sendo estes os reservatórios Canafístula II, da cidade de Borborema – PB e o Saulo Maia, da cidade de Areia – PB.

A água do reservatório Canafístula II é tratada por uma estação de tratamento convencional localizada na cidade de Bananeiras – PB, utilizando um vertedouro retangular na mistura rápida, chincanas de fluxo vertical na floculação e um decantador convencional de pequena área superficial, sendo necessário que os flocos tenham alta velocidade de sedimentação para sua eficácia. A ETA utiliza o sulfato de alumínio como agente coagulante, além de pré-oxidação com o cloro a fim de reduzir a cor na água tratada, facilitando as etapas seguintes.

A água do reservatório Saulo Maia é tratada por uma estação de tratamento compacta de fibra de vidro, de ciclo completo, e é localizada na cidade de Areia. A ETA possui mistura rápida feita por calha Parshall, floculação hidráulica de chincanas verticais, decantador compacto e filtros simples com leito de areia. Pela excelente qualidade da água bruta, os operadores não utilizam coagulantes, ocorrendo apenas a decantação dos sólidos mais grosseiras, filtração e desinfecção. Ambas estações de tratamento de água são operadas pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, CAGEPA.

As amostras foram coletadas nas Estações de Tratamento de Água responsáveis pela potabilização das águas dos dois reservatórios em estudo, antes da unidade de mistura rápida. Para cada coagulante, foram necessários 200 litros de água bruta de cada reservatório. Em Canafístula II, as coletas foram feitas entre os dias 10 e 24 de abril, e no reservatório Saulo Maia, foram realizadas entre 21 de maio e 4 de junho, sendo realizados os ensaios com a água bruta em, no máximo, três dias após a coleta, conforme recomenda Libânio (2010).

Foram realizados ensaios de coagulação/floculação/decantação em jarrest com o emprego de dois coagulantes inorgânicos para cada reservatório (Sulfato de Alumínio e Cloreto Férrico, concedidos pela BAUMINAS Química), que são os coagulantes inorgânicos mais amplamente utilizados no país e no mundo. Logo, foram realizados quatro ensaios gerais, realizando alteração de pH e dosagem de coagulante, avaliando a turbidez e cor aparente remanescente na água após os testes, sendo comparados aos valores da água bruta.

Anteriormente a cada ensaio, a cor aparente e a turbidez da água bruta eram determinadas utilizando medidores nefelométricos. Todas as leituras foram realizadas em triplicata. Para alteração do pH, foram utilizadas soluções de hidróxido de sódio e ácido

sulfúrico. A Tabela 1 apresenta as configurações utilizadas no jarrest para todos os ensaios de tratabilidade.

Tabela 1 – Configurações de jarrest utilizada em todos os ensaios.

Etapa	Velocidade de Rotação	Tempo
Mistura Rápida	700 RPM	10 segundos
Mistura Lenta (Floculação)	70 RPM	7 minutos
	40 RPM	7 minutos
	20 RPM	5 minutos
Decantação	-	2 minutos e 12 segundos
Descarte	-	3 segundos
Coleta	-	20 segundos

Estas velocidades e tempos foram adaptados da metodologia utilizada por Di Bernardo, Dantas e Voltan (2011), adotando um tempo inferior a 20 minutos na floculação, como prescreve a NBR 12.216/92, simulando o aumento das demandas de água nas estações, tornando-as subdimensionadas. A alta velocidade de sedimentação foi adotada para simular o menor intervalo de tempo que ETA's subdimensionadas vão adquirir com o aumento da vazão tratada.

Foram utilizados diagramas de coagulação para avaliar a turbidez remanescente, levando em consideração os valores de cor aparente e turbidez da água bruta e valores de turbidez recomendados por Ferrari et al. (2012) para a água pré-filtrada (turbidez < 3 uT, visando um maior tempo de carreira dos filtros), além do valor máximo de cor aparente permitida pela Portaria de consolidação nº 5/2017 do MS (15 uC).

## DESENVOLVIMENTO

O uso dos sais inorgânicos como coagulante é comum nas estações de tratamento de água do Brasil, sendo aqueles à base de alumínio os mais utilizados, devido ao seu baixo custo e boa eficiência de coagulação (RICHTER, 2009). Apesar disso, diversos malefícios à saúde já tem sido correlacionado com esses compostos aluminados (McLACHLAN, 1995; CRUZ et al., 2005; DI BERNARDO e PAZ, 2008), além da baixa velocidade de sedimentação dos flocos formados, que dificulta o tratamento de água (SILVEIRA, 2019).

