UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA – ICET
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA

MAYANA MARCELLY JACQUIMINOUTH TEIXEIRA

ESTUDO DA DOSAGEM DE COAGULANTE NATURAL NO TRATAMENTO DE ÁGUA COM ELEVADA CARGA DE SÓLIDOS E TURBIDEZ

ITACOATIARA-AM
2022

MAYANA MARCELLY JACQUIMINOUTH TEIXEIRA

ESTUDO DA DOSAGEM DE COAGULANTE NATURAL NO TRATAMENTO DE ÁGUA COM ELEVADA CARGA DE SÓLIDOS E TURBIDEZ

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária.

Orientador: Dr. Alex Martins Ramos

ITACOATIARA-AM

2022

Teixeira, Mayana Marcelly Jacquiminouth
T266e Estudo da dosagem de coagulante natural no tratamento de água com elevada carga de sólidos e turbidez / Mayana Marcelly Jacquiminouth Teixeira . 2022
57 f.: il. color; 31 cm.

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

1. Variações físico-químicas.. 2. Coagulante natural.. 3. Tratamento de água.. 4. Turbidez.. 5. Rio Amazonas.. I. Ramos, Alex Martins. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

MAYANA MARCELLY JACQUIMINOUTH TEIXEIRA

ESTUDO DA DOSAGEM DE COAGULANTE NATURAL NO TRATAMENTO DE ÁGUA COM ELEVADA CARGA DE SÓLIDOS E TURBIDEZ

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária.

Aprovada ( ) Reprovada ( ) em: ___de ___de_____.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Ma. Mariana Medeiros Batista – ICET/UFAM

_____

Prof. Samantha Aquino Pereira – ICET/UFAM

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais
e em memória da minha avó
Maria Júlia Brito Jacquiminouth
que não está mais presente,
mas sei que onde estiver estará feliz
por essa vitória que tanto queria comemorar.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ser meu refúgio, meu alicerce e minha força em todos os momentos da minha vida;

Aos meus pais Marcello Teixeira e Eunizeth Jacquiminouth que não mediram esforços de me apoiar e me ensinar os verdadeiros valores da vida, acreditando sempre no meu potencial, orando por mim e fazendo de tudo para me dar o bom e o melhor;

Ao meu namorado Rogério Júnior que esteve nessa minha caminhada, me incentivando, sendo meu parceiro, me ajudando e me dando todo o apoio;

Aos meus amigos(as): Layla Sena, Klívia Pantoja, Valdiane Braga, Alexandre Melo, João Vitor, Gabriel Guimarães que a faculdade me presenteou;

Aos meus queridos professores, em especial Rodrigo Gomes, Edilanê Mendes, Gessica Zila, Rafael Farias por toda a ajuda;

Ao meu orientador Ms. Dr. Alex Martins Ramos que me acolheu e me auxiliou em todos os momentos do projeto;

As minhas colegas de laboratório Cristiane Santos e Layane Leite pela ajuda nas etapas de coleta;

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram diretamente ou indiretamente para este dia tão especial, meu mais sincero obrigada.

RESUMO

A etapa de coagulação é fundamental para uma estação de tratamento de água. Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar a dosagem de coagulante no tratamento de água superficial de acordo com o pulso de inundação do rio Amazonas. As amostras foram coletadas em dois pontos na margem esquerda do rio Amazonas, no velho e novo porto do município. Foram analisados os seguintes parâmetros de condutividade elétrica, pH, temperatura, turbidez, cor real e aparente, sólidos suspensos totais, alcalinidade total e dosagem ótima através do aparelho Jar Test. Neste projeto foi utilizado o coagulante natural Tanfloc SG para se encontrar dosagem ótima. Usou-se cinco jarros de 1 L a 2 L, com variações de concentração de 0 a 12 g/L de coagulante. Parâmetros físico-químicos ao longo dos períodos foram de condutividade elétrica 24,70 a 30,83 µS/cm; pH 6,19 a 8,00; temperatura 27,37 a 32 °C; turbidez 28,83 a 223,67 UNT; cor real 36,91 a 199,33 mg Pt/L e cor aparente 212,88 a 500 mg Pt/L; sólidos suspensos totais 10 mg/L a 160 mg/L; alcalinidade total 24,70 a 39,90. No decorrer dos períodos houve alterações da dosagem de coagulante. Concluiu-se que o rio Amazona obtém variações físico-químicas ao longo dos períodos, bem com a quantidade de concentração de coagulante para o tratamento de água, mostrando eficiência para a remoção de cor e turbidez.

Palavras-chaves: Variações físico-químicas. Coagulante natural. Tratamento de água. Turbidez. Rio Amazonas.

ABSTRACT

The coagulation step is essential for a water treatment plant. Therefore, this work aims to evaluate the dosage of coagulant in the treatment of surface water according to the flood pulse of the Amazon River. Samples were collected at two points on the left bank of the Amazon River, in the old and new harbors of the municipality. The following parameters of electrical conductivity, pH, temperature, turbidity, real and apparent color, total suspended solids, total alkalinity and optimal dosage were analyzed using the Jar Test device. In this project, the natural coagulant Tanfloc SG was used to find the optimal dosage. Five jars of 1 L to 2 L were used, with concentration variations from 0 to 12 g/L of coagulant. Physicochemical parameters over the periods were electrical conductivity 24.70 to 30.83 µS/cm; pH 6.19 to 8.00; temperature 27.37 to 32°C; turbidity 28.83 to 223.67 UNT; real color 36.91 to 199.33 mg Pt/L and apparent color 212.88 to 500 mg Pt/L; total suspended solids 10 mg/L to 160 mg/L; total alkalinity 24.70 to 39.90. During the periods, there were changes in the dosage of coagulant. It was concluded that the Amazon River obtains physicochemical variations over the periods, as well as the amount of coagulant concentration for water treatment, showing efficiency for the removal of color and turbidity.

Key-words: Physicochemical variations. Natural coagulante. Water treatment. Turbidity. Amazon River.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de uma estação de tratamento de água (ETA).....19
Figura 2. Adição do coagulante no tratamento de água.....20
Figura 3. Pontos de coleta na área de estudo.....27
Figura 4. Análise de dados.....28
Figura 5. Peneiração do coagulante Tanfloc SG.....30
Figura 6. Aparelho Jar Test.....31
Figura 7. Análise de turbidez do rio Amazonas.....36
Figura 8. Cor real e aparente do rio Amazonas.....37
Figura 9. Nível do rio Amazonas (H) x Dosagem (g/L) 46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Equipamentos para a realização dos parâmetros físico-químicos.....28
Tabela 2. Média e desvio padrão da análise do rio Amazonas.....34
Tabela 3. Análise físico-química da água bruta + coagulante época de seca.....39
Tabela 4. Análise físico-química da água bruta + coagulante época de vazante.....41
Tabela 5. Análise físico-química da água bruta + coagulante época de enchente.....44

LISTA DE ABREVIATURAS

AM	Amazonas
ANA	Agência Nacional das Águas
°C	Celsius
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
µS/cm	Condutividade elétrica
ETA	Estação de Tratamento de Água
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
g	Grama
g/L	Grama por litro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MS	Ministério da Saúde
mg.Pt/L	Miligramas de platina por litro
PAC	Policloreto de alumínio
pH	Potencial Hidrogeniônico
STS	Sólidos Totais em Suspensão
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez

Sumário

1. INTRODUÇÃO 14
2. OBJETIVOS 16
2.1 OBJETIVO GERAL 16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 16
3. JUSTIFICATIVA 17
4. REVISÃO DE LITERATURA 18
4.1 Qualidade da água 18
4.2 Tratamento de água 19
4.3 COAGULAÇÃO 20
4.4 COAGULANTE ORGÂNICO 21
4.5 VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS 22
4.5.1 ALCALINIDADE TOTAL 22
4.5.2 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA 22
4.5.3 COR (REAL E APARENTE) 23
4.5.4 PH 24
4.5.5 SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO 24
4.5.6 TEMPERATURA 25
4.5.7 TURBIDEZ 25
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 27
5.1 ÁREA DE ESTUDO 27
5.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA UTILIZADA 27
5.3 ENSAIO *JAR TEST* 29
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES 33
6.1 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICO DA ÁGUA BRUTA 33
6.2 DOSAGEM DE COAGULANTE 38
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS 48
REFERÊNCIAS 49

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, praticamente toda água que se encontra na natureza, principalmente em corpos de água superficiais, demanda tratamento para ser utilizada no abastecimento público. Isso se deve à grande variedade e volume de contaminantes liberados pelas atividades antrópicas, e, por vezes, mesmo processos naturais (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1991).

Para produzir uma água potável, a seleção de processos de tratamento deve ser feita de modo a permitir a remoção ou redução de determinados constituintes da água bruta. Assim, as principais condicionantes na escolha dos processos unitários são a natureza da água bruta e a qualidade desejada para a água tratada (RICHTER, 2009). De acordo com Libânio (2010), as características físicas, químicas, biológicas e radiológicas das águas naturais traduzem uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e na bacia hidrográfica, como consequência das mencionadas capacidades de dissolução de ampla gama de substâncias e de transporte pelo escoamento superficial e subterrâneo.

Comunidades ribeirinhas, bem como famílias isoladas do município de Itacoatiara-AM utilizam o rio Amazonas, que é seu curso principal, em diversas finalidades desde dessedentação animal, uso doméstico e por vezes consumo humano. E algumas destas comunidades foram contempladas com uma solução alternativa coletiva simplificada no tratamento de água por zeólita (SALTA-z) um projeto da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) em parceria com a prefeitura de Itacoatiara que transforma água bruta em potável. Simão (2018) descreve que corpos d’água como rios e córregos são susceptíveis a alterações de níveis e podem influenciar a qualidade final da água. Então uma das etapas de tratamento de água é a coagulação, ou seja, a adição de coagulantes.

Coagulantes são substâncias químicas, que podem ser orgânicas ou inorgânicas, de caráter catiônico. O principal objetivo de um coagulante é quebrar a barreira energética do sistema, desestabilizando as partículas coloidais que formam o efluente (MATRYX, 2021). Portanto, com a redução do nível do corpo d’água e consequentemente aumento de turbidez e outros constituintes, o processo de tratamento de água pode ser afetado, uma vez que é necessário o aumento de coagulante.

