

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS-UFAM  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA-ICET  
QUÍMICA INDUSTRIAL**

**LAYANE KALINY DE SOUZA LEITE**

**Avaliação da eficiência de coagulantes naturais a base de tanino para o  
tratamento de água preta do Município de Itacoatiara-AM**

**ITACOATIARA-AM  
2021**

**LAYANE KALINY DE SOUZA LEITE**

**Avaliação da eficiência de coagulantes naturais a base de tanino para o tratamento de água preta do Município de Itacoatiara-AM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal do Amazonas (UFAM) como requisito parcial para obtenção de grau em bacharel em Química Industrial.

**Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Alex Martins Ramos**

**ITACOATIARA-AM**

**2021**

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

L533a Leite, Layane Kaliny de Souza  
Avaliação da eficiência de coagulantes naturais a base de tanino para o tratamento de água preta do Município de Itacoatiara-AM / Layane Kaliny de Souza Leite . 2021  
44 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Alex Martins Ramos  
TCC de Graduação (Química Industrial) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Coagulação. 2. Parâmetros físico-químicos. 3. Teste dos jarros. 4. Tanfloc. I. Ramos, Alex Martins. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a toda minha família e ao meu avô João Lourenço que não está mais presente entre nós fisicamente, mas sei que de onde ele estiver, está se sentindo orgulhoso.*

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por não permitir que eu fraquejasse durante minha caminhada apesar de todos os obstáculos.

Agradecer ao meu amado pai, Valdenor Teixeira Leite e minha amada mãe Maria Elizabeth de Souza Leite, por serem minha base diária, ensinar-me o valor do estudo e incentivar-me a crescer, melhorando como pessoa. Toda minha família que sempre me apoiou e nunca deixaram de acreditar no meu potencial. Vocês todos são a maior razão para que eu tenha chegado onde cheguei, muito obrigada, não teria conseguido sem vocês.

Agradeço as minhas colegas de laboratório Cristiane Santos e Mayana Teixeira que me ajudaram nas coletas e nos dias longos de laboratório. Agradecimentos ao meu namorado Júnior Menezes por ter me apresentado o curso que hoje estou finalizando e por sempre me acompanhar e me apoiar na minha caminhada até aqui.

Agradeço também o meu orientador Alex Martins por todo apoio e incentivo durante a pesquisa, por não medir esforços para que a pesquisa acontecesse mesmo com os obstáculos que tivemos durante a pandemia.

Agradeço, aos amigos que eu fiz durante a graduação especialmente aos da minha turma: Rodrigo Aparício, Hiago Lopes, Kellyanne Guerreiro, Ingrison Diogo, Anna Klara Santos.

E por fim, agradeço aos meus irmãos desde 2011, “zamiguinhos” que acompanharam toda minha trajetória e continuam ao lado.

Todos que de alguma maneira ajudaram-me, estendo os meus agradecimentos.

## RESUMO

A água é um recurso fundamental para sobrevivência dos seres vivos, mas devido a poluição causadas pelo descarte inadequado de lixos, esgotos e até mesmo resíduos industriais, a mesma torna-se inadequada para consumo. Tendo em vista essa problemática, é necessário fazer tratamentos para remoção de poluentes, que envolvem processos com diversas etapas, entre as quais está a de coagulação. Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de taninos como coagulantes naturais para o tratamento de água preta. Foram feitas coletas de 20 a 40L de água do Lago de Serpa e Rio Urubu no município de Itacoatiara e avaliados os parâmetros físico-químicos pH, condutividade elétrica, temperatura por eletrometria, cor por espectrofotometria, turbidez por turbidimetria e sólidos em suspensão por gravimetria. Para determinar a quantidade de coagulante, foi aplicado o teste dos jarros, usando os coagulantes Tanfloc SG®, Tanfloc MTH® e Tanfloc MT®. Para cada coagulante preparou-se uma solução-mãe na concentração de 1,0%(m/v). Usou-se cinco jarros de 1,0L, no qual se adicionou a água bruta e as seguintes alíquotas de volume da solução-mãe: 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 mL. Na água bruta foram encontrados valores de 184,85 a 228,34 mg Pt/L para cor aparente e 65,20 a 122,51 mg Pt /L para a cor real. Em relação à quantidade de sólidos suspensos houve um aumento de 1,0 a 2,50 mg/L. O pH variou de 6,22 a 6,61 para a água bruta e apresentou variação de 6,22 a 8,38 para as águas tratadas. A condutividade elétrica variou de 24,2 a 29,5  $\mu$ S/cm. A turbidez aumentou de 7,02 para 15,20 NTU na água bruta durante as coletas. Já a turbidez para a água tratada tivemos variações entre. Para água tratada, encontrou-se remoção de cor de 82,52% para o SG, 98,63% para o MT e 99,86% para o MTH e remoção de turbidez de 100% para o SG, 98,88% para o MT e 100% para o MTH. O valor de pH da água tratada nestas remoções variou de 6,31 a 8,52 para o Lago de Serpa e 6,52 a 7,16 para o rio Urubu. Com isso, concluiu-se que os coagulantes utilizados no tratamento de água preta são eficientes na remoção de cor e turbidez; além de manter pH praticamente constante e dentro do intervalo exigido pela legislação vigente sobre água potável.

**Palavras-chaves:** Coagulação, parâmetros físico-químicos, teste dos jarros.

## ABSTRACT

Water is a fundamental resource for the survival of living beings, but due to pollution caused by the inappropriate disposal of garbage, sewage and even industrial waste, it becomes unsuitable for consumption. In view of this problem, it is necessary to carry out treatments to remove pollutants, which involve processes with several steps, including coagulation. This work aims to evaluate the performance of natural coagulants tannins base for the treatment of black water. 20 to 40L of water were collected from Lago de Serpa and Rio Urubu in the municipality of Itacoatiara and evaluated the physical-chemical parameters pH, electrical conductivity, temperature by electrometry, color by spectrophotometry, turbidity by turbidimetry and suspended solids by gravimetry. To determine the amount of coagulant, the jar test was applied, using the coagulants Tanfloc SG®, Tanfloc MTH® and Tanfloc MT®. For each coagulant, a stock solution at a concentration of 1.0%(m/v) was prepared. Five 1.0L jars were used, in which raw water and the following volume aliquots of the mother solution were added: 1.0; 2.0; 3.0; 4.0 ml. In raw water values were found from 184.85 to 228.34 mg Pt/L for apparent color and 65.20 to 122.51 mg Pt /L for real color. Regarding the amount of suspended solids, there was an increase from 1.0 to 2.50 mg/L. The pH ranged from 6.22 to 6.61 for raw water and varied from 6.22 to 8.38 for treated water. The electrical conductivity ranged from 24.2 to 29.5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Turbidity increased from 7.02 to 15.20 NTU in raw water during collections. The turbidity for treated water had variations between. For treated water, color removal was found to be 82.52% for SG, 98.63% for MT and 99.86% for MTH and turbidity removal of 100% for SG, 98.88% for the MT and 100% for the MTH. The pH value of the water treated in these removals ranged from 6.31 to 8.52 for Lago de Serpa and 6.52 to 7.16 for the Urubu River. Thus, it was concluded that the coagulants used in the treatment of black water are efficient in removing color and turbidity; in addition to maintaining a practically constant pH and within the range required by current legislation on drinking water.

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	10
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	11
2.1 Características das águas superficiais amazônicas.....	11
2.2 Tratamento convencional da água.....	12
2.3 Tratamentos alternativos água .....	14
3. OBJETIVOS .....	16
3.1 Objetivo Geral.....	16
3.2 Objetivos Específicos .....	16
4. METODOLOGIA.....	16
4.1 Local da Coleta.....	16
4.2 Aplicação do Teste de Jarros .....	17
4.3 Parâmetros físico-químicos .....	19
4.3.1 Cor real e cor aparente .....	19
4.3.2 Turbidez .....	19
4.3.3 Eletrometria.....	20
4.3.4 Sólidos totais suspensos.....	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	21
5.1 Determinação das características físico-química das águas.....	21
5.1.1 Lago do Serpa .....	21
5.1.2 Rio Urubu.....	22
5.2 Análise do teste de Jarros .....	23

5.2.1	Estudo preliminar da dosagem para água do lago de Serpa .....	23
5.2.2	Padronização da dosagem para o método de agitação mecânica.....	28
5.2.3	Padronização da dosagem para uso do equipamento Jar-test.....	33
5.2.4	Jar-test água do Rio urubu .....	35
6.	CONCLUSÃO .....	39
7.	REFERÊNCIAS .....	40

## 1. INTRODUÇÃO

A Amazônia é a região que possui a maior riqueza em recursos hídricos. Essa riqueza traz consigo uma variação nas cores dessas águas sendo elas classificadas como: clara, branca e preta, podendo por exemplo, ser observadas no encontro das águas, que é popularmente conhecido (CUNHA, 2006). As águas superficiais amazônicas são amplamente conhecidas também por suas características físico-químicas, que são um dos fatores que ocasionam a variação na sua tonalidade, isso combinado com a diversidade de matéria orgânica existente na região (SILVA *et al.*, 2013).

Como a água é uma das principais fontes de vida, não só para os animais como também para o homem, ela não pode ser consumida diretamente dos rios, lagos por conduzir possíveis contaminantes químicos e biológicos que causam danos ao organismo humano (POOI *et al.*, 2018). Por esse motivo, a água adequada para ser consumida é a água potável, a qual passa por diversas etapas de tratamentos físico-químicos. Essas etapas de tratamentos têm como principal objetivo eliminar esses contaminantes, vírus, microrganismos, toda e qualquer impureza que pode ameaçar a vida humana e também trazer doenças (SILVA *et al.* 2009).

Entre as diversas etapas podem-se citar a coagulação, floculação, filtração e desinfecção. Na etapa coagulação geralmente são usados coagulantes inorgânicos que tem como base o ferro e alumínio (CORAL *et al.*, 2009).

Os tipos de coagulantes que são usados no método convencional de tratamento, podem trazer riscos à saúde por apresentarem na sua composição metais que possuem alto grau de toxicidade e também trazem riscos de poluição ao meio ambiente já que os resíduos gerados no tratamento podem acarretar danos se descartados inadequadamente (LIMA *et al.*, 2018).