Durante o período do “milagre econômico” brasileiro, com um destaque para as décadas de 1970 e 1980, quando existia um “predomínio da visão de que avanços nas áreas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nos países em desenvolvimento resultariam na redução das taxas de mortalidade”, houve um grande investimento em saneamento básico, sendo construídas diversas estruturas de tratamento de água e esgoto neste período (SOARES, BERNARDES e CORDEIRO NETTO, 2002). Nessa época, foi consolidado o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), que deu ênfase ao incremento dos índices de atendimento por sistemas de abastecimento de água, mas que, em contrapartida, não contribuiu para diminuir o déficit de coleta e tratamento de esgoto, o que é ainda verificado atualmente (LEONETI, PRADO e OLIVEIRA, 2011). Após as crises econômicas, o Brasil regrediu nos investimentos em saneamento, que não passam atualmente de 0,16 % do PIB total (SNIS, 2019). Através de um levantamento de dados da Confederação Nacional das Indústrias, com os investimentos nesse ritmo, o objetivo de universalização fica previsto apenas para o ano de 2060 (CNI, 2019).

Os coagulantes orgânicos já têm sido pesquisados e utilizados no tratamento de água como substitutos dos sais inorgânicos (MANGRICH et al. 2013), possuindo maiores eficiência de tratamento e maior velocidade de sedimentação que os sais inorgânicos (SILVEIRA et al, 2019), sendo uma alternativa para menores tempos de decantação, verificados pelos menores valores de turbidez e cor aparente, que são parâmetros operacionais para estas estações (LIBÂNIO, 2010).

Martín, Heredia e Hernandez (2010) por meio ensaios em planta piloto, utilizaram um coagulante a base de tanino (Tanfloc) como coagulante e auxiliar de floculação no tratamento de águas superficiais e residuárias. Foi observada redução acima de 50% na cor, remoção de surfactantes acima de 75% e remoção de matéria orgânica (COT) de aproximadamente 40%. Com a implantação de um sistema de filtração após a sedimentação a remoção de sólidos suspensos, as remoções alcançadas foram de 100%, o que também melhora a qualidade dos outros parâmetros.

Rôla et al. (2016) comparou a eficiência e o custo-benefício do uso de policloreto de alumínio PAC e Tanfloc SL através de diagramas de coagulação produzidos a partir de ensaios em jarrest. Foi verificado que, para um mesmo resultado, o Tanfloc SL utiliza mais cloro que o PAC na etapa de desinfecção. Em contrapartida, o coagulante orgânico necessita de uma dosagem 54% menor de produto para alcançar uma remoção de turbidez equivalente. O resultado foi de uma economia de 49,61% do custo total.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os dados da água bruta de cada reservatório antes dos ensaios. Estes valores foram utilizados como referência para comparar com os resultados após o ensaio.

Tabela 2 – Dados da água bruta utilizada para os ensaios.

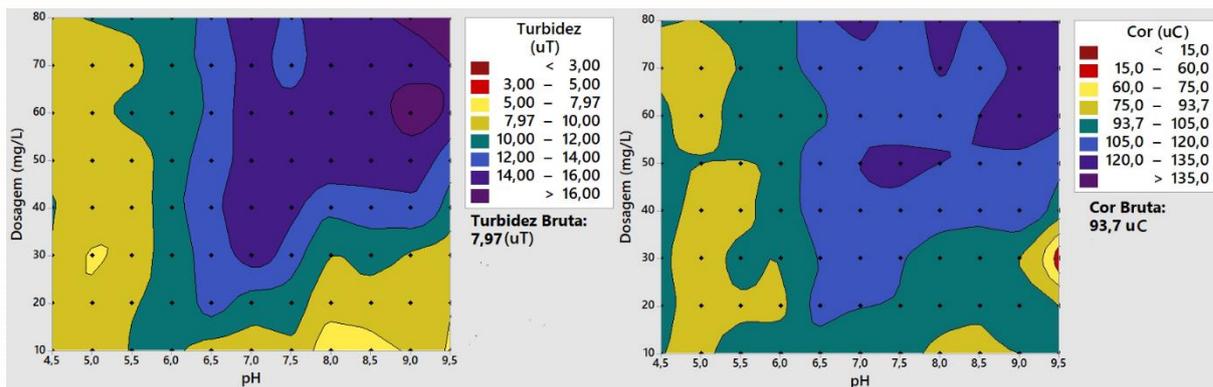
	<b>Ensaio 1</b> (Canafístula II, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ )	<b>Ensaio 2</b> (Canafístula II, $\text{FeCl}_3$ )	<b>Ensaio 3</b> (Saulo Maia, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ )	<b>Ensaio 4</b> (Saulo Maia, $\text{FeCl}_3$ )
Turbidez	7,97 uT	24,0 uT	1,27 uT	1,36 Ut
Cor Ap.	93,7 uC	150,7 uC	34,0 uC	91,7 uC
pH	7,2	6,6	7,7	7,1

