

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
ENGENHARIA QUÍMICA**

CLAUDIA ROBERTA POZZER

**AVALIAÇÃO DE UM COAGULANTE ORGÂNICO COMO SUBSTITUIÇÃO AO
SULFATO DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO DE ÁGUA EM ETA**

**Bagé
2022**

CLAUDIA ROBERTA POZZER

**AVALIAÇÃO DE UM COAGULANTE ORGÂNICO COMO SUBSTITUIÇÃO AO
SULFATO DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO DE ÁGUA EM ETA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Maria Alejandra Liendo

Coorientador: Prof^a. Dr^a. Caroline Wagner

**Bagé
2022**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

P893a Pozzer, Claudia Roberta
AVALIAÇÃO DE UM COAGULANTE ORGÂNICO COMO SUBSTITUIÇÃO AO
SULFATO DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO DE ÁGUA EM ETA / Claudia
Roberta Pozzer.
64 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA QUÍMICA, 2022.
"Orientação: Maria Alejandra Liendo".

1. Coagulação. 2. Resíduos. 3. Tanfloc. 4. Alumínio. 5.
Água. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

CLAUDIA ROBERTA POZZER

**AValiação DE UM COAGULANTE ORGÂNICO COMO SUBSTITUIÇÃO AO
SULFATO DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO DE ÁGUA EM ETA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 16 de março de 2022

Banca examinadora:

Orientadora Prof^a. Dr^a. Maria Alejandra Liendo
UNIPAMPA

Coorientadora Prof^a. Dr^a. Caroline Wagner
UNIPAMPA

Prof. Dr. André Ricardo F. de Almeida
UNIPAMPA

Prof^a. Dr^a Tânia Regina de Souza
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **ANDRE RICARDO FELKL DE ALMEIDA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/03/2022, às 14:39, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **TANIA REGINA DE SOUZA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/03/2022, às 15:46, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MARIA ALEJANDRA LIENDO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 23/03/2022, às 10:29, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **CAROLINE WAGNER, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 23/03/2022, às 12:55, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0761407** e o código CRC **33044121**.

RESUMO

Para melhorar a qualidade da água existente na natureza, é preciso realizar processos físicos e químicos, tornando-a apropriada para o abastecimento coletivo da cidade. O processo de coagulação desempenha uma função de significativa importância no que se refere à qualidade da água. Geralmente, as estações de tratamento de água utilizam coagulantes inorgânicos contendo em sua composição sais de ferro e alumínio que produzem resíduos. Estes resíduos produzidos pelo coagulante contêm uma alta concentração de metais, causando impactos ambientais resultantes da destinação final inadequada. Uma alternativa para este problema é a utilização de coagulantes orgânicos que possuem biodegradabilidade, não são tóxicos e reduzem a concentração de metais presentes no lodo. Portanto, a finalidade deste trabalho é avaliar um coagulante orgânico, chamado Tanfloc – SG, como uma possibilidade de substituir o coagulante inorgânico sulfato de alumínio nas etapas de coagulação/floculação/sedimentação na estação de tratamento de água, localizada no município de Candiota-RS. A mencionada ETA é a responsável pelo abastecimento do bairro Dario Lassance. Os parâmetros avaliados da água bruta e tratada utilizando os coagulantes Tanfloc – SG e sulfato de alumínio foram turbidez, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, cloretos, dureza total e pH. Nos resultados para o parâmetro de turbidez, verificou-se que a dosagem mais eficaz na remoção foi de 40 mg/L para ambos os coagulantes. Ocorreu um aumento de oxigênio para ambos os coagulantes quando comparado com a amostra bruta. Para a condutividade elétrica, ocorreu um aumento conforme se elevou a concentração do coagulante sulfato de alumínio, observou-se também que a condutividade não sofreu grandes alterações quando aplicado o coagulante orgânico Tanfloc – SG. Nos sólidos totais dissolvidos, observou-se que a aplicação do sulfato de alumínio como coagulante resultou em um aumento do parâmetro. A alcalinidade não sofreu grandes alterações quando utilizado o coagulante Tanfloc – SG, somente verificou-se uma leve diminuição no parâmetro com o aumento da dosagem do coagulante inorgânico sulfato de alumínio. Os resultados descritos para a dureza total permaneceram inalterados quando comparado com o valor da dureza total encontrada na água bruta. O pH da água tratada com o coagulante Tanfloc – SG alcançou o valor de 6, permanecendo praticamente inalterado quando comparado com o pH inicial. No

entanto, para o sulfato de alumínio, percebeu-se uma diminuição no pH da amostra conforme o aumento da dosagem para 60 mg/L.

Palavras-Chave: Coagulação. Resíduos. Tanfloc. Alumínio. Água.

ABSTRACT

To improve the quality of water existing in nature, it is necessary to carry out physical and chemical processes, making it suitable for the collective supply of the city. The coagulation process plays an important role in terms of water quality. Generally, water treatment plants use inorganic coagulants containing iron salts in their composition, and aluminum that produce waste. This waste produced by the coagulant contains a high concentration of metals, causing environmental impacts resulting from inadequate final destination. An alternative to this problem is the use of organic coagulants that are biodegradable, non-toxic and reduce the concentration of metals present in the sludge. Therefore, the purpose of this work is to apply an organic coagulant, called Tanfloc – SG, as a possibility to replace the inorganic coagulant Aluminum Sulfate in the stages of coagulation/flocculation/sedimentation in the water treatment plant, located in the municipality of Candiota-RS. The aforementioned ETA is responsible for supplying the Dario Lassance neighborhood. The parameters evaluated for raw and treated water using the Tanfloc coagulants – SG and Aluminum Sulfate were turbidity, dissolved oxygen, electrical conductivity, total dissolved solids, alkalinity, chlorides, total hardness and pH. In the results for the turbidity parameter, it was found that the most effective dosage for removal was 40 mg/L for both coagulants. There was an increase in oxygen when compared to the raw sample due to analytical errors. For electrical conductivity, there was an increase as the concentration of the Aluminum Sulfate coagulant increased, it was also observed that the conductivity did not undergo major changes when the Tanfloc – SG organic coagulant was applied. In the total dissolved solids, it was observed that the application of Aluminum Sulfate as a coagulant resulted in an increase in the parameter. Alkalinity did not suffer great changes when using the Tanfloc – SG coagulant, there was only a slight decrease in the parameter with the increase in the dosage of the inorganic aluminum sulfate coagulant. The results described for total hardness remained unchanged when compared to the total hardness value found in raw water. The pH of the water treated with the Tanfloc – SG coagulant reached a value of 6, remaining practically unchanged when compared to the initial pH. However, for Aluminum Sulfate, a decrease in the pH of the sample was noticed as the dosage increased.

Keywords: Coagulation. Waste. Tanfloc. Aluminum. Water.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Demanda de água por região geográfica.....	17
Figura 2 – Média anual de água consumida no Brasil no ano de 2018.....	18
Figura 3 – Enquadramento dos corpos d'água.....	20
Figura 4 – Esquema de tratamento de água convencional.....	27
Figura 5 – Fluxograma geral da metodologia aplicada para desenvolvimento do trabalho.....	32
Figura 6 – Imagem de satélite da localização da Estação de tratamento de água de Dario Lassance e a captação.....	34
Figura 7 – Imagem do satélite da vista superior da ETA.....	34
Figura 8 – Flocos formados com Tanfloc-SG após 40 minutos de decantação.....	39
Figura 9 – Flocos formados com Sulfato de alumínio após 40 minutos de decantação.....	40
Figura 10 – Resultados do parâmetro de turbidez com o coagulante Tanfloc-SG e Sulfato de alumínio.....	41
Figura 11 – Resultados do parâmetro de oxigênio dissolvido com o coagulante Tanfloc-SG e Sulfato de alumínio.....	42
Figura 12 – Resultados do parâmetro de condutividade elétrica com o coagulante Tanfloc-SG e Sulfato de alumínio.....	43
Figura 13 – Resultados do parâmetro de sólidos totais dissolvidos com o coagulante Tanfloc-SG e Sulfato de alumínio.....	44
Figura 14 – Resultados do parâmetro de alcalinidade com o coagulante Tanfloc-SG e Sulfato de alumínio.....	46
Figura 15 – Resultados do parâmetro de cloretos com o coagulante Tanfloc-SG e Sulfato de alumínio.....	47
Figura 16 – Resultados do parâmetro de dureza total com o coagulante Tanfloc-SG e Sulfato de alumínio.....	48
Figura 17 – Resultados do parâmetro de Potencial Hidrogeniônico com o coagulante Tanfloc-SG e Sulfato de alumínio.....	50
Figura 18 – Captação da água bruta.....	61
Figura 19 – Armazenamento de água bruta.....	62
Figura 20 – Tanques de floculação e sedimentação.....	62

Figura 21 – Tanques de Filtração.....	63
Figura 22 – Reservatório para cloração.....	63
Figura 23 – Reservatório de armazenamento para distribuição.....	64
Figura 24 – Reservatório de armazenamento da água da lavagem de filtros.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dosagem da solução dos coagulantes Tanfloc-SG e Sulfato de Alumínio.....	38
Quadro 2 – Escolha da melhor dosagem comparada com os Parâmetros de Potabilidade Portaria de Consolidação nº 888/2021.....	52
Quadro 3 – Escolha da melhor dosagem comparado com Parâmetros da FUNASA.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Tratamentos para diferentes classes de água doce.....	20
Tabela 2 – Parâmetros de Potabilidade Portaria de Consolidação n° 888/2021.....	21
Tabela 3 – Número de amostras necessárias.....	33
Tabela 4 – Caracterização da água bruta e parâmetros de potabilidade segundo Portaria de Consolidação n° 888/2021.....	38
Tabela 5 – Custos mensais para tratamento com Tanfloc-SG.....	53
Tabela 6 – Custos mensais para tratamento com Sulfato de Alumínio.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

ETA – Estação de Tratamento de água

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

NUT – Unidade Nefelométrica de Turbidez

OD – Oxigênio dissolvido

pH – Potencial Hidrogeniônico

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

STD – Sólidos totais dissolvidos

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa

VMP – Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Importância e consumo responsável da água.....	17
2.2 Potabilidade da água para abastecimento ao público.....	19
2.3 Indicadores de qualidade física da água	21
2.4 Coagulação.....	24
2.4.1 Sulfato de alumínio.....	25
2.4.2 Coagulante a base de tanino - Tanfloc.....	26
2.5 Características do lodo de ETA.....	26
2.6 Esquema de tratamento de água convencional.....	27
3 METODOLOGIA: ARTIGO.....	29
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
REFERÊNCIAS.....	56
APÊNDICES.....	61

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos maiores recursos naturais, sendo fundamental para a saúde, qualidade de vida e economia. A característica de nossas águas está cada vez mais sendo ameaçada em consequência do crescimento populacional, principalmente nas grandes cidades, degradação provocada pela indústria, agricultura, mineração e atividades de ocupação urbana.

Por outro lado, o resíduo gerado pelas ETAs é o lodo produzido pelo decantador e o efluente ocasionado pela lavagem dos filtros. Os constituintes deste resíduo não são só os poluentes presentes na água bruta, mas também os aditivos adicionados no processo de tratamento. Devido ao coagulante utilizado, essas substâncias podem conter íons metálicos. (VANACÔR, 2005).

Objetivando aperfeiçoamentos no processo, como por exemplo reduzir o lodo produzido e ser isento de metais, estudos sobre a utilização de coagulantes orgânicos ao invés de coagulantes inorgânicos na produção de água potável, vêm sendo desenvolvidos. (MORAES, 2009).

Entre esses, destaca-se os Taninos que dispõem de características que não modificam o pH da água tratada, visto que não consome a alcalinidade do meio, simultaneamente são eficientes em uma faixa de pH de 4,5 a 8,0. Os Taninos agem no sistema de partículas coloidais, neutralizam a carga e formam pontes entre essas partículas, esse procedimento é encarregado pela produção dos flocos e em sequência a sedimentação. (SILVA, 1999).

Em estudos realizados percebeu-se que os flocos gerados no processo de sedimentação utilizando o coagulante Tanfloc alcançaram um tamanho maior do que os formados com o coagulante Sulfato de Alumínio, demonstrando uma vantagem para o coagulante orgânico quando comparado ao coagulante inorgânico, favorecendo a decantação em virtude do peso do floco gerado, quanto menor o floco, maior a sua probabilidade de dispersão na água tratada. (ZOLETT; JABUR, 2013).

Conforme o exposto, o objetivo geral deste estudo foi avaliar o desempenho de um coagulante orgânico no processo de coagulação e caracterizar a água do manancial localizado em Candiota, sendo o responsável pelo abastecimento do bairro Dario Lassance, tendo como os objetivos específicos coletar a amostra de água bruta da ETA e descrever o local de coleta, realizar ensaios de Jar-Test. nas amostras de água mediante um polímero orgânico (Tanfloc SG) e através do coagulante sulfato de

alumínio. Caracterizar as amostras de água antes e após o tratamento, através de análise de pH, turbidez, condutividade elétrica, dureza total, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, cloretos. Além disso, foram objetivos também comparar os resultados obtidos mediante os dois tipos de reagentes e por fim realizar uma análise econômica dos coagulantes.