A partir desses problemas encontrados na utilização desses coagulantes sintéticos, surge então a ideia de utilizar-se coagulantes alternativos naturais. Dentre esses, tem os taninos vegetais que vêm sendo bastante pesquisados pelo motivo de gerarem uma menor quantidade de

resíduos, não serem tóxicos e pela sua biodegradabilidade (SIQUEIRA, 2009).

Um dos coagulantes à base de taninos já usados em pesquisas é o Tanfloc, que é um polímero extraído da casca da Acácia Negra (*Acácia mearnsii*) cuja vantagem é a não alteração do pH da água tratada e também sua biodegradabilidade (CORAL *et al.*, 2009).

Neste contexto, o uso de coagulantes à base de tanino vegetais pode ser uma alternativa aos coagulantes inorgânicos convencionais para o tratamento de água. Logo tem-se a proposta de fazer o uso do coagulante Tanfloc comercial com objetivo de tratar águas de coloração preta encontradas na região Amazônica que possui uma elevada quantidade de matéria orgânica.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Características das águas superficiais amazônicas.**

A Amazônia bem como o estado do Amazonas, são cortados por diversos rios e lagos que faz desta região a maior do mundo em termos de recursos hídricos.

Em termos gerais, a extensão territorial e volume de água dos rios da bacia amazônica impressionam e seus valores são amplamente conhecidos na literatura científica (CUNHA, 2006). Os dois principais rios que banham a região são o rio Amazonas e o rio Negro. O rio Amazonas tem pela sua margem direita os seguintes afluentes: Javari, Purus, Madeira, Tapajós, Xingu, etc. E pela margem esquerda: Iça, Japurá, Negro, Trombetas, Jari, etc. Já o rio negro recebe também um grande número de afluentes sendo os principais na margem esquerda: Pauri, Demeni, Jaçari, Branco, Jauaperi e Camamanau; e pela margem direita: Içana, Uaupés, Curicuriati, Caurés, Unini e Jaú (AMBIENTE BRASIL).

As águas superficiais amazônicas são amplamente conhecidas também por suas características físico-químicas, em especial, a cor. Nesse sentido, tais

águas podem ser classificadas em brancas (Amazonas, Solimões, Juruá), pretas (rio Negro, Jutaí e Tefé) e claras (Trombetas, Tapajós e Xingu) (PNRH, 2006).

A cor da água indicará presença de minerais como ferro e manganês e até mesmo presença de resíduos industriais ou outro indicativo de cor são as substâncias de origem vegetal como no caso das algas (BATALHA et al. 2010).

PINTO (2006), fez um estudo onde determinou que no período de cheia dos rios a cor variou de 11,45 mg Pt L<sup>-1</sup> a 144,36 mg Pt L<sup>-1</sup>, o maior valor foi encontrado no rio Negro com média de 140,99 mg Pt L<sup>-1</sup> devido à diluição de substâncias húmicas dissolvidas que dão cor à água desse rio, o menor valor foi encontrado no rio Xingu com uma média de 1,13 mg Pt L<sup>-1</sup>. Já SILVA *et al.* (2013), em sua pesquisa ao longo do rio Amazonas, observou a menor média de valores no rio Curicuriari (5,90 mg Pt L<sup>-1</sup>) e a maior no rio Içana (132,59 mg Pt L<sup>-1</sup>).

Além da cor, outras variáveis físico-químicas das águas naturais superficiais são importantes, especialmente as que influenciam o seu tratamento. Dentre essas variáveis pode-se citar: o pH, a turbidez, sólidos em suspensão e alcalinidade (BRASIL, Ministério da Saúde.2014)

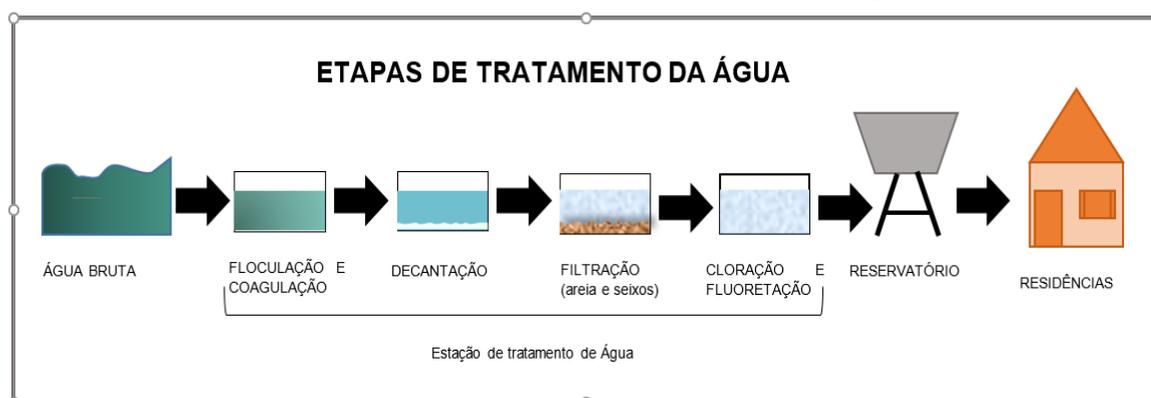
SILVA et al (2013) estudou as águas do rio madeira e constatou um valor médio de pH no valor de 7,12. Já HORBE *et al.* (2005) apresentou pH na época de cheia, com valores de 7,2 tanto para o rio Madeira quanto para o Solimões. Os valores encontrados por KUCHLER *et al.* (2000) no rio Solimões foram de 6,93 a 6,99 e GAILLARDET *et al.* (1997) encontrou no rio Madeira valor médio de 6,73.

## 2.2 Tratamento convencional da água

As formas de tratamento de água são estabelecidas pelas características físicas, químicas e biológicas da água bruta e da sua utilização, que pode ser para indústria, agricultura ou consumo humano. Para o abastecimento público no Brasil é utilizado principalmente tratamento convencional, que apresenta as seguintes etapas: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação (RICHTER, 2009).

No esquema abaixo podemos visualizar as principais etapas de tratamento da água bruta para poder ser consumida.

**FIGURA 1-** Etapas do tratamento de água



Fonte: autora (2021)

Como se pode observar no esquema após a coleta da água bruta o primeiro procedimento a ser feito é aplicação do coagulante e após isso a floculação.

A aplicação de coagulantes que tem a finalidade de sedimentar partículas solidas em suspensão que não podem ser retiradas no processo de filtração e sedimentação, ou seja, esses materiais sólidos podem ser representados também por metais que tem alto grau de toxicidade quando consumidos e podem causar danos à saúde humana. Quando se é feita a aplicação do coagulante o objetivo principal é fazer a remoção da turbidez da água, no qual indica a presença dessas partículas solidas e elementos pesados (POOI *et al.*, 2018).

Segundo Lima e Abreu (2018), os principais coagulantes principais usados no tratamento de água do abastecimento público são os sais inorgânicos como sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ), cloreto férrico ( $FeCl_3$ ), sulfato ferroso ( $FeSO_4$ ) e policloreto de alumínio.

Contudo, as utilizações destes principais sais podem trazer uma problemática diretamente relacionada ao impacto ao meio ambiente, pois os mesmos deixam resíduos que tem como componentes metais tóxicos que além de poluir o meio ambiente, podem trazer danos à saúde quando exposto a humanos (LIMA *et al.*, 2018).

A tonalidade de uma água diz muito a respeito das suas propriedades físico-químicas, pois se temos uma cor branca significa que ali possuem uma alta concentração de sólidos em suspensão; se água é preta, então é rica materiais orgânicos (CUNHA, 2006).

No caso da região da Amazônica no qual tem-se água branca, clara e preta a variação de pH fica em torno de 4,4 a 7,4 nas margens do rio, sendo que o parâmetro considerado de água potável é pH entre 6,0 a 9,5. Os valores abaixo de 6,0 podem ser explicados pela riqueza de matérias orgânicas, decomposição vegetal e minerais na região o que torna a água mais ácida (SILVA *et al.*, 2017).

Di Bernardo (2003) tratou a água com sulfato de alumínio como coagulante (0 a 60,0 mg  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{L}^{-1}$ ). Essa água tinha pH de coagulação entre 5,0 e 7,5, onde as regiões de coagulação foram selecionadas e teve o critério a qualidade da água filtrada com turbidez  $\leq 0,5$  UT, valor recomendado pela portaria MS 518/2004 (BRASIL, 2004) para água efluente de filtros rápidos.

Santos *et al.* (2020), usou dosagem de 15,00 mg.L<sup>-1</sup> de sulfato de alumínio no pH da água bruta que foi de 6,7 e conseguiu alcançar uma remoção de turbidez 70% de remoção em velocidade de sedimentação de 0,33 cm.min<sup>-1</sup>.

### 2.3 Tratamentos alternativos água

Existem diversos estudos sobre uso de coagulantes alternativos e um deles, faz uso do lodo de alumínio reciclável, que seria uma alternativa usada para diminuir a quantidade de resíduos sólidos industriais. Além disso, o lodo tem uma alta eficiência na etapa de coagulação quando se contém carvão ativado, mas também deve-se passar por um procedimento para verificação da segurança desse material já que o mesmo também possui alumínio (ZHOU *et al.*, 2011).

Outra opção de coagulante a ser utilizado são os naturais, onde além de trazer menos impactos ambientais, tem um baixo custo para sua utilização comparado com o tratamento químico convencional e também pode ser produzido na própria localidade. Alguns desses coagulantes já usados em pesquisas são a moringa oleífera, taninos naturais e também a quisotana (CAPELETE, 2011).

Um estudo já realizado com coagulante natural à base de Moringa oleífera que é uma espécie de planta no qual tem crescimento rápido e apresentou uma alta eficiência não só na remoção da turbidez da água pouco turva, mas também na correção do pH. A mesma também não apresenta toxicidade o que a torna segura para saúde humana (ALI *et al.*, 2010).

