UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DE FEIRA DE SANTANA
CAIO RHUAN RIBEIRO OLIVEIRA
CATHARINA ARAUJO DE MATOS SANTOS
JOÃO PEDRO SANTANA ANGELO

ESTUDO COMPARATIVO DA MORINGA OLEÍFERA LAM E COAGULANTES SINTÉTICOS PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Feira de Santana
2021

Caio Rhuan Ribeiro Oliveira
Catharina Araujo de Matos Santos
João Pedro Santana Angelo

ESTUDO COMPARATIVO DA MORINGA OLEÍFERA LAM E COAGULANTES SINTÉTICOS PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Trabalho de conclusão de curso da Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana, como requisito para obtenção do título em Bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Prof. Me. Fernanda Mansani Silva Gomes

Coorientadora: Prof. Me. Bianca Lima e Santos

Feira de Santana
2021

O48e Oliveira, Caio Rhuan Ribeiro

Estudo comparativo da *Moringa Oleífera Lam* e coagulantes sintéticos para o tratamento de águas superficiais. / Caio Rhuan Ribeiro Oliveira; Catharina Araújo de Matos Santos; João Pedro Santana Angelo. Edição do autor. – Feira de Santana, 2021.

63f; il.

Orientadora: Prof.ª Me. Fernanda Mansani Silva Gomes.

Coorientadora: Prof. Me. Bianca Lima e Santos

TCC (graduação) Bacharelado em Engenharia Química – Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana – UNEF - 2021.

Data da defesa: 23/02/2022

1. *Moringa Oleífera Lam*.2. Coagulante natural 3. Tratamento de água. 4. Potabilidade. I. Santos, Catharina Araújo de Matos. II Angelo, João Pedro Santana III. Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana – UNEF. IV. Título.

CDU: 628.1

Ficha Catalográfica Elaborada por: Deivisson Lopes Pimentel Bibliotecário CRB 5/1562

CAIO RHUAN RIBEIRO OLIVEIRA
CATHARINA ARAUJO DE MATOS SANTOS
JOÃO PEDRO SANTANA ANGELO

ESTUDO COMPARATIVO DA MORINGA OLEÍFERA LAM E COAGULANTES SINTÉTICOS PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Feira de Santana, 24/02/2022

Banca Examinadora:

_____

Prof. Me. Fernanda Mansani Silva Gomes
Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana
Orientador(a)

_____

Prof. Me. Bianca Lima e Santos
Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana
Coorientador(a)

_____

Prof. Dr. Alan Garcia Cardoso da Silva
Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana
Examinador(a)

_____

Dra. Dalila de Souza Santos Ferreira
Universidade Estadual de Feira de Santana
Examinador(a)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por todo ânimo, força e coragem que nos deu para ter alcançado a nossa meta.

À Instituição UNEF, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbramos um horizonte superior, por ter nos recebidos de braços abertos e com todas as condições que nos proporcionaram ótimos dias de aprendizagem.

À nossa orientadora, Prof. Me. Fernanda Mansani, e a nossa coorientadora Prof. Me. Bianca Lima, pelo suporte no pouco tempo que lhes coube, pelas correções e incentivos. Agradecemos a todos os professores que nos proporcionaram o conhecimento, por se dedicarem a nós não somente por nos terem ensinado, mas por terem nos feito aprender.

Agradecemos a todos das nossas famílias, parentes e amigos, pela compreensão nos momentos da nossa ausência, pelo incentivo que nos fizeram chegar à conclusão do nosso curso.

Explicar toda natureza é uma tarefa difícil demais para qualquer homem ou para qualquer época. É muito melhor fazer um pouco e com certeza e deixar o resto para outros que vêm depois de você

Isaac Newton

RESUMO

A *Moringa Oleífera Lam* é uma espécie de planta, de pequeno porte, com uma alta capacidade de adaptação, podendo se desenvolver em diversos ambientes e em um curto espaço de tempo. No Brasil, por conta dessa versatilidade, a moringa pode ser encontrada em todo território nacional e é utilizada pela população para diversos fins, sendo o principal deles, o tratamento de águas superficiais. Para esse uso específico, as sementes têm maior destaque, pois nelas são encontradas proteínas ativas, que captura as partículas presentes na água a ser tratada, atuando como um coagulante natural. Este presente trabalho teve como objetivo principal comparar a ação do coagulante natural, a *Moringa Oleífera Lam*, com a do sintético, o sulfato de alumínio, altamente utilizado em tratamentos convencionais. O estudo foi realizado através de ensaios laboratoriais, onde amostras de água de um açude, localizado no distrito de Jaíba, na cidade de Feira de Santana (BA), foram submetidas a processos de coagulação, utilizando soluções de moringa com concentrações de 1,0 e 1,25g/L, e do sulfato de alumínio, passando, após a sedimentação, por um processo de filtração simples. As amostras filtradas, foram enviadas para testes de potabilidade (alcalinidade total, dureza total, turbidez, cloreto, alumínio total, cloro residual livre, sólidos totais dissolvidos (TDS), coliformes totais e *Escherichia coli*.) em laboratório particular. Após análise dos resultados, observou-se que a moringa, assim como o sulfato de alumínio, conseguiu reduzir 96,8% o valor de turbidez da água, além de eliminar a presença de *Escherichia coli*. Com isso, pôde-se concluir que a água tratada poderia facilmente ter o uso direcionado a atividades domésticas, porém, por não atingir todos os parâmetros de potabilidade, a mesma, não poderá ser utilizada para consumo humano.

Palavras-chave: *Moringa Oleífera Lam.* Coagulante natural. Tratamento de água. Potabilidade.