A organização de presente trabalho é formada, por definições importantes associada ao tratamento de água para consumo humano, parâmetros de potabilidade e coagulantes inorgânicos e orgânicos, entre outros, agregados no capítulo de Revisão Bibliográfica. No capítulo subsequente apresentada a metodologia na qual são expostos os materiais e métodos utilizados, assim como os resultados e discussões formatados na maneira de artigo. Na finalização do trabalho são realizadas considerações finais, e por fim, na sequência é detalhada a bibliografia que foi utilizada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância e consumo responsável da água

No Planeta, cerca 97% da água é salgada e 2,493% encontra-se em geleiras de difícil acesso ou áreas subterrâneas e somente 0,007% está disponível em rios, lagos e na atmosfera para consumo humano e entre outros usos. (PICCOLI *et al.*, 2016; SANTOS,2021).

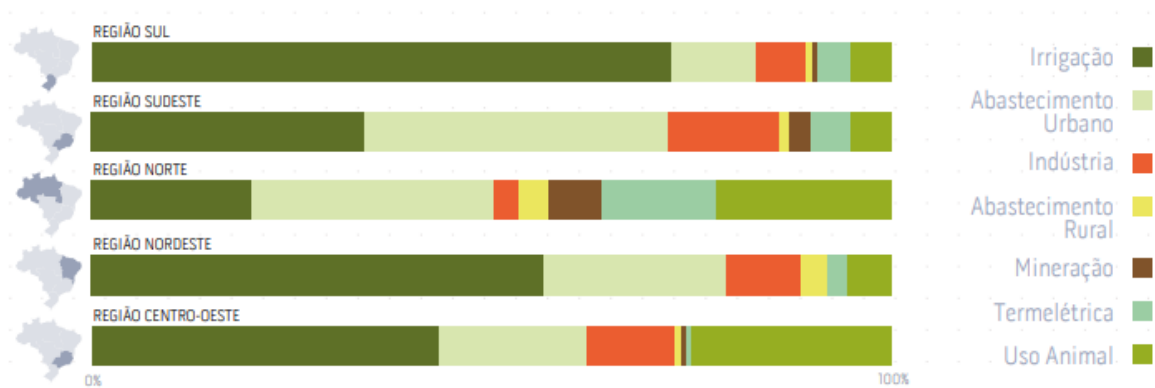
A distribuição dos recursos hídricos em todo o país é extremamente desigual: 70% localizada na Região Norte, que concentra 7% da população do Brasil; 6% localizada na área Sudeste, responsável por 42,63% da população total; 3,3% encontra-se na região do Nordeste que atende 28,91% da população. (PICCOLI *et al.*, 2016).

Em consequência de tubulações antigas, vazamentos, desvios escondidos e tecnologias desatualizadas, cerca de 40% a 60% da água é gasta de maneira exagerada entre o trajeto de captação e distribuição para a população. (PICCOLI *et al.*, 2016).

A água superficial originada no Brasil apresenta 50% do total dos recursos da América do Sul e 11% dos recursos mundiais. (TUCCI; HESPANHOL; NETTO, 2001; SANTOS,2021; OLIVEIRA; CHRISTMANN; PIEREZAN, 2014).

Na Figura 1 é mostrada a demanda de água por região geográfica no ano de 2018.

Figura 1 - Demanda de Água por região geográfica



Fonte: ANA, 2019

O consumo de água do Brasil está crescendo e estima-se que a retirada total dos corpos d'água tenha aumentado cerca de 80% nas últimas duas décadas. É previsto que as retiradas aumentem 26% até 2030. O avanço do consumo da água está associado ao processo de desenvolvimento econômico e urbanização do país (ANA, 2019; SANTOS, 2021).

Na Figura 2 é demonstrado a média anual de água consumida no Brasil no ano de 2018.

Figura 2 - Média anual de água consumida no Brasil no ano de 2018.



Fonte: ANA, 2019

A água pode esgotar, considerando que a sociedade está cada vez mais aumentando a população, poluição e crescimento econômico, causando uma instabilidade no abastecimento e qualidade de água para consumo humano, no qual a água doce que está disponível estão contaminadas, ou permanecem ameaçadas pela poluição. (OLIVEIRA; CHRISTMANN; PIEREZAN, 2014; SANTOS, 2021).

Nos centros urbanos a poluição da água pode ser resultante do esgoto, Monóxido de carbono, produtos petrolíferos e bactérias. (OLIVEIRA; CHRISTMANN; PIEREZAN, 2014).

2.2 Potabilidade da água para abastecimento ao público

Desde o século XX, com o desenvolvimento de técnicas cientificamente comprovadas e depois do surgimento de diversas doenças provenientes da qualidade da água, apresentaram-se recursos técnicos, que monitoravam as características sobre a potabilidade da água. (PÁDUA, 2009).

A água com padrões de potabilidade, deve ser limpa e transparente, isenta de microrganismos ou substâncias que sejam capazes de provocar doenças nos seres humanos. (GASPAROTTO, 2011).

Água potável pode ser originada por dois tipos: subterrânea, tendo como modelo para se basear os aquíferos e superficial como os rios. As águas superficiais geralmente demonstram características mais apropriadas ao tratamento para consumo humano, baixo custo, sendo a mais simples de efetuar a captação (RIBEIRO, 2010; SANTOS,2021).

A Resolução CONAMA n° 357/2005 coordena as diretrizes ambientais e as classificações dos corpos d'água e determina sua finalidade de uso. (BRASIL, 2005).

A água doce é classificada em classe especial e classe 1, 2, 3 e 4, essas classificações estão representadas na Figura 3, que mostra as classes dos corpos e seus respectivos usos. Outras classificações envolvendo água salobra e salgada não serão discutidas por não serem adequadas ao foco deste estudo, porém, maiores detalhes podem ser descobertos na resolução CONAMA N° 357/2005 (BRASIL,2005).

Figura 3 – Enquadramento dos corpos d'água.

USOS DAS ÁGUAS DOÇES		ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe mandatória em Unidades de Conservação e Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas			Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação do contato primário						
Aquicultura						
Abastecimento para o consumo humano		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional avançado	
Recreação do contato secundário						
Pesca						
Irrigação			Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção da película	Hortalças, Frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer	Culturas arbóreas, cereais e forrageiras	
Dessedentação de animais						
Navegação						
Harmonia paisagística						

Fonte: ANA (2020)

Na Tabela 1 mostra os diferentes tipos de tratamentos da água para cada tipo de classe.

Tabela 1: Tratamentos para diferentes classes de água doce.

Classe especial	Processo de desinfecção
Classe I	Tratamento simplificado
Classe II	Tratamento convencional
Classe III	Tratamento convencional ou avançado

Fonte: Adaptado de Brasil (2005)

No Brasil, a portaria de consolidação nº 888/2021 do Ministério da Saúde (MS) estipula em seu anexo 11 o controle e monitoramento da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. (BRASIL, 2021).

Na Tabela 2 está representado alguns parâmetros de potabilidade conforme a portaria de Consolidação nº 888/2021.

Tabela 2: Parâmetros de Potabilidade Portaria de Consolidação nº 888/2021

Parâmetros	Unidade	VMP
Cloreto	mg/L	250
Cloro Residual livre	mg/L	0,5
Dureza total	mg/L	300
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500
Turbidez	NTU	5
pH	-	6,0 a 9,0

Fonte: Adaptado de Brasil (2021)

Considerar a condutividade elétrica (10-100 $\mu\text{S}/\text{cm}$) de acordo com a FUNASA. (BRASIL, 2014).

2.3 Indicadores de qualidade física da água

Indicadores de qualidade da água são parâmetros físicos, químicos e biológicos que tem o objetivo de verificar a qualidade da água para consumo humano, de acordo com o padrão de potabilidade.

As análises mais comuns para esse tipo de estudo são pH, turbidez, condutividade elétrica, dureza total, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade e cloretos.

Turbidez

A turbidez é determinada como o grau de interferência na passagem de luz pelo meio do líquido, ou seja, a redução da transparência. Níveis elevados de turbidez podem estar presentes nos corpos d'água, principalmente em regiões elevadas, onde os solos são erosivos, a chuva pode carregar partículas de argila, areia, entre outros. A turbidez da água também pode ser provocada pelo lançamento de esgotos domésticos ou industriais (BRASIL,2014).

A turbidez natural da água, em geral está na faixa de 3 a 500 Unidades Nefelométricas de Turbidez (NUT) e para fins de potabilidade é necessário ser abaixo de 1 NUT. (BRASIL, 2014).

Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água é a capacidade da água em conduzir corrente elétrica e essa transmissão pode ser modificada devido a existência de partículas dissolvidas, que se dissolvem em ânions e cátions. Quanto maior for a quantidade de íons na solução, maior será a possibilidade de propagar uma corrente elétrica. (BRASIL, 2014)

As águas naturais, apontam teores de condutividade elétrica compreendida na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em locais onde ocorre poluição por esgotos domésticos ou industriais os valores podem alcançar até 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (BRASIL, 2014).

Sólidos totais dissolvidos

Os sólidos dissolvidos consistem em partículas orgânicas e inorgânicas, menores que 10^{-3} μm de diâmetro e que se encontram dissolvidos na água depois da filtração. Os sólidos dissolvidos na água podem ocorrer naturalmente através de um processo de erosão, causado por microorganismos e resíduos orgânicos ou ação antropogênica como lançamento de lixo e esgotos na água. O limite do padrão de potabilidade para sólidos totais dissolvidos é de 1000 mg/L. (BRASIL, 2014).

Alcalinidade

A alcalinidade é a medida de íons presentes na água necessários para que ocorra a reação de neutralização de íons hidrogênio. Mostrando a capacidade da água de neutralizar os ácidos, servindo para apresentar que é capaz de resistir a diversos valores de pH. (BRASIL, 2014).

Os componentes da alcalinidade na água, são os bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2+}) e hidróxidos (OH^-). (BRASIL, 2014).

A alcalinidade na água é distribuída entre três formas, pode ser considerada em função dos valores de pH: (BRASIL, 2014).

Para o pH > 9,4 evidencia a existência de hidróxidos e carbonatos, pH entre 8,3 e 9,4 indica a presença de carbonatos e bicarbonatos e pH entre 4,4 e 8,3 somente bicarbonatos. (BRASIL, 2014).

Cloretos

Os cloretos são resultantes de minerais dissolvidos ou da presença de água do mar, e ainda podem decorrer dos esgotos domésticos ou industriais. Em elevadas concentrações, percebe-se sabor salgado à água ou propriedades laxativas. (BRASIL, 2014).

Dureza

A dureza demonstra a quantidade de cátions multivalentes presentes na água. Os cátions relacionados à dureza são o cálcio (Ca^{+2}) e o magnésio (Mg^{+2}) e, em menor proporção, o Ferro (Fe^{+2}), o manganês (Mn^{+2}), o estrôncio (Sr^{+2}) e o alumínio (Al^{+3}). (BRASIL, 2014).

A dureza da água é apresentada em mg/L e pode ser classificada em quatro fases: mole ou branda < 50 mg/L de CaCO_3 (Carbonato de Cálcio); dureza moderada entre 50 mg/L e 150 mg/L de CaCO_3 (Carbonato de Cálcio); dura entre 150 mg/L e 300 mg/L de CaCO_3 (Carbonato de Cálcio); muito dura > 300 mg/L de CaCO_3 (Carbonato de Cálcio). (BRASIL, 2014).

Potencial hidrogeniônico pH

O Potencial Hidrogeniônico (pH) caracteriza a intensidade das condições ácidas ou alcalinas da água, esta medição é representada pela existência de íons Hidrogênio (H^+). Compreende a faixa de 0 a 14 (abaixo de 7: Condições de acidez; elevado a 7: Condições alcalinas). (BRASIL, 2014).

Em rios onde as cores são intensas, resultantes das presenças de ácido húmicos originários da decomposição vegetal, o pH das águas é ácido e abrange valores entre 4 a 6. Para a preservação da vida aquática, o pH necessita estabilizar na faixa de 6 a 9. Para abastecimento humano o pH deve estar entre 6,5 e 9,5. (BRASIL, 2014).

Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido indica a qualidade de um ambiente aquático. Fatores ambientais como a temperatura, pressão e salinidade influenciam na dissolução de gases presentes na água. (BRASIL, 2014).

As mudanças nas taxas de oxigênio dissolvido estão relacionadas com os processos físicos, químicos e biológicos que acontecem na água. É fundamental que teores de oxigênio dissolvido estejam entre 2 mg/L a 5 mg/L para preservação da vida aquática aeróbica. (BRASIL, 2014).

2.4 Coagulação

Na coagulação, ocorre uma reação entre o coagulante e a água que possibilita a formação de espécies hidrolisadas que possuem carga positiva. O resultado depende da concentração, do tipo de coagulante utilizado e pH final da mistura. (MOTA; VON SPERLING, 2009).

As espécies hidrolisadas passam a se manter conectadas com as partículas em suspensão, por ação do transporte físico da água. (MOTA; VON SPERLING, 2009).

A coagulação acontece através de quatro mecanismos diferentes: compressão da camada difusa, adsorção e neutralização de cargas, varredura, adsorção e formação de pontes de hidrogênio. (ROZENO, 2019).

Os principais mecanismos que ocorrem quando é aplicado o sulfato de alumínio como coagulante são: adsorção e neutralização de cargas e/ ou a varredura. (COMBATT, 2018).

Na adsorção e neutralização de cargas, determinadas substâncias químicas são capazes de ser adsorvidas na superfície dos colóides, gerando diferentes interações. (MOTA; VON SPERLING, 2009).

As interações que ocorrem são ligações de hidrogênio, troca iônica, ligações covalentes, entre outros. (MOTA; VON SPERLING, 2009).