A quitosana é um componente que pode ser encontrado na parte esquelética de crustáceos, artrópodes e insetos. Assim, como a *Moringa oleífera* também apresenta eficiência na remoção de turbidez de águas de rios e lagos com baixo turvo e correção de pH, porém tem como desvantagem o alto custo para sua produção (RAJENDRAN *et al.*, 2015).

Outra alternativa usada para substituir os coagulantes químicos são os coagulantes poliméricos que produzem menos lodo e ausência de metais no processo de produção de água potável. Dentre esses, os taninos vegetais são os mais estudados (KONRADT, 2007).

Taninos são designados como polifenóis biodegradáveis com capacidade de formar macromoléculas e minerais (CASTRO *et al.*, 2004), sendo eficiente na remoção de partículas presentes na água.

Um exemplo do uso de coagulante natural a base de tanino é o Tanfloc, que é um polímero extraído das cascas vegetais da *Acácia Negra* (*Acácia mearnsii*) que tem poder de formação de flocos e conseqüentemente sedimentação. Logo, esse tanino não tem poder de alterar o pH e nem a alcalinidade da água tratada (CORAL *et al.* 2009).

Costa (2013), realizou um trabalho comparativo analisando a coagulação mediante o uso dos taninos associado ao sulfato de alumínio nas proporções 25% / 75% e 75% / 25% (v/v), sendo que os taninos utilizados foram do tipo Tanfloc SL da empresa TANAC. O autor destacou que a associação do coagulante químico com o coagulante natural resultou em maiores remoções de cor e turbidez que os obtidos pela ação isolada do sulfato de alumínio e do Tanfloc SL, apresentando valores de remoção acima de 90%.

Leal (2019), diz que uma das vantagens do uso do tanfloc, são que eles possuem poder de adsorção de metais da água tratada por meio de precipitação, permitindo então que os mesmos sejam removidos do meio. Além disso, ele pode reduzir a toxicidade existente na água e até mesmo fazer a remoção por completo.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo Geral

Avaliar o desempenho dos coagulantes naturais à base de tanino no processo de tratamento de águas superficiais contendo elevada quantidade de matéria orgânica.

#### 3.2 Objetivos Específicos

- I. Determinar variáveis físico-químicas: temperatura, pH, turbidez, sólidos totais em suspensão, cor real e aparente.
- II. Realizar ensaios de teste de jarro;
- III. Obter a quantidade apropriada de coagulante para a clarificação de água de lago e rio.
- IV. Comparar o desempenho dos coagulantes naturais Tanfloc SG, MT e MTH.

### 4. METODOLOGIA

#### 4.1 Local da Coleta

As amostras de água bruta testadas foram coletadas no Lago de Serpa ( $3^{\circ}04'44''$  S  $58^{\circ}29'03''$  W) e no Rio Urubu ( $2^{\circ}58'39''$  S  $58^{\circ}27'04''$  W) nos meses de agosto a outubro de 2021 representadas nas imagens abaixo. Nos meses de referências, os lagos encontravam-se no período de seca e vazante no município.

Foram coletados aproximadamente 20 e 40 litros de amostra de água de cada rio e lago.

**FIGURA 2** - Localizações das coletas.

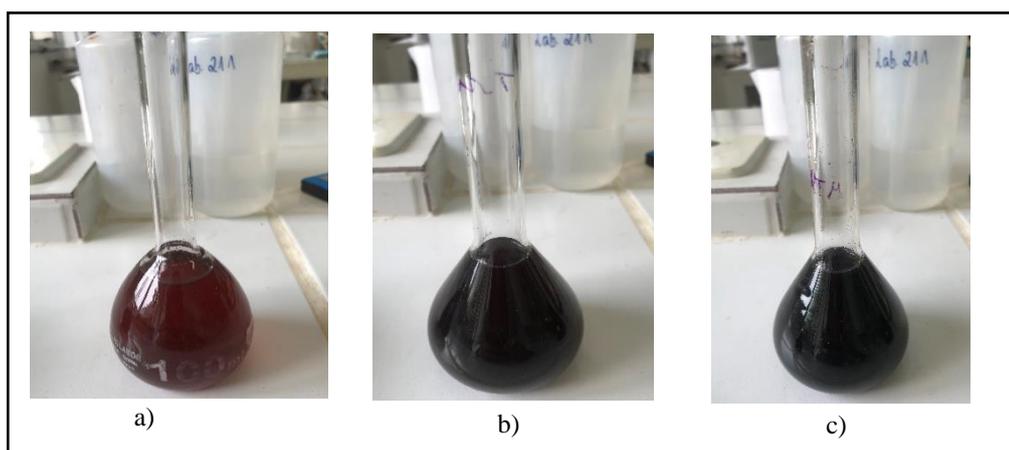


Fonte: Google Earth.

## 4.2 Aplicação do Teste de Jarros

No primeiro momento, para realização do teste dos jarros nas coletas feitas no mês de agosto/setembro foram preparadas cerca de 1,0 L de solução de coagulante na concentração de 1,0% (m/m) para cada um dos seguintes coagulantes: Tanfloc SG®, Tanfloc MTH® e Tanfloc MT®. A figura 03 mostra as respectivas soluções preparadas.

**FIGURA 3** - Soluções dos coagulantes: a) coagulante SG; b) coagulante MT; c) coagulante MTH.



Fonte: A autora (2021)

A massa e as velocidades de agitação usadas no procedimento foram definidas em estudo no laboratório, sendo uma adaptação da metodologia utilizada por Santos (2020) e estão representadas na tabela 1. Os coagulantes utilizados nos testes foram cedidos pela empresa TANAC (Montenegro, Rio Grande do Sul) e estão representados na Tabela 1.

**TABELA 1- CONCENTRAÇÃO DE AGITAÇÃO TESTE DE JARROS**

Coagulantes (1g/L)	Padrão	Agitação Rápida-Lenta	Tempo de agitação (minutos) Rápido- Lento	Tempo de decantação (minutos)
Tanfloc SG®	Produto comercial em pó	100rpm - 50rpm	01:00 – 05:00	30 – 45
Tanfloc MT®				
Tanfloc MTH®				

Fonte: A autora (2021)

Para cada coagulante, foram utilizados cinco jarros contendo 1L da amostra de água bruta, aos quais foram adicionadas dosagens da solução dos coagulantes em cada jarro para encontrar a dosagem adequada para o tratamento. Na agitação manual, variou-se os volumes para cada amostra, sendo eles de 1,0 a 10,0 mL. A mistura coagulante + água bruta foi submetida a duas velocidades de agitação: (i) agitação rápida por um minuto de duração e (ii) agitação lenta por cinco minutos de duração.

Já nas coletas realizadas no mês de outubro foi-se utilizado um equipamento de Jar-test microproce da marca SP Labor, modelo JT-303M/6 com 6 cubas de 2L cada.

No equipamento foi-se usado variação de concentração no lugar da variação de volume, sendo elas de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 mg/L onde todas foram ajustadas em balões volumétricos até o volume de 10,0 mL. A mistura coagulante + água bruta foi submetida a duas velocidades de agitação: (i) agitação rápida de 120 rpm por um minuto de duração e (ii) agitação lenta de 60 rpm por cinco minutos de duração, tempo e velocidade determinadas em estudo feito por Leal *et al.* (2019), também usando Tanfloc.

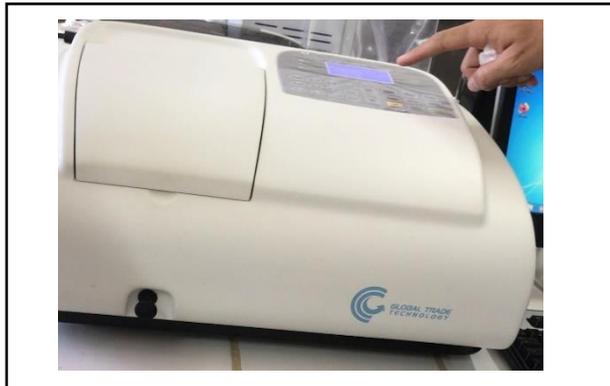
É relevante destacar que as condições de dosagem adotadas para o Tanfloc foram escolhidas com base em estudos realizados por Coral *et al.* (2009) e Carvalho (2008).

### 4.3 Parâmetros físico-químicos

#### 4.3.1 Cor real e cor aparente

As cores reais e aparentes foram medidas por meio do Espectrofotômetro da marca Global Trade Technology, modelo UV-5200S (figura 4) em triplicata. A cor real é medida na amostra de água bruta filtrada e a cor aparente em amostra sem filtração.

**FIGURA 4-** Espectrofotômetro



Fonte: A autora (2021)

#### 4.3.2 Turbidez

A turbidez das amostras foi obtida com turbidímetro digital da marca Akso, modelo TU430 (figura 5) a temperatura ambiente. Esse procedimento foi feito tanto na água bruta, quanto na água pós-tratamento com os coagulantes.

**FIGURA 5-** Turbidímetro



Fonte: A autora (2021)

### 4.3.3 Eletrometria

Para as leituras de pH, condutividade e temperatura foi utilizado um medidor multiparâmetro da marca Akso, modelo AK88, representado na figura 6.

**FIGURA 6-** Medidor multiparâmetro

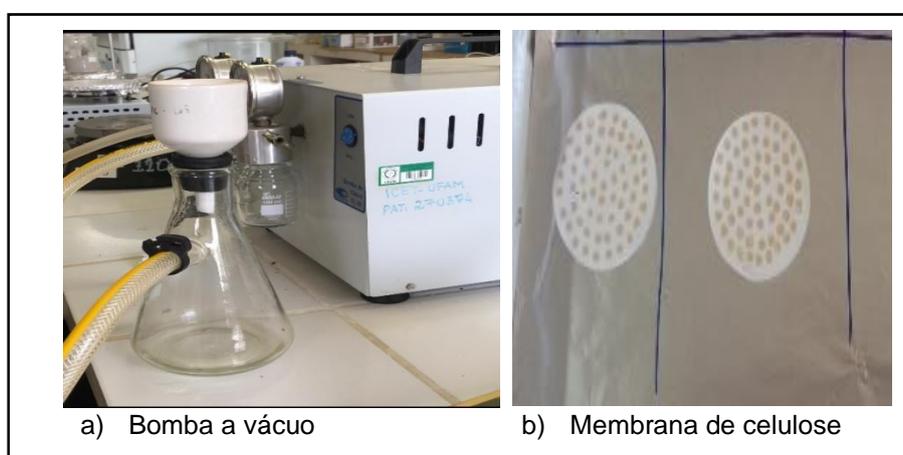


Fonte: A autora (2021)

### 4.3.4 Sólidos totais suspensos

Os sólidos suspensos totais foram determinados por gravimetria com filtração à vácuo (bomba de vácuo da marca Solab, modelo SL-60, figura 7), onde amostras de 100 mL de água bruta foram filtradas em membrana de celulose de 0,45  $\mu\text{m}$  secas em uma estufa da marca SP Labor, modelo SP-400 a 110  $^{\circ}\text{C}$  por uma hora.