ABSTRACT

Moringa Oleífera Lam is a small plant species, with a high adaptability, being able to develop in different environments and in a short period of time. In Brazil, because of this versatility, moringa can be found throughout the national territory and is used by the population for various purposes, the main one being the treatment of surface water. For this specific use, seeds stand out more, as active proteins are found in them, which capture particles present in the water to be treated, acting as a natural coagulant. This present work had as main objective to compare the action of the natural coagulant, *Moringa Oleífera Lam*, with the synthetic one, the aluminum sulphate, highly used in conventional treatments. The study was carried out through laboratory tests, where water samples from a dam, located in the district of Jaíba, in the city of Feira de Santana (BA), were subjected to coagulation processes, using moringa solutions with concentrations of 1.0 and 1.25g/L, and aluminum sulphate, passing, after sedimentation, through a simple filtration process. The filtered samples were sent for potability tests (total alkalinity, total hardness, turbidity, chloride, total aluminum, free residual chlorine, total dissolved solids (TDS), total coliforms and *Escherichia coli*.) in a private laboratory. After analyzing the results, it was observed that moringa, as well as aluminum sulphate, managed to 96,8% reduce the water turbidity value, in addition to eliminating the presence of Escherichia coli. Thus, it could be concluded that the treated water could easily be used for domestic activities, however, as it does not reach all the potability parameters, it cannot be used for human consumption.

Key words: Moringa Oleifera Lam. Natural coagulant. Water treatment. Potability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estação de Tratamento de Água (ETA) 24

Figura 2 – Processo de sedimentação 29

Figura 3 – Classificação do processo de filtração com relação ao processo de tratamento 30

Figura 4 – Classificação do processo de filtração com relação ao meio filtrante 31

Figura 5 – Processo de filtração realizado no laboratório 31

Figura 6 – Ação do coagulante 32

Figura 7 – Folha da *Moringa Oleífera Lam* 33

Figura 8 – Vagem da *Moringa Oleifera Lam* 35

Figura 9– Semente da *Moringa Oleífera Lam* 36

Figura 10 – Localização do reservatório 37

Figura 11 - Amostra de água antes do tratamento. 40

Figura 12 - Amostras de água com *Moringa Oleífera Lam* após o tempo de sedimentação 41

Figura 13 - Amostra de água com *Moringa Oleífera Lam* (concentração de 1 g/L) após a filtração com papel de filtro quantitativo (1), filtro de pano (2) e amostra sem filtrar (3) 41

Figura 14 - Amostras de água com *Moringa Oleífera Lam* em concentração de 1,25 g/L, após filtração em papel filtro quantitativo, filtro de pano e um papel de filtro qualitativo (de café), respectivamente. 42

Figura 15 - Amostras de água com *Moringa Oleífera Lam* em concentração de 1,25 g/L, após filtração em papel filtro quantitativo, filtro de pano e dois papéis de filtro qualitativo (de café), respectivamente. 42

Figura 16 - Amostras de água com *Moringa Oleífera Lam* em concentração de 1,25 g/L, após filtração em papel filtro quantitativo, filtro de pano e três papéis de filtro qualitativo (de café), respectivamente. 43

Figura 17 - Amostras de água com *Moringa Oleífera Lam* em concentração de 1,25 g/L, após filtração em papel filtro quantitativo, filtro de pano e quatro papéis de filtro qualitativo (de café), respectivamente. 43

Figura 18 - Amostra de água com *Moringa Oleífera Lam* em concentração de 1 g/L, após 3 dias 44
Figura 19 - Amostra de água com *Moringa Oleífera Lam* em concentração de 1,25 g/L, após 2 dias. 44
Figura 20 - Amostra de água com sulfato de alumínio após o período de 24 horas 45
Figura 21 - Amostra de água com sulfato de alumínio após o processo de filtração com o papel de filtro quantitativo 45
Figura 22 - Amostra de água com sulfato de alumínio, utilizando 0,032 g, após o processo de filtração com o papel de filtro quantitativo 46
Fluxograma 1 – Processo de construção do trabalho 37
Gráfico 1 – Análises do pH 48
Gráfico 2 – Análise do pH da água bruta e água clarificada com semente de moringa 49
Gráfico 3 – Análise do pH da água bruta e água clarificada com sulfato de alumínio 49
Quadro 1 – Classificação da dureza da água 21
Quadro 2 – Composição química centesimal das sementes de *Moringa Oleífera Lam* 34
Tabela 1 – Parâmetros físicos, químicos e biológicos de amostra de água sem tratamento, tratada com pó de *Moringa Oleífera Lam* e com coagulante sintético. 47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileiras de Normas Técnicas
CAG	Carvão Ativado Granular
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETA's	Estações de Tratamento de Água
NTU	Unidade Nefelométrica de Turbidez
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
TDS	Sólidos Totais Dissolvidos
UNICEF	United Nations Children's Fund
VMP's	Valores Máximos Permitidos
WHO	World Health Organization

LISTA DE SÍMBOLOS

Al^{3+}	Íon alumínio
$Al(OH)_3$	Hidróxido de alumínio
$Al2(SO_4)_3$	Sulfato de alumínio
aq	Aquoso
Ca^{2+}	Íon cálcio
$CaCl^2$	Cloreto de cálcio
$CaCO_3$	Carbonato de cálcio
Cl^-	Cloreto
Fe^{2+}	Íon ferroso
Fe^{3+}	Íon férrico
g	Grama
H_2O	Água
H_2SO_4	Ácido sulfúrico
l	Líquido
L	Litro
m	Metro
mg	Miligrama
mL	Mililitro
NaCl	Cloreto de sódio
$Na_2S_2O_3$	Tiossulfato de sódio
NO^{3-}	Nitrato
rpm	Rotações por minuto
s	Sólido
SO_4^{2-}	Sulfato
ºC	Grau celsius
µm	Micrômetro