Assim sendo, este projeto tem por objetivo avaliar a dosagem de coagulante no tratamento de água superficial de acordo com o pulso de inundação do rio Amazonas.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a dosagem de coagulante no tratamento de água superficial de acordo com o pulso de inundação do rio Amazonas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

i) Caracterizar a qualidade da água superficial do rio Amazonas, em termos de parâmetros físico-químicos condutividade elétrica, cor real e aparente, sólidos totais em suspensão, temperatura, turbidez, alcalinidade e pH;

ii) Avaliar a influência dos períodos de seca e cheia na qualidade físico-química da água superficial do rio Amazonas;

iii) Determinar a dosagem de coagulante no tratamento da água superficial em função dos períodos de seca e cheia do rio Amazonas;

iv) Comparar os parâmetros da água bruta e tratada com os padrões estabelecidos na resolução CONAMA n° 357/2005 e padrão de potabilidade portaria GM/MS n°888/2021.

3. JUSTIFICATIVA

Atualmente, pouco se fala sobre alterações na dosagem de coagulante devido a interferência do nível de um rio, e todo o ano ocorre essa variação sazonal do rio Amazonas, fenômenos de cheia a seca. A água sendo um recurso essencial a vida, o ser humano não pode ingerir diretamente desse corpo hídrico devido a diversidade de contaminantes químicos e biológicos existentes.

A combinação de redução de quantidade e deterioração da qualidade interfere no uso das águas, sendo necessárias maiores atenções por parte das empresas de saneamento para a correta utilização de tecnologias para uma eficiência dos processos de potabilização. Com efeito, as alterações da qualidade dessa água bruta, podem então influenciar diretamente nas operações unitárias das estações de tratamento de água para consumo humano, interferindo na manutenção dos índices de qualidade do tratamento (PRIANTI JR, 2009).

Com a coagulação sendo uma das etapas de tratamento, bem como as características físico-químicas desse rio que podem influenciar na quantidade de coagulante necessária quando passada por tratamento de água superficial afim de água potável. Com isso, este estudo se justifica que além de atípico com relação a informação de dados, o pulso de inundação pode interferir na quantidade de coagulante para uma estação de tratamento e água, e isso poderá apresentar uma relevância significativa a partir dessa dinâmica hidrológica.

4. REVISÃO DE LITERATURA

A água é fundamental para o desenvolvimento econômico do país, seu acesso é uma condição de sobrevivência do homem (SILVA, 2013).

O ciclo da água, também denominado ciclo hidrológico, é responsável pela renovação da água no planeta, inicia-se com a energia solar, incidente no planeta Terra, que é responsável pela evapotranspiração das águas dos rios, reservatórios e mares, bem como pela transpiração das plantas. As forças da natureza são responsáveis pelo ciclo da água. A água foi fator decisivo para que a vida surgisse e se desenvolvesse na Terra (PANTOJA, 2015).

O ribeirinho amazônico, população tradicional também resultante dessa miscigenação, construiu seu gênero de vida em torno da água, fazendo do grande potencial hídrico local algo imprescindível a sua existência (LIMA, 2005). A água é um recurso natural limitado, indispensável e essencial para a vida humana. No Brasil, os recursos hídricos superficiais representam 11% da água do planeta, sendo que a bacia hidrográfica do rio Amazonas detém 71,1% da vazão nacional (Giatti e Cutolo, 2012). Essa água fez-se presente nas atividades produtivas do passado, assim como se faz presente nas atividades de hoje, são elas: a cultura do açaí, pesca artesanal, coleta de frutos, captura de camarão, prática de roçado, entre outras atividades intermediárias, não menos importantes. É, também, indispensável como via de transporte, meio de lazer, ambiente de morada e atuação de personagens do imaginário (LIMA, 2005).

4.1 Qualidade da água

Quando se fala em água na Amazônia há uma percepção errônea, na qual se confunde quantidade com qualidade da água disponível (TEIXEIRA et al., 2017). Em grande período pelo ano, mananciais superficiais apresentam características de qualidade, que demonstram atual situação, se está apta para fim de abastecimento conforme o CONAMA 357/2005, ou não, devido as alterações da bacia hidrográfica, que podem invalidar a água.

O Rio Amazonas, em conjunto com seus tributários, integra o maior complexo hídrico do mundo, abrangendo 6 milhões de km², com 6,6x1012 $m^3.ano^{-1}$ de volume de água sendo despejados no oceano (FILIZOLA et al., 2009). A qualidade da água

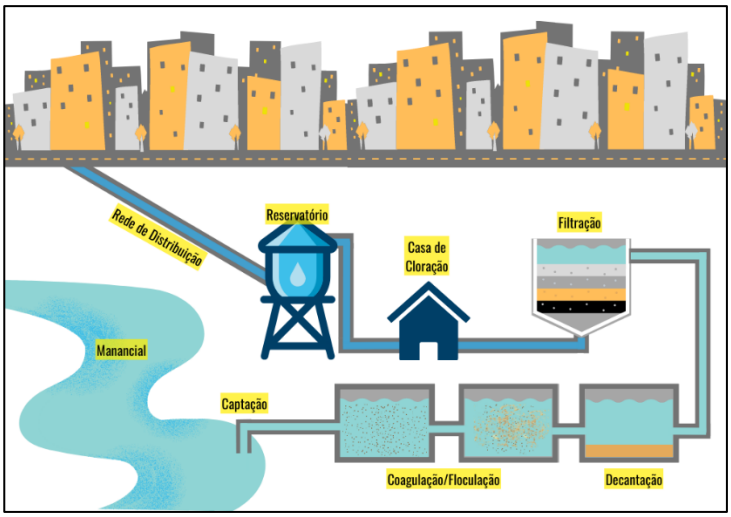
é um aspecto que assegura determinado uso ou conjunto de usos, sendo representada por características intrínsecas, geralmente mensuráveis, de natureza física, química e biológica. Estas características, se mantidas dentro de certos limites (critérios ou padrões), viabilizam para determinado uso (PANTOJA, 2015).

4.2 Tratamento de água

A água, elemento natural, essencial à vida de todos seres humanos e à manutenção dos ecossistemas, além de possuir valor econômico, estratégico e social é um patrimônio do planeta (CARVALHO, 2008). Tratamento de água de acordo com Souza (2007) são medidas necessárias para enquadrar a água nos padrões de potabilidade pré-estabelecidos. É um conjunto de procedimentos físicos e químicos que são aplicados na água para que esta fique em condições adequadas para o consumo, ou seja, para que a água se torne potável. O processo de tratamento de água a livra de qualquer tipo de contaminação, evitando a transmissão de doenças (FUSATI, 2021).

Para Richter (2009) o processo de tratamento de água, ocorre com as etapas de captação, coagulação, floculação, decantação, flotação, filtração e desinfecção. Abaixo Figura 1 pode-se considerar um esquema com os principais processos para o tratamento de água afim de potabilidade.

Figura 1. Etapas de uma estação de tratamento de água (ETA).

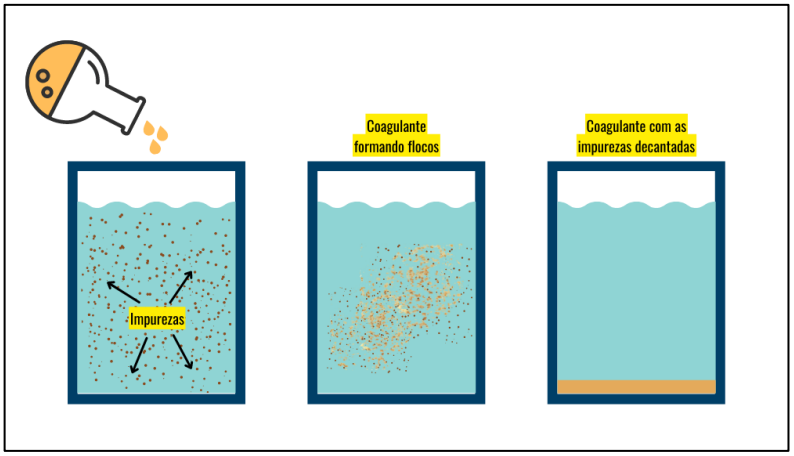


Fonte: A autora (2022).

4.3 COAGULAÇÃO

A coagulação é um processo que consiste na desestabilização das partículas coloidais ou neutralização das moléculas de substâncias húmicas que apresentam carga residual negativa na água (REIS, 2017). Como podemos observar (Figura 2) esse processo abaixo.

Figura 2. Adição do coagulante no tratamento de água.



Fonte: A autora (2022).

De acordo com Richter (2009) a peça mais importante nos ensaios de coagulação é *Jar test* e sua correta escolha e emprego é condicionante fundamental na obtenção de dados confiáveis. O teste de jarros é um ensaio que simula as condições de coagulação em condições operacionais, com amostragens de água para identificar a melhor dosagem de coagulante, através da análise da eficácia de remoção dos sólidos em suspensão (MARTINS, 2014). Diversas são as informações que se podem obter com o uso adequado do aparelho Jar-test, entre elas: dosagem ótima de coagulante e outros reagentes, concentração (diluição) ótima, intensidade e tempo de floculação, sequência de aplicação de reagentes, etc (RICHTER, 2009).

Para a escolha correta do coagulante é de fundamental importância no tratamento de águas. Os coagulantes podem ser classificados em polieletrólitos ou auxiliares de coagulação e coagulantes metálicos (MAGNAN, 2010). Conforme Mangrich *et al* (2014) sobre o uso de coagulante derivado de Tanino de Acacia mearnsii, para a substituição dos polímeros inorgânicos, descreve em estudos de planta piloto de tratamento de águas superficiais e de diferentes tipos de despejos

por Tanfloc, mostraram redução de cor em até 50%, remoção de surfactantes em até 75%, e remoção de matéria orgânica representada pela diminuição de COD(40%) e de BDO5, (60%).

4.4 COAGULANTE ORGÂNICO

Coagulantes de origem orgânica naturais ou sintetizados, conhecidos universalmente como polieletrólitos, constituídos de grandes cadeias moleculares, são dotadas de sítios com cargas positivas ou negativas, podendo na presença da água, se transformar em coagulantes catiônicos ou aniônicos, dependendo do saldo das cargas elétricas, se positivo ou negativo (VAZ, 2009). Vejamos alguns tipos de coagulantes orgânicos mais utilizados:

4.4.1.1 Quitosana

A quitosana é um produto natural, de baixo custo, renovável e biodegradável, de grande importância econômica e ambiental. Geralmente é obtida a partir da quitina, um biopolímero extraído das carcaças de crustáceos, artrópodes e fungos (VAZ, 2009).