Na varredura, para formar precipitados insolúveis de carga positiva e elevada massa molecular, é necessário utilizar sais de ferro e de alumínio que são capazes de serem associados aos hidróxidos livres no meio, conforme a dosagem de coagulante

e pH da mistura. (DI BERNARDO *et al*, 2002 *apud* MOTA; VON SPERLING, 2009 p. 353).

Os colóides encontrados na solução produzem um efeito de união entre os precipitados por neutralização ou por aprisionamento, o que facilita sua remoção por precipitação, flotação ou filtração. (DI BERNARDO *et al*, 2002 *apud* MOTA; VON SPERLING, 2009 p. 353).

2.4.1 Sulfato de alumínio

O coagulante mais aplicado no tratamento de água é o sulfato de alumínio. É chamado de alúmen e a sua composição possui a fórmula $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$. (ROSALINO,2011).

No momento em que o sulfato de alumínio é acrescentado na água, sua dissolução é instantânea e ocorre uma sequência de reações de hidrólise, formando a seguinte reação. (ROSALINO,2011; ARAÚJO, 2021).



Quando o coagulante inorgânico é adicionado no tratamento de água, para um estipulado valor de pH, poderá ocorrer o aparecimento de algumas espécies hidrolisadas. A seguir serão mostradas algumas reações de hidrólise que ocorrem quando a temperatura se encontra em 25 °C. (PAVANELLI, 2001; ARAÚJO, 2021).



O sulfato de alumínio atua efetivamente na faixa de pH de 5,5 e 8,5, no entanto quando o pH é inferior a 5,5 e superior a 8,5 os íons de alumínio se dissolvem na água e não precipitam, resultando em uma coagulação ineficaz. (ROSALINO,2011)

Conforme a dosagem, o sulfato de alumínio se torna tóxico podendo causar doenças de demência e coordenação motora, em consequência de a insuficiência renal não conseguir filtrar os metais do sangue que acaba sendo transportado para o

cérebro, podendo levar a doenças como o Alzheimer, mal de Parkinson. (SILVA, 1999).

2.4.2 Coagulantes a base de Tanino – Tanfloc-SG

Na empresa TANAC, são produzidos diversos tipos de coagulantes denominados Tanfloc: Tanfloc SG, Tanfloc SG 1500, Tanfloc SG 1530, Tanfloc SL e Tanfloc SS. Neste trabalho, terão foco as características do Tanfloc SG. (TREVISAN, 2014).

O Tanfloc SG, é um polímero orgânico-catiônico de origem vegetal que apresenta baixo peso molecular e pode ser aplicado como coagulante, floculante ou auxiliar de coagulação no tratamento de águas. (TANAC, 1999).

O Tanfloc - SG, denominado como Tanato quaternário de amônio, é um coagulante de origem orgânica, eficaz e que não agride a natureza, solúvel em água fria, tornando-se indicado para tratamento de águas. (VANACÔR, 2005).

Estudos já realizados apresentaram resultados que quanto mais diluída a solução de Tanfloc, maior será sua eficácia. As estações de tratamento de água deverão adaptar a concentração da solução para cada situação. (VANACÔR, 2005).

A aplicação dos taninos vegetais possui algumas vantagens como a adsorção de metais dissolvidos na água e a aglutinação através da precipitação; eliminação ou redução da toxicidade na água derivada de fontes com cianofíceas ou bactérias clorofiladas. (SILVA, 1999).

2.5 Características do lodo de ETA

A composição do lodo de uma estação de tratamento de água consiste em resíduos sólidos inorgânicos e geralmente não produz demanda de oxigênio nas águas superficiais. A sua composição consiste em uma pequena porção de sólidos, de 3 a 15 g/L; sólidos suspensos correspondem por 75 a 90% dos sólidos totais e o percentual de sólidos voláteis é de cerca de 20 a 35% dos sólidos totais. As características do lodo resultam dos elementos contidos na água bruta. (ABOY, 1999).

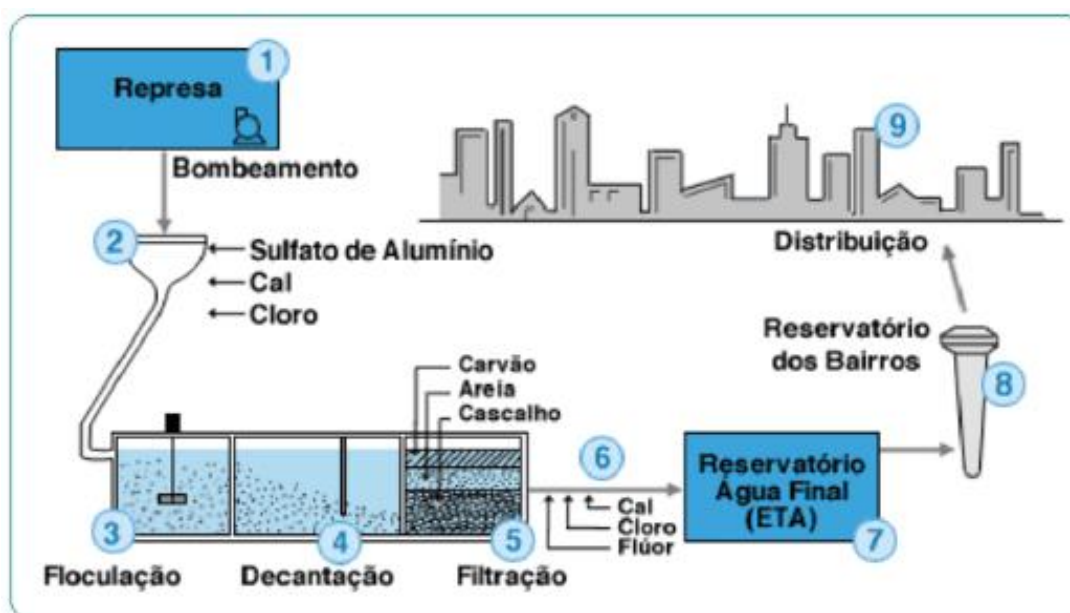
O lodo gerado em uma ETA, é uma substância não-newtoniana, em sua composição é encontrado substâncias gelatinosas de hidróxido de alumínio, resíduos inorgânicos como argila ou areia, colóides coloridos, microorganismos como um

exemplo plâncton e outros resíduos orgânicos retirados durante o processo de tratamento da água, também contendo produtos químicos aplicados no tratamento da água, como o carvão ativado, cal, entre outros. (ABOY, 1999).

2.6 Esquema de tratamento de água convencional

Na Figura 4 está apresentado o esquema de tratamento de água do tipo convencional, de acordo com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

Figura 4 – Esquema de tratamento de água convencional



Fonte: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (2010)

Analisando a Figura 4 percebe-se que a captação da água é a primeira etapa em uma estação de tratamento de água convencional (1), onde a água é bombeada para a ETA e aplicado o uso de produtos químicos para que ocorra a reparação do pH (2). Inicia-se o procedimento de coagulação e floculação (3), que proporciona a formação de flocos com dimensão que facilita a sua decantação (4). Executa-se a filtração (5), que representa a passagem da água por tanques recheado por cascalho, areia e carvão ativado. Em conclusão, é realizada a nova reparação do valor de pH e o acréscimo de cloro para exercer a desinfecção da água e propiciar um teor potável para o abastecimento humano. O teor de flúor apropriado é acrescentado. A água

tratada é transportada até os reservatórios da ETA (7), para os reservatórios dos bairros (8) e finalmente é distribuída para a população (9).

3 METODOLOGIA: ARTIGO

Neste capítulo será descrita a metodologia do presente Trabalho de Conclusão de Curso a qual consiste em expor tanto a metodologia utilizada na obtenção de dados experimentais quanto à interpretação e discussão dos resultados, na forma de um artigo científico.

AVALIAÇÃO DE UM COAGULANTE ORGÂNICO COMO SUBSTITUIÇÃO AO SULFATO DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO DE ÁGUA EM ETA

Claudia Roberta Pozzer

UNIPAMPA, Brasil

E-mail: claudiapozzer.aluno@unipampa.edu.br

Caroline Wagner

UNIPAMPA, Brasil

E-mail: carolinewagner@unipampa.edu.br

Maria Alejandra Liendo

UNIPAMPA, Brasil

E-mail: marialiendo@unipampa.edu.br

RESUMO

Para melhorar a qualidade da água existente na natureza é preciso realizar processos físicos e químicos, tornando-a apropriada para o abastecimento coletivo da população. O processo de coagulação desempenha uma função de significativa importância no que se refere à qualidade da água. Geralmente, as estações de tratamento de água utilizam coagulantes inorgânicos contendo em sua composição sais de ferro e alumínio que produzem resíduos. Estes resíduos produzidos pelo coagulante contêm uma alta concentração de metais, causando impactos ambientais resultantes da destinação final inadequada. Uma alternativa para este problema é a utilização de coagulantes orgânicos que possuem biodegradabilidade, não são tóxicos e reduzem a concentração de metais presentes no lodo. Portanto, a finalidade deste trabalho é aplicar um coagulante orgânico, chamado Tanfloc – SG, como uma possibilidade de substituir o coagulante inorgânico Sulfato de Alumínio nas etapas de coagulação/floculação/sedimentação na estação de tratamento de água, localizada no município de Candiota-RS. A mencionada ETA, é a responsável pelo abastecimento do bairro Dario Lassance. Os parâmetros avaliados da água bruta e tratada utilizando

os coagulantes Tanfloc – SG e Sulfato de Alumínio foram turbidez, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, cloretos, dureza total e pH.

Palavras-chave: Coagulação. Resíduos. Tanfloc. Alumínio. Água.

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos maiores recursos, sendo fundamental para a saúde, qualidade de vida e economia. A característica de nossas águas está cada vez mais sendo ameaçada em consequência do crescimento populacional, principalmente nas grandes cidades, degradação provocada pela indústria, agricultura, mineração e atividades de ocupação urbana.

O resíduo gerado pelas ETAs é o lodo produzido pelo decantador e o efluente ocasionado pela lavagem dos filtros. Os constituintes deste resíduo não são só os poluentes presentes na água bruta, mas também os aditivos adicionados no processo de tratamento. Devido ao coagulante utilizado, essas substâncias podem conter íons metálicos. (VANACÔR, 2005).

Objetivando aperfeiçoamentos no processo, reduzir o lodo produzido e ser isento de metais, estudos sobre a utilização de coagulantes orgânicos ao invés de coagulantes inorgânicos na produção de água potável, vêm sendo desenvolvidos. (MORAES, 2009).

Os Taninos dispõem de características que não modificam o pH da água tratada, visto que não consomem a alcalinidade do meio, simultaneamente são eficientes em uma faixa de pH de 4,5 a 8,0. Os Taninos agem no sistema de partículas coloidais, neutralizam a carga e formam pontes entre essas partículas, esse procedimento é encarregado pela produção dos flocos e em sequência a sedimentação. (SILVA, 1999).

Em estudos realizados percebeu-se que os flocos gerados no processo de sedimentação utilizando o coagulante Tanfloc alcançaram um tamanho maior do que os formados com o coagulante Sulfato de Alumínio, demonstrando uma vantagem para o coagulante orgânico quando comparado ao coagulante inorgânico, favorecendo a decantação em virtude do peso do floco gerado, quanto menor o floco, maior a sua probabilidade de dispersão na água tratada. (ZOLETT; JABUR, 2013).

Conforme o exposto, o objetivo geral deste estudo foi caracterizar a água de um manancial localizado em Candiota, sendo o responsável pelo abastecimento do bairro Dario Lassance, tendo como os objetivos específicos coletar a amostra de água bruta da ETA e descrever o local de coleta, realizar ensaios de Jar-Test. nas amostras de água mediante um polímero orgânico (Tanfloc SG) e através do coagulante sulfato de alumínio. Caracterizar as amostras de água antes e após o tratamento, através de análise de pH, turbidez, condutividade elétrica, dureza total, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, cloretos. Além disso, foram objetivos também comparar os resultados obtidos mediante os dois tipos de reagentes e por fim realizar uma análise econômica dos coagulantes.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a execução deste trabalho foi utilizado uma amostra de água sem tratamento, obtida de um manancial. O mesmo é utilizado como fonte de captação de água da estação de tratamento de água responsável pelo abastecimento do bairro Dario Lassance.