Os resultados obtidos de cor e turbidez apresentaram consistência com aquilo que era esperado, visto que a aparência da água do reservatório Canafístula II visivelmente era mais turva que a do Saulo Maia, este por sua vez com água de aparência límpida e cristalina. Houve precipitações na Bacia do Mamanguape no período, alterando as características dos mananciais de maneira significativa. É comum no Brasil os reservatórios passarem por mudanças bruscas em suas características de cor e turbidez em períodos chuvosos (LIBÂNIO, 2010).

No geral, a água do reservatório Canafístula II apresentou cor e turbidez elevadas, aparência amarelada, que pode indicar grande presença de ferro ou manganês na água. Já no Saulo Maia não houve diferenças bruscas na turbidez. O fato pode ser justificado pela proteção vegetal do manancial. Já o pH da água bruta proveniente de ambos reservatórios variou de forma significativa, podendo ser justificado pelo aumento do valor da cor aparente, que corresponde a uma maior presença de ácidos húmicos e/ou fúlvicos na água, que diminui seu pH.

Na Figura 1, podem ser observados os diagramas de coagulação de turbidez e cor para o reservatório Canafístula II utilizando o Sulfato de Alumínio como agente coagulante, correspondente ao Ensaio 1. Este é o coagulante utilizado para tratar a água do Canafístula II na ETA Bananeiras.

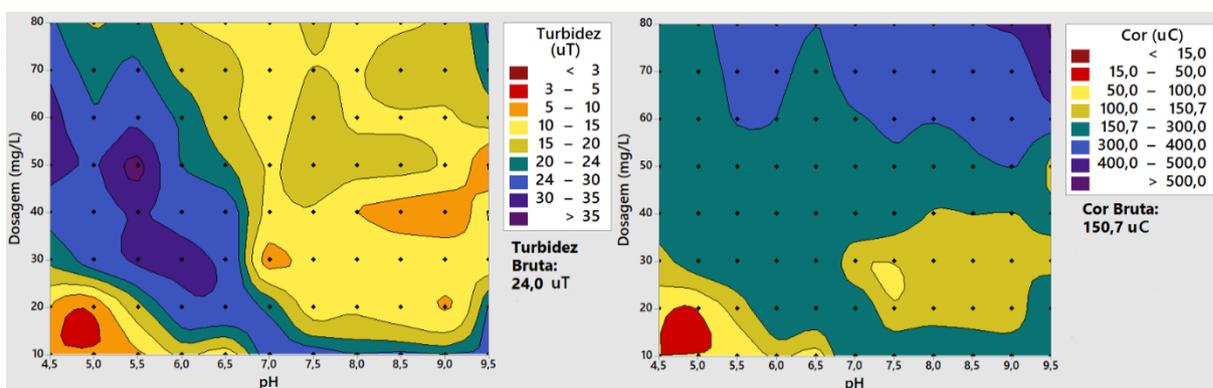
Figura 1 – Diagramas de coagulação de turbidez e cor remanescentes para o reservatório Canafístula II utilizando Sulfato de Alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ).



Inicialmente, no diagrama de turbidez da Figura 1, é possível notar que houve apenas uma discreta faixa de remoção, de pH entre 8,0 e 8,5 com baixas dosagens de sulfato de alumínio, não sendo possível obter nenhum valor inferior ao ideal recomendado por Ferrari et al. (2012). Nepomuceno (2015) obteve em seus ensaios resultados semelhantes para remoção de turbidez, com baixas dosagens do sulfato de alumínio. Também utilizando a mesma velocidade de sedimentação foi perceptível em seu trabalho o aumento da turbidez da água decantada em função do aumento da dosagem de coagulante utilizado. Para a velocidade de sedimentação adotada, a cor aparente também não obteve resultados satisfatórios. Houve pequena remoção de cor aparente em uma faixa de baixa dosagem de coagulante, com faixa de pH entre 8,0 e 8,5, além de uma faixa entre 20 e 40 mg/L de coagulante e pH básico, entre 9,0 e 9,5.