CARVALHO (2008) que estudou a água do rio Pirapó, afim de tratabilidade da água, utilizou a quitosana como agente coagulante, o que ocorreu remoção de aproximadamente 98% da turbidez da água bruta, além de que no lodo obteve quantidades pequenas de metais.

Em prática se compararmos com o sulfato de alumínio obtém mais vantagens e pontos positivos.

4.4.1.2 Tanino

Tanino é um polímero orgânico-catiônico de baixo peso molecular, de origem vegetal. É capaz de atuar em um amplo espectro de aplicações, sendo indicado para o tratamento de efluentes de metalúrgica, papel e papelão, curtumes, indústrias alimentícias, químicas, efluentes petroquímicos e tratamento de água (TANAC,

2022). A empresa TANAC S.A, de Montenegro-RS, produz produtos derivados do tanino, como o Tanfloc, um tanino derivado da Acácia Negra (GUSMÃO, 2014).

Em estudos feitos por FERRARI (2015) demonstra que o uso do tanino SG da marca Tanfloc foi significativamente mais eficiente que o uso do coagulante químico (cloreto férrico) no tratamento de efluente de indústria frigorífica, além de que o uso do tanino como coagulante propicia a vantagem de não apresentar metais remanescentes na água tratada e no lodo gerado.

Para SOUZA et al. (2015) a utilização do tanino afim de verificação de desempenho, em comparativo com o sulfato de alumínio obteve eficiência de remoção de 87%, enquanto que este apresentou 53% de redução de cor.

4.5 VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS

4.5.1 ALCALINIDADE TOTAL

A alcalinidade das águas naturais traduz a capacidade de neutralizar ácidos (os íons H+) ou a capacidade de minimizar variações significativas de pH (tamponamento), constituindo-se especialmente de bicarbonatos ($HC03^{-}$), carbonatos ($C03^{-2}$) e hidróxidos (OH^{-}). Na potabilização das águas para consumo humano, a alcalinidade adquire função primordial no êxito do processo de coagulação minimizando a redução muito significativa do pH após a dispersão do coagulante (LIBÂNIO, 2010).

Em estudo feito por PANTOJA (2015) obteve variações de 3,59 a 30,74 nos períodos da cheia a vazante.

É umas das determinações mais importantes no controle da água, estando relacionado com a coagulação, redução de dureza e prevenção de corrosão nas canalizações de ferro fundido da rede de distribuição (FUNASA, 2013).

4.5.2 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade elétrica é a capacidade da água em conduzir a eletricidade, que depende da quantidade de sais dissolvidos na água e é aproximadamente proporcional à sua quantidade. Sua determinação permite obter uma estimativa

rápida do conteúdo de sólidos de uma amostra (RICHTER, 2009; RICHTER e NETTO, 1991).

SILVA (2013) com seu estudo da bacia hidrográfica do rio Amazonas, mostrou em seus resultados que ao longo do rio Solimões/Amazonas (alto, médio e baixo Amazonas) uma condutividade elétrica variando de 49,80 µS/cm a 155,53 µS/cm. Já PANTOJA (2015) obteve resultado de condutividade elétrica com variações de 68,99 µS cm^{-1}.

4.5.3 COR (REAL E APARENTE)

A cor da água é decorrente de sua capacidade em absorver certas radiações do espectro visível e é devida a substâncias de origem mineral e orgânicas dissolvidas, no estado coloidal ou em suspensão (RICHTER, 2009).

SIOLI (1950) foi o pioneiro em classificar pela tonalidade as águas em três tipos: “águas-brancas”, que tem sua origem Andina e Sub-Andina, as águas são turvas, o pH varia de 6,2 a 7,2 e são elevados teores de material em suspensão e eletrólitos, exemplo dos rios são o Solimões-Amazonas, Purus, Juruá e o Madeira; “águas-claras”, que tem origem nos escudos das Guianas e do Brasil Central, as águas são transparentes, com pH de 4,5 a 7,0, exemplo dos rios são o Tapajós, Trombetas e Xingu e “águas-pretas”, de cor marron-oliva, ácidas (pH 3,8 a 4,9) e pouco mineralizadas, um exemplo desse tipo de água é o rio Negro.

De acordo com RICHTER (2009) substâncias dissolvidas e em estado coloidal, recebe o nome de cor real ou verdadeira. Quando a matéria em suspensão está presente, a cor é aparente. A cor aparente é determinada sem a centrifugação ou filtração prévia da amostra.

SILVA (2013) com seu estudo da bacia hidrográfica do rio Amazonas, obteve a cor aparente de 280,67 mg.Pt/L. Já PANTOJA (2015) fez um estudo utilização da água de rio para o consumo humano nas comunidades ribeirinhas na região de Coari a Itacoatiara, onde obteve um valor médio de 30,07 ± 8,08 mg Pt L^{-1}. no período de cheia; no período da vazante de 29,77 ± 13,90 mg Pt L^{-1}., no início da enchente de 28,58 ± 7,21 mg Pt L^{-1}, e no período da enchente foi observado a média de 37,85 ± 13,34 mg Pt L^{-1}

A cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas, denominadas coloides, finamente dispersas de origem predominantemente orgânica e dimensão inferior a 10 pm, relacionando-se com a concentração de carbono orgânico presente no ambiente aquático. Pode também ser resultado da presença de compostos de ferro e manganês ou do lançamento de diversos tipos de resíduos industriais (LIBÂNIO, 2010).

4.5.4 PH

O pH expressa a intensidade de uma condição ácida ou alcalina de uma solução. Valores baixos de pH tendem a ser corrosivos, enquanto valores altos tendem a formar incrustações (CARVALHO, 2008). É de importância fundamental em casa fase do tratamento, sendo referido frequentemente na coagulação, floculação, na desinfecção, no abrandamento da água e no controle da corrosão (RICHTER, 2009).

Em estudos realizados por SILVA (2013) obteve variância de 5,74 a 6,25. PANTOJA (2015) por sua vez pH do rio Amazonas com 6,31 na cheia, 6,19 na vazante, 6,82 no início da enchente e 6,60 na enchente.

Segundo o CONAMA n° 357 de 2005 que dispõe sobre classificação dos corpos d'água, destaca suas condições e padrões de pH de 6,0 a 9,0. Já a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade destaca que o pH tem que estar em meio a faixa de 6,0 a 9,0 para ser distribuído ao público.

4.5.5 SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO

O termo usado como "dissolvido" corresponde aos resíduos filtráveis e o termo "suspenso" ou "material em suspensão" refere-se ao resíduo não-filtrável. Portanto, define-se como Material em suspensão (Seston) a porção da água que fica retida num filtro de 0,45µm de porosidade. Esse material é constituído de pequenas partículas que se encontram suspensas na água, as quais têm uma fração mineral ou inorgânica e outra orgânica, com origem natural ou antrópica (BAUMGARTEN; POZZA, 2021).

Todas as impurezas, com exceção dos gases dissolvidos, são consideradas sólidos suspensos em corpos d'água. Altas concentrações de sólidos em suspensão reduzem a passagem de luz solar, afetam organismos bentônicos e desequilibram as cadeias tróficas (TAVARES, 2005).

SILVA (2013) em seus estudos da bacia hidrográfica do rio Amazonas obteve resultados de 195,08 mg/L. PANTOJA (2015) já obteve variações de sólidos totais em suspensão em todos os rios estudados com variância de 3,00 a 342,46 mg L^{-1}, sendo maior no período do início da enchente e também no período chuvoso, já os menores resultados foram a cheia.

Com isso a quantidade de sólidos suspensos totais presentes na água pode a tornar inadequada para consumo humano. Portanto, o material em suspensão refere-se tanto a partículas orgânicas presentes na água, tais como organismos microscópicos (animais, vegetais e detritos), quanto às inorgânicas de fácil sedimentação, como argila, silte e partículas silicosas, como a sílica (BAUMGARTEN; POZZA, 2021).

4.5.6 TEMPERATURA

Esse parâmetro físico não consta nas resoluções ambientais do CONAMA, mas é praticamente sempre medido em avaliações de ambientes aquáticos, pois reflete bem as variações sazonais (BAUMGARTEN; POZZA, 2021). Considerada uma das características mais importantes do meio aquático. Seu valor pode variar entre 0°C e 30ºC (PANTOJA, 2015).

A variação de temperatura tem relação com a transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo). A análise de temperatura deve ser realizada imediatamente após a amostragem da água (APHA, 2005).

4.5.7 TURBIDEZ

A turbidez da água é ocasionada pela presença de bactérias, protozoários, plâncton e partículas de matéria inorgânica, constituindo flocos com diâmetros superiores a 1µ (1 mícron) (SOUZA, 2007). ANA (2021) diz que a principal fonte de

turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água.

SILVA (2013) com seu estudo da bacia hidrográfica do rio Amazonas, obteve turbidez de 309,10 UNT no rio Amazonas-Itacoatiara. De antemão com o estudo feito por PANTOJA (2015) obteve valores 8,23 NTU na cheia, 22,18 NTU na vazante, 106,29 NTU no início de enchente e 45,58 NTU na enchente.