2.1. Reagentes e Equipamentos

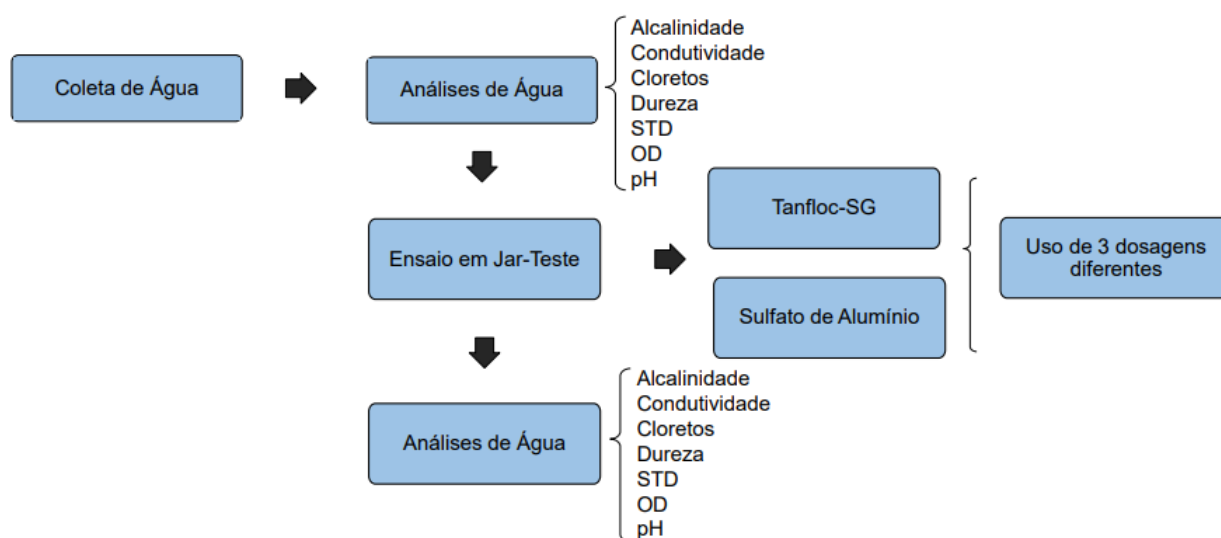
Para a realização dos experimentos foram utilizados os reagentes, ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,02 N da marca Alphatec; Cromato de Potássio K_2CrO_4 da marca CRQ; EDTA 0,01 M da marca Dinâmica Química Contemporânea; Hidróxido de sódio NaOH da marca CRQ; Indicador negro de eriocromo T da marca Vetec; Indicador verde de bromocresol/ vermelho de metila da marca Vetec; Nitrato de Prata $AgNO_3$ 0,0141 da marca Plat-Lab; Tanfloc-SG da empresa TANAC, Sulfato de Alumínio da marca CRQ.

Para a realização das análises, foram aplicados os equipamentos Condutividade elétrica modelo HI 9835 marca Hanna Instruments; Balança analítica modelo AUY 22 marca Shimadzu; Medidor de pH modelo 827 pH marca Metrohm; Medidor de Turbidez modelo DLT-WV marca Del Lab; Medidor de Sólidos dissolvidos totais modelo HI 9835 marca Hanna Instruments; Medidor de Oxigênio dissolvido modelo HI 9146 marca Hanna Instruments; Jar-Test marca ECO educacional.

2.2 Métodos

Na Figura 5 está representado o fluxograma da metodologia experimental, que foi empregada neste trabalho.

Figura 5 – Fluxograma geral da metodologia aplicada para desenvolvimento do trabalho



Fonte: Autora (2021)

As primeiras caracterizações ocorreram na água bruta, isto é, a amostra a qual não foram adicionados os coagulantes (sulfato de alumínio nem Tanfloc). Foram realizados ensaios em escala de bancada baseados no processo de coagulação, utilizando o equipamento Jar- test que simula a coagulação/ floculação que ocorre nas ETAS com diferentes dosagens, sendo adicionado o Tanfloc-SG como coagulante, como mostrado no fluxograma. As amostras de água foram colocadas em jarros de 1 litro cada, sendo adicionado em cada jarro uma dosagem diferente do coagulante Tanfloc-SG. A adição do coagulante ocorreu a mistura da água de 2 minutos no equipamento Jar- test. Foi interrompida a agitação e com quarenta minutos de sedimentação foram retiradas as alíquotas de 600 ml da água tratada para realização de todas as análises. Ocorreu a caracterização das alíquotas. Na terceira etapa, da metodologia proposta, apresentada no fluxograma, foram adicionadas três dosagens diferentes do coagulante sulfato de alumínio, o procedimento ocorreu da mesma forma que o descrito anteriormente.

Na Tabela 3 são apresentados os nomes e a quantidade de amostras necessárias para realizar os ensaios de Jar-test. com 3 dosagens diferentes dos coagulantes inorgânico e orgânico, em triplicata.

Tabela 3: Números de amostras necessárias

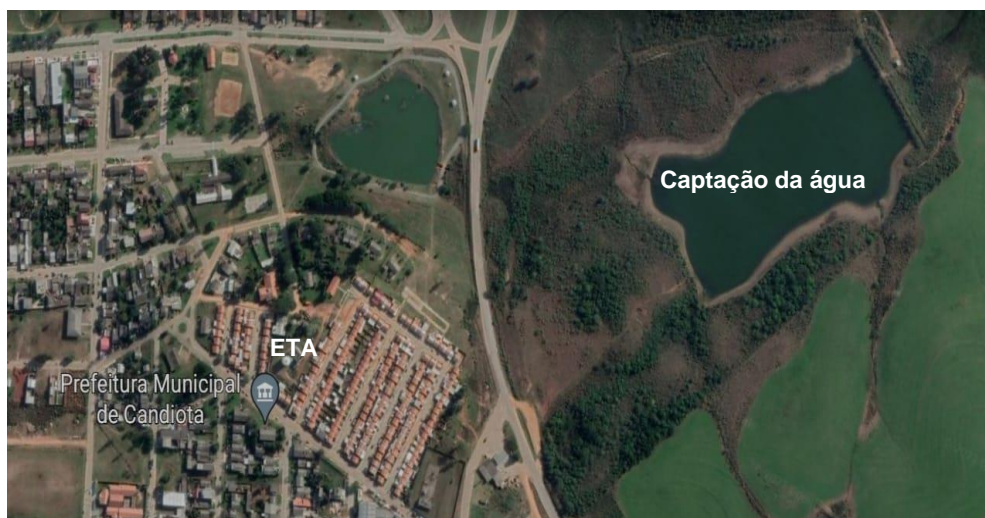
AMOSTRAS	SULFATO DE ALUMÍNIO	TANFLOC
Amostra 1	Dosagem de 60 mg/L	-----
Amostra 2	Dosagem de 60 mg/L	-----
Amostra 3	Dosagem de 60 mg/L	-----
Amostra 4	Dosagem de 40 mg/L	-----
Amostra 5	Dosagem de 40 mg/L	-----
Amostra 6	Dosagem de 40 mg/L	-----
Amostra 7	Dosagem de 20 mg/L	-----
Amostra 8	Dosagem de 20 mg/L	-----
Amostra 9	Dosagem de 20 mg/L	-----
Amostra 10	-----	Dosagem de 60 mg/L
Amostra 11	-----	Dosagem de 60 mg/L
Amostra 12	-----	Dosagem de 60 mg/L
Amostra 13	-----	Dosagem de 40 mg/L
Amostra 14	-----	Dosagem de 40 mg/L
Amostra 15	-----	Dosagem de 40 mg/L
Amostra 16	-----	Dosagem de 20 mg/L
Amostra 17	-----	Dosagem de 20 mg/L
Amostra 18	-----	Dosagem de 20 mg/L

Fonte: Autora (2021)

2.3 Local de estudo

O bairro de Dario Lassance está instalado em Candiota-RS e possui cerca de 4 mil habitantes. A água de abastecimento do bairro é tratada na estação de tratamento de água situada no mesmo bairro, e a água bruta é captada de um manancial, conforme pode ser visualizado na Figura 6.

Figura 6 - Imagem de satélite da localização da Estação de tratamento de água de Dario Lassance e o manancial de captação da água bruta.



Fonte: Google Earth (2021)

Na Figura 7 está apresentado a imagem do satélite da vista superior da Estação de Tratamento de água, adaptada pela autora desse trabalho. A imagem mostra a localização do reservatório da água bruta, os tanques de floculação e sedimentação, tanques de filtração, o reservatório de armazenamento para distribuição e o reservatório de armazenamento da água da lavagem dos filtros.

Figura 7 - Imagem do satélite da vista superior da ETA



Fonte: Google Earth (2022) adaptada

2.4 Coleta da água

As amostras analisadas foram coletadas no reservatório de água bruta da estação de tratamento de água e armazenados em galões de 5 Litros até a chegada na UNIPAMPA, onde foram realizadas as análises.

2.5 Ensaio em Jar-Test

Foram adicionadas as amostras de água nos jarros de 1L, utilizando o coagulante orgânico em pó Tanfloc - SG em dosagens diferentes. Cada jarro foi agitado durante 2 minutos, esse procedimento foi realizado novamente utilizando um novo coagulante, sendo o sulfato de alumínio. Para ambos os coagulantes foram realizados ensaios em triplicata.

2.6 Parâmetros físico-químicos da água

Análises físico-químicas da água bruta foram necessárias para avaliar a alcalinidade, condutividade elétrica, dureza total, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, pH e cloretos, antes e após o tratamento da água, para uma comparação.

Alcalinidade

Para determinação da Alcalinidade, foram inseridos 50 ml da amostra de água em um Erlenmeyer de 250 ml, adicionando 3 gotas do indicador verde de bromocresol/vermelho de metila. Iniciou-se titulação com ácido sulfúrico 0,02 N até a mudança da cor azul-esverdeada para róseo. Conforme o Manual prático de análise de água (BRASIL, 2013).

A Equação 1 foi utilizada para determinar a alcalinidade em mg/L de CaCO₃.

$$\text{Alcalinidade em mg/L de CaCO}_3 = V \times 20 \quad (1)$$

V = Volume total de H₂SO₄ gasto em mL

Condutividade

A condutividade foi definida a partir de um Condutímetro da Hanna Instruments, modelo HI 9835.

Cloretos

Em um Erlenmeyer foram adicionados 100 ml da amostra. Foi ajustado o pH entre 7 e 10 com NaOH ou H₂SO₄ e adicionou-se 1 ml da solução indicadora Cromato de Potássio K₂CrO₄ e titulou-se com a solução padrão de Nitrato de Prata AgNO₃ 0,0141 N até a viragem para amarelo avermelhado. Conforme o Manual prático de análise de água. (BRASIL, 2013).

Para determinação de cloretos expressa em mg/L de CL, utilizou-se a Equação 2.

$$\text{Cloretos em mg/L de CL} = \frac{(A - B) \times N \times 35,45}{\text{mL da amostra}} \quad (2)$$

A = mL do titulante gasto na amostra.

B = mL do titulante gasto no branco.

N = normalidade do titulante.

Dureza Total

Foram adicionados 50 mL da amostra de água em um Erlenmeyer de 250 mL, após inseriu-se 4 mL de solução tampão hidróxido de amônio/cloreto de amônio (tampão pH = 10). Foi inserido 50 mL de água destilada e adicionou-se 15 gotas da solução de negro de eriocromo T. Titulou-se com a solução padrão de EDTA, até o aparecimento de uma coloração azul celeste no Erlenmeyer. (SILVA; SOUSA, 2013).

A partir da Equação 3, obteve-se valores para a dureza total expressa em mg/L de CaCO₃.

$$\text{Dureza total em mg/L de CaCO}_3 = \frac{\text{Volume gasto de EDTA 0.01 N} \times \text{FC} \times 1000}{\text{mL da amostra}} \quad (3)$$

FC = Fator de correção

Sólidos totais dissolvidos

Os sólidos totais dissolvidos foram determinados em um múltiplo digital, marca Hanna Instruments, modelo HI 9835.

Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido foi medido através de um equipamento portátil de medição da marca Hanna e modelo HI 9146.

pH

O pH foi determinado por meio de um medidor de pH, da marca Metrohm e modelo 827, de acordo com a metodologia descrita no manual do aparelho.

2.7 Dosagens dos coagulantes Sulfato de Alumínio e Tanfloc-SG.

Para estabelecer a dosagem mais eficaz dos coagulantes Tanfloc- SG e Sulfato de Alumínio, foi elaborado uma solução para o coagulante orgânico e coagulante inorgânico contendo 1 g do mesmo dissolvido em um balão volumétrico de 1000 ml.

No Quadro 1 está demonstrado o volume da solução preparada para cada dosagem. Os cálculos para as dosagens foram realizados através da Equação 4.

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2 \quad (4)$$

Quadro 1 – Dosagem da solução dos coagulantes Tanfloc-SG e Sulfato de alumínio.

Coagulante	Volume da solução (mL)	Dosagem (mg/L)
Tanfloc – SG	2	20
Tanfloc – SG	4	40
Tanfloc – SG	6	60
Sulfato de Alumínio	2	20
Sulfato de Alumínio	4	40
Sulfato de Alumínio	6	60

Fonte: Autora (2022)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são demonstrados os resultados alcançados para as análises deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Na tabela 4 está representado os resultados da caracterização da água bruta e os valores máximos permitidos para os parâmetros em estudo, conforme o padrão de Potabilidade da Portaria de Consolidação nº 888/2021. (BRASIL (2021))

Tabela 4: Caracterização da água bruta e Parâmetros de Potabilidade segundo a Portaria de Consolidação nº 888/2021.