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	15
2	**OBJETIVOS**	17
2.1	**Objetivo geral**	17
2.2	**Objetivos específicos**	17
3	**REVISÃO DE LITERATURA**	18
3.1	**Abastecimento de água**	18
3.2	**Caracterização da água**	18
3.2.1	Características Físicas	18
3.2.2	Características Químicas	19
3.3	**Potabilidade da água**	20
3.3.1	Dureza total	21
3.3.2	Turbidez	21
3.3.3	Cloretos	22
3.3.4	Alumínio total	22
3.3.5	Sólidos totais dissolvidos	23
3.3.6	Presença de coliformes totais e *Escherichia Coli*	23
3.4	**Tratamento de água**	24
3.5	**Características das partículas coloidais**	26
3.6	**Operações unitárias na Estação de Tratamento de Água**	27
3.6.1	Coagulação	27
3.6.2	Floculação	28
3.6.3	Sedimentação	29
3.6.4	Filtração	29
3.7	**Coagulantes**	31
3.7.1	Coagulantes sintéticos	32
3.7.2	Coagulantes naturais	33
3.8	***Moringa Oleífera Lam***	33
3.8.1	Moringa e tratamento de água	35
4	**METODOLOGIA**	37
4.1	Materiais	37

4.2 Processo de tratamento de água utilizando os coagulantes 38
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 40
6 CONCLUSÃO 51
REFERÊNCIAS 52
ANEXO 58

1 INTRODUÇÃO

A água é uma substância de extrema importância para todos os seres vivos, e a sua falta pode levar ao fim de alguns ecossistemas. O abastecimento de água tornou-se uma das maiores dificuldades para o homem, pois a sua má distribuição acaba afetando algumas sociedades. Mesmo com essa distribuição de maneira desigual, o consumo hídrico vem aumentando cada vez mais (ANDRADE; NUNES, 2014).

Um estudo publicado em 2017 pelo World Health Organization (WHO) e o United Nations Children's Fund (UNICEF), estimou que, no ano de 2015, 844 milhões de pessoas ainda não tinham acesso a serviço básico de água potável. O mesmo estudo diz que, aproximadamente, 263 milhões de pessoas gastam mais de 30 minutos para percorrer o caminho para coletar água de algum recurso aprimorado.

O Brasil é considerado um país privilegiado por concentrar em torno de 12% de água doce disponível no mundo, porém possui uma vasta área de clima semiárido. Contudo as intervenções públicas não formam o suficiente para sanar essa questão (ANDRADE; NUNES, 2014).

Como forma de obter água potável é feito o tratamento convencional de água, onde é realizado algumas etapas com a coagulação/floculação, a sedimentação, a filtração e a desinfecção. Remover a cor e a turbidez são um dos passos mais importantes no sistema de tratamento de água (VALVERDE, 2014). A técnica de tratamento de água mais adotada no Brasil é do tratamento em ciclo completo, onde a coagulação química é uma das etapas iniciais pelas quais a água passa durante o tratamento (LIMA, 2015).

A coagulação consiste principalmente na desestabilização das partículas coloidais e suspensas, que estão presentes na água captada para o abastecimento. O objetivo é de aumentar consideravelmente a velocidade de sedimentação das partículas presentes na água bruta (FRANCO *et al*., 2017).

O emprego de coagulantes para a remoção de aspectos indesejados como matéria orgânica, turbidez, cor e demais impurezas presentes na água, têm sido executadas com êxito no tratamento para a produção de água potável (VALVERDE, 2014). Coagulantes inorgânicos geralmente são utilizados para remoção de sólidos em suspensão no processo de tratamento da água. Dentre os coagulantes

tradicionalmente utilizados, o sulfato de alumínio e o sulfato férrico possuem destaque (MONACO *et al*., 2013).

A elaboração de novos coagulantes e floculantes, baseados em matérias-primas naturais biodegradáveis, que estão presentes na natureza em grandes quantidades, vem ganhando espaço nos centros de pesquisa como uma tecnologia ambiental que segue os princípios da química verde e projetada para causar o mínimo de dano natural possível (LIMA JUNIOR, 2018; LINO *et al*., 2020).

As vantagens mais relevantes dos coagulantes naturais em relação aos inorgânicos e sintéticos são a alta disponibilidade da matéria prima, sendo que na maioria das vezes é renovável; baixa corrosividade no sistema de distribuição; diminuição do lodo gerado no processo, que além de biodegradável possui um maior valor nutricional; reduzem custos e não apresentam riscos à saúde humana e animal; além de reduzir perigos nos processos de tratamento de água e estimulam o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas sustentáveis (TEIXEIRA *et al*., 2017).

Entre os coagulantes naturais a Moringa Oleifera Lam (M. oleífera) vem ganhando tanto importância, quanto visibilidade no tratamento de água potável (MORETI, 2013), pois possui quantidades consideráveis de proteínas solúveis em água que apresentam uma carga positiva (LINO *et al*., 2020). Dependendo da qualidade da água bruta, o emprego de biopolímeros tais como os contidos na M. oleífera, pode oferecer algumas vantagens, entre as quais se destacam a redução de gastos com produtos químicos e o aumento da eficácia na remoção da cor e da turbidez da água (VALVERDE, 2014).

Os produtos químicos mais utilizados para o tratamento de água convencional tem como desvantagem a corrosão do sistema de distribuição e alto volume de lodo gerado durante o processo, além disso, em concentrações elevadas, o alumínio pode estar relacionado com doenças neurológicas (BONGIOVANI *et al*., 2015).

Diante dos problemas de abastecimento de água tratada em algumas regiões, e até mesmo a falta de existência desse sistema, a possibilidade de utilizar os coagulantes naturais em processos de tratamentos alternativos, pode ser uma saída altamente eficaz e viável. Visando demostrar essa viabilidade, este presente trabalho tem como objetivo comparar a ação do coagulante natural, Moringa oleífera Lam, e do coagulante sintético, largamente aplicado em processos tradicionais, o sulfato de alumínio, verificando ao final, a possível potabilidade da água tratada.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Comparar um coagulante natural (Moringa Oleífera Lam) e o coagulante sintético mais utilizado no mercado (Sulfato de Alumínio).