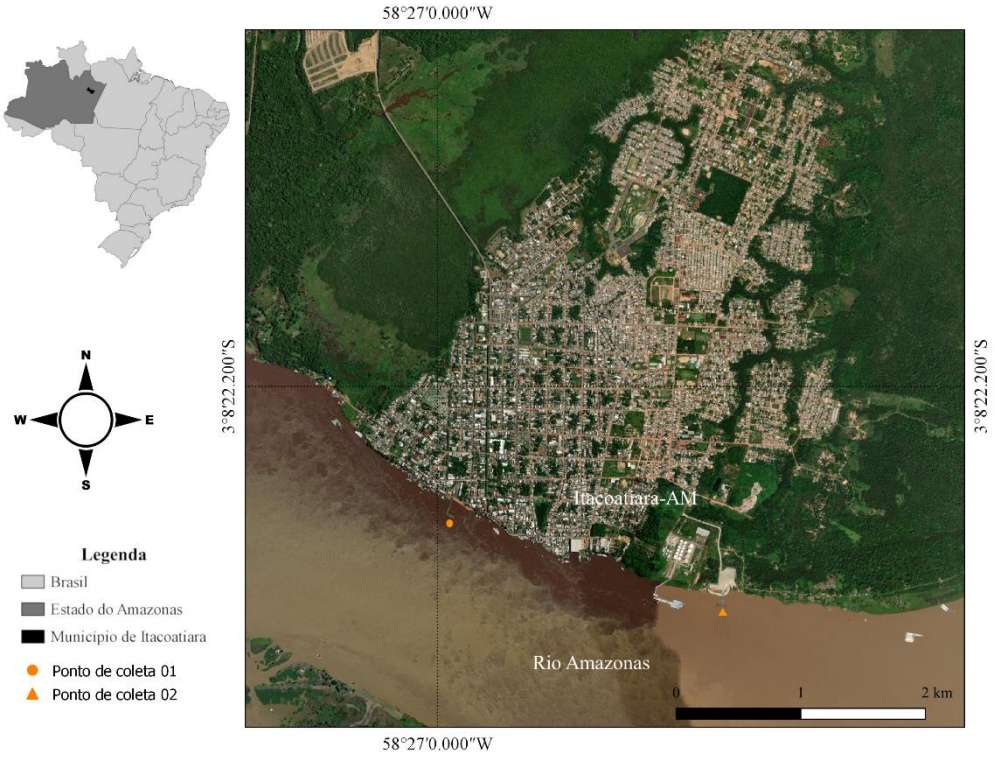
Para LIBÂNIO (2010) A turbidez como característica física acaba por se constituir em uma inferência da concentração de partículas suspensas na água obtida por meio da passagem de um feixe de luz através da amostra, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (uT), também denominadas unidades nefelométricas de turbidez (UNT). Além disso pode ser interpretada como uma medida indireta da quantidade de sólidos em suspensão, e é, portanto, particularmente útil no controle do tratamento de água potável, em que a quantidade de sólidos em suspensão é geralmente baixa (RICHTER, 2009).

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

5.1 ÁREA DE ESTUDO

Conforme a Figura 3, a área de estudo ocorreu em dois pontos no rio Amazonas, precisamente à margem esquerda do município de Itacoatiara, próximos aos portos fluviais engenheiro Antônio Nelson de Oliveira Neto. Foram em torno de 13 coletas feitas nos períodos de seca, vazante e enchente, o período da cheia não foi possível ser determinado devido ao tempo limitado.

Figura 3. Pontos de coleta à margem esquerda do rio do município de Itacoatiara/AM.

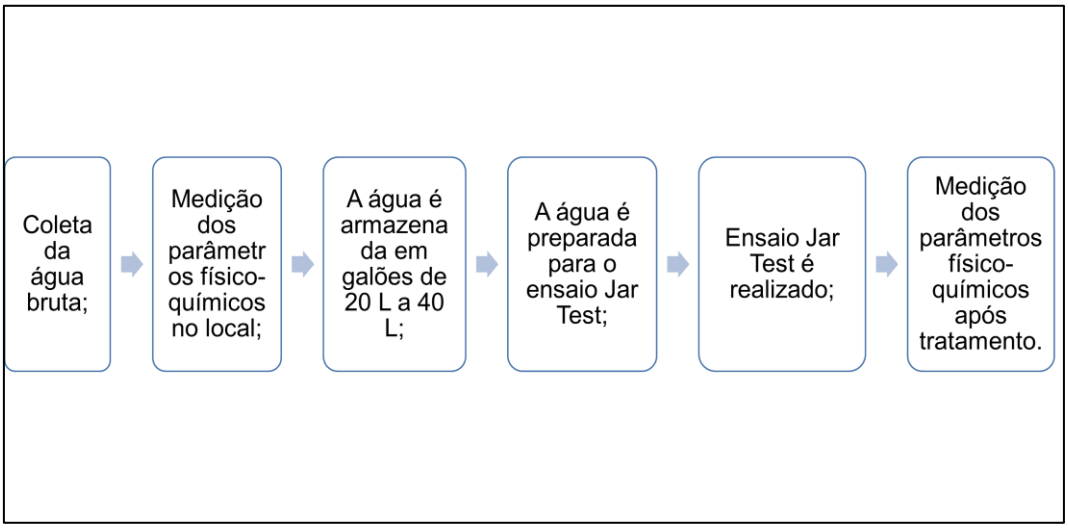


Fonte: MORALES, 2022.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA UTILIZADA

A coleta foi iniciada no dia 18 de agosto/2021 a 22 de março/2022, onde foi possível verificar os períodos de seca, vazante e enchente. A Figura 4 apresenta o fluxograma com as etapas para a obtenção de dados.

Figura 4. Análise de dados.



Fonte: A autora (2022).

E consequentemente levado o laboratório de química do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia (ICET) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) para tratamento e verificação de melhor dosagem. Para as leituras das medições dos parâmetros físico-químicos foram conforme a Tabela 1 e metodologias utilizados na área de estudo.

Tabela 1. Equipamentos para a realização dos parâmetros físico-químicos.

Parâmetros	Unidade	Metodologia aplicada	Frequência	N° de replicatas
Alcalinidade Total	mg CaCO3/ L	Método de tintulação ácido-base conforme APHA (1999)	Uma vez a cada coleta de água bruta	3
Condutividade elétrica	µS/cm	Medidor multiparâmetro da marca Akso, modelo AK88 com sondas	Uma vez a cada coleta e após ao tratamento de água com exceção da temperatura	3
pH	-			
Temperatura	°C			

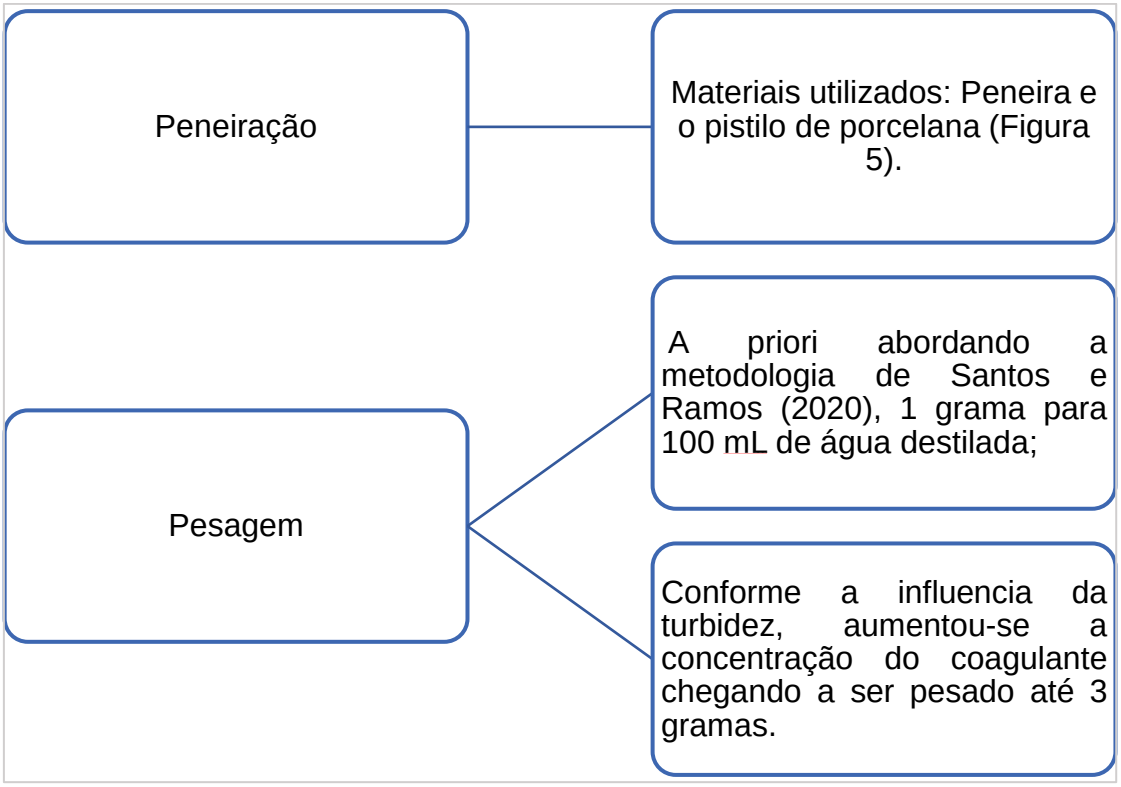
Cor	Real	mg Pt/L	(1) Espectrofotômetro UV-5200S visível da marca Global Trade Technology; (2) Multiparameter Photometer with COD – HI83399 HANNA	Da primeira à sétima coleta utilizou-se o equipamento (1); A partir da oitava à décima terceira coleta utilizou-se o equipamento (2)	3
	Aparente				
SST		mg/L	Método Gravimétrico com filtração à vácuo (bomba de vácuo da marca Solab, modelo SL-60); Estufa SP Labor, modelo SP-400.	Uma vez a cada coleta a análise é feita, com uma amostra de 100 mL de água bruta filtrada em membrana de celulose de 0,45 µm, após isso passada para estufa a 110 ºC por uma hora.	1
Turbidez		UNT	Turbidímetro digital da marca Akso, modelo TU430, em temperatura ambiente.	Análise feita a cada coleta da água bruta, e após ao tratamento de água com o coagulante.	3

Fonte: A Autora (2022)

5.3 ENSAIO *JAR TEST*

Neste procedimento, tem por objetivo primordial determinar a melhor dosagem do Tanfloc SG afim de controle de cor e turbidez da água, a escolha para o uso foi devido a diversos fatores, por ter pontos e vantagens em relação a um coagulante inorgânico.

A princípio, antes da realização do teste de jarros, houve a preparação do coagulante orgânico em pó, com a seguinte etapa abaixo:



Fonte: A autora (2022).

O método de peneiração foi criado em laboratório, devido a umidade o coagulante em pó formar pequenas pedras. Por isso, afim de facilitar sua diluição evita também o desperdício.

Figura 5. Peneiração do coagulante Tanfloc SG.

Fonte: A autora (2022)

Salienta-se que a massa e velocidades de agitação utilizadas foram definidas a partir do estudo em laboratório, e adaptada pela metodologia de Santos e Ramos (2020), como também por LEAL *et al*. (2019). Com isso, utilizou-se cinco jarros para o tratamento da água, e o tempo de decantação para todas as coletas foram de 30 a 40 minutos.