**FIGURA 7-** Equipamento para filtração.



a) Bomba a vácuo

b) Membrana de celulose

Fonte: A autora (2021)

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Determinação das características físico-química das águas

#### 5.1.1 Lago do Serpa

A amostragem e análise foram feitas ao longo do período de cheia e seca dos rios, e utilizou-se o processo de coagulação/sedimentação para o tratamento da mesma. Os valores das variáveis físico-químicas da água bruta são demonstrados na Tabela 2, coletados no período de cheia e vazante dos rios.

**TABELA 2- CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS DO LAGO SERPA (Cheia e vazante)**

Parâmetros	Coleta 28/08	Coleta 01/09	Coleta 05/10	Unidade
Cor Aparente	228,34± 0,38	218,29± 0,78	184,85±0,79	mg Pt /L
Cor real	122,51± 1,78	111,20± 0,58	65,20±0,44	mg Pt /L
Sólidos totais	10,00	12,00	26,00	mg/L
pH	6,22±0,02	6,10±0,01	6,61±0,01	-
Condutividade	24,2±0,26	23,5±0,15	29,50± 0,24	µS
Temperatura	29,6°C±0,15	28,6°C±0,36	30,2°C±0,15	°C
Turbidez	7,02±0,03	7,20±0,14	15,20±0,22	NTU

**Fonte:** A autora (2021)

Como se pode observar, os resultados obtidos de cor aparente e real, diminuiram significativamente de acordo com a evolução da seca do Lago. Essa variação foi de 184,85 a 228,34 mg Pt /L para cor aparente e 65,20 a 122,51 mg Pt /L para a cor real. Já MAGALHÃES (2010), encontrou valores de 187,00 mg Pt/L para cor aparente e 19,00 mg Pt /L para cor real, no período seca para o Rio Negro.

Em relação, a quantidade de sólidos suspensos houve um aumento considerável de 10,00 a 26,00 mg/L, esse aumento pode ser explicado devido a incidência de chuva nos dois dias anteriores da coleta no qual aumenta a agitação do meio e causa arraste de material sólido das margens.

A variação de sólidos suspensos e turbidez crescem proporcionalmente como pode ser observado na tabela. A diferença entre os dois são que os sólidos totais é medida feita para todos os sólidos presentes no meio, já turbidez é

atribuída principalmente as partículas sólidas em suspensão reduzem a transmissão de luz ao meio. (BRASIL, Ministério da Saúde. 2014)

A turbidez aumentou de 7,02 a 15,20 NTU sendo o maior valor encontrado no período de maior da vazante do lago. Já MAGALHÃES (2010), encontrou valores de 7,90 NTU no período de seca e 13,40 NTU no período de cheia para o Rio Negro.

O pH também aumentou de 6,22 a 6,61, isso pode ser explicado devido a mudança da quantidade de chuvas.

A condutividade elétrica variou de 24,2  $\mu\text{S}$  a 29,5  $\mu\text{S}$ , ou seja, aumentou ao longo do mês com a diminuição das chuvas e seca do Lago. Segundo Sperling (2005), nas épocas de seca pode se encontrar valores mais elevados de condutividade, pelo motivo de que nessas épocas não ocorram tantos efeitos diluidores de águas de chuvas devido à pouca incidência da mesma. Esteves (1998) diz que em regiões tropicais, os valores de condutividade nos ambientes aquáticos estão mais relacionados com as características geoquímicas e as condições climáticas da sua região.

### 5.1.2 Rio Urubu

Para a determinação das características físicas e químicas do Rio Urubu foi feito apenas uma coleta com o objetivo de fazer uma comparação das características do lago e do rio.

A coleta foi realizada no dia 08 de outubro de 2021, data próxima a realização da última coleta feita no Lago do Serpa. Os resultados das análises estão representados na Tabela 3.

**TABELA 3- CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS DO RIO URUBU**

Parâmetros	Coleta 08/10	Unidade
Cor Aparente	141,09	mg Pt /L
Cor real	102,35	mg Pt /L
Sólidos totais	48,00	mg/L
pH	6,47 $\pm$ 0,03	-
Temperatura	28,5°C $\pm$ 0,40	°C

Turbidez	17,12±0,03	NTU
----------	------------	-----

Fonte: A autora (2021)

Fazendo uma comparação da coleta do dia 05/10 no lago e 08/10 no rio que foram feitas em dias próximos, observamos que o valor de cor aparente do rio foi menor que a do lago, assim como o pH que também apresentou um valor menos ácido que o lago.

Devido a diferença de tamanho e maior velocidade das correntezas do rio para o lago, teremos uma diferença na quantidade de sólidos totais (quantidade de material dissolvido), sendo maior no rio que foi de 48,00 mg/L, já para o lago foi de 26,00 mg/L.

## 5.2 Análise do teste de Jarros

### 5.2.1 Estudo preliminar da dosagem para água do lago de Serpa

Na primeira coleta realizada no dia 28 de agosto de 2021, foram usadas dosagens de 2,0 mL a 10,0 mL de acordo com Santos (2020) em laboratório para águas de cor branca, do Rio Amazonas. Essa primeira análise teve como objetivo determinar qual era a faixa das melhores dosagens a serem utilizadas no tratamento.

Os resultados visuais da água bruta e da mistura de água bruta + solução do coagulante (SG, MT e MTH) podem ser observados nas figuras 8 e 9, respectivamente.

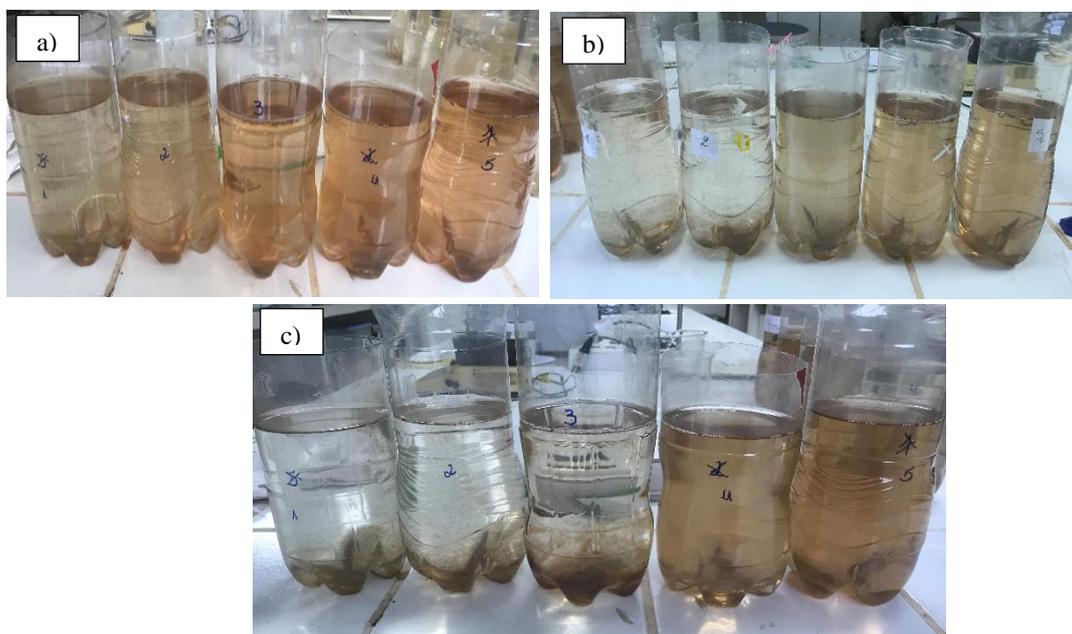
**FIGURA 8- Característica visual da água bruta**



Fonte: A autora (2021)

Visualmente, a água preta possui coloração caramelo devido à decomposição da matéria orgânica, que em última análise, produzirá o húmus que dá cor característica destes compostos hídricos, que se comparadas com as águas do rio Amazonas, terá menos sólidos suspensos.

**FIGURA 9** – Teste de jarros coleta 02: água bruta + coagulante: a) SG; b) MT; c) MTH.



**Fonte:** A autora (2021)

Como pode-se observar, as dosagens usadas da solução do coagulante foram muito altas, tendo formado flocos pequenos apenas no volume de 2,0 mL (jarro 01) e 4,0 mL (jarro 02). Em relação ao tempo de decantação, a formação de flocos foi mais rápida para o volume de 4,0 mL que ocorreu ainda durante a agitação, já no volume de 6,0 mL ocorreu lentamente, no intervalo de 15 minutos de decantação. Nos volumes de 8,0 mL e 10,0 mL não houve remoção de cor observada, conforme indica os jarros 04 e 05

Visualmente, a coagulação com o MT teve resultados semelhantes ao do SG, porém com remoções de cor maiores nos volumes de 2,0 mL (jarro 01) e 4,0 mL (jarro 02) e tempo de decantação mais rápido de 15 minutos, principalmente no jarro que foi adicionado 4,0 mL do coagulante MT que acabou formando flocos maiores. Hameed et al. (2016) que fez o teste da distribuição dos flocos produzidos por Tanloc em água residuária, diz que quando a formação de flocos

maiores, tem-se um processo de decantação mais facilitado, já que eles irão decantar com mais rapidez.