2.2 Objetivos específicos

- Verificar os benefícios da moringa para o tratamento de água;
- Conhecer as características dos coagulantes naturais, como sua eficiência no tratamento de água;
- Destacar o emprego da Moringa oleífera como coagulante natural;
- Comparar a eficiência entre os filtros de papel quantitativo, papel qualitativo e o filtro de pano.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Abastecimento de água

O sistema de abastecimento de água é indispensável para a vida dos cidadãos, agrega-se em um conceito mais abrangente de saneamento, que é definido pelo conjunto de ações sobre o meio ambiente onde vivem as populações, tendo em vista garantir as condições de salubridade, protegendo a saúde e proporcionando o bem-estar tanto físico, mental, quanto social (SORIANI, 2015).

No Brasil, o tratamento de água com a finalidade para o abastecimento envolve variados processos e operações para adequar a água de abastecimento aos padrões de potabilidade exigido pelo Ministério da Saúde na Portaria n° 888 de 04 de maio de 2021, onde “concede sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” (BRASIL, 2021).

De acordo com SNIS 2020, os estados que possuem menor índice de atendimento urbano de água são Acre, Amapá, Ceará, Maranhão, Pará e Rondônia. Possuindo menos de 40% de atendimento no Amapá e até 80% nos demais estados citados.

3.2 Caracterização da água

A qualidade da água pode ser retratada por parâmetros que traduzem suas características físicas, químicas e biológicas, para sua caracterização se faz necessário quantificar as impurezas contidas na água. Com base nesse conhecimento é capaz identificar as técnicas e as operações apropriadas para o tratamento da água e avaliar se a mesma está segura dentro do ponto de vista sanitário e legislativo (SORIANI, 2015).

3.2.1 Características Físicas

As características físicas da água para o abastecimento provocam impacto imediato ao usuário. Devido aos sentidos humanos, a água não deve apresentar cor, odor, sabor e turbidez fora dos parâmetros dos padrões de potabilidade exigidos pela Portaria n° 888 de 04 de maio de 2021. As características físicas da água que se

destacam são a temperatura, cor aparente, turbidez e condutividade elétrica (BRASIL, 2021).

A temperatura, segundo Sorani (2015), é diretamente proporcional à velocidade das reações, à concentração do oxigênio dissolvido, à formação de subprodutos da desinfecção, à solubilidade das substâncias, ao metabolismo dos organismos existentes na água e a taxa de corrosão nas tubulações que compõe o sistema de abastecimento. A elevação da temperatura pode ocasionar um aumento na taxa de crescimento dos microrganismos no sistema de distribuição da água, com isso pode evidenciar o gosto e o odor.

A cor da água é por causa da presença de matéria orgânica vegetal, substâncias húmicas, além de efluentes domésticos e industriais. Quando a água é rica em ferro trivalente, ela possui uma cor arroxeada, se for rica em ácidos húmicos possuirá uma cor amarelada (CANGELA, 2014).

A turbidez é caracterizada pela presença de partículas em suspensão em estado coloidal, que interferem na passagem de luz na água, demonstrando aparência turva ao corpo d’água. Alguns fatores também podem estar relacionados com a turbidez sendo esses a precipitação de carbonato de cálcio para águas duras, de dióxido de ferro e de compostos de alumínio em águas tratadas (LIMA, 2015; SORIANI, 2015).

A condutividade elétrica aponta a capacidade da água natural de conduzir corrente elétrica através da presença de íons, cátions e ânions. Sua determinação permite estipular a quantidade de sólidos totais dissolvidos. Para elevados valores de sólidos totais dissolvidos, maior será a solubilidade dos precipitados de alumínio e de ferro, influenciando na velocidade no processo da coagulação, impactando na formação e precipitação de carbonato de cálcio, favorecendo a corrosão (SORIANI, 2015).

3.2.2 Características Químicas

Assim como os parâmetros físicos, os parâmetros químicos estão voltados para a operação e bom funcionamento do processo de tratamento de água. As características químicas permitem classificar a água pelo conteúdo mineral, mediante a presença de íons; determinar o grau de contaminação, permitindo definir a origem dos principais poluentes; identificar os poluentes tóxicos e suas fontes e avaliar o equilíbrio bioquímico (CANGELA, 2014; SORIANI, 2015). As características químicas

da água que se destacam são o pH (Potencial Hidrogeniônico), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO).

O pH apresenta a concentração de íons de hidrogênio, onde essa indicação irá dizer se o meio está ácido, neutro ou alcalino. Águas com pH baixo tendem a ser mais ácidas e corrosivas, contudo, as águas que possuem pH alto tendem a formar incrustações e o meio é mais alcalino (básico). O pH é inspecionado com mais frequência nas estações de tratamento de água, desde a aplicação dos coagulantes até a etapa de desinfecção química (LIMA, 2015; SORIANI, 2015). É calculado em uma escala que varia de 0 a 14, sendo o meio ácido, inferior a 7; meio neutro, igual a 7; meio alcalino (ou meio básico), superior a 7 (CANGELA, 2014).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) indica a quantidade de oxigênio, em mg/L, necessário para a estabilização das bactérias, através de processos bioquímicos, a matéria carbonácea, representa uma indicação, de forma indireta, a concentração de carbono orgânico biodegradável. A determinação desse parâmetro é feita através da diferença de concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) em uma amostra de água em cinco dias a uma temperatura de 20°C. A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é um parâmetro que aponta o consumo de oxigênio em função da oxidação química de matéria orgânica, expressando de forma indireta, o teor de matéria orgânica presente no corpo hídrico (SORIANI, 2015).

3.3 Potabilidade da água

Para que uma água seja considerada potável, é necessário que esteja em condições apropriadas para o consumo humano, seguindo diversos padrões, que atualmente, no Brasil, estão dispostos e especificados na Portaria nº 888/2021 (BRASIL, 2021).

Na natureza pode-se encontrar água potável disponível, porém, por conta da presença de possíveis contaminantes, normalmente imperceptíveis a olho nu, há a necessidade de um processo de tratamento, que acontece em Estações de Tratamento de Água (ETA’s), sendo o processo tradicional seguindo as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação, e tendo, no fim uma água que será fornecida para a população enquadrada nos valores máximos permitidos (VMP’s) para parâmetros físicos, químicos e microbiológicos (SILVA, SOUSA, VIANA, 2021).