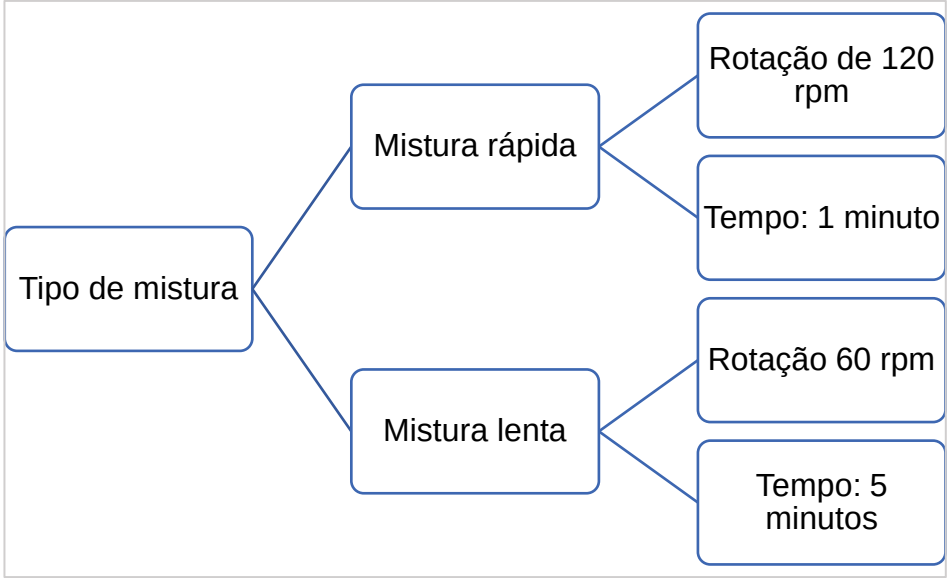
Na primeira coleta com o agitador mecânico variou-se volumes de 2,0 a 10,0 g/L. A mistura foi sujeita a duas velocidades: agitação rápida à 100 rpm por um minuto e agitação lenta à 50 rpm por cinco minutos. Já para a segunda, terceira e quarta coleta, foram submetidos agitação manual, com variações de volume de 0 a 10,0 g/L, onde a agitação rápida foi de um minuto e agitação lenta foi de 5 mintuos.

A partir da quinta coleta foi utilizado o Jar-test Microproce (Figura 6) da marca SP Labor, modelo JT-303M/6 com 6 cubas onde cada uma tem 2 L de volume.

Figura 6. Aparelho Jar Test

Fonte: A autora (2022).

Com o equipamento, já passou a ser usado 2 L de água bruta. Para quinta a sexta coleta houve variações na concentração de 0 a 10 g/L, bem como a adoção de uma nova velocidade de agitação conforme Leal et al (2019), onde as condições foram a rotação e tempo de agitação para a realização do ensaio de Jar Test, conforme abaixo.



Fonte: A autora (2022).

Com a sétima coleta devido ao aumento de turbidez do rio Amazonas, passou de 1 g para 2 g com variações de 4 g/L a 12 g/L. A partir da oitava coleta mudou-se novamente a concentração de 2 g para 3 g devido a turbidez do rio ter novamente aumentado com variações de 1,8 g/L a 9,0 g/L, onde foram adicionadas e ajustadas em balões volumétricos de 10 mL com água destilada até seu volume, salienta-se que em todos os testes de jarros houve tempo de decantação de 35 a 40 minutos.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICO DA ÁGUA BRUTA

As amostras foram analisadas ao longo dos períodos de seca, enchente e vazante, o que não foi possível observar para o período de cheia devido ao tempo limitado. Com isso, de forma lógica foi feito uma reorganização dos dados de forma crescente, considerando os valores do nível do rio, afim de melhor compreensão no que está ocorrendo a cada período. Os resultados permitiram observar variações físico-químicas da água do rio Amazonas, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Média e desvio padrão da análise do rio Amazonas.

Período	H (m)	Condutividade elétrica (µS/cm)	Temperatura (°C)	Ph	Alcalinidade (mg CaCO3/L)	Turbidez (UNT)	Cor		SST (mg/L)
							Real (mg Pt/L)	**Aparente (mg Pt/L)**	
CONAMA 357/2005	-	-	-	6 - 9	-	100	75	-	-
Seca	6,18	NHV	32,0±0,10	6,27±0,02	31,73	52,8±0,90	102,67±1,53	340,0±2,65	32,00
	7,2	NHV	31,56±0,12	6,67±0,13	NHV	52,83±1,46	81±4,0	410,47±4,97	39,00
	8,36	NHV	30,03±0,21	8,00±0,02	NHV	29,61±0,47	51,12±1,64	309,92±2,08	22,00
	9,66	30,83±0,35	29,73±0,06	7,62±0,46	NHV	29,73±0,55	36,91±0,22	212,88±3,97	10,00
Vazante	10,68	NHV	28,26±0,12	7,54±0,58	32,30	119,93±2,21	492±2,0	500±0	101,00
	10,91	24,7±0,17	29,97±0,21	7,75±0,60	NHV	28,83±0,06	100,39±0,44	308,66±3,46	33,00
	10,91	NHV	28,6±0,26	7,58±0,09	38,00	175,5±1,14	113±1,73	500±0	122,00
	11,37	NHV	27,37±0,15	7,26±0,03	38,57	223,67±1,15	76,33±0,58	500±0	16,00
Enchente	11,77	NHV	27,97±0,06	7,79±0,14	24,70	170±0,26	74,67±1,15	500±0	120,00
	12,16	NHV	27,93±0,12	7,35±0,021	24,70	176,7±1,65	89,33±0,58	500±0	129,00
	12,17	25,8±0,17	29,33±0,23	7,01±0,39	NHV	35,47±0,31	100,26±0,95	365,35±7,35	53,00
	12,6	NHV	28,00±0,02	6,83±0,05	39,90	138,33±0,98	199,33±0,58	500±0	110,00
	13,15	27,3±0	28,8±0,26	6,19±0,02	NHV	47,1±6,04	77,51±0,38	377,41±5,77	31,00

Fonte: A autora (2022).

***NHV= Não houve verificação.**

Como podemos verificar os dados das variações de condutividade elétrica e temperatura do rio Amazonas, conforme o CONAMA 357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para seu enquadramento e outras providencias, não estabelece um valor máximo permitido aos dois parâmetros.

Então podemos notar na coluna de condutividade elétrica que em algumas coletas não foi possível sua verificação devido a sonda se encontrar com defeito no momento da coleta, apesar dos poucos dados para este parâmetro, podemos ter noção do seu comportamento conforme os períodos. Ao longo do período de seca obteve um valor médio de 30,83±0,35 µS/cm, para o período de vazante 24,7±0,17 e para o período de enchente obteve-se variações de 25,8±0,17 a 27,3±0. Comparando com estudos já feitos por Santos e Ramos (2020) que coletaram valores de 31,13 µS à 58,80 µS. E conforme Pantoja (2015) que também teve resultado de condutividade elétrica com variações de 68,99 µS cm^{-1} ao longo do rio Amazonas. Bem como Silva (2013) com condutividade elétrica variando de 49,80 µS/cm a 155,53 µS/cm. Pode-se notar que os valores baixos comparados aos demais estudos se dá devido a pouca quantidade de sais presentes, bem como a quantidade de matéria no rio o que resultou nesses valores um pouco abaixo.

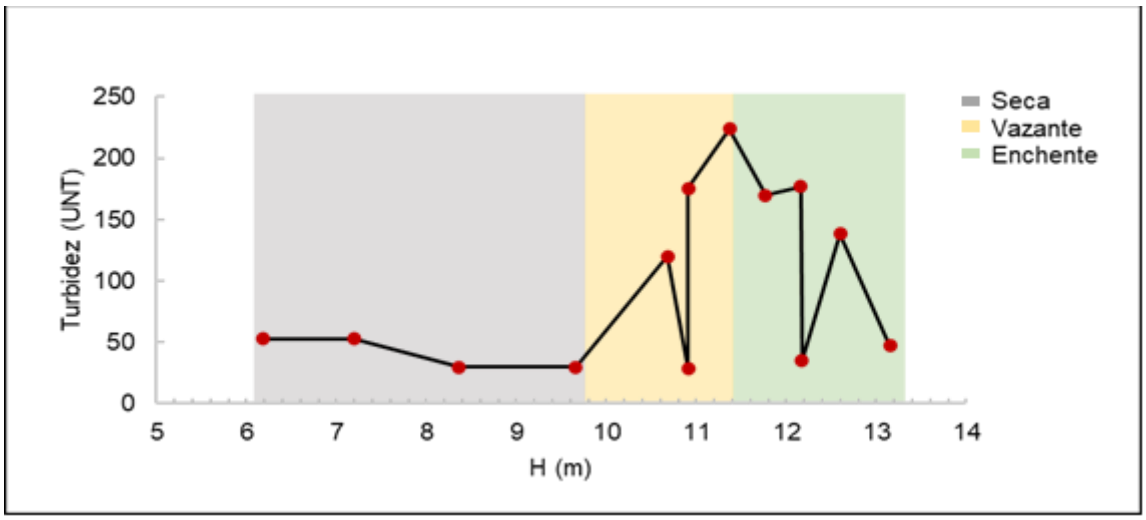
Para o parâmetro de temperatura ao longo da seca com variações de 29,73 °C a 32,00 °C, para o tempo de vazante com valores de 27,37 °C a 29,97 °C e já para enchente 27,93 °C a 29,33 °C. Tais resultados são próximos a Santos e Ramos (2020) com 29,53°C a 29,87°C, e também com Pantoja (2015) 27,53°C a 29,80°C. Essas variações ao longo dos períodos como notamos tem relação com a transferência de calor, se levarmos em consideração que obtemos um clima equatorial (quente e húmido).

Em relação ao pH, que tem por objetivo de ser um indicador de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução, o CONAMA 357/2005 estabelece valores de 6 a 9, ao constar a coluna do pH na Tabela 2, nota-se que os resultados não estão fora do padrão estabelecido, com variações de 6,19 a 8,00 ao longo dos períodos. Podemos comparar com estudos de SILVA (2013) e SILVA *et al.* (2013) que conseguiram valores de pH do rio Amazonas entre de 6,43 a 7,90. Já SANTOS (2020) encontrou valores de 6,43 a 7,00. O que resulta que a qualidade do rio não tem acidez e nem valores altos para formar incrustações, e tal neutralidade é devida a formação geológica da bacia, bem como os sedimentos que contribuem.

A alcalinidade total do rio Amazonas, podemos notar que ao longo da seca teve resultado de 31,73 mg CaCO3/L; Para a vazante variações de 32,30 a 38,57 mg CaCO3/L; E para o período de enchente com valores de 24,70 a 39,90 mg CaCO3/L. Essas variações são devido a lixiviação dos solos causados pela chuva, onde essas águas transportam a matéria orgânica para os cursos d'água. Pantoja (2015) obteve valores de 3,59 a 30,70 mg $CaCO_3$/L, o que coincidem com valores coletados.