O coagulante MTH foi o que apresentou remoções visuais melhores até o volume de 6,0 mL (jarro 3) e um tempo de decantação mais rápido de 5 a 15 minutos, onde podemos observar que os jarros 01 e 02 com 2,0 e 4,0 mL respectivamente, decantaram mais rápido devido ao tamanho dos flocos formados.

Essa primeira etapa, foi de extrema importância para a determinação das dosagens usadas no procedimento do teste de jarros para a água com coloração preta e elevada quantidade de matéria orgânica. Os resultados encontrados para as variáveis físico-químicas e as remoções de turbidez podem ser observados na tabela 4.

**TABELA 4- ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICAS ÁGUA BRUTA+ COAGULANTE (SG, MT, MTH).**

PARÂMETROS	2,0 mL			4,0 mL			6,0 mL			8,0 mL			10,0 mL		
	SG	MT	MTH	SG	MT	MTH	SG	MT	MTH	SG	MT	MTH	SG	MT	MTH
<b>Cor (mg/L)</b>	50,99	96,24	70,98	292,32	131,06	78,90	290,32	145,89	323,87	334,17	330,28	337,44	360,82	352,15	317,96
<b>Remoção de cor (%)</b>	77,67	57,86	68,91	NHR	42,60	65,45	NHR	36,11	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
<b>pH</b>	7,32	6,71	7,80	6,32	6,64	7,48	6,44	6,56	6,98	6,33	6,43	6,85	6,32	6,31	6,53
<b>Condutividade de (µS)</b>	27,8	28,3	27,5	41,8	29,2	28,5	41,3	29,5	43,4	43,8	43,6	44,2	46,2	46,1	43,0
<b>Turbidez (NTU)</b>	0,87	1,46	1,02	8,78	3,18	1,38	8,89	3,44	15,63	9,82	9,53	10,08	19,34	19,13	15,27
<b>Remoção (%)</b>	96,53	94,16	95,92	64,88	87,28	94,48	64,44	86,24	37,48	60,72	61,88	59,68	22,64	23,08	38,92

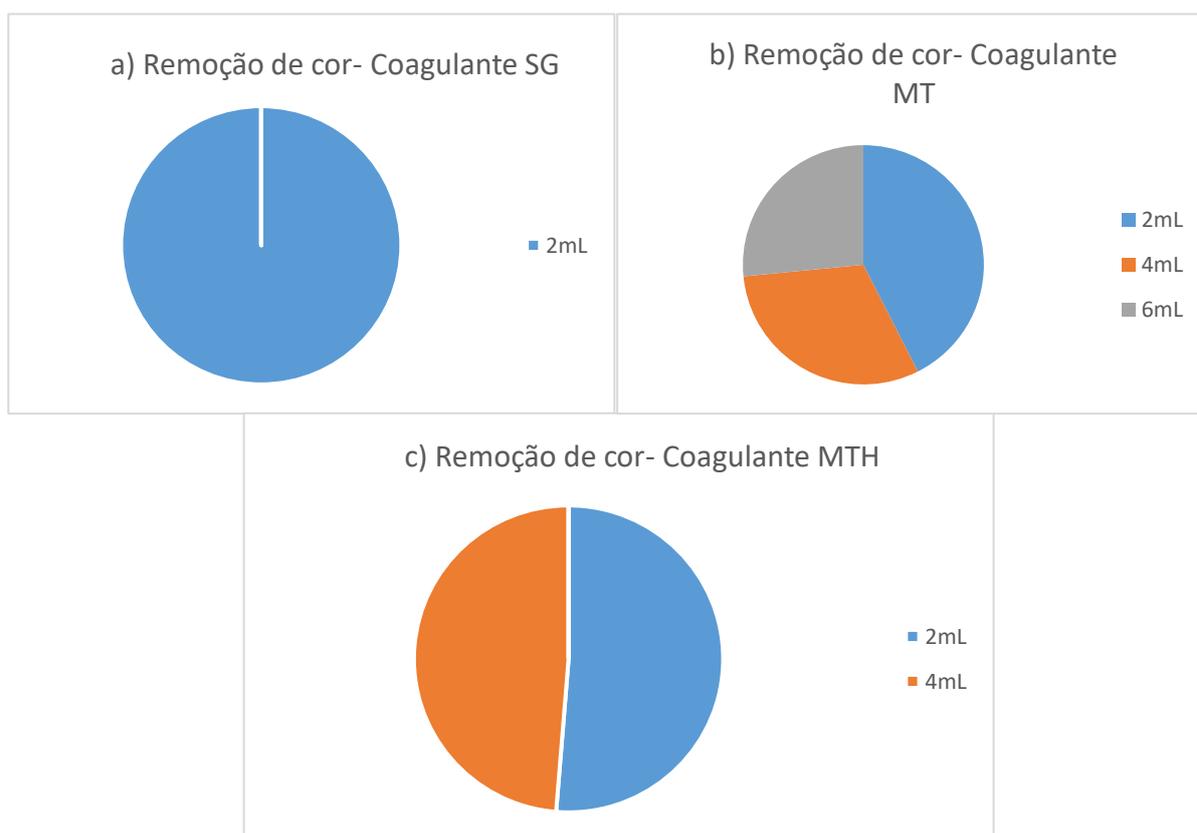
Fonte: A autora (2021)

\*NHR- não houve remoção de cor.

Como pode ser observado na tabela 04, os maiores valores de condutividade, remoções de cor e turbidez foram identificados no volume de 2mL para todos os três coagulantes, sendo o maior valor de remoção de turbidez encontrado no coagulante SG que foi de 96,56%. Os menores valores são vistos no volume de 10mL, sendo o menor de 22,64% também para o coagulante SG.

Na Figura 10, podemos visualizar o comportamento de remoção de cor para os três coagulantes.

**FIGURA 10-** Remoção de cor em função do volume de coagulante  
a) Coagulante SG; b) Coagulante MT; c) Coagulante MTH



**Fonte:** A autora (2021)

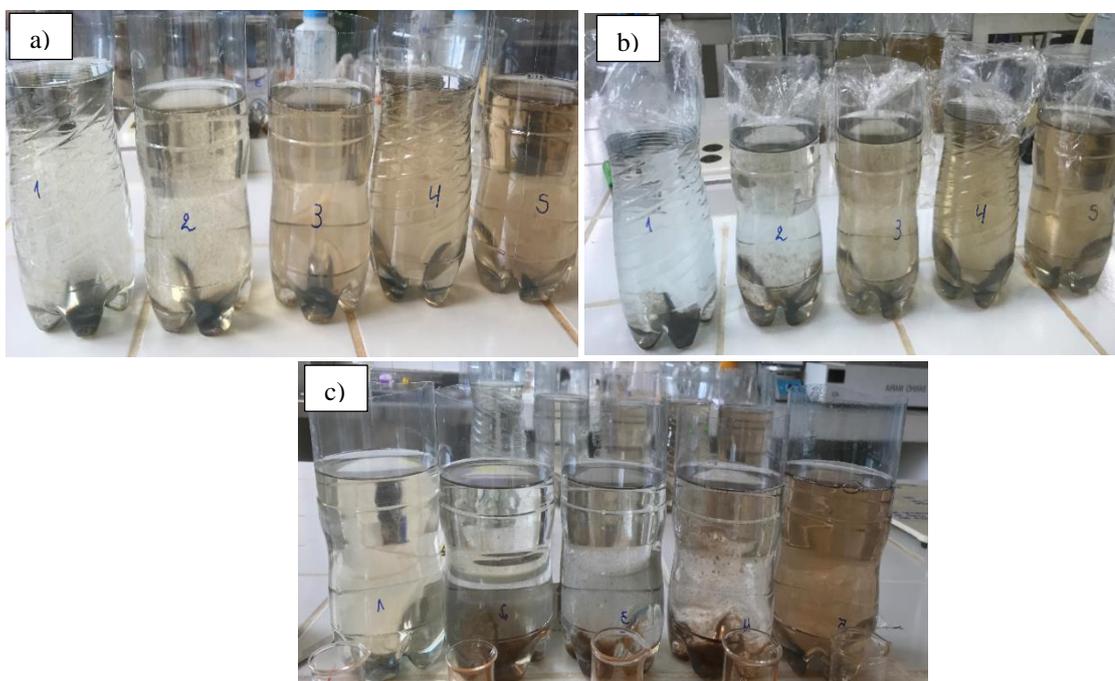
Os melhores resultados para remoção de cor conforme a Figura 10 foram identificadas nos volumes de 2,0 mL até 4,0 mL. Assim sendo, optou-se por diminuir as dosagens de coagulante, mudando-se das alíquotas de 2-10 mL para 1 - 5 mL, tendo esta última dosagem as seguintes alíquotas de volumes: 1,0; ,2,0; ,3,0; 4,0; 5,0 mL para determinar com mais eficiência as dosagens necessárias para o tratamento coagulante.

Segundo Baghvand et al (2010), uma dosagem excessiva de coagulante, além de deixar o meio supersaturado pode atrapalhar o fenômeno da coagulação e, portanto, o controle da mesma deve ser bastante preciso e considerado em estações de tratamento de água.

### 5.2.2 Padronização da dosagem para o método de agitação mecânica

Na segunda coleta, utilizou-se as novas alíquotas de volumes da solução de coagulante que foram otimizadas: 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 mL para cada coagulante empregado no tratamento. Na Figura 11 está o resultado visual do tratamento para os coagulantes SG, MT, MTH.

**FIGURA 11** – Teste de jarros: água bruta + coagulante: a) SG; b) MT; c) MTH



**Fonte:** A autora (2021)

Comparando, com a análise anterior a remoção de cor, visualmente, com o coagulante SG, foi mais eficiente principalmente no primeiro e segundo jarro com 1,0 e 2,0 mL que formaram flocos logo no primeiro minuto de decantação. Dos jarros restantes, apenas o jarro 04 formou flocos após 30 minutos de decantação, o jarro 05 com 5,0 mL não houve formação de flocos visualmente.

Pela figura 11b, já podemos observar que a eficiência do coagulante MT foi maior que do coagulante SG, já que os flocos decantaram mais rápido até o volume de 3,0 mL e mais lento nos jarros 04 e 05.