Alguns padrões são avaliados, dentre esses, podemos citar dureza total, turbidez, cloreto, alumínio total, sólidos totais dissolvidos e presença de coliformes totais e *Escherichia coli.*

3.3.1 Dureza total

A dureza total da água está relacionada com a quantidade de cátions metálicos, excetos os metais alcalinos, que estão presentes na água. Para as indústrias a dureza da água é um parâmetro importante pois o excesso de sais ou outras substâncias insolúveis podem causar incrustações nos equipamentos, além das tubulações utilizadas na distribuição de água, já em relação ao consumo, pode dificultar o cozimento dos alimentos, a formação de espuma nos sabões, além de possuir um gosto pouco agradável (BRASIL, 2014).

Uma água dura é aquela que contém altos níveis de minerais e sais de cálcio e magnésio, o grau da dureza é diretamente proporcional a concentração desses sais, que é expresso como carbonato de cálcio ($CaCO_3$). A dureza pode ser temporária, caracterizada pela presença de bicarbonatos e carbonatos de cálcio e magnésio, e a dureza permanente, definida pela presença de cátions como nitratos (NO^{3-}), cloretos (Cl^-) e sulfatos (SO_4^{2-}) de cálcio e magnésio, se apresentam em números superiores, sendo a soma das duas a dureza total. De acordo com a função que a água irá desempenhar, valores máximos permitidos são designados, como por exemplo, para o consumo humano é até 300 mg/L (CHOQUE; MAMANI, 2020).

A água pode ser classificada quanto à sua dureza como descrito no quadro 1.

Quadro 1 – Classificação da dureza da água.

DUREZA TOTAL	CLASSIFICAÇÃO (em mg/L CaCO3)
Água mole	< 50
Água com dureza moderada	50 - 150
Água dura	151 - 300
Água muito dura	> 300

Autor: adaptado de Brasil (2014).

3.3.2 Turbidez

A turbidez se refere a presença de material particulado, podendo ser orgânico ou inorgânico, que causa a redução da transparência da água, ou seja, é a medida do resultado do espalhamento de luz criado pela presença dessas mesmas partículas que estão em suspensão ou em forma coloidal, podendo ser determinada em turbidímetros e é expressa em uT (Unidade de Turbidez) (QUISPE; CONDORI; CHURA, 2020).

Segundo Markos (2013), para que haja uma medição correta e precisa, é necessário que a amostra esteja em condições originais, isto é, a água deve estar na mesma temperatura e pH que apresentavam no momento da coleta, pois a mudança dessas variáveis pode levar a coagulação das partículas em suspenção, alterando o resultado final. Por isso, é aconselhado que não haja uma grande diferença de tempo entre a amostragem e a medição.

3.3.3 Cloretos

Dentre os íons presentes nas águas naturais e residuárias, o que se encontra em maior quantidade é o cloreto (Cl-). Os cloretos livres na água, normalmente é resultado de processos de decomposição de resíduos domésticos e industriais (SOUSA; VIANA; SILVA, 2021). Segundo a Portaria GM/MS Nº 888/2021, o valor máximo de cloretos em água potável é de 250 mg/L (BRASIL, 2021).

O método mais utilizado para quantificação de cloretos é o Argentométrico, também conhecido como Método de Mohr (UNESP, 2021). Esse método trata-se de uma titulação baseada na reação entre os cloretos presentes na amostra analisada e o nitrato de prata, utilizando o cromato de potássio como indicador. Após a reação, o excesso de nitrato de prata reage com o indicador, formando um precipitado de cor marrom, o cromato de prata (MAPA, 2014).

$$Ag^{+} + Cl^{-} \Leftrightarrow AgCl$$

$$Ag^{+} + CrO_4- \Leftrightarrow Ag_2CrO_4$$

3.3.4 Alumínio total

O alumínio é um elemento comum presente na água da natureza. Nos processos de tratamento de água é utilizado o sulfato de alumínio, também conhecido como

“alume”, que quando adicionado a água tem a função de agente floculante, atraindo todo tipo de material inorgânico, microrganismos e qualquer tipo de partícula que pode trazer malefícios para o ser humano (European Aluminium Association, 2011).

Para consumo humano, o valor máximo de alumínio total presente é de 0,2 mg/L (BRASIL, 2021).

3.3.5 Sólidos totais dissolvidos

Sólidos totais dissolvidos (TDS) são constituídos por partículas que possuem diâmetro menor que 10^{-3} µm e que não conseguem ser retiradas após o processo de filtração (BRASIL, 2014). A presença de TDS não confere problemas a água, visto que nas águas comercialmente vendidas há uma quantidade presente. Porém, no Brasil, por determinação do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido de TDS é de 500 mg/L. A determinação de TDS é feita por um processo de filtração, onde a diferença entre o que ficou retido e o que passou, resulta na quantidade presente na amostra (NUNES *et al*., 2015).