Parâmetro	Parâmetros de Potabilidade Portaria de Consolidação nº 888/2021	Valor encontrado
Alcalinidade (mg/L de CaCo3)	-	18
Cloretos (mg/L de Cl)	250	0,0028
Condutividade elétrica (µS)		48,6
Dureza (mg/L de CaCo3)	300	26,68
Oxigênio dissolvido (mg/L)		5,56
pH	6,0 a 9,0	6
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	500	24,26
Turbidez (NTU)	5	3,74

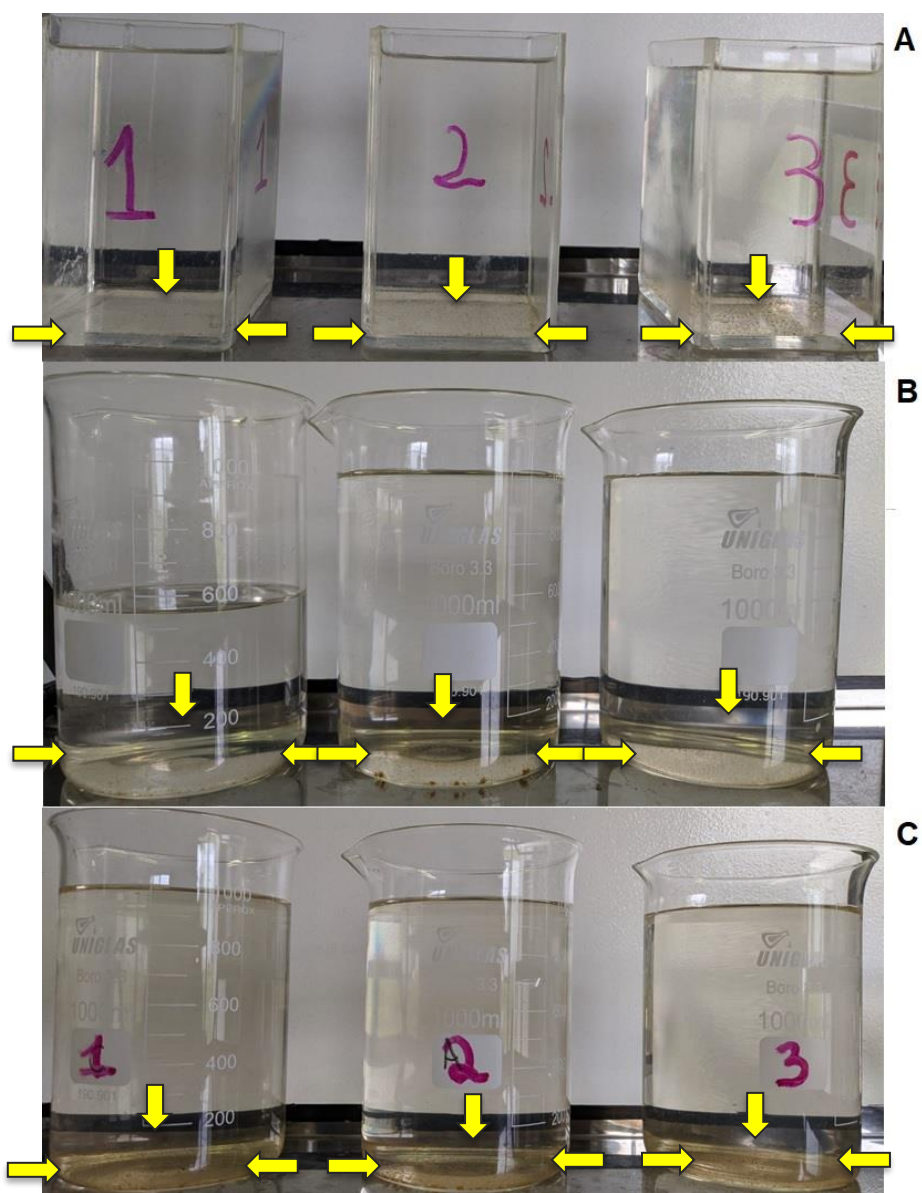
Fonte: Autora (2022)

Conforme a FUNASA, BRASIL (2014), o valor mínimo de oxigênio dissolvido permitido para a manutenção da vida aquática é 5mg/L.

3.1 Floculação/Decantação para as diferentes dosagens de Tanfloc-SG

Na Figura 8 estão demonstrados os flocos formados no fundo dos jarros para a dosagem de 20 mg/L (Figura A), 40 mg/L (Figura B) e 60 mg/l (Figura C) do coagulante orgânico Tanfloc-SG.

Figura 8: Flocos formados após 40 minutos de decantação com o coagulante Tanfloc-SG.

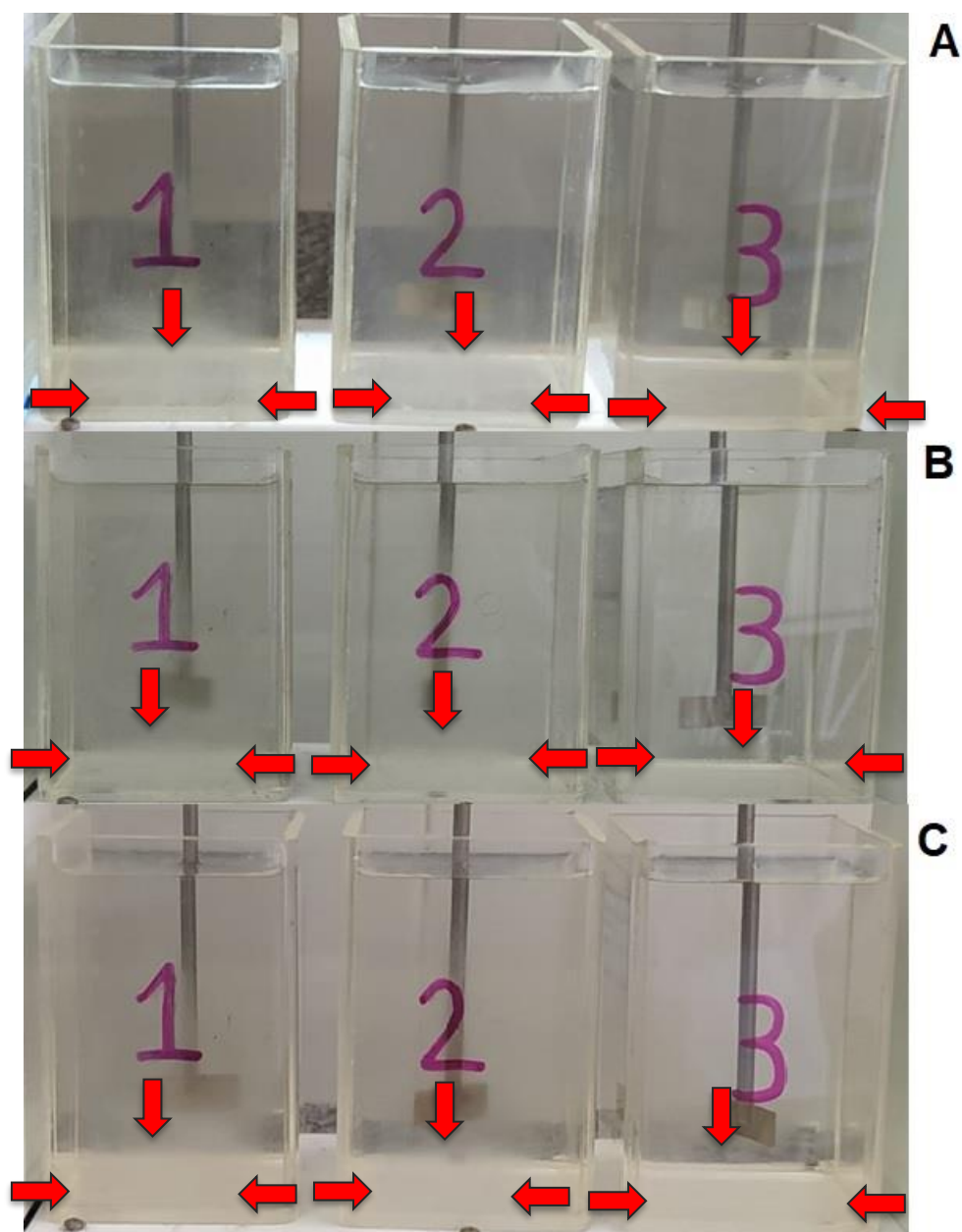


Fonte: Autora (2022)

3.2 Floculação/Decantação para as diferentes dosagens de Sulfato De Alumínio

Na Figura 9 estão demonstrados os flocos formados no fundo dos jarros para a dosagem de 20 mg/L (Figura A), 40 mg/L (Figura B) e 60 mg/l (Figura C) do coagulante inorgânico Sulfato de alumínio.

Figura 9: Flocos formados após 40 minutos de decantação com o coagulante Sulfato de Alumínio

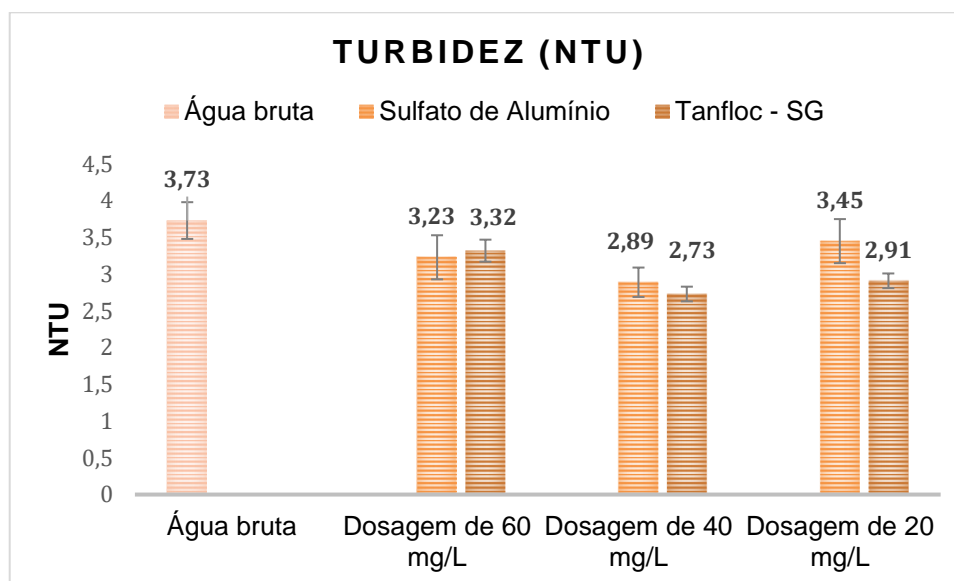


Fonte: Autora (2022)

3.3 ANÁLISE DO DESEMPENHO DO SULFATO DE ALUMÍNIO E TANFLOC-SG

Na Figura 10, está representado graficamente o desvio padrão das análises de turbidez.

Figura 10: Resultados do parâmetro de turbidez com o uso do coagulante Tanfloc-SG e Sulfato e Alumínio.



Fonte: Autora (2022)

Para o parâmetro de turbidez da água bruta mediou-se 3,73 NTU \pm 0,25. Para a dosagem de sulfato de alumínio de 60 mg/L, alcançou uma remoção de 13,4%. Para a média e desvio padrão, mediou-se 3,23 NTU \pm 0,3. Para Tanfloc-SG, com remoção de 11%, o valor encontrado é de 3,32 NTU \pm 0,15.

Para a dosagem de 40 mg/L de sulfato de alumínio a turbidez foi removida em 22,5 % e atingiu 2,89 NTU \pm 0,2. Para o Tanfloc-SG ocorreu uma diminuição de 26,8 % e alcançou uma turbidez de 2,73 NTU \pm 0,1.

Para a dosagem de 20 mg/L de sulfato de alumínio obteve-se 7,5% de remoção e obteve-se o valor 3,45 \pm 0,3. Para o Tanfloc-SG foi removida 22% resultando em uma turbidez de 2,91 \pm 0,15.

Ao observar a Figura 10, constatou-se que os resultados mais eficazes obtidos foram com a concentração de 40 mg/L para o Tanfloc-SG alcançando um valor de 2,73 NTU com diminuição de 26,8 % na turbidez e 40 mg/L para o sulfato de alumínio obtendo um valor de 2,89 NTU com uma remoção de 22,5%, certificando que os dois

coagulantes em estudo alcançaram uma eficácia com a mesma concentração. Os resultados preferíveis para a turbidez foram obtidos para a coagulante orgânico com 2,73 NTU.

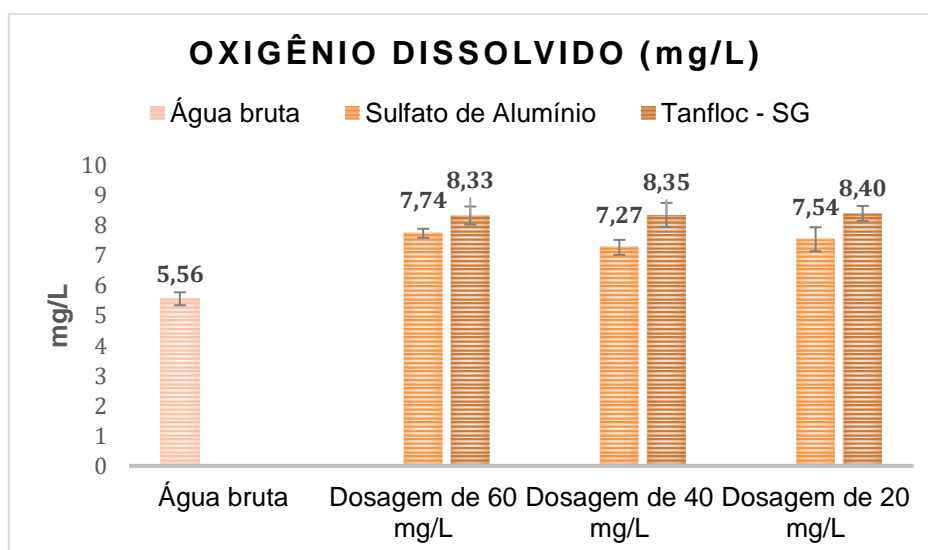
De acordo com Nepomuceno *et al.* (2018) que realizou um trabalho sobre a aplicabilidade de coagulantes a base de taninos em estações de tratamento de água, afirmou que os resultados mais eficazes para os coagulantes a base de tanino, pode estar associada ao mecanismo de coagulação. Os polímeros possuem cadeias longas constituídas por monômeros, que dispõem de sítios com cargas positivas, portanto os flocos criados pelo Tanfloc-SG apresentam um tamanho maior quando comparado com os flocos gerados com o coagulante Sulfato de Alumínio, elevado peso molecular e, como resultado demonstra maior velocidade de sedimentação.