Para a leitura de turbidez, podemos notar seu comportamento através da Figura 7, onde foi considerado o nível do rio pela turbidez.

Figura 7. Análise de turbidez do rio Amazonas.



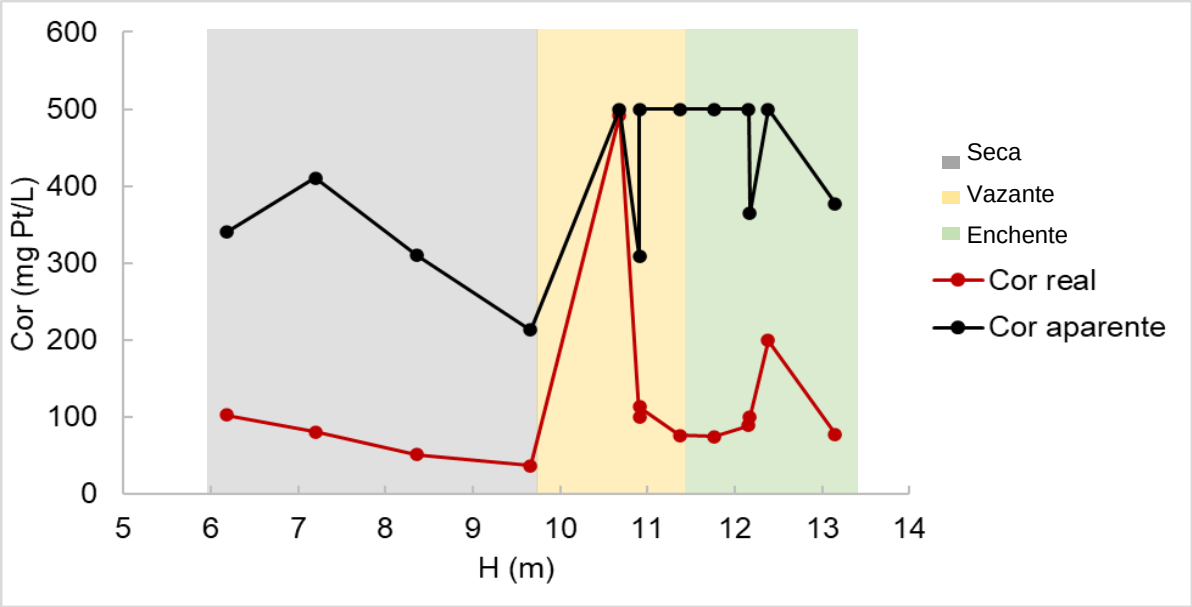
Fonte: A autora (2022).

Olhando para o período de seca representado pela cor cinza, podemos notar que os quatro pontos de coleta adquiriram pouca diferença, com valores de 29,61 a 52,83 UNT, isto é, devido a baixa redução de materiais suspensos, bem como a falta de chuva que ocorre nesse período. Já nos períodos de vazante representado pela cor amarelo e enchente representado por verde, nota-se uma curiosidade em seu comportamento, constituindo-se de semelhança, com exceção do ponto dez, ambos os períodos apresentam comportamento do tipo gaussiana, onde no tempo de vazante alcançou valores de 28,83 a 223,67 UNT, bem como para enchente com 35,47 a 176,70 UNT. De acordo com o CONAMA 357/2005, estipula um valor máximo para águas de classe 2 de até 100 UNT, notasse que nos últimos períodos ultrapassam do padrão estabelecido. Tal aumento de turbidez se dá pela incidência de chuvas, com erosão das margens consequentemente a água do rio se torna mais

turva, outra consideração também é pelas atividades antrópicas bem como o lançamento de efluentes e esgotos domésticos que são fontes para o aumento de turbidez.

Para a análise de resultados da cor do rio, consideramos a Figura 8 a representação das variações de cor real e aparente com os resultados obtidos.

Figura 8. Cor real e aparente do rio Amazonas.



Fonte: A autora (2022).

Podemos notar, para cor aparente, que no período de seca alcançou valores de 212,88 a 410,47 mg Pt/L; para o tempo de vazante foi de 308,66 a 500 mg Pt/L; e já para enchente obteve variações de 365,35 a 500 mg Pt/L. O CONAMA 357/2005 não descreve um valor permitido, mas conforme Santos e Ramos (2022) notamos a semelhança de dados com uma média de 441,41±165,51 mg Pt/L. Essas diferenças dos dados coletados têm por fonte de origem natural e antropogênica, principalmente nos pontos 5, 7, 8, 9, 10 e 12 com valores maiores. Agora para cor real, que é sem aquela elevada adição de turbidez e sólidos, notamos que na seca obteve-se valores médios de 36,91 a 102, 67 mg Pt/L; Já para a vazante 76,33 a 492,0 mg Pt/L; E por fim na enchente 74,67 a 199,33 mg Pt/L. Conforme o CONAMA/357 de 2005 traça um padrão de até 75 mg Pt/L, nota-se que os valores ultrapassaram o valor máximo permitido e isto se dá pelo grande material dissolvido bem como os coloides presentes no rio.

6.2 DOSAGEM DE COAGULANTE

O coagulante que foi utilizado para este projeto foi o coagulante Tanfloc SG, devido as diversas vantagens descritas como: não ter metais remanescentes na água tratada, seu lodo gerado pode ser utilizado na agricultura, assim como não altera os valores de pH, além de ser mais eficiente comparado com os coagulantes inorgânicos. Para analisarmos de forma coerente e suscinta, conforme a Tabela 3 que foi construída de forma lógica, considerando o nível do rio de forma crescente, nota-se os dados no tratamento do rio Amazonas ao longo do período de seca, a mesma organização de dados vale para os demais períodos.

Tabela 3. Análise físico-química da água bruta + coagulante época de seca.

		Parâmetros	Portaria n° 888/2021	Tanfloc SG				
				4,0 g/L	6,0 g/L	8,0 g/L	10,0 g/L	12,0 g/L
SECA	Ponto 1	Cor (mg/L)		84,33±4,62	75,33±4,73	87±5,57	88±2	112,67±2,89
		Cor (% de remoção)		75,19	77,84	74,41	74,12	66,86
		pH	6,0 - 9,0	8,03±0,13	6,98±0,16	6,53±0,02	6,29±0,05	6,20±0,05
		Condutividade (µS/cm)		NHV	NHV	NHV	NHV	NHV
		Turbidez (UNT)	1,0 UNT	4,83±0,70	0,16±0,05	0	0	0
		Turbidez (% de remoção)		90,85	99,69	100	100	100
				2,0 g/L	3,0 g/L	4,0 g/L	5,0 g/L	6,0 g/L
	Ponto 2	Cor (mg/L)		417,26±5,55	345,99±4,08	67,71±6,23	31,51±1,00	44,33±3,02
		Cor (% de remoção)		NHR	15,71	83,5	92,32	89,2
		pH	6,0 - 9,0	7,68±0,44	6,97±0,16	6,74±0,02	6,63±0,05	6,49±0,06
		Condutividade (µS/cm)		NHV	NHV	NHV	NHV	NHV
		Turbidez (UNT)	1,0 UNT	41,13±0,21	29,17±0,21	6,54±0,39	5,30±0,19	0,92±0,02
		Turbidez (% de remoção)		22,15	44,78	87,62	89,97	98,26
				2,0 g/L	3,0 g/L	4,0 g/L	5,0 g/L	6,0 g/L
	Ponto 3	Cor (mg/L)		294,46±3,42	44,46±5,12	10,65±0,78	2,48±1,00	5,24±1,21
		Cor (% de remoção)		4,98	85,65	96,56	99,2	98,31
		pH	6,0 - 9,0	7,83±0,01	6,72±0,02	6,54±0,01	6,47±0,01	6,38±0,02
		Condutividade (µS/cm)		NHV	NHV	NHV	NHV	NHV
		Turbidez (UNT)	1,0 UNT	23,87±0,06	0,26±0,01	0	0,12±0,01	1,11±0,01
		Turbidez (% de remoção)		19,29	99,09	100	99,59	96,29
				1,0 g/L	2,0 g/L	3,0 g/L	4,0 g/L	5,0 g/L
	Ponto 4	Cor (mg/L)		291,82±1,57	62,30±0,95	44,33±2,72	73,24±1,09	82,04±0,38
		Cor (% de remoção)		NHR	70,73	79,18	65,6	61,5
		pH	6,0 - 9,0	7,94±0,46	7,12±0,09	6,837±0,05	6,57±0,03	6,44±0,06
		Condutividade (µS/cm)		58,73±0,59	58,73±0,59	70,67±0,38	76,17±0,06	81,37±0,57
		Turbidez (UNT)	1,0 UNT	21,63±0,42	0	0,29±0,09	1,12±0,09	2,36±0,09
		Turbidez (% de remoção)		27,25	100	99,19	96,23	92,06

Fonte: A autora (2022).

Como podemos notar ao longo do período de seca, no ponto 1 a concentração com melhor eficiência, se levarmos em consideração de caráter econômico, é a com concentração de 8,0 g/L com remoção de turbidez de 100% e para cor com 74,41%, com valor de pH de 6,53 e devido a sonda de condutividade estar com defeito não foi possível sua medição. Já no ponto 2 foi com a concentração de 6,0 g/L com remoção para turbidez de 98,26%, cor de 89,20% com pH de 6,49. No ponto 3 foi com a concentração 4,0 g/L obtendo 100% remoção para turbidez, cor com remoção de 96,56% e pH de 6,54. E por último no ponto quatro foi com 2,0 g/L de coagulante com remoção de 100% para turbidez, cor de 70,73%, pH de 7,12 e condutividade elétrica de 58,73 µS/cm.

E conforme a Portaria n° 888/2021 que estabelece padrão de potabilidade, está dentro do padrão máximo para turbidez e até 1,0 UNT, bem como para o pH que deve estar entre 6,0 a 9,0.

Agora para na Tabela 4, vejamos as análises de tratamento em busca da dosagem ótima para o período de vazante.

Tabela 4. Análise físico-química da água bruta + coagulante época de vazante.