Na Figura 2, podem ser observados os diagramas de coagulação de turbidez e cor para o reservatório Canafístula II utilizando o Cloreto Férrico como agente coagulante, correspondente ao Ensaio 2.

Figura 2 – Diagramas de coagulação de turbidez e cor remanescentes para o reservatório Canafístula II utilizando Cloreto Férrico ( $\text{FeCl}_3$ ).

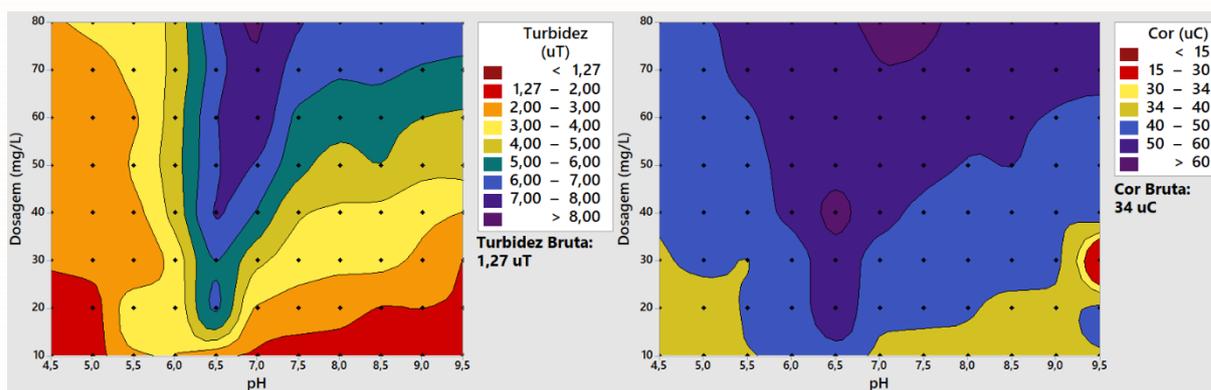


Na Figura 2, pode-se notar excelentes níveis de remoção de turbidez e cor em pH ácido, na faixa de 4,5 a 5,5, alcançando até 90% de remoção de cor e turbidez na água, em baixas

dosagens de cloreto férrico (entre 10 e 20 mg/L). É do conhecimento geral dos pesquisadores na área de qualidade de água que os sais férricos possuem ampla faixa de atuação quanto ao pH, não sendo muito dependente deste parâmetro (RICHTER, 2009). Apesar disso, o pH de coagulação na estação de tratamento é próximo da neutralidade, e como pode ser observado no diagrama, um possível uso do cloreto férrico necessitaria de baixas dosagens do coagulante e um custo envolvido no ajuste de pH da água antes da coagulação. Ainda assim, os valores atingidos nos testes não foram satisfatórios por não atingirem os valores de referência (3,0 uT, 15 uC).

Na Figura 3, podem ser observados os diagramas de coagulação de turbidez e cor para o reservatório Saulo Maia, utilizando o Sulfato de Alumínio como agente coagulante, correspondente ao Ensaio 3.

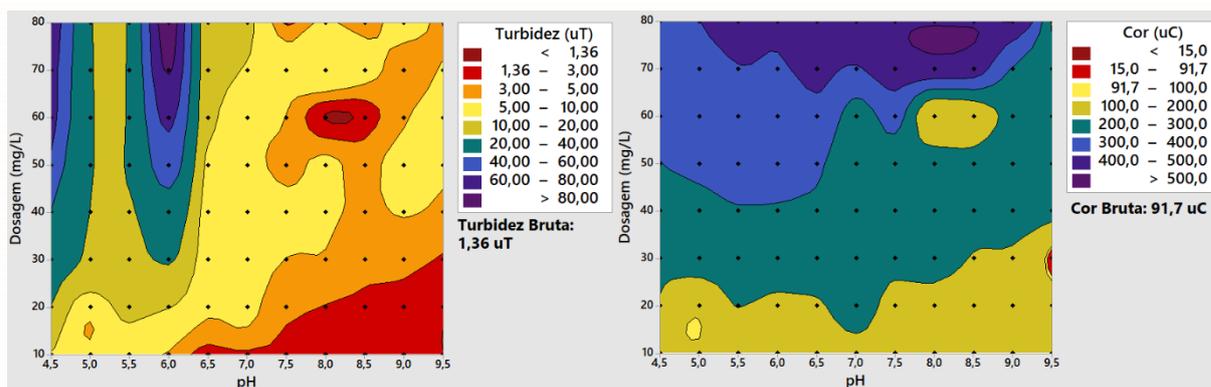
Figura 3 – Diagramas de coagulação de turbidez e cor remanescentes para o reservatório Saulo Maia, utilizando Sulfato de Alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ).