Conforme a portaria GM/MS Nº 888 BRASIL (2021), o valor máximo permitido para a turbidez é de 5 NTU. A água em estudo sem tratamento estava dentro desse parâmetro, necessário para determinar o padrão de potabilidade, porém o tratamento auxiliou na remoção desse parâmetro.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Na Figura 11, está representado graficamente o desvio padrão das análises de oxigênio dissolvido.

Figura 11: Resultados do parâmetro de oxigênio dissolvido com o uso do coagulante Tanfloc-SG e Sulfato e Alumínio.



Fonte: Autora (2022)

Ao ser interpretado as análises de oxigênio dissolvido representados na Figura 11, observou-se que houve um aumento quando comparado com o valor da água bruta que pode ser explicado em razão da necessidade de movimentar a sonda dentro da amostra de água antes de iniciar a análise, com o objetivo de retirar todas as bolhas que estão nos furos da sonda.

Durante a análise de oxigênio dissolvido, a água estava em uma agitação de aproximadamente 0,3 m/s, provocada com o auxílio de um agitador magnético para que a superfície da membrana permaneça completamente cheia. Esse fator também pode ter ocasionado o aumento desse parâmetro.

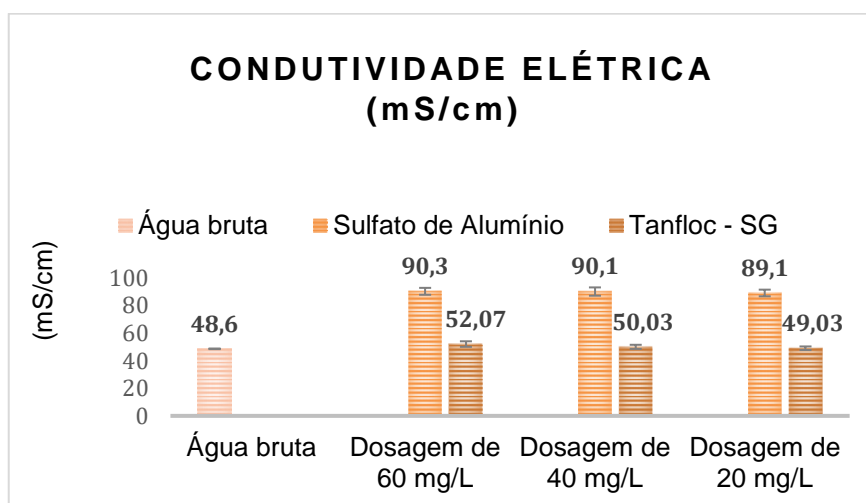
Em conclusão, este resultado não teve interferência dos coagulantes em estudo que são o Sulfato de alumínio e Tanfloc-SG.

Conforme a FUNASA, BRASIL (2014), o valor mínimo de oxigênio dissolvido permitido para a manutenção da vida aquática é 5mg/L, em vista disso a água bruta e tratada estavam dentro desse parâmetro, necessário para determinar o padrão de potabilidade, porém o tratamento auxiliou na remoção desse parâmetro.

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Na Figura 12, está representado graficamente o desvio padrão das análises de condutividade elétrica.

Figura 12: Resultados do parâmetro de condutividade elétrica com o uso do coagulante Tanfloc-SG e Sulfato e Alumínio.



Fonte: Autora (2022)

A condutividade elétrica analisada na Figura 12, para a água bruta permaneceu em uma faixa de $48,6 \pm 0$ mS/cm. Os valores encontrados utilizando o coagulante orgânico variaram no intervalo de 49 mS/cm a 52 mS/cm e verificou-se um aumento mínimo na condutividade conforme aumentou a concentração do coagulante Tanfloc-SG.

Já para o Sulfato de alumínio obteve-se valores por volta de 89 mS/cm a 90 mS/cm. Para concluir, observou-se que a condutividade não sofreu grandes alterações quando foi utilizado o coagulante orgânico Tanfloc-SG.

Para a dosagem de 60 mg/L de Sulfato de alumínio teve um aumento de 85,8 % na condutividade elétrica. Para média e desvio padrão mediu-se $90,3 \text{ mS/cm} \pm 2,5$. Para o Tanfloc com taxa de elevação de 7% neste parâmetro, o valor encontrado é $52,07 \text{ mS/cm} \pm 2$.

Para a dosagem de 40 mg/L de Sulfato de alumínio teve um aumento de 85,4 % e atingiu $90,1 \text{ mS/cm} \pm 3$. Para o Tanfloc apenas 2,94 % de elevação e alcançou $50,03 \text{ mS/cm} \pm 1,5$.

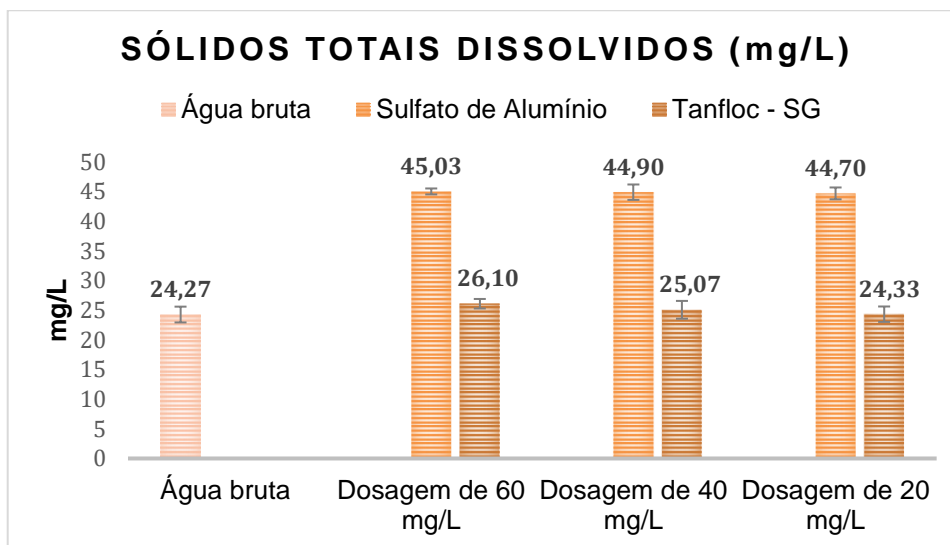
Para a dosagem de 20 mg/L de Sulfato de alumínio teve um aumento de 83,3 % e o valor encontrado é de $89,1 \text{ mS/cm} \pm 2,4$. Para o Tanfloc com taxa de elevação de 1 % obteve-se $49,03 \text{ mS/cm} \pm 1,3$.

Conforme Gusmão (2014), este fato ocorreu por que o sulfato de alumínio dissociado libera íons em solução após todas as suspensões se agregarem em flocos, auxiliando no aumento da condutividade, o que não foi observado com Tanfloc-SG devido ao alto peso molecular deste coagulante, provocando baixa mobilidade e resultando em um aumento pequeno em relação a condutividade da água em estudo.

SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

Na Figura 13, está representado graficamente o desvio padrão das análises de sólidos totais dissolvidos.

Figura 13: Resultados do parâmetro de sólidos totais dissolvidos com o uso do coagulante Tanfloc-SG e Sulfato e Alumínio.



Fonte: Autora (2022)

Ao comparar os resultados apresentados na Figura 13, observou-se que com a aplicação do sulfato de alumínio como coagulante, resultou em um aumento do parâmetro de sólidos totais dissolvidos.

Esse fato ocorre por que o coagulante inorgânico Sulfato de Alumínio libera íons dissolvidos quando adicionados à água, resultando em um aumento nos sólidos totais dissolvidos.

Para o coagulante orgânico Tanfloc-SG o resultado desse parâmetro permaneceu praticamente inalterado quando comparado com o valor da água bruta, obteve-se uma pequena elevação.

Para a dosagem de 60 mg/L de Sulfato de alumínio teve um aumento de 85 % nos sólidos totais disponíveis. Para a média e desvio padrão encontrou-se 45,03 mg/L \pm 0,5. Para o Tanfloc com taxa de elevação de 7,54 % o valor encontrado é 26,1 mg/L \pm 0,8.

Para a dosagem de 40 mg/L de Sulfato de alumínio teve um aumento de 85,53 % e atingiu 44,9 mg/L \pm 1,3. Para o Tanfloc apenas 3,29 % de elevação e obteve-se 24,33 mg/L \pm 1,5.

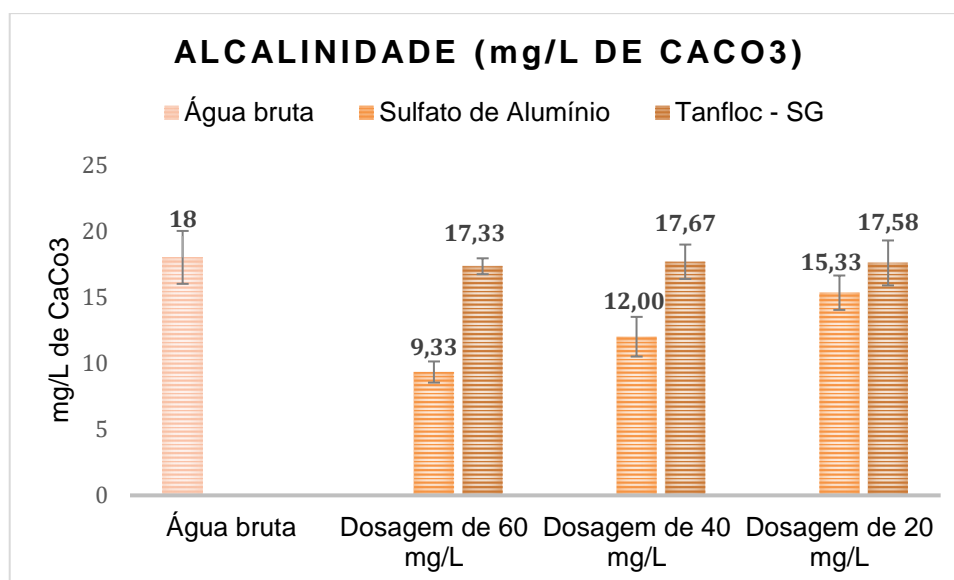
Para a dosagem de 20 mg/L de Sulfato de alumínio teve um aumento de 84,17 % e o valor encontrado foi 44,7 mg/L \pm 1. Para o Tanfloc com taxa de elevação de 0,30 % resultando em 24,33 mg/L \pm 1,3.

De acordo a portaria GM/MS Nº 888, BRASIL (2021), o valor máximo permitido para sólidos totais dissolvidos é de 500 mg/L, portanto a água em estudo tratada com os dois tipos de coagulantes estava dentro dos padrões de potabilidade.

ALCALINIDADE

Na Figura 14, está representado graficamente o desvio padrão das análises de alcalinidade.

Figura 14: Resultados do parâmetro de alcalinidade com o uso do coagulante Tanfloc-SG e Sulfato e Alumínio



Fonte: Autora (2022)

Conforme observou-se na Figura 14, alcalinidade não sofreu grandes alterações quando utilizado o coagulante Tanfloc-SG.

Somente verificou-se uma leve diminuição no parâmetro com o aumento da dosagem do coagulante inorgânico Sulfato de alumínio.

Para o coagulante sulfato de alumínio constatou-se uma modificação na Alcalinidade da água tratada.

Para a dosagem de 60 mg/L de Sulfato de alumínio teve uma redução de alcalinidade de 48,2 % na alcalinidade e mediu-se 9,33 mg/L. Para o Tanfloc-SG obteve-se uma redução de 3,72 % e atingiu o valor de 17,33 mg/L.

Para a dosagem de 40 mg/L de Sulfato de alumínio teve uma diminuição de 33,35 % na alcalinidade e mediu-se 12 mg/L. Para o Tanfloc-SG obteve-se uma redução de 1,83 % e atingiu o valor de 17,67 mg/L

Para a dosagem de 20 mg/L de Sulfato de alumínio teve uma redução de 14,83 % na alcalinidade e mediu-se 15,33. Para o Tanfloc-SG obteve-se uma redução de 2,33 % e atingiu o valor de 17,58 mg/L

De acordo com Coral; Bergamasco; Bassetti (2009), este resultado da análise de alcalinidade com sulfato de alumínio pode ser explicado devido ao coagulante inorgânico consumir bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos que estão atribuídos a alcalinidade do meio.

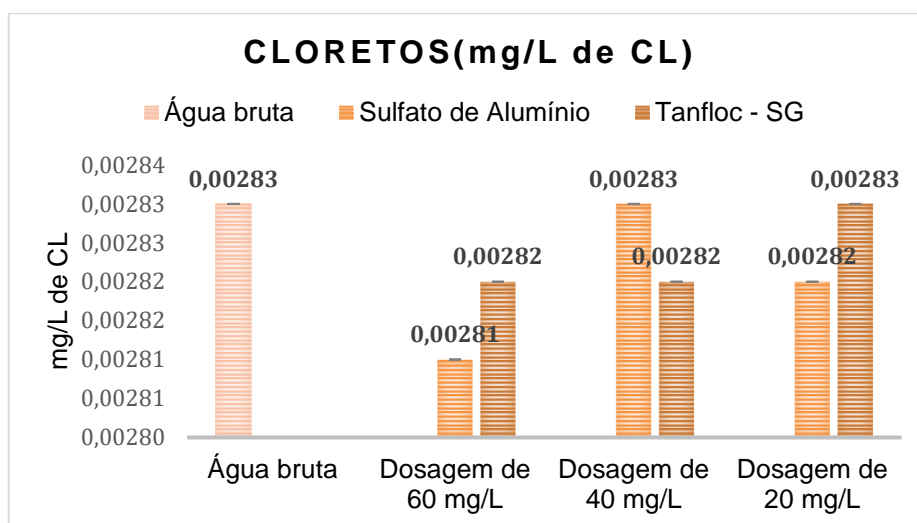
Em conclusão, verificou-se que o Tanfloc-SG apresentou-se eficaz quando comparado com o sulfato de alumínio, pois obteve-se valores de alcalinidade praticamente inalterados para as três dosagens. Esse fato ocorreu em consequência de os coagulantes orgânicos não possuírem caráter ácido quando misturados com a água e, portanto, não consomem a alcalinidade.