3.3.6 Presença de coliformes totais e *Escherichia Coli*

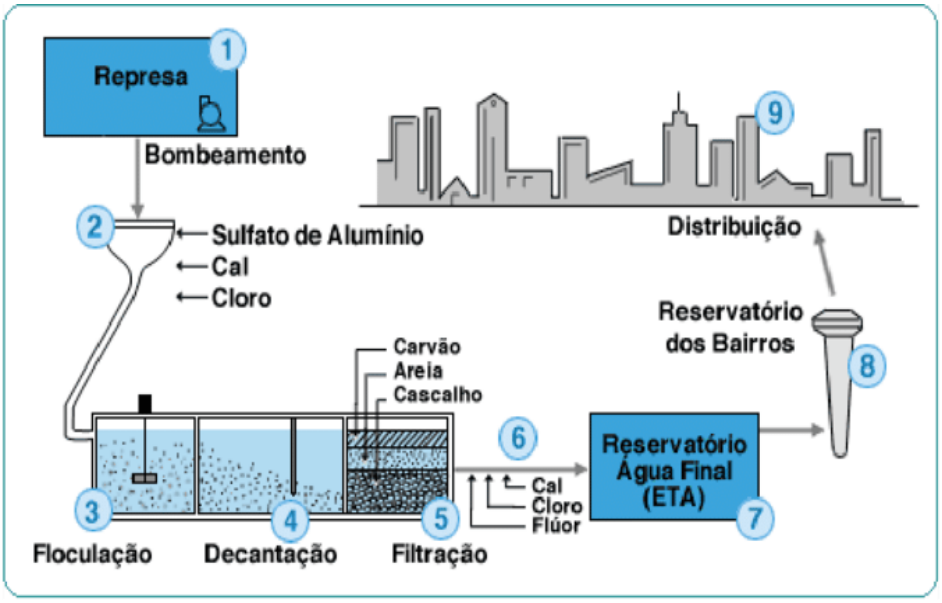
Para detectar a presença de coliformes totais na água, é utilizado organismos indicadores, dentre eles os mais importantes são as bactérias coliformes. Essas bactérias são provenientes do trato intestinal de seres humanos e de outros animais de sangue quente, servindo como indicadoras da contaminação de uma amostra de água por fezes (BRASIL, 2014). Os coliformes fecais fazem parte do grupo dos coliformes e se dividem em três gêneros, *Klebsiella, Enterobacter* e *Escherichia*, sendo os dois primeiros de origem não fecal e a última de origem fecal (PINTO *et al*., 2019).

Segundo Silva (2017), determinação dessas bactérias é feita a partir de testes de provas microbiológicos, onde o crescimento em meios de cultura específicos para as mesmas, testa a presença ou a ausência na amostra. A presença de *Escherichia Coli* em amostras de água atesta positivo para a contaminação por fezes. Logo, para uma água seja considerável potável e boa para consumo, é necessário haver a ausência de qualquer tipo de coliformes totais.

3.4 Tratamento de água

A principal finalidade da estação de tratamento de água (ETA) é a elevação do padrão de qualidade da água bruta, de forma que seja possível atender a padrões mínimos de qualidade de água exigidos pelos padrões de potabilidade vigentes (FERREIRA FILHO, 2020).

Figura 1 – Estação de Tratamento de Água (ETA)



Fonte: FERREIRA FILHO, 2020.

Tais padrões de qualidade requeridos para a água destinada ao consumo humano, são definidos pelo Ministério da Saúde através da Portaria n° 888 de 04 de maio de 2021 que determina os padrões de potabilidade de água no Brasil.

De acordo com Post *et al.* (2011) os padrões podem ser subdivididos da seguinte forma:

- Padrões de potabilidade com o objetivo de garantir que a água seja esteticamente agradável para consumo humano. (turbidez, gosto e odor, cor aparente, sólidos dissolvidos totais etc.);
- Padrões de potabilidade com intuito de garantir a qualidade microbiológica da água. (coliformes termotolerantes, coliformes totais, cistos de protozoários, vírus etc.);

- Padrões de potabilidade que visam garantir a segurança química da água relacionada tanto a compostos orgânicos quanto inorgânicos. Por exemplo: metais pesados (cádmio, chumbo etc.), compostos orgânicos (benzeno, estireno etc.) e agrotóxicos (endrin, pentaclorofenol etc.).
- Padrões de potabilidade com o objetivo de controlar a formação de subprodutos da desinfecção. (tri-halometanos, ácidos haloacéticos, clorito, bromato etc.).

Se for necessário assegurar a remoção de determinados compostos inorgânicos ou orgânicos que possam estar presentes em certas águas brutas, outras tecnologias não convencionais podem ser incorporadas ao tratamento convencional, como processos de adsorção em carvão ativado, arraste com ar, processos de membrana, entre outros (FERREIRA FILHO, 2020).

- Coagulante: A etapa de coagulação é necessária para o processo de separação sólido-líquido. Sendo assim, é preciso adicionar um produto que seja responsável para realizar a neutralização das cargas das partículas coloidais. Geralmente são utilizados produtos químicos, os mais empregados são os sais de ferro (sulfato férrico e cloreto férrico) e os sais de alumínio (sulfato de alumínio e cloreto de polialumínio).
- Pré-alcalinizante: Devido a maior parte dos agentes coagulantes apresentarem caráter ácido quando adicionados em água, é necessário prever a correção do pH por meio da adição de cal virgem, cal hidratada, soda cáustica ou mesmo carbonato de sódio (barrilha).
- Agentes pré-oxidantes: De acordo com as características da água bruta, caso a mesma apresente concentrações de ferro e manganês solúvel, estes compostos devem ser oxidados de modo que possam ser removidos por precipitação química. Em função de viabilidade econômica e disponibilidade, geralmente faz-se uso do cloro como agente pré-oxidante, podendo ser aplicado em diferentes pontos do processo de tratamento, sob a apresentação de pré, inter e pós-cloração.
- Polímeros: A necessidade de aplicação de polímeros se justifica quando se objetiva otimizar ambos os processos de floculação e filtração. Nesse caso, podem ser aplicados na água coagulada (auxiliar de floculação) e na água decantada (auxiliar de filtração), imediatamente antes de sua entrada no sistema de filtração.

- Agente desinfetante: A aplicação do agente desinfetante visa garantir que a qualidade microbiológica da água tratada não imponha riscos aos consumidores, assim como possibilitar a manutenção de concentrações do agente desinfetante residual no sistema de distribuição de água.
- Flúor: O flúor é geralmente utilizado na forma de ácido fluossilícico e tem como principal finalidade a saúde pública, oferecendo um caráter preventivo à cárie dentária.
- Pós-alcalinizante: A água tratada não pode ter ação corrosiva ou incrustante, de forma que não ocasione problemas no sistema de distribuição de água. Tendo em vista possibilitar o controle do pH da água final, deve-se, prever a possibilidade de dosagem de um agente pós-alcalinizante, normalmente a cal virgem, a cal hidratada ou a soda cáustica e, eventualmente, a barrilha

3.5 Características das partículas coloidais

As características físico-químicas das partículas coloidais que estão em suspensão na água, além, da sua carga superficial, dimensão física, massa específica e geometria, são quesitos que influenciam na remoção dessas partículas na água (FERREIRA FILHO, 2020).