		Parâmetros	Portaria n° 888/2021	Tanfloc SG				
				1,8 g/L	3,6 g/L	5,4 g/L	7,2 g/L	9,0 g/L
VAZANTE	Ponto 5	Cor (mg/L)		500±0	500±0	90,33±2,08	25,33±2,52	59,00±3,46
		Cor (% de remoção)		NHR	NHR	81,93	94,93	88,2
		pH	6,0 - 9,0	8,41±0,76	7,49±0,12	7,17±0,03	6,81±0,04	6,78±0,11
		Condutividade (µS/cm)		NHV	NHV	NHV	NHV	NHV
		Turbidez (UNT)	1 UNT	115,80±1,15	108,63±1,63	7,66±0,34	3,21±0,33	0
		Turbidez (% de remoção)		3,36	9,35	93,61	97,32	100
				2,0 g/L	4,0 g/L	6,0 g/L	8,0 g/L	10,0 g/L
	Ponto 6	Cor (mg/L)		48,01±1,27	104,91±1,21	472,18±10,08	458,48±1,78	489,78±3,42
		Cor (% de remoção)		84,45	66,01	NHR	NHR	NHR
		pH	6,0 - 9,0	6,18±0,01	6,19±0,03	6,313±0,02	6,47±0,19	5,92±0,07
		Condutividade (µS/cm)		33,53±0,40	39,50±0,26	46,77±0,15	54,63±0,71	61,23±0,25
		Turbidez (UNT)	1 UNT	0	0,27±0,05	1,32±0,17	16,04±0,11	26,63±0,55
		Turbidez (% de remoção)		100	99,06	95,42	44,38	7,64
				1,8 g/L	3,6 g/L	5,4 g/L	7,2 g/L	9,0 g/L
	Ponto 7	Cor (mg/L)		427,67±0,58	0	0	0	95,67±1,53
		Cor (% de remoção)		14,47	100	100	100	80,87
		pH	6,0 - 9,0	8,35±0,04	6,16±0,03	6,63±0,03	6,54±0,03	5,99±0,02
		Condutividade (µS/cm)		NHV	NHV	NHV	NHV	NHV
		Turbidez (UNT)	1 UNT	56,27±1,24	0,46±0,02	0	0,42±0,03	1,48±0,06
		Turbidez (% de remoção)		67,94	99,74	100	99,76	99,16
				1,8 g/L	3,6 g/L	5,4 g/L	7,2 g/L	9,0 g/L
	Ponto 8	Cor (mg/L)		275,33±1,53	36,33±0,58	24,67±1,15	29,33±0,58	48,33±0,58
		Cor (% de remoção)		44,93	92,73	95,06	94,13	90,33
		pH	6,0 - 9,0	7,76±0,05	7,23±0,06	7,23±0,01	7,49±0,01	6,77±0,02
		Condutividade (µS/cm)		NHV	NHV	NHV	NHV	NHV
		Turbidez (UNT)	1 UNT	39,33±0,60	0,48±0,03	0	0	0,32±0,03

		Turbidez (% de remoção)	82,42	99,78	100	100	99,85

Fonte: A autora (2022).

Podemos notar no período da vazante, que no ponto 5 a melhor concentração de coagulante foi de 9,0 g/L, com uma remoção de turbidez de 100%, bem como a remoção de cor de 88,20%, com uma média de pH de 6,78, não foi possível a verificação de condutividade elétrica pela sonda no momento se encontrar com defeito. Já no ponto 6 a melhor concentração foi de 2,0 g/L com remoção de turbidez de 100% e para remoção de cor de 84,45%, com pH de 6,18 e condutividade elétrica de 33,53 µS/cm. No ponto 7 a concentração com melhor eficiência foi de 5,4 g/L com remoção de 100% para turbidez e 100% de remoção de cor, com pH de 6,63, não foi possível a verificação da condutividade devido a sonda estar com defeito. Por fim o último ponto do período de vazante com melhor concentração foi com o valor de 5,4 g/L com 100% de remoção de turbidez e 95,06% para remoção de cor, com o pH de 7,23, e sem verificação de condutividade pelo mesmo motivo do ponto anterior.

Nota-se que estão dentro da portaria n°888/2021 no quesito turbidez, que estão abaixo de 1,0 UNT, bem como estão dentro da faixa de pH de 6,0 a 9,0. Para o último período, vejamos a Tabela 5 com dados de análises feitas.

Tabela 5. Análise físico-química da água bruta + coagulante época de enchente.

		Parâmetros	Portaria n° 888/2021	Tanfloc SG				
				1,8 g/L	3,6 g/L	5,4 g/L	7,2 g/L	9,0 g/L
ENCHENTE	Ponto 9	Cor (mg/L)		488,33±1,15	32±2	7,67±2,08	1,67±0,58	44±1,0
		Cor (% de remoção)		2,33	93,6	98,46	99,66	91,2
		pH	6,0 - 9,0	6,94±0,19	6,82±0,05	6,70±0,06	6,76±0,03	6,84±0,04
		Condutividade (µS/cm)		NHV	NHV	NHV	NHV	NHV
		Turbidez (UNT)	1 UNT	78,70±1,25	0,62±0,06	0	0	0
		Turbidez (% de remoção)		53,7	99,63	100	100	100
	Ponto 10			1,8 g/L	3,6 g/L	5,4 g/L	7,2 g/L	9,0 g/L
		Cor (mg/L)		500	0	0	0	0
		Cor (% de remoção)		NHR	100	100	100	100
		pH	6,0 - 9,0	6,99±0,02	7,15±0,02	7,04±0,04	7,17±0,01	6,73±0,01
		Condutividade (µS/cm)		NHV	NHV	NHV	NHV	NHV
		Turbidez (UNT)	1 UNT	104,47±0,38	1,26±0,01	0	0	1,21±0,01
		Turbidez (% de remoção)		40,87	99,28	100	100	99,31
	Ponto 11			2,0 g/L	4,0 g/L	6,0 g/L	8,0 g/L	10,0 g/L
		Cor (mg/L)		248,20±2,73	15,17±1,09	32,39±1,57	450,94±0,95	467,03±1,36
		Cor (% de remoção)		32,06	95,85	91,13	NHR	NHR
		pH	6,0 - 9,0	6,84±0,07	6,32±0,16	6,153±0,05	5,98±0,05	5,87±0,04
		Condutividade (µS/cm)		29,37±0,25	37,43±0,25	45,77±0,15	52,60±0,10	62,47±0,40
		Turbidez (UNT)	1 UNT	23,60±0,26	0,97±0,015	4,49±0,28	31,4±0,40	29,30±0,46
		Turbidez (% de remoção)		33,47	97,28	87,34	11,47	17,4
	Ponto 12			1,8 g/L	3,6 g/L	5,4 g/L	7,2 g/L	9,0 g/L
		Cor (mg/L)		500±0	42,33±0,58	23,00±1,0	21,33±0,58	56,33±0,58
		Cor (% de remoção)		NHR	91,53	95,4	95,73	88,73
		pH	6,0 - 9,0	6,85±0,03	7,05±0,03	6,74±0,03	6,29±0,07	6,37±0,02
		Condutividade (µS/cm)		NHV	NHV	NHV	NHV	NHV
		Turbidez (UNT)	1 UNT	98,77±0,12	1,04±0	0	0	1,96±0,1

		Turbidez (% de remoção)		28,45	99,24	100	100	98,58
				2,0 g/L	4,0 g/L	6,0 g/L	8,0 g/L	10,0 g/L
		Cor (mg/L)		291,6±0,95	46,34±1,90	48,86±1,00	57,78±0,78	94,86±4,35
		Cor (% de remoção)		22,74	87,72	87,05	84,69	74,87
		pH	6,0 - 9,0	7,95±0,050	6,62±0,035	6,42±0,015	6,20±0,020	6,15±0,040
		Condutividade (µS/cm)		28,9±0,20	32,93±0,70	35,47±0,35	38,43±0,31	47,93±0,31
		Turbidez (UNT)	1 UNT	21,2±0,2	0	0,56±0,06	0,95±0,06	1,25±0,04
	Ponto 13	Turbidez (% de remoção)		54,99	100	98,82	97,98	97,35

Fonte: A autora (2022).

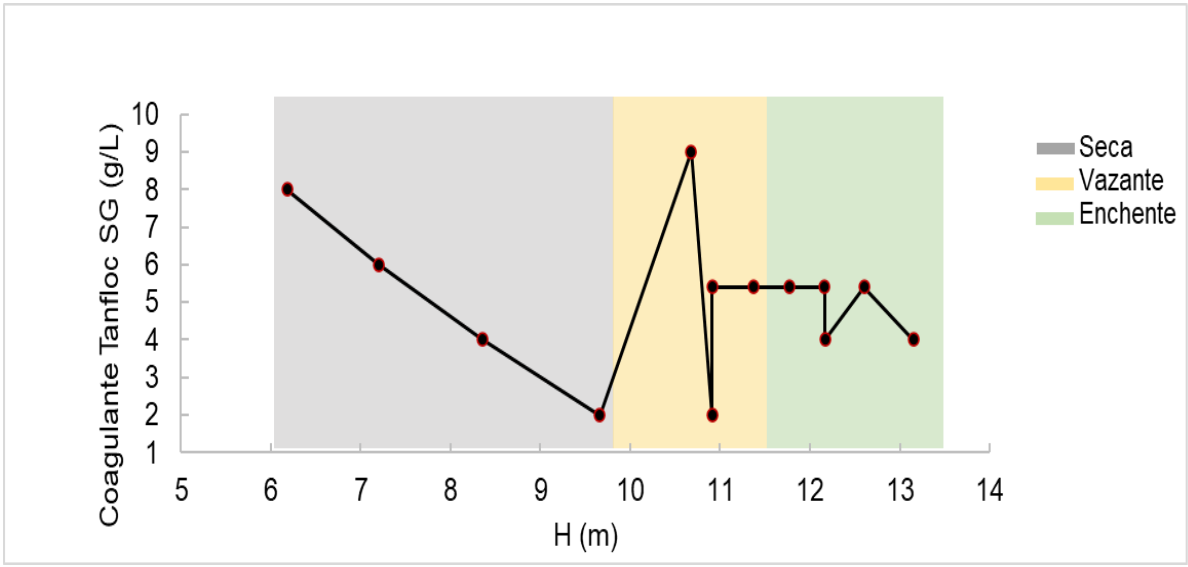
***NHV= Não houve verificação.**

Conforme a Tabela 5, analisou-se o período de enchente. Onde no ponto 9, a melhor concentração foi de 5,4 g/L com remoção de turbidez de 100%, remoção de cor de 98,46%, com pH de 6,70 e com relação a condutividade elétrica não foi possível sua medição. Já para o ponto 10 podemos notar que a concentração com melhor eficiência é de 5,4 g/L com remoção de 100% para turbidez e também para remoção de cor, o pH foi de 7,04. No ponto 11 a melhor concentração do coagulante foi de 4,0 g/L com remoção de turbidez de 97,28% e para cor de 95,85, o valor de pH foi de 6,32 com condutividade elétrica de 37,43 µS/cm. E para o ponto 12 a melhor dosagem foi com concentração de 5,4 g/L, com uma remoção de turbidez de 100%, para cor de 95,4% e pH de 6,74. No último ponto 13 a melhor concentração foi de 4,0 g/L obtendo remoção de turbidez de 100% e de cor de 87,72%, pH de 6,62 e condutividade elétrica de 32,93 µS/cm.