No reservatório de mais baixa turbidez, foi perceptível uma menor eficácia dos coagulantes inorgânicos. Como se percebe na Figura 3, o diagrama de coagulação apresentado não possui nenhuma faixa com valores de turbidez inferiores ao valor da água bruta, apontado que o sulfato de alumínio formou flocos de baixa densidade, sem potencial de sedimentação, deixando ainda mais sólidos em suspensão na água. De forma análoga, não foi possível identificar remoção de cor aparente utilizando o sal de alumínio na maioria dos pontos, com exceção de uma curta faixa de pH entre 9,0 e 9,5 e dosagem entre 25 e 35 mg/L. Atualmente a ETA opera sem coagulante, havendo apenas sedimentação de sólidos grosseiros, filtração simples e desinfecção. É necessário, porém, que para uma maior eficácia da filtração haja uma destabilização química das partículas em suspensão e dissolvidas na água (LIBANIO, 2010).

Na Figura 4, podem ser observados os diagramas de coagulação de turbidez e cor para o reservatório Saulo Maia, utilizando o Cloreto Férrico como agente coagulante, correspondente ao Ensaio 4.

Figura 4 – Diagramas de coagulação de turbidez e cor remanescentes para o reservatório Saulo Maia utilizando Cloreto Férrico ( $\text{FeCl}_3$ ).



Para o cloreto férrico, apenas em uma curta faixa de pH, entre 8,0 e 8,5, e dosagem elevada, entre 55 e 65 mg/L houve remoção de turbidez, possivelmente por mecanismo de varredura. Em contrapartida, na mesma faixa, houve aumento do valor da cor aparente em comparação com a água bruta. Padilha et al. (2011) e Nepomuceno (2015) também identificaram que altas dosagens de cloreto férrico elevam os valores de turbidez e cor da água bruta, independentemente do tempo de sedimentação. É perceptível no diagrama de coagulação de cor aparente que quanto maior a dosagem de coagulante, maior é a cor aparente remanescente, uma vez que o coagulante possui ferro em sua composição, conferindo cor para água após o tratamento caso não haja eficiência no processo.

Para o reservatório Saulo Maia, tanto com o sulfato de alumínio e o cloreto férrico, boas faixas de pH e dosagem ficaram abaixo do valor de referência de turbidez proposto por Ferrari et al. (2012), abaixo de 3 uT. Porém, são valores superiores ao da turbidez da água bruta, que foi de 1,36 uT, como apresenta o diagrama de coagulação da Figura 4.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dos resultados obtidos, pode-se afirmar que os coagulantes inorgânicos se mostraram ineficientes para ETA's subdimensionadas, que precisam de alta velocidade de sedimentação, uma vez que poucas faixas de pH e dosagem atingiram resultados satisfatórios, e por vezes, inviáveis economicamente para aplicação.

É possível constatar também que a estrutura hidráulica da ETA pode comprometer a performance do coagulante, sendo necessário haver um estudo anterior ao projeto com os coagulantes que serão utilizados na estação de tratamento de água para que haja melhor eficiência deste tratamento.

São necessários maiores estudos com outros coagulantes, buscando a formação de flocos com maior densidade. Vários coagulantes orgânicos já demonstraram ter este desempenho em outros estudos. Para uma melhor aplicabilidade, estudos hidráulicos nas estações de tratamento precisam ser realizados.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 12.216 – Projeto de Estação de Tratamento de Água para abastecimento público.** p. 18, abr 1992.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017.** Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde, 2017.

CNI (Conselho Nacional das Indústrias). **Investimentos em saneamento caem e universalização dos serviços de água e esgoto ficará para a década de 2060.** Agência de Notícias CNI. Disponível em: <  
<https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/infraestrutura/investimentos-em-saneamento-caem-e-universizacao-dos-servicos-de-agua-e-esgoto-ficara-para-a-decada-de-2060/>>  
Acessado em: 09 jul. 2019.