Essas partículas podem se classificar de acordo com o seu tamanho em sólidos suspensos (maiores que 10-6m) sendo de origem mineral ou orgânica; em partículas coloidais (entre 10-6 e 10-9m), possuem a mesma origem dos sólidos suspensos, porém o que difere é o seu tamanho e a velocidade de sedimentação. Tanto nos sólidos suspensos, quanto nas partículas coloidais, ambos são responsáveis pela cor e turbidez da água; em substâncias dissolvidas (menores que 10-9m), geralmente são substâncias inorgânicas ou orgânicas (GUZMÁN, 2013).

A carga de superfície de uma partícula coloidal em suspensão é a propriedade elétrica mais importante. Essa carga faz com que as partículas fiquem em suspensão sem que haja a agregação por longos períodos. Um ponto relevante é que as partículas coloidais existentes nas águas naturais apresentam carga elétrica negativa, inviabilizando a agregação (DAVIS, 2017; FERREIRA FILHO, 2020).

A estabilidade das partículas nas águas necessita do balanço entre a força eletrostática repulsiva das partículas e as forças atrativas, forças de Van der Waals. Essa repulsão eletrostática é o principal mecanismo de controle de estabilidade, pois

as partículas na água têm uma carga de superfície negativa. Para diminuir o potencial de repulsão, e como consequência a ocorrência da agregação das partículas, é necessário o uso de sais trivalentes, como por exemplo, sais de alumínio e ferro (FERREIRA FILHO, 2020; HOWE *et al,* 2016).

Outro ponto importante é a relação entre a dimensão física das partículas com a remoção dessas partículas, pois quanto menor, mais difícil é para que ocorra a sedimentação simples, dificultando assim a sua remoção, com isso se faz necessário o uso de coagulantes, fazendo com que essa dimensão aumente, com ajuda de outras operações unitárias, facilitando a sedimentação futura (FERREIRA FILHO, 2020).

3.6 Operações unitárias na Estação de Tratamento de Água

Na ETA, a água bruta transita por algumas operações unitárias, coagulação, floculação, sedimentação e filtração, para que possa atingir os padrões da qualidade da água (DUARTE NETO *et al*., 2019).

3.6.1 Coagulação

O processo de coagulação é a primeira etapa que compõe uma estação de tratamento de água (ETA), seja em ciclo completo ou uma variante deste processo (filtração direta e filtração em linha). As ETAs convencionais são um conjunto de operações unitárias em série, tendo em vista os processos a jusante da etapa de coagulação. Para que possam ser operados de maneira correta, é necessário que a operação ocorra em condições ideais (FERREIRA FILHO, 2020).

De acordo com Howe *et al*. 2016, o objetivo do processo de coagulação depende da fonte da água e da natureza dos constituintes orgânicos suspensos, coloidais e dissolvidos. Visando a desestabilização das partículas coloidais com intuito de facilitar a aglomeração das mesmas (CANGELA, 2014). A coagulação por adição de produtos químicos como alúmen e sais de ferro e/ou polímeros orgânicos pode envolver:

1. desestabilização de pequena matéria particulada suspensa e coloidal;
2. adsorção e/ou reação de porções da matéria orgânica natural coloidal e dissolvida em partículas;

3. criação de precipitados floculantes que varrem, através da água, material pequeno emaranhado suspenso, coloidal e dissolvido conforme eles se estabelecem.

Além de garantir a produção de água tratada com características estéticas adequadas para o consumo humano, garantindo sua clarificação, para isso, é necessário analisar os contaminantes presentes (FERREIRA FILHO, 2020).

3.6.2 Floculação

A floculação é definida como um processo físico no qual ocorre a agregação de partículas através do contato de umas com as outras, viabilizando o aumento do seu tamanho físico, com isso, alterando a distribuição granulométrica (FERREIRA FILHO, 2020).

A mistura que ocorre na floculação é feita através da agitação mecânica, promovendo a agregação das partículas, com isso, facilita a separação entre as impurezas e a água em tratamento, que ocorrerá na etapa de sedimentação, pela ação da gravidade (MAIA *et al*, 2013).

A floculação possui alguns tipos, entre elas estão a floculação em microescala, a floculação em macroescala e a sedimentação diferencial. A floculação em microescala ou pericinética, é caracterizada pela floculação de partículas pequenas, onde o diâmetro é menor que 0,1μm. Já a floculação em macroescala ou ortocinética, é definida pela floculação entre partículas maiores que 1 μm de diâmetro. E por fim, a sedimentação diferencial tem como característica principal a diferença de tamanhos dos flocos, consequentemente diferentes velocidades de sedimentação (DAVIS, 2017).

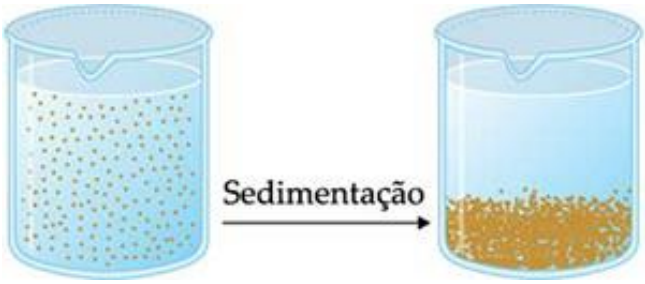
Vale salientar que, para que o processo de floculação ocorra de maneira aceitável, é imprescindível garantir a desestabilização das partículas coloidais mediante a uma correta operação de coagulação. De acordo com o ponto de vista físico, o processo de coagulação é encarregado de desestabilizar as partículas coloidais, e não como o responsável pela agregação dessas partículas. Quando a água coagulada é sujeita a floculação, tem-se uma modificação na distribuição granulométrica das partículas, ocorrendo aumento do diâmetro médio e a diminuição da concentração na fase líquida (FERREIRA FILHO, 2020).