Com as escolhas de dosagem em cada ponto podemos comparar se estão de acordo com a Portaria de Potabilidade n° 888/2021. As dosagens ótimas estão abaixo de 1,0 UNT e dentro da faixa de pH de 6,0 a 9,0.

Como podemos notar que em cada período de seca, vazante e enchente houve variações na dosagem de coagulante para o tratamento da água bruta. Na Figura 9 podemos visualizar essas variações ao longo dos períodos.

Figura 9. Nível do rio Amazonas (H) x Dosagem (g/L).



Fonte: A autora (2022).

No período de seca nos pontos de 1 a 4 obteve variações de concentração de 2,0 g/L a 8,0 g/L. Já para vazante nos pontos de 5 a 8 obteve-se resultados de concentrações utilizadas de 2,0 g/L a 9,0 g/L. Por fim no período de enchente nos pontos de 9 a 13 conteve variações de 4,0 g/L a 5,4 g/L. Nota-se que no tempo de enchente obteve-se menores variações permanecendo-se quase constante. Essas variações são decorrentes da turbidez do rio, desde a intensas chuvas, um processo natural que fazem o arraste de sólidos encaminhando para os corpos d'água, bem como atividade antrópica, que em alguns casos houve mudança na massa passando de 1 g para até 3 g devido a concentração utilizada não estar ocorrendo de forma eficiente.

A partir disso podemos avaliar que os parâmetros físico-químicos da água bruta influenciam na dosagem de coagulante. Além disso com a utilização do coagulante orgânico notou-se pouca variação do pH, devido que este tipo de agente mantem essa faixa próxima a neutralidade, o que não requer de uma correção.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se aferir os parâmetros físico-químicos da água superficial, bem como avaliar a influência que ocorre por essa dinâmica hidrológica. Assim sendo, o tratamento de água utilizando o coagulante Tanfloc SG mostrou-se eficiente, em maior parte, acima de 80% de remoção de cor e turbidez, que no qual pode-se comprovar que ao longo da seca, vazante e enchente ocorreu variações nas dosagens de coagulante.

Como alternativa de proposta para o uso do coagulante Tanfloc SG, no lugar do coagulante inorgânico, notou-se que não houve a necessidade de corrigir o pH, devido aos coagulantes orgânicos não consumirem a alcalinidade do meio, o que torna o pH inalterável. Conforme o CONAMA 357/2005 pode-se analisar que o rio Amazonas estava dentro dos padrões, mas em análises houve o aumento de turbidez, o que vale considerar as chuvas sendo um dos fatores para essa alteração.

No quesito da legislação pertinente a água potável Portaria n°888/2021, o coagulante vegetal oferece características físico-químicas recomendadas com relação a remoção de cor e turbidez, atendendo sim padrões exigidos para o consumo humano. Por fim, pode-se concluir que o coagulante natural tem potencial em substituir coagulante inorgânico, e que ao longo dos tempos de seca, vazante e enchente ocorre as alterações de dosagem de coagulante em águas com elevada carga de sólidos e turbidez.

REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Indicadores De Qualidade - Índice De Qualidade Das Águas (IQA). Brasília – DF: 2021. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**, 21th Ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 2005.

BAUMGARTEN, Maria da Graça Zepka; POZZA, Simone Andréa. **Qualidade de águas: descrição de parâmetros referidos na legislação ambiental**. Rio Grande: 2021. 2ª ed.

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.

CONAMA nº **357**, de 15 de junho de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/**conama**/legiabre

CONSTANTINO, A.F.; YAMAMURA, V.D. **Redução do gasto operacional em estação de tratamento de água utilizando o PAC**. Simpósio de Pós Graduação em Engenharia Urbana. Anais 2009

CSM, Produtos Químicos. Disponível em:< http://csmpq.com.br/produtos/policloreto-de-aluminio-pac-18> Acesso em: 01 janeiro 2022.

FERRARI, C. T. da R. R. **Uso de coagulantes naturais no tratamento de efluente da indústria de alimentos**. Dissertação de mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira. 2015.

FILIZOLA, N.; Seyler, F.; Mourão, M. H.; Arruda, W.; Spínola, N.; Guyot, J. L. 2009. Study of the variability in suspended sediment discharge at Manacapuru, Amazon river, Brazil. Lat A J Sediment B Anal 16:93–99, http://www.scielo.org.ar/scielo.php.

FUNASA, Brasília, 2013. Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. 4ª ed.

FUSATI Filtro de Água. **A Importância do Tratamento da Água**. Fusati, 2021. Disponível em: https://www.fusati.com.br/a-importancia-do-tratamento-da-agua/. Acessado em: 01 de dezembro de 2021

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.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Biblioteca Catalogo: [Rio Amazonas]: Porto de Itacoatiara. Amazonas: IBGE, 1982. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/bibliotecacatalogo.html?id=440782&view=detalhes

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

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** Campinas, São Paulo: Editora Átomo, 2010. 3a Edição

LIMA, Walter Chile R. Ambiente e lugar: Estudo da Comunidade São José do Furo Maracapucu, Abaetetuba/Pará. Monografia. Belém: NUMA/UFPA, 2005.

LOPES, Marcelo Almir. **Avaliação de diferentes coagulantes para remoção de sólidos por flotação e sedimentação de água residuária de uma indústria metal-mecânica.** Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Hidraulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.

MAGNAN, R. B. **“Análise da viabilidade técnica e financeira da substituição do coagulante cloreto férrico por policloreto de alumínio durante o processo físicoquímico no tratamento de efluente de abatedouro avícola”** - Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental - Universidade de Passo Fundo – Passo Fundo, MG, 2010.

MANGRICH, A.S.; DOUMER, M.E.; MALLMANN,A.S.; WOLF,C.R. Química Verde no Tratamento de Águas: Uso de Coagulante Derivado de Tanino de Acacia mearnsii. Rev. Virtual Quim., 2014.

MARTINS, H. C. **Estudo sobre os processos de coagulação, floculação e decantação em efluentes oriundos de usina canavieira.** UTFP, 2014. p.24.

MATRYX. COAGULANTES PARA TRATAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES. 2021. Disponível em: http://www.matryxpq.com.br/coagulantes-para-tratamento-de-agua-e-efluentes#:~:text=O%20que%20s%C3%A3o%20Coagulantes%3F,coloidais%20que%20formam%20o%20efluente. Acessado: 25 de dezembro de 2021.

MORAES, L. C. K. **Estudo da coagulação-ultrafiltração com o biopolímero quitosana para a produção de água potável**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá. 2004.

OLIVEIRA, **Camila de. Avaliação operacional da aplicação de tanino vegetal no tratamento de água do rio Caveiras**. Lages, 2019.

PANTOJA, Nilda Gorethe Palma. **A Utilização Da Água De Rio Para O Consumo Humano Nas Comunidades Ribeirinhas Na Região De Coari A Itacoatiara / Amazonas** – Brasil. 2015.

PIANTÁ, C. A. V. **Emprego de coagulantes naturais como alternativa ao uso do sulfato de alumínio no tratamento de água**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2008.

PORTARIA Consolidação nº 888 de 04 de maio de 2021. **Anexo XX** - Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de Potabilidade.

REIS, Ana Carolina de Assis. **TRATAMENTO DE ÁGUA: GRADIENTE DE VELOCIDADE NA COAGULAÇÃO – FLOCULAÇÃO**. Uberaba-MG: 2017.

RICHTER, Carlos A; AZEVEDO NETTO, Jose M. de. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Blucher, 1991. 1ª ed.

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

RODRIGUES, Mateus Fonseca. **Eficiência de Coagulantes e Floculantes na Remoção de Concentração de Fósforo em Efluente de Frigorífico de Suínos.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas

PRIANTI JR., N.G. **Alterações na natureza da água do rio paraíba do sul e sua influência nos processos de potabilização no município de Jacareí – SP**. 2009. 409 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

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.

SILVA, Maria do Socorro Rocha. **BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AMAZONAS: CONTRIBUIÇÃO PARA O ENQUADRAMENTO E PRESERVAÇÃO**. Manaus, 2013.

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, T. S. S.Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e de esgoto. Dissertação (mestrado). Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, 1999.

SIMÃO, Daiane Sara Chagas. **A interferência do nível do rio no tratamento e qualidade da água para abastecimento público** – município de Jacareí – SP. Fortaleza – CE: Assemae, 2018.

SIOLI, H. Das Wasser in Amazonasgebiet. Fosch. Fortschr, 1950. v. 26 (21/22), p. 274-280.

SOUZA, Walterler Alves de. Tratamento de água. Natal: CEFET/RN, 2007.

SOUZA, P. C.; PEREIRA, N. C.; KREUTZ, C.; SCHIAVON, G. J. **Aplicação de processos de coagulação/floculação e eletrocoagulação para o tratamento de efluente têxtil.** In: Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados. 37o ENEMP, São Carlos, SP, 2015.

TANAC/SG. Tanfloc. Coagulante/ Floculante. Montenegro-RS-Brasil. Disponível em: https://www.tanac.com.br/produto/tratamento-de-agua/

TAVARES, A.R. 2005. **Monitoramento da qualidade das águas do rio Paraíba do Sul e diagnóstico de conservação**. Dissertação de Mestrado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica-ITA, São José dos Campos, São Paulo.

TEIXEIRA, T. H.; FERREIRA NETO, J. A.; APARECIDA, R. M.; ARAGÃO, N. F.. As Unidades de Conservação de Uso Sustentável no Bioma Amazônico: Dilemas e Perspectivas Para o Desenvolvimento Sustentável. Revista Portuguesa de Estudos Regionais, n.46, p.71-89, 2017.

VAZ, Luiz Gustavo de Lima. **Performance do processo de coagulação/floculação no tratamento de efluente líquido gerado na galvanoplastia.** – Toledo, PR: [s. n.], 2009.