Assim, como no primeiro teste o coagulante MTH foi o que apresentou melhores remoções de cor, com formação de flocos mais rápidas até o volume de 4,0 mL.

Os resultados das variáveis físico-químicas da água bruta+ coagulante são apresentados na Tabela 5.

**TABELA 5- RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS PARA ÁGUA TRATADA NA SEGUNDA COLETA.**

PARAMETROS	1,0 MI			2,0 mL			3,0 mL			4,0 mL			5,0 mL		
	SG	MT	MTH	SG	MT	MTH	SG	MT	MTH	SG	MT	MTH	SG	MT	MTH
<b>Cor (mg/L)</b>	66,20	10,65	88,83	183,09	2,98	0,29	256,62	14,12	0,46	260,52	138,47	38,17	291,44	247,45	258,01
<b>Remoção (%)</b>	69,67	95,12	59,31	16,13	98,63	99,86	NHR	93,53	99,79	NDR	36,57	82,51	NHR	NHR	NHR
<b>pH</b>	6,91	7,48	6,71	6,61	7,11	7,48	6,57	6,98	7,26	6,44	6,85	6,85	6,53	6,34	6,53
<b>Condutividade de (µS)</b>	28,5	25,5	27,2	36,4	24,2	23,8	39,6	33,0	23,6	39,7	36,4	28,4	41,5	39,3	38,4
<b>Turbidez (NTU)</b>	0,00	0,58	1,47	8,78	0,28	0,00	8,89	0,98	0,14	9,82	7,68	2,31	19,34	9,65	10,32
<b>Remoção (%)</b>	100,00	97,68	94,12	64,88	98,88	100,00	64,44	96,08	99,44	60,72	69,28	90,76	22,34	61,4	58,72

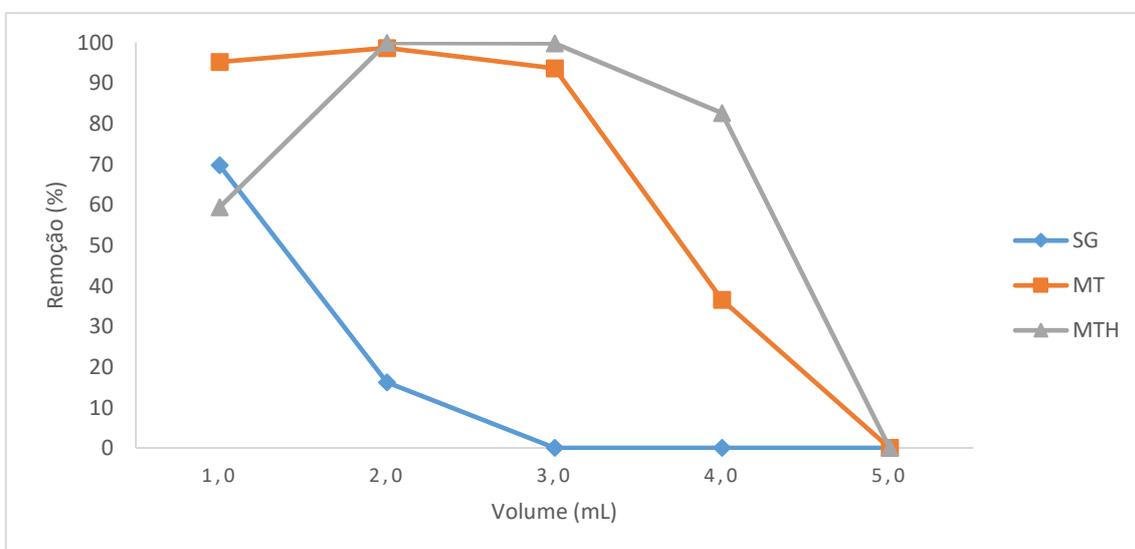
Fonte: A autora (2021)

\*NHR- Não houve remoção de cor

Nessa etapa, conseguiu-se alcançar valores de remoção de até 100% da remoção de turbidez para o coagulante SG nos volumes de 1,0 e 2,0 mL e o menor valor encontrado foi de 22,34% para o volume de 5mL do coagulante SG. Em relação à variação do pH, verificou-se que quanto mais próximo de 7,00 maior era a remoção de cor e turbidez. Segundo a fabricante (TANAC SA), o pH de coagulação é de 4,5 a 9,0 e já Sanchez-Mártin et al. (2009), utilizando o Tanfloc como coagulante diz que o pH ótimo da coagulação do tanino fica entre 5 e 8,0. Neste trabalho a coagulação melhor ocorreu na faixa de 6,85 a 7,48 para ambos coagulantes. Por outro lado, Bomfim (2015), diz que para o SG a melhor região de coagulação está compreendida entre os valores de pH de 7,5 a 8,5.

Na Figura 12, pode-se visualizar melhor a eficiência de remoção de cor para cada coagulante de acordo com a variação do volume.

**FIGURA 12-** Perfil de remoção de cor para os coagulantes SG, MT e MTH.



**Fonte:** A autora (2021)

Observando-se a Figura 12, nota-se que o comportamento do coagulante SG foi de maneira decrescente, onde o valor maior de remoção foi encontrado em 70% e após isso tivemos diminuição na sua eficiência de acordo com o aumento do volume, até que em 3,0 mL não houve mais nenhuma remoção de cor.

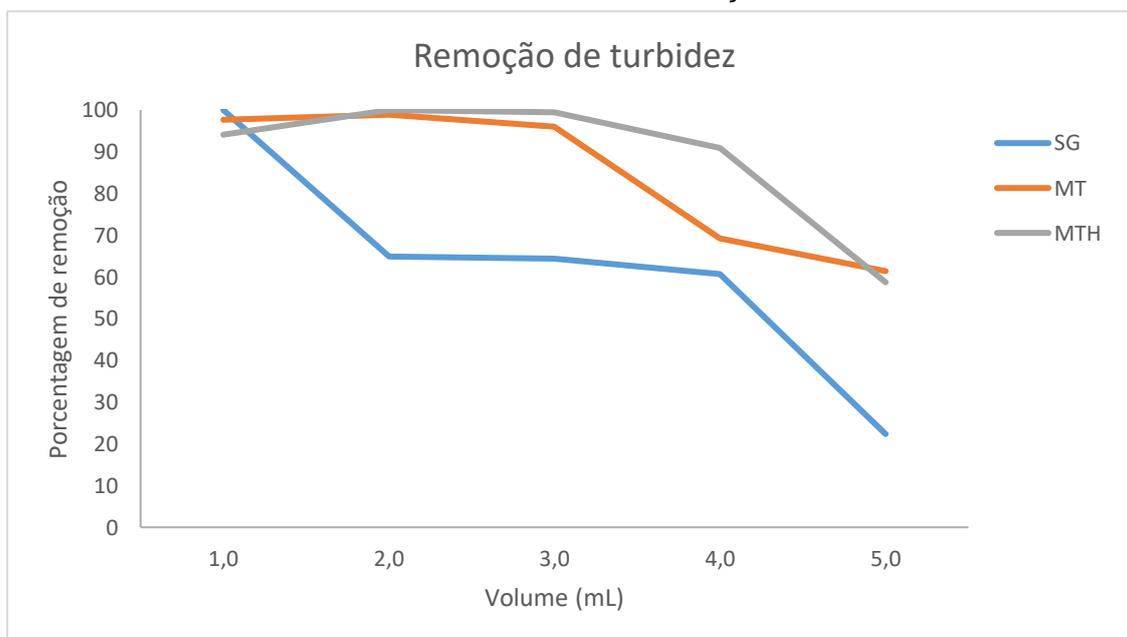
A remoção dos coagulantes MT e MTH se comportaram de uma maneira similar, onde pelo menos dois dos dados ficaram com valores acima de 90%, mostrando a eficiência dos dois coagulantes. Bonfati et al (2018), alcançou

valores de 90,05 % de remoção de cor para água de abastecimento utilizando o Rio do Peixe como manancial, chegando a uma cor final de 6,0 mg Pt/L que comparado com o valor dos coagulantes MT e MTH, medidos neste trabalho, pode-se perceber que para a água estudada, os coagulantes empregados são mais eficientes.

Heredia et al (2010), realizaram ensaios em planta piloto usando o Tanfloc MTH como coagulante e auxiliar de floculação no tratamento de águas superficiais e residuárias. Os estudos foram realizados em quatro tipos de água, sendo elas: efluente de indústria têxtil, simulada por adição de corante (100 mg/L de Alizarin +Violet), efluente de lavanderia simulada com uma solução de surfactante (50 mg/L de dodecilbenzeno sulfonato de sódio), efluente coletado de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) e água superficial coletada do rio Guadiana localizado na Espanha. Foi observada redução acima de até 80% na cor além de alta remoção de outros parâmetros como quantidade de oxigênio dissolvido e turbidez que foi de 100%, assim como de alguns resultados encontrados no presente trabalho.

A Figura 13 mostra o perfil de remoção de turbidez. Sobre as remoções tivemos o seguinte comportamento para cada coagulante variando os volumes.

**FIGURA 13-** Perfil de remoção de turbidez.



**Fonte:** A autora (2021)

Como podemos observar, o comportamento de remoção de turbidez foi similar ao de remoção de cor. O coagulante com mais eficiência foi o MTH, que teve remoção de 100% e menor de 58,72%.

Em relação a condutividade, tivemos uma variação de 23,6 a 41,5  $\mu\text{S}$ . O menor valor de turbidez foi encontrado no volume em que conseguimos obter um dos maiores valores de remoção de usando o coagulante MTH e também um dos maiores valores de remoção de turbidez.

### 5.2.3 Padronização da dosagem para uso do equipamento Jar-test.

Na padronização do teste de jarros usando o equipamento, ao invés de variarmos o volume do coagulante foi feita variação das concentrações.

O uso de equipamento pode ser considerado um método mais eficaz por garantir melhor controle de tempo e velocidade, já que o mesmo é automatizado para isso. Além disso, temos um tempo de adição de coagulante na amostra igual para todos os jarros.