De acordo com BRASIL (2014), tanto na amostra bruta quanto nas tratadas pode se evidenciar a existência de bicarbonatos.

CLORETOS

Na Figura 15, está representado graficamente o desvio padrão das análises de cloretos.

Figura 15: Resultados do parâmetro de cloretos com o uso do coagulante Tanfloc-SG e Sulfato e Alumínio.



Fonte: Autora (2022)

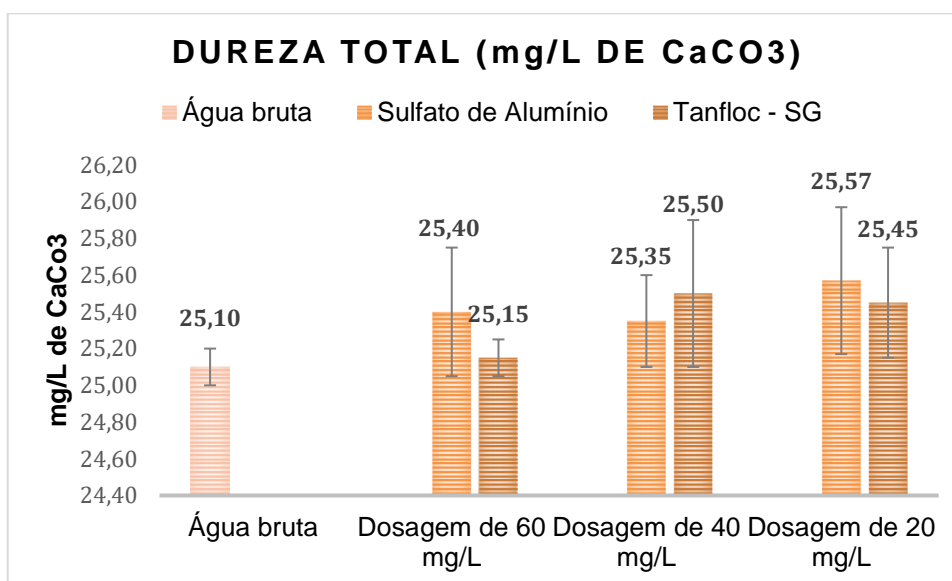
Levando em conta os resultados apresentados na Figura 15, obtidos para análise de cloretos, pode-se sugerir que não ocorreu alteração considerável quando comparado com o valor referente a água bruta que foi 0,00283, devido não ter adicionado cloro na amostra que estava sendo estudada.

Para esse parâmetro o desvio padrão encontrado foi zero para ambos os coagulantes e dosagens.

DUREZA TOTAL

Na Figura 16, está representado graficamente o desvio padrão das análises de dureza total.

Figura 16: Resultados do parâmetro de dureza total com o uso do coagulante Tanfloc-SG e Sulfato e Alumínio.



Fonte: Autora (2022)

Para os resultados apresentados na Figura 16, para a dosagem de sulfato de alumínio de 60 mg/L, alcançou um aumento de 1,19 % na dureza total. Para a média e desvio padrão, mediu-se 25,4 mg/L de CaCo₃ ± 0,35. Para Tanfloc-SG, com aumento de 0,19 % neste parâmetro, o valor encontrado é de 25,15 mg/L de CaCo₃ ± 0,1.

Para a dosagem de 40 mg/L de Sulfato de alumínio a dureza total teve um aumento de 1% e atingiu 25,35 mg/L de CaCo₃ ± 0,25. Para o Tanfloc-SG ocorreu uma elevação de 1,59 % e alcançou uma dureza total de 25,5 ± 0,25.

Para a dosagem de 20 mg/L de Sulfato de alumínio obteve-se 1,87 % de aumento e obteve-se o valor 25,57 ± 0,4. Para o Tanfloc-SG teve uma elevação de 1,39 % resultando em uma dureza total de 25,45 ± 0,3.

Ao avaliar as médias e desvios padrão, certificou-se que para as três dosagens para ambos os coagulantes os valores persistiram praticamente inalterados quando comparado com o valor da dureza total encontrada na água bruta.

Esse resultado é justificado pelo fato dos coagulantes Sulfato de alumínio e Tanfloc-SG não conterem em sua composição sais de cálcio e magnésio, que são os encarregados de elevar a dureza presente na água.

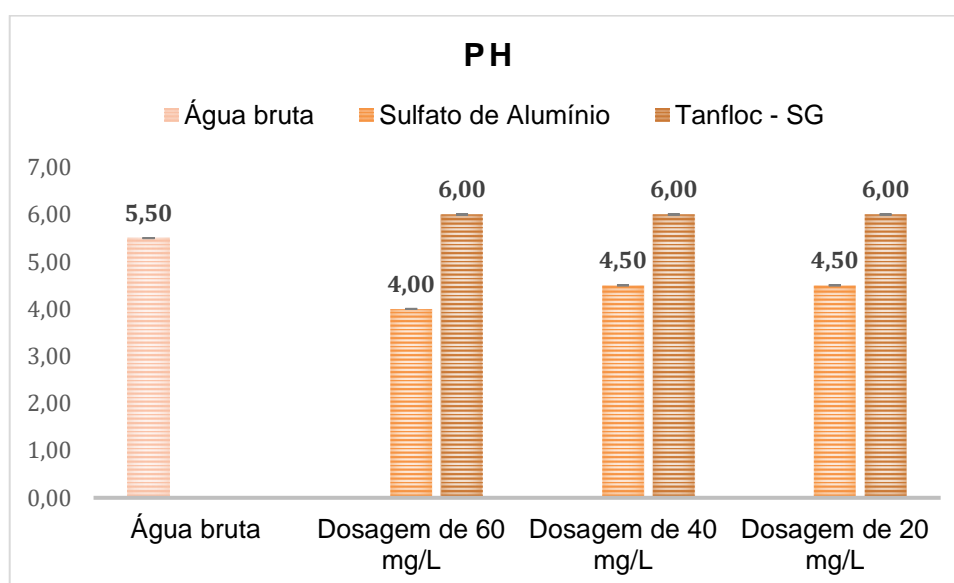
Conforme a portaria GM/MS Nº 888, BRASIL (2021), o valor máximo permitido para a dureza total é de 300 mg/L de CaCO₃. Portanto a água bruta e tratada com os dois tipos de coagulantes estavam dentro dos padrões de potabilidade.

Para a água em estudo, é classificada como mole ou branda com dureza total < 50 mg/L de CaCO₃.

POTENCIAL HIDROGENIÔNICO pH

Na Figura 17, está representado graficamente o desvio padrão das análises de potencial hidrogeniônico pH.

Figura 17: Resultados do parâmetro de pH com o uso do coagulante Tanfloc-SG e Sulfato e Alumínio.



Fonte: Autora (2022)

Ao verificar os resultados que estão representados na Figura 17, observou-se que a água tratada com Tanfloc-SG alcançou um valor de 6, permanecendo praticamente inalterado quando comparado com o pH inicial, obtendo valores iguais para as concentrações de 60 mg/L, 40 mg/L e 20 mg/L.

No entanto, para o sulfato de alumínio, percebeu-se uma diminuição no pH da amostra conforme o aumento da dosagem. Isto acontece porque no momento em que o sulfato de alumínio entra em contato com a água, ocorrem reações de hidrólise que

liberam H^+ e elevam a acidez da água e, conseqüentemente, há a redução do pH a níveis que interferem a eficácia da coagulação.

Para a dosagem de 60 mg/L de Sulfato de alumínio atingiu uma remoção no pH de 27,2 %. Para o Tanfloc-SG encontrou-se uma elevação de 9,09 %.

Para a dosagem de 40 mg/L de Sulfato de alumínio o pH foi removido em 18,2%. Para o Tanfloc-SG obteve-se uma elevação de 9,09 %.

Para a dosagem de 20 mg/L de Sulfato de alumínio, 18,2 % foi removido de pH. Para o Tanfloc-SG teve um aumento de 9,09 % neste parâmetro.

Para esse parâmetro o desvio padrão encontrado foi zero para ambos os coagulantes e dosagens.

Conforme a portaria GM/MS N° 888, BRASIL (2021), o valor permitido para o pH é entre 6,0 e 9,0, considerando os resultados obtidos com os dois tipos de coagulantes, constatou-se que apenas a amostra tratada com o Tanfloc – SG estava dentro dos padrões de potabilidade.

3.4 Escolha da melhor dosagem

No Quadro 2, está representado a escolha da melhor dosagem do coagulante, comparando o valor encontrado nas análises com os Parâmetros de Potabilidade encontrados na Portaria de Consolidação n° 888/2021. BRASIL (2021),

Quadro 2 – Escolha da melhor dosagem comparada com os Parâmetros de Potabilidade Portaria de Consolidação nº 888/2021.

Coagulante	Dosagem	Parâmetro	Valor encontrado	Portaria de Consolidação nº 888/2021
Tanfloc-SG	40 mg/L	Alcalinidade (mg/L de CaCo ₃)	17,67	-
Tanfloc-SG	40 mg/L	Dureza (mg/L de CaCo ₃)	25,35	300
Tanfloc-SG	20, 40 e 60 mg/L	pH	6	6,0 a 9,0
Tanfloc-SG e Sulfato de Alumínio	40 mg/L	Turbidez (NTU)	2,73 e 2,89	5

Fonte: Autora (2022)

No Quadro 3, está representado a escolha da melhor dosagem do coagulante, comparando o valor encontrado nas análises com os Parâmetros de Potabilidade encontrados na Fundação Nacional da Saúde. BRASIL (2014).

Quadro 3 – Escolha da melhor dosagem comparado Parâmetros da FUNASA.

Coagulante	Dosagem	Parâmetro	Valor encontrado	FUNASA
Tanfloc-SG	20 mg/L	Condutividade elétrica (µS)	49,03	100
Tanfloc-SG	20 mg/L	Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	24,33	1000

Fonte: Autora (2022)

3.5 Análise econômica

Uma análise econômica do coagulante Tanfloc-SG e Sulfato de Alumínio foi realizada com base na quantidade de água tratada produzida por dia pela ETA de Dario Lassance.

A dosagem ideal escolhida para a realização dos cálculos foi de 40 mg/L.

Volume diário de água tratada é igual a 216 m³/h multiplicado por 24 horas, isto equivale a 5.184 m³/ dia.

Nas Tabelas 5 e 6 está representada a avaliação econômica para a aplicação dos coagulantes em estudo.

Tabela 5 – Custos mensais para o tratamento com Tanfloc-SG.

Dosagem (mg/L)	Custo R\$/kg	Custo R\$/m³	Custo R\$/dia	Custo R\$/mês
40	1,57	0,0628 R\$/m ³	R\$ 325,55/dia	9.766,65

Fonte: Autora (2022)

Tabela 6 – Custos mensais para o tratamento com Sulfato de Alumínio.

Dosagem (mg/L)	Custo R\$/kg	Custo R\$/m³	Custo R\$/dia	Custo R\$/mês
40	0,41	0,0164	85,02	2.550,52

Fonte: Autora (2022)

Na análise econômica do sulfato de alumínio, o custo do uso do carbonato de cálcio não é considerado. Para a Tanfloc-SG, esse custo é dispensável.

Embora o tratamento com o coagulante Tanfloc-SG tenha um valor superior ao tratamento com sulfato de alumínio, o custo mensal para realizar o uso do coagulante Tanfloc-SG é aumentado em 282,92% em relação ao uso do sulfato de alumínio.

O custo de disposição do lodo aplicando o Tanfloc-SG como coagulante é desnecessário, pois é biodegradável e, portanto, pode ser utilizado como fertilizante.

Quanto ao sulfato de alumínio, por produzir lodo não biodegradável, existe um custo adicional de disposição em aterro adequado para esse tipo de resíduo e o custo de transporte do lodo até o local de disposição.

A ETA de Dario Lassance paga 3 mil reais por dia pela sucção do lodo, que leva três dias para ser concluída, sendo realizada mensalmente, totalizando um valor de 9 mil reais por mês.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises realizadas após os ensaios de coagulação, demonstraram que o Tanfloc-SG é um coagulante eficaz no tratamento da água. Para a remoção da turbidez, os coagulantes Sulfato de Alumínio e Tanfloc-SG alcançaram as maiores eficiências com a mesma dosagem de 40 mg/L. O aumento de Oxigênio dissolvido na água tratada, ocorreu devido a uma agitação na amostra durante a análise.

Para a condutividade elétrica, verificou-se um aumento no parâmetro quando utilizado o coagulante Sulfato de Alumínio. No entanto, a água tratada com o coagulante inorgânico estava dentro dos padrões de potabilidade.