CRUZ, J. G.; MENEZES, J. C. S. S.; RUBIO, J.; SCHNEIDER, I. A. H. Aplicação de coagulante vegetal a base de tanino no tratamento por coagulação/floculação e adsorção/coagulação/floculação do efluente de uma lavanderia industrial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23. Campo Grande, 2005. **Anais.** Campo Grande: CBESA, 2005.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. Tecnologias de Tratamento, Processos e Operações. In: \_\_\_\_\_. **Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água.** São Carlos: LDiBe, 2011. p. 97-153.

DI BERNARDO, L.; PAZ L. P. S. **Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água.** São Carlos: Editora LDiBe, 2008. v. 2. 1560 p.

- FERRARI, T. N.; DE JULIO, M.; DE JULIO, T. S.; SOUSA JÚNIOR, W. C. Estudos de tratabilidade das águas do Rio Paraíba do Sul que abastecem o município de São José dos Campos/SP. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, v. 5, n. 2, p. 45-58, 2012.
- LEONETI, A. B.; PRADO, E. L. do; OLIVEIRA, S. V. W. B. de. Saneamento básico no Brasil: consideração sobre investimento e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**. V. 45 (2): 331-48. Rio de Janeiro, 2011.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP. Editora Átomo, 2010. 3ª edição.
- MANGRICH, A. S.; DOUMER, M. E.; MALLMANN, A. S.; WOLF, C. R. Química Verde no Tratamento de Águas: Uso de Coagulante Derivado de Tanino de Acácia mearnsii. **Revista Virtual de Química**. Niterói, v. 6, n. 1, p. 2 – 15, 2013.
- MARTÍN, J. S.; HEREDIA, J. B.; HERNÁNDEZ, C.S. Surface water and wastewater treatment using a new tannin-based coagulant. Pilot plant trials. **Journal of Environmental Management**, Espanha, v. 91, issue 10, p. 2051-2058, 2010.
- McLACHLAN, C. R. D. Aluminum and the Risk for Alzheimer disease. **Environmetrics**, v. 6, n. 3, pp, 233 - 275, 1995.
- NEPOMUCENO, T. C. **Estudo de aplicabilidade de coagulantes orgânicos e inorgânicos no tratamento de água para abastecimento público**. 169f. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2015.
- PADILHA, D. J.; CERUTI, F. C.; VIDAL, C. M. de S.; MARTINS, C. H. Análise da utilização de três diferentes coagulantes na remoção de água de manancial de abastecimento. VII Encontro Internacional de produção científica. **Anais eletrônico**. CESUMAR – Centro Universitário de Maringá. Maringá, PR. 2011.
- RICHTER, C. A. **Água: Métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Blucher, 2009. 340p,
- RÔLA, A. K. K.; CASTRO, G. M. de; SANTANA, H. F.; SOUZA, J. J. L. L. de; SILVA, D. J. Avaliação da eficiência de coagulantes comerciais para aplicação em sistemas de tratamento de água. In **Journal of Chemical Engineering and Chemistry JCEC**. v. 2, n. 3, p 14 - 33, 2016.
- SILVEIRA, T. N., DOS SANTOS, W. B, PEQUENO, L. A. B., BARBOSA, M. G. N.; BRASILEIRO, W. B. Performance de coagulantes orgânicos e inorgânicos por meio de

diagrama de coagulação em águas naturais. **Revista Gesta**. V. 7, n. 1, edição especial, Juazeiro, BA, 2019.

SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento). **Diagnóstico dos serviços de água e esgoto em 2017**. Publicado em 13 fev. 2019. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acessado em: 09 jul. 2019.

SOARES, S.R.A.; BERNARDES, R.S.; CORDEIRO NETTO, O.M. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 18, p. 1713-1724, 2002.

TREVISAN, T. S. **COAGULANTE TANFLOC SG COMO ALTERNATIVA AO USO DE COAGULANTES QUÍMICOS NO TRATAMENTO DE ÁGUA NA ETA CAFEZAL**. 2014, 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2014.

YIN, C.-Y. Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. **Process Biochemistry**, v. 45, n. 9, p. 1437–1444, 2010. DOI: 10.1016/j.procbio.2010.05.030.