Houve formação flocos de maneira mais rápida no jarro 01 ao 03, onde temos variações de concentração de 0,5 a 1,5 mg/L. As concentrações de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 mg/L foram padronizadas através de análise extra com testagem de dosagens, se baseando no estudo feito por Leal *et al.* (2019) que usou o coagulante SG para tratar amostras de água da Estação de tratamento de Santana de Paraíba.

O coagulante MT, foi o que menos formou flocos entre os três, sendo formado apenas nas concentrações de 1,0 e 1,5 mg/L. O resultado foi diferente dos encontrados nos testes feitos com o agitador mecânico e isso pode ser explicado pela mudança das características da água que agora está em período de seca.

Assim como foi observado nos testes anteriores, visualmente, o coagulante MTH manteve sua eficiência de remoção de cor, principalmente nas concentrações de 1,5 a 2,5 mg/L.

Na tabela 5, veremos todos os resultados encontrados para cada concentração.

**TABELA 5- ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICAS ÁGUA BRUTA+ COAGULANTE: TERCEIRA COLETA.**

PARÂMETROS	0,5 mg/L			1,0 mg/L			1,5 mg/L			2,0 mg/L			2,5 mg/L		
	SG	MT	MTH	SG	MT	MTH	SG	MT	MTH	SG	MT	MTH	SG	MT	MTH
<b>Cor (mg/L)</b>	117,73	302,63	138,85	31,76	55,39	65,07	69,97	83,04	38,80	138,60	231,36	34,02	166,50	257,38	21,58
<b>Remoção de cor (%)</b>	46,31	NHR	24,89	82,82	70,04	64,80	62,15	55,08	79,01	25,02	NHR	88,05	9,93	NHR	88,33
<b>pH</b>	6,79	6,02	6,12	7,83	8,38	7,76	7,54	8,52	8,08	6,55	7,26	8,18	6,24	7,11	7,48
<b>Condutividade de (µS)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Turbidez (NTU)</b>	14,40	17,02	12,58	2,48	1,38	3,98	4,66	1,96	0,93	10,98	5,36	1,42	19,42	5,67	1,38
<b>Remoção (%)</b>	42,4	31,92	49,68	90,08	94,48	84,08	81,36	92,16	96,28	56,08	78,56	94,32	22,32	78,12	94,48

Fonte: A autora (2021)

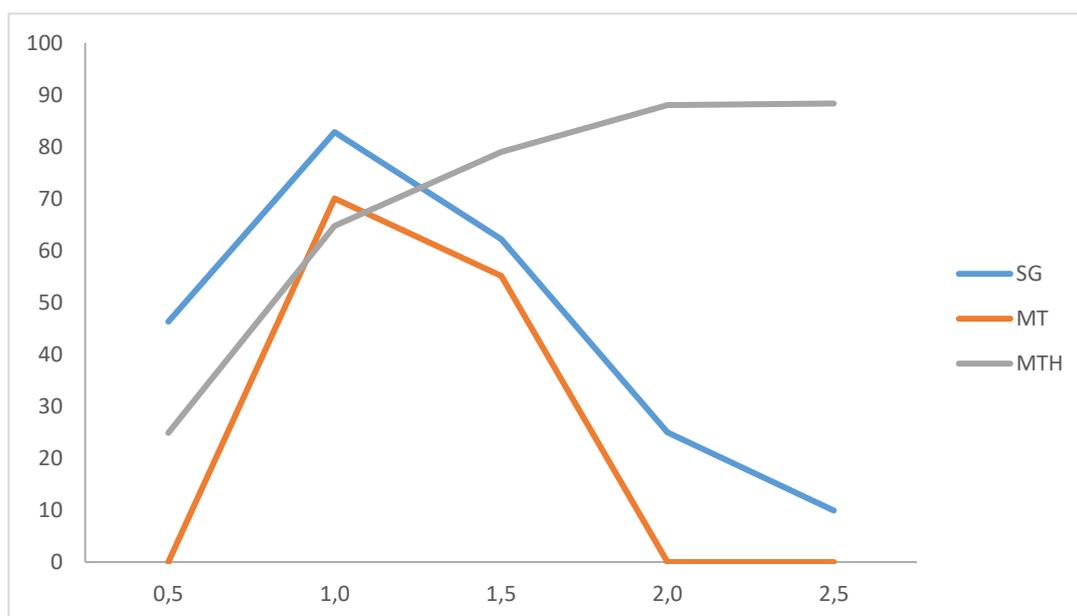
\*NHR- Não houve remoção de cor

O coagulante SG, teve resultados mais eficientes comparando com as análises anteriores. Como dito anteriormente, isso pode ser explicado pelo aumento das variações do pH, no qual foi observado que o mesmo funciona melhor numa faixa de pH de 6,79 a 8,0.

Só não teve remoção de cor para as concentrações de 0,5; 2,0 e 2,5 mg/L para o coagulante MT. Para os demais, o menor valor encontrado foi de 9,93% para o coagulante SG e maior valor de 88,33% para o coagulante MTH.

Para remoção de turbidez temos o menor valor também para o coagulante SG no valor de 22,32% e maior valor para o MTH.

**FIGURA 14-** Perfil de remoção de cor



Fonte: A autora (2021)

Observando a figura 1, verificamos que o coagulante MTH teve comportamento crescente de acordo com o momento das concentrações. Já o SG, teve um pico maior de remoção e depois teve comportamento decrescente com o aumento da concentração.

#### 5.2.4 Jar-test para água do Rio urubu

Para a análise da água do rio Urubu, usamos as mesmas concentrações adotadas para as águas do Lago de Serpa e os resultados são mostrados na Tabela 6.

**TABELA 6- ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICAS ÁGUA BRUTA+ COAGULANTE: RIO URUBU.**

PARÂMETROS	0,5 mg/L			1,0 mg/L			1,5 mg/L			2,0 mg/L			2,5 mg/L		
	SG	MT	MTH	SG	MT	MTH	SG	MT	MTH	SG	MT	MTH	SG	MT	MTH
<b>Cor (mg/L)</b>	148,40	171,66	138,60	173,04	155,19	87,95	102,30	93,60	65,07	21,90	48,28	50,11	24,66	24,47	8,89
<b>Remoção de cor (%)</b>	NHR	NHR	1,76	NHR	NHR	37,66	27,49	33,66	53,88	73,12	65,78	64,48	82,52	82,66	88,33
<b>pH</b>	6,86	7,16	6,93	6,52	6,98	6,89	6,73	6,78	6,83	6,98	6,59	7,10	7,06	6,54	7,10
<b>Turbidez (NTU)</b>	16,94	15,78	14,90	17,23	15,70	15,85	11,63	16,72	16,00	1,62	3,10	5,38	3,20	0,87	2,68
<b>Remoção (%)</b>	66,22	36,88	40,40	31,08	37,20	36,6	53,48	33,12	36,00	93,52	87,60	78,48	87,20	96,52	89,28

Fonte: A autora (2021)

Os maiores valores de remoção de turbidez para cada coagulante foram de 93,52% na concentração de 2,0 mg/L para o coagulante SG; 96,52% para o MT e 89,28% para o MTH, ambos na concentração de 2,5 mg/L. Gusmão (2014), em estudos realizadas para água de um riacho, encontrou valores de remoção de turbidez entre 75 a 90% de remoção de turbidez usando tanfloc SG. Já Oliveira (2017), nenhum dos seus ensaios atingiu taxa de remoção dos parâmetros turbidez e cor aparente superior ao valor de 80%, porém foram superiores que 50%.

Já os maiores valores de remoção de cor encontrado foram de 84,33% para o SG; 82,66% para o MT; 88,33% para o MTH e todos na concentração de 2,5 mg/L.

Para o coagulante SG, os flocos só começaram se forma a partir de 1,5 mg/L, tendo remoções de 27,49 a 82,52% de forma crescente. Lucyk et al. (2015) em um experimento realizado com coagulantes orgânicos e inorgânicos para efluente de abatedouro avícola determinaram para o coagulante tanino SG 100 mg. L<sup>-1</sup> a taxa de eficiência mais elevada com 84,67% de eficiência de remoção de cor e 94,33% para turbidez em relação aos demais coagulantes testados.

Obteve-se uma eficiência melhor visualmente nos jarros 04 e 05. Outra observação que podemos fazer, é em relação aos tamanhos dos flocos que foram pequenos, logo o tempo de decantação foi maior.

Em relação ao MT, também se obteve formação de flocos menores semelhantes do SG, porém a eficiência de remoção foi-se melhor nos três últimos jarros. Além disso, nessa mesma concentração observou-se também a maior remoção de turbidez que foi de 96,52%.

Para o MTH, como visto em todas as outras análises, novamente teve o melhor comportamento com a variação da concentração. Para todas as concentrações o coagulante apresentou valores de remoção, porém em 0,5 mg/L apresentou apenas 1,76% de remoção tendo um aumento crescente a cada concentração até que chegou numa porcentagem 88,33% em 2,5 mg/L. Nesse valor de remoção de cor também tivemos um valor de 89,28% de remoção de turbidez.

Logo, o coagulante mostrou maior desempenho, tanto no método de agitação mecânica, quanto no método que usa o aparelho de Jar-test, com

resultados de remoção de turbidez de 100% para o Lago de Serpa e 89,28% para o Rio Urubu. Já os resultados de remoção de cor obtivemos valores de 99,86% para o lago e 88,33% para o rio.

## 6. CONCLUSÃO

Dos três diferentes coagulantes naturais a base de tanino estudado, chegou-se à conclusão que o melhor tanino vegetal para a água preta estudada foi o Tanfloc MTH.

Uma das eficiências encontrada para o coagulante MTH, é que a velocidade de sedimentação é superior quando comparado aos demais, devido os flocos formados pelo mesmo serem maiores e de formato irregular o que aumenta a área superficial ajudando para que haja uma maior velocidade de sedimentação.

A alternativa proposta também indica possibilidades de diminuição dos impactos ambientais causados pelo processo de tratamento convencional, nos corpos de d'água, pois o benefício da eliminação dos sais metálicos do tratamento, gerando um lodo isento de alumínio. Além disso, esse lodo formado pode ser aplicado na agricultura e compostagem.