Ao comparar os resultados de sólidos totais dissolvidos, observou-se que com a aplicação do sulfato de alumínio como coagulante, resultou em um aumento do parâmetro de sólidos totais dissolvidos. No entanto, para o coagulante Tanfloc-SG, avaliando os desvios padrão, constatou-se que não há mudanças nos valores quando comparado com a água bruta.

Para a Alcalinidade, o coagulante Tanfloc-SG obteve maior eficácia, pois os resultados para esse parâmetro foram praticamente inalterados para as três dosagens. Já para o Sulfato de Alumínio, ocorreu remoção da alcalinidade conforme aumentava a dosagem.

Verificou-se que não ocorreram modificações significativas para a dureza total da água tratada com o coagulante inorgânico e orgânico quando comparada com a água bruta.

Apenas o Tanfloc-SG manteve o pH da água conforme os padrões de potabilidade. Para o Sulfato de Alumínio o pH da água ficou entre 4 e 4,5, sendo assim, considerada como não-potável conforme os padrões de potabilidade.

Embora o tratamento com o coagulante Tanfloc-SG tenha um valor superior ao tratamento com sulfato de alumínio, o custo mensal para realizar o uso do coagulante Tanfloc-SG é aumentado em 282,92% em relação ao uso do sulfato de alumínio.

O custo de disposição do lodo aplicando o Tanfloc-SG como coagulante é desnecessário, pois é biodegradável e, portanto, pode ser utilizado como fertilizante.

Quanto ao sulfato de alumínio, por produzir lodo não biodegradável, existe um custo adicional de disposição em aterro adequado para esse tipo de resíduo e o custo de transporte do lodo até o local de disposição.

Com os resultados obtidos, pode-se observar que o coagulante Tanfloc-SG mostrou-se eficaz no tratamento da água, comprovando que ele pode substituir o Sulfato de Alumínio nas estações de tratamento de água.

Para trabalhos futuros, a sugestão é que seja coletado a amostra em vários pontos do manancial, para uma caracterização e posterior tratamento na água.

Realizar a análise colorimétrica da amostra tratada com ambos os coagulantes.

Quando aplicado coagulantes inorgânicos, é necessário a utilização de alcalinizantes, para neutralizar a acidez da água.

REFERÊNCIAS

ABOY, N. **Secagem natural e disposição final de lodos de estações de tratamento de água**. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: [s.n.], 1999. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/205872/000236272.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 28 dez 2022.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, DF: ANA, 2019. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_informe_anual_2019-versao_web-0212-1.pdf. Acesso em: 18 ago. 2021.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Enquadramento dos corpos d'água em classes**. Brasília, DF: ANA, 2020. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/encarte_enquadramento_conjuntura2019.pdf. Acesso em: 18 ago. 2021.

ARAÚJO, Y. C. A. **Produção de biocoagulante a partir de sementes de moringa oleífera para substituição de sulfato de alumínio no tratamento de águas em ETAs**. Dissertação de conclusão de curso de engenharia química, Universidade Federal do Pampa, Bagé: [s.n.], 2021. Disponível em: https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/bitstream/riu/5775/1/TCC_Yasmin_Araujo_2021.pdf. Acesso em: 15 ago. 2021.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005., seção 1, capítulo II Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_ltrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 30 ago 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs**. 1.ed. Brasília, DF: FUNASA, 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38937/Manual+de+controle+da+qualidade+da+%C3%A1gua+para+t%C3%A9cnicos+que+trabalham+em+ETAs+2014.pdf/85bbdcbc-8cd2-4157-940b-90b5c5bcfc87>. Acesso em 25 jul. 2021.

BRASIL, Ministério da saúde. **Resolução CONAMA n° 888, de 4 de maio de 2021**. 85. ed. [s.n.], Ministério da saúde, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 11 nov. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4ª edição, Brasília, DF: Ministério da saúde, 2013. Disponível em: https://stream2.docero.com.br/pdf_dummy/eyJpZCI6IjU1NjkwODUiLCJuYW11IjoiTW FudWFsIHByXHUwMGUxdGJbyBkZSBhblx1MDBIMWxpc2UgZGEgXHUwMGUxZ3V hIC0gRIVOQVNbliwiZXh0ZW5zaW9uIjoicGRmliwiY2hY2tZdW1faWQiOiIxMzY1MD E1NyJ9. Acesso em 01 set. 2021.

COMBATT, M. P. M. **Clarificação de águas por eletrocoagulação alimentada por sistema fotovoltaico**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa- MG: [s.n.], 2018. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/22062/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 30 de dez. 2021.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Tratamento de água**. São Paulo: SABESP, 2010. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=47>. Acesso em: 25 jul. 2021.

CORAL, L. A.; BERGAMASCO R.; BASSETTI F. J. **Estudo da viabilidade de utilização do polímero natural (TANFLOC) em substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de águas para consumo**. INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, São Paulo: 20-22 mai. 2009 Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4a/4/F.%20J.%20 Bassetti%20-%20Resumo%20Exp.pdf>. Acesso em: 19 de setembro de 2021.

GASPAROTTO, F. A. **Avaliação ecotoxicológica e microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP**. 2011. 90p. Dissertação (Centro de Energia Nuclear na Agricultura) – Universidade de São Paulo, Piracicaba: [s.n.], 2011. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64133/tde-06072011-104010/publico/Mestrado.pdf>. Acesso em 27 dez. 2021.

GUSMÃO, A.L.S. **Uso de Taninos no tratamento de água para abastecimento**. dissertação de engenharia química - Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre: [s.n.], 2014. Disponível em: [https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/109719/000950670.pdf?sequence=1&is Allowed=y](https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/109719/000950670.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Acesso em: 22 fev. 2022.

MORAES, L.C.K. **Estudo dos processos de coagulação e floculação seguidos de filtração com membranas para a obtenção de água potável**. Tese de Doutorado em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá. Maringá: [s.n.], 2009. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/3645/1/000178868.pdf>. Acesso em: 12 set. 2021.

MOTA, F. S. B.; VON SPERLING, M. (coordenadores). **Nutrientes de esgoto sanitários: utilização e remoção**. Fortaleza-CE: ABES, 2009. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_2.pdf. Acesso em: 29 dez. 2022.

NEPOMUCENO, T. C. *et al.* **Aplicabilidade de coagulantes a base de tanino em estações de tratamento de água.** [s.l.]: Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.9, n.7, p.110-123, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.007.0011>. Acesso em: 27 fev. 2022.

OLIVEIRA, T. D.; CHRISTMANN, S. S.; PIEREZAN, J. B. **Aproveitamento, Captação e (Re) Uso das Águas Pluviais na Arquitetura.** Revista GEDECON (Gestão e Desenvolvimento em Contexto), Cruz Alta: [s.n.], 2014. Disponível em: <https://silو.tips/download/aproveitamento-captao-e-re-uso-das-aguas-pluviais-na-arquitetura>. Acesso em: 16 ago. 2021.

PÁDUA, V. L. (Coordenador). **Remoção de microorganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano.** Rio de Janeiro: ABES, 2009. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_1.pdf. Acesso em: 28 dez. 2021.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada.** Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: [s.n.], 2001. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-21012003-084719/publico/Pavanelli+G.pdf>. 03 ago. 2021.

PICCOLI, A. S. *et al.* **A Educação Ambiental como estratégia de mobilização social para o enfrentamento da escassez de água.** Ciência e saúde coletiva, Rio de Janeiro: [s.n.], 2016, p. 797- 808. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/VFpXnmJGV9Wb5rWmRRLKcyK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 16 ago. 2021.

RIBEIRO, A. T. **A Aplicação da Moringa oleífera no tratamento de água para consumo humano.** Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Portugal: [s.n.], 2010. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59823/1/000142851.pdf>. Acesso em: 17 ago 2021.

ROSALINO, M. R. R. **Potenciais efeitos da presença de alumínio na água de consumo humano.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa: [s.n.], 2011. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/303714863.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2021.

ROZENO, N.S. **Investigações do uso de floculantes de fontes renováveis para o tratamento físico-químico de efluente industrial de processamento de milho.** Dissertação de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia- MG: [s.n.], 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/29103/4/Investiga%C3%A7%C3%A3o%20UsoDe.pdf>. Acesso em: 12 set. 2021.

SANTOS, N. P. **Avaliação do desempenho da *Thypha Domingensis* e *Eichhornia Crassipes* como fitorremediadoras para remoção de Fe e Mn de águas destinadas ao abastecimento das Minas do Camaquã.** Dissertação de conclusão de curso, Universidade Federal do Pampa, Bagé: [s.n.], 2021. Disponível em: https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/rii/5758/1/TCC_Nathiely_Santos_2021.pdf. Acesso em: 05 jul. 2021.

SILVA, T. S. S. **Estudo de tratabilidade Físico-Química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e esgoto.** Fundação Oswaldo Cruz, Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: [s.n.], 1999. Disponível em https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/4660/2/telma_salesa_santana_silva_ensp_mest_1999.pdf. Acesso em: 03 ago. 2021.

SILVA, L. L. R.; SOUSA, R.A. **Aulas práticas de Química Ambiental: Alguns Experimentos para a Determinação da qualidade de Águas Superficiais.** Universidade Federal De Juiz De Fora. Juiz de Fora: UFJF, 2013. Disponível em: https://www.ufjf.br/baccan/files/2012/11/Aulas-Pr%C3%A1ticas-de-Qu%C3%ADmica-Ambiental_Alguns-Experimentos-para-a-Determina%C3%A7%C3%A3o-da-Qualidade-de-%C3%81guas-Superficiais.pdf. Acesso em: 27 fev. 2022.

TANAC SG 1999. **Tanfloc-SG**, Montenegro-RS: TANAC, [1999?]. Disponível em https://www.tanac.com.br/novo/wp-content/uploads/2021/06/CT_TANFLOC_SG_PT_0-1.pdf. Acesso em: 03 ago. 2021.

TREVISAN, T.S. **Coagulante Tanfloc SG como alternativa ao uso de coagulantes químicos no tratamento de água na ETA cafezal.** Dissertação de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina: [s.n.], 2014. Disponível em: http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11902/2/LD_COEAM_2013_2_23.pdf. Acesso em: 12 set. 2021.

TUCCI, C.E.M; HESPANHOL, I.; NETTO, O.M.C. **Gestão da Água no Brasil.** Brasília, DF: UNESCO, 2001. Disponível em: http://r1.ufrj.br/lmbh/pdf/Outras%20publicacoes/LMBH_gestao_da_agua_no_Brasil.pdf. Acesso em: 25 ago. 2021.

VANACÔR, R. N. **Avaliação do coagulante orgânico veta organic utilizado em uma estação de tratamento de água para abastecimento público.** 2005. 188 pág. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: [s.n.], 2005. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/6900/000492016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 ago. 2021.

ZOLETT, E. R; JABUR, A. S. **Uso de polímero natural a base de tanino (Tanfloc) para o tratamento de água para o consumo humano**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 17 – 22 de novembro, Bento Gonçalves: [s.n.], 2013. Disponível em:

http://abrh.s3.amazonaws.com/Eventos/Trabalhos/66/SBRH2013__PAP013013.pdf.

Acesso em: 13 ago. 2021.

APÊNDICES

Para o desenvolvimento desse Trabalho de Conclusão de Curso realizou-se uma visita técnica na ETA de Dario Lassance, onde será demonstrado em imagens a seguir.

5.1 Estação de tratamento de Dario Lassance

O novo sistema de tratamento de água da ETA em Dario Lassance foi implantado no ano de 2018, estas melhorias foram realizadas através de um convênio entre a Prefeitura Municipal de Candiota e a Usina Termelétrica Pampa Sul. A ETA é responsável pelo abastecimento dos bairros Dario Lassance, Vila Residencial, a Usina Presidente Médici e parte da zona rural do município, possuindo uma capacidade de tratamento de 216 m³/h de água.

Na Figura 18 está mostrado o local onde a estação de tratamento de água realiza a captação da água bruta.

Figura 18 – Captação da água bruta



Fonte: Autora (2021)

Posterior a captação, a água bruta é acondicionada em um reservatório, como pode ser observado na Figura 19.

Figura 19 – Armazenamento de água bruta



Fonte: Autora (2021)

A água é encaminhada por tubulações, onde inicia-se o tratamento em quatro tanques de floculação e sedimentação, como pode se ver na Figura 20.

Figura 20 – Tanques de floculação e sedimentação



Fonte: Autora (2021)

Os reagentes aplicados no tratamento da água são o Sulfato de alumínio, Carbonato de Cálcio e Cloro, sendo enviados diretamente na rede através de bombas dosadoras.

Na etapa de sedimentação a água passa pelo procedimento de filtração, no qual ocorre por meio de oito filtros, sendo demonstrado na Figura 21. Estes filtros são constituídos por duas camadas de brita de granulometria diferente, três camadas de areia especializada para filtros também de granulometria diferente e uma camada de carvão ativado que é o responsável por retirar o odor da água.

Figura 21 – Tanques de Filtração



Fonte: Autora (2021)

A água filtrada é transportada por tubulações até o reservatório, onde ocorre a cloração e misturação.

Figura 22 – Reservatório para cloração.



Fonte: Autora (2021)

A água tratada é armazenada no reservatório, para após ser distribuída para os bairros sendo representado na Figura 23.

Figura 23 – Reservatório de armazenamento para distribuição



Fonte: Autora (2021)

A água resultante da lavagem dos filtros de clarificação é armazenada em um reservatório, onde é recirculada e retornando para o tratamento novamente.

Figura 24 – Reservatório de armazenamento da água da lavagem de filtros



Fonte: Autora (2021)