3.6.3 Sedimentação

A sedimentação, também conhecida como decantação, corresponde a operação unitária que resulta na utilização das forças gravitacionais para separar as partículas de massa específica superior à da água, depositando-se na zona de armazenamento (figura 2). Para que a sedimentação ocorra é necessário que as etapas anteriores, coagulação e floculação, tenham sido realizadas de maneira eficiente. Sendo assim, nessa etapa não há adição de produto químico (IOSHIMURA, 2016).

De acordo com Valverde (2014), quanto maior a velocidade de sedimentação, menor será o tempo de residência necessário para clarificar a água, além disso, a velocidade é diretamente proporcional à dimensão das partículas. As partículas que não são removidas na sedimentação, por algum motivo, dentre esses podem ser pelo tamanho pequeno das partículas ou até mesmo pela sua densidade, deverão ser removidas na etapa de filtração.

Figura 2 – Processo de sedimentação



Fonte:https://www.professorinterativo.com.br/aval_on_line/01_TICs/TIC_19/03_separacao_solidos_liquidos.html. Acesso em 07/12/2021. 19:53

3.6.4 Filtração

A última operação unitária, cujo objetivo é garantir a remoção das partículas coloidais presentes na fase líquida, é a filtração (FERREIRA FILHO, 2020). Apenas por meio da coagulação e floculação não é possível obter uma água totalmente clarificada, com isso, se faz necessário o uso da etapa de filtração, que compreende a remoção das partículas coloidais e suspensas (VALVERDE, 2014).

A eliminação dos sólidos nos filtros é feita com base no princípio de ação mecânica, onde um meio poroso retém as impurezas de tamanhos menores que dos poros da camada filtrante, ou seja, conforme o decorrer do processo, os vazios serão

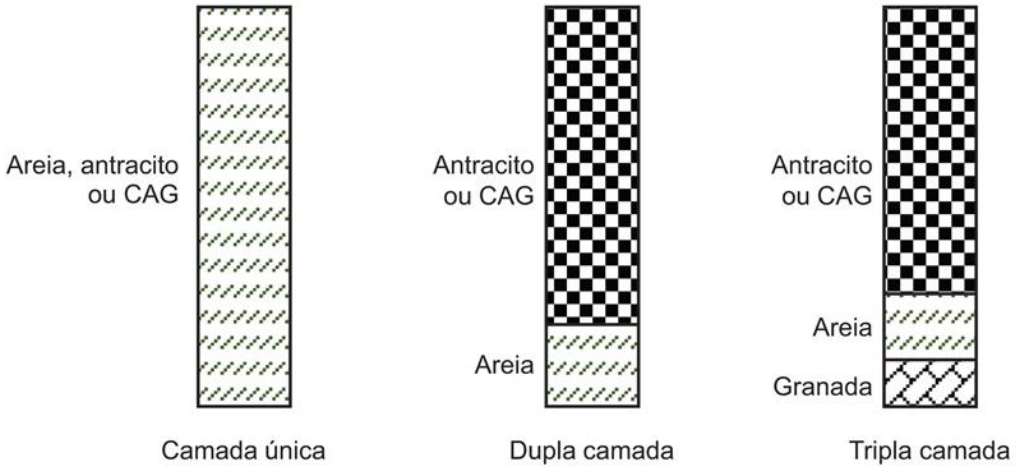
ocupados pelas partículas, reduzindo, assim, o diâmetro dos poros, passando a reter partículas de dimensões cada vez menores. A performance do filtro pode ser definida conforme a água a ser filtrada, pelo produto coagulantes, pela construção do filtro, meio filtrantes, bem como pelas características do material particulado e condições operacionais (IOSHIMURA, 2016).

O processo de filtração pode ser classificado de acordo com o processo de tratamento (figura 3) e com relação ao meio filtrante (figura 4). Se o processo de filtração é logo após a etapa de sedimentação, é considerado uma filtração do tipo convencional. Se antes da filtração é o processo de floculação, ela é considerada uma filtração direta. Se a água em tratamento for da coagulação para o processo de filtração, é considerado como filtração em linha. Em relação ao meio filtrante, o processo de filtração pode ter filtro de camada única, dupla camada e tripla camada. No filtro de camada única, essa camada pode ser de areia, antracito ou carvão ativado granular (CAG), onde o carvão é empregado quando se deseja realizar o processo de filtração e adsorção em uma única unidade, já no de dupla camada, tem-se a primeira com antracito ou CAG e a segunda com areia, e por fim, a unidade de filtração de tripla camada, onde a primeira é de antracito ou CAG, a segunda com areia e a terceira com cascalhos (FERREIRA FILHO, 2020). A figura 5 apresenta o método utilizado no laboratório para realizar o processo de filtração

Figura 3 – Classificação do processo de filtração com relação ao processo de tratamento

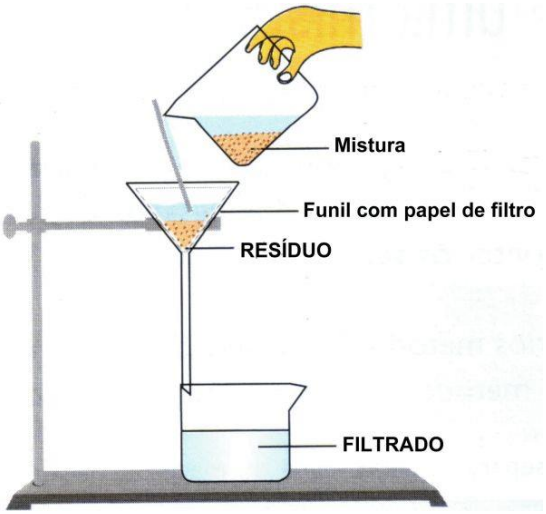
Fonte: FERREIRA FILHO, 2020

Figura 4 – Classificação do processo de filtração com relação ao meio filtrante



Fonte: FERREIRA FILHO, 2020

Figura 5 – Processo de filtração realizado no laboratório