Em termos de legislação, os coagulantes de origem vegetal dão a água as características físico-químicas recomendadas, em relação a cor e turbidez. Dessa forma, o produto atende os padrões de potabilidade da água para o consumo humano no que diz respeito a cor, turbidez

Outro benefício do uso do tanino como substituto dos coagulantes inorgânicos é que não há necessidade de correção do pH da água bruta, pois, como o os coagulantes orgânicos não consomem a alcalinidade do meio, o pH da água fica praticamente inalterável.

Ao fim deste trabalho foi possível concluir que o tanino é uma boa alternativa para o tratamento de água de água preta do Rio Urubu e Lago de Serpa situados na cidade de Itacoatiara-AM.

## 7. REFERÊNCIAS

ALI, E.N.; MUYIBI, S.A.; SALLEH, H.M.; ALAM, M.Z.; SALLEH, M.R.M. Production of natural coagulant from *Moringa oleifera* seed for application in treatment of low turbidity water. **Journal Water Resource and Protection, Irvine**, v. 2, p.259-266, 2010.

AMBIENTE BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 2a ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.146 p.

BRASIL, **Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília: Ministério da Saúde, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de Controle de Qualidade de água para técnicos que trabalham em ETAS/ Ministério da Saúde**. Fundação Nacional de Saúde,-- Brasília: Funasa, 2014.

BATTALHA, B. L.; PARLATORE, A. C. **Controle da Qualidade da água para consumo humano**. 2 ed. São Paulo: Gráfica CETESB, 2010.198p.

BAGHVAND, Akbar et al. Optimizing Coagulation Process for Low to High Turbidity Waters Using Aluminum and Iron Salts. **American Journal of Environmental Sciences**. v. 6, 2010.

BELTRAN-HEREDIA, J., SANCHEZ-MARTÍN, J. New coagulant agents from tannin extracts: Preliminary optimisation studies. **Chemical Engineering Journal**, v. 162, p 1019-1025, 2010.

BOMFIM, A. P. D. S. **Avaliação dos coagulantes Tanfloc em comparação aos coagulantes inorgânicos a base de alumínio no tratamento de água**. 210f. Dissertação (Mestrado) – Centro de ciências exatas naturais e tecnológicas, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2015.

BONFANTI, L.; DENBINSKI, L. G.; BOTTIN, J. P.; OLIVEIRA, L. H. Remoção de cor e turbidez da água do rio do peixe utilizando coagulante natural. **XXIV Semana de iniciação científica, SIEPE**, 2018.

CAPELETE, B. C. (2011). **Emprego da quitosana como coagulante no tratamento de água contendo *Microcystis aeruginosa* – avaliação de eficiência e formação de trihalometanos**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-135/2011, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 127p.

CARVALHO, Maria J. H. **Uso de coagulantes naturais no processo de obtenção de água potável. 2008**. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

CASTRO, M. A. S. et al. Microrganismos associados ao tratamento de águas de abastecimento com coagulante orgânico vegetal (tanato quaternário de amônio) – I. microrganismos filamentosos. **Revista Estudos de Biologia**, v. 26, n. 54, p. 21-27, 2004.

CORAL L.A; BERGAMASCO, R.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 Humano. In: **INTERCIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2.**, 2009, São Paulo. Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change.

COSTA, T. F. R. **Investigação de diagramas de coagulação utilizando coagulantes e auxiliares de coagulação de fontes renováveis**. 110 p. Dissertação (Mestrado em Química) – UFU, 2013.

CUNHA, H. B; PASCOALOTO, D. **Hidroquímica dos Rios da Amazônia**. Manaus: Centro Cultural dos Povos da Amazônia, 2006.

DI BERNARDO, L. (Coord.). **Tratamento de Água para Abastecimento por Filtração Direta**. Rio de Janeiro: ABES, Rima, 2003.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

GAILLARDET, J.; DUPRÉ, B.; ALLÈGRE, C. J.; NÉGREL. Chemical and physical denudation in the Amazon river. **Chemical Geology**. v. 142. p. 141-173, 1997.

GUSMÃO, A.L.S.; SOARES, M.G. **Uso de taninos no tratamento de água para abastecimento**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

HAMEED, Y. T., IDRIS, A., HUSSAIN, S. A., ABDULLAH, N. A tannin-based agent for coagulation and flocculation of municipal wastewater: Chemical composition, performance assessment compared to Polyaluminum chloride, and application in a pilot plant. **Journal of environmental management**, v. 184, p 494-503, 2016.

HORBE, A.M.C.; Gomes, I.L.F.; Miranda, S.F.; Silva, M.S.R. 2005. **Contribuição à hidroquímica de drenagens no Município de Manaus - AM**. Acta Amazonica.

KONRADT-MORAES, L. C. Avaliação da eficiência de remoção de cor e turbidez, utilizando como agente coagulante os taninos vegetais, com a finalidade de obtenção de água tratada. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 24., 2007, Belo Horizonte. Congresso. Maringá: Abes, 2007. p. 1 - 6.

KUCHLER, I. L.; MIEKELEY, N.; FORSBERG, V. R. A contribution to the chemical characterization of rivers in the rio Negro Basin, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 11 (3). p. 286-292, 2000.

LEAL, S.A; NUNES, C.A; OLIVEIRA, A.F. Implantação de coagulante de alta performance à base de tanino para tratamento de água com foco na redução de turbidez da água bruta. **Congresso Fenasan**. 2019.

LIMA, Júnior, R. N.; ABREU, F. O. M. S. Produtos Naturais Utilizados como Coagulantes e Floculantes para Tratamento de Águas: Uma revisão sobre Benefícios e Potencialidade. **Ver. Virtual Química**. 709-735, 2018.

LUCYK, N.; HERMES, E.; PUJARRA, S.; SILVA, R. P.; SIMIONE, R.J.; ZENATTI, D. C. Uso de Coagulantes Naturais no Tratamento de coagulação/Floculação de Efluente Proveniente de Abatedouro de Aves. *Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v. 4, p.576-587, dez. 2015. Anual.

MAGALHÃES, Aléx Fabiano Ribeiro de. **Desenvolvimento de tecnologias de tratamento de águas brancas e pretas da região amazônica para consumo humano**. 2010. 223 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP.

MAIER, M.H. 1987. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47°55' – 48°55'W; 22°30' – 21°55'S – Brasil): qualidade da água do rio principal. **Ciência e Cultura**.

OLIVEIRA, B. A. M.; MELO, J. M.; CASTRO, R. S.; GOES, H. H. D.; THEODORO, J. D. P.; "Associação dos coagulantes Tanfloc SG e Moringa oleífera como alternativas ao tratamento de água", p. 892-897. In: **Anais** do XII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica [=Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 1, n.4]. ISSN Impresso: 2446-8711. São Paulo: Blucher, 2017.

PINTO, A.G.N. **Geoquímica dos sedimentos do rio negro na orla de Manaus/Am**. 2006. Dissertação (Mestrado em geociências na área de geologia ambiental) – Instituto de Ciências exatas. Departamento de Geologia. Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

POOI, C. K.; NG, H.Y. Review of low-cost point-of-use water treatment systems for developing communities. *npj Clean Water* 1:11. doi: 10.1038/s41545-018-0011-0, 2018.

**PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (PNRH).** Região Hidrográfica Amazônica. Disponível em: < <http://pnrh.cnrh-srh.gov.br/>>.

RAJENDRAN, R; ABIRAMI, M; PRBHAVATHI, P; PREMASUD-HA, P; KANIMOZHI, B; MANIKANDAN, A. Biological treatment of drinking water by chitosan based nanocomposites. **African J.of Biotechnology**. 930-936, 2015.

RICHTER, C.A. **Água métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Blucher. 2009.

SANCHEZ-MARTÍN, J; BELTRAN-HEREDIA, J. Municipal wastewater treatment by modified tannin flocculant agent. **Desalination**, v. 249, p 353-358, 2009.

SANTOS, C. N. R., RAMOS, A. M. **Uso de diferentes coagulantes à base de tanino para tratamento de águas superficiais com elevada carga de sólidos em suspensão**. 2020. Pibic (Programa de Iniciação Científica). Universidade Federal do Amazonas. 2020.

SANTOS-LEMO, K., QUINTINO, A.F.S., CAVALLINI, G. S. (2020). Avaliação comparativa entre os coagulantes sulfato de alumínio ferroso e policloreto de alumínio para tratamento de água: estudo de viabilidade econômica. **Desafios - Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins**, 7(1), 109-119.

SILVA, M. S.R; MIRANDA, S.A.F; DOMINGOS, R.N; SILVA, L.S.L; SANTANA, G.P. Classificação dos rios da Amazônia: Uma estratégia para a preservação desses recursos. **HOLOS Environment**. v13 n2, 2013.

SILVA, M. S.R; MIRANDA, S.A.F; SANTANA, G.P. Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas: Condições de suas águas versos Resolução N° 357/CONAMA/2005. **Revista Scientia Amazonia**, v. 6, n.2, 83-90, 2017.

SILVA, S.R; HELLER, Léo; VALADARES, J.C; CAIRCROSS, Sandy. O cuidado domiciliar com a água de consumo humano e suas implicações na saúde: percepções de moradores em Vitória (ES). **Eng Sanit Ambient**, v.14 n.4, pag 521-532, 2009.

SIQUEIRA, Maria E. S. **Estudo da utilização de coagulantes naturais e químicos em uma estação de tratamento de água piloto (ETA-Piloto)**. 2009. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

TANAC. Tanfloc SG. Tanac S. A. Rio Grande do Sul. 2016. Disponível em: <[http://www.tanac.com.br/sites/default/files/CT\\_TANFLOC\\_SG\\_PT\\_0.pdf](http://www.tanac.com.br/sites/default/files/CT_TANFLOC_SG_PT_0.pdf)>. Acesso: 19 de outubro de 2021.

SPERLING, V. M., 2005. **“Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos”**. Volume 1. 3ª Ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG.

ZHOU, Zhiwei; YANG, Yanling; LI, Xing; GAO, Wei; LIANG, Heng; LI, Guibai. Coagulation efficiency and flocs characteristics of recycling sludge during treatment of low temperature and micro-polluted water. **Journal of Environmental Sciences**. 1014–1020, 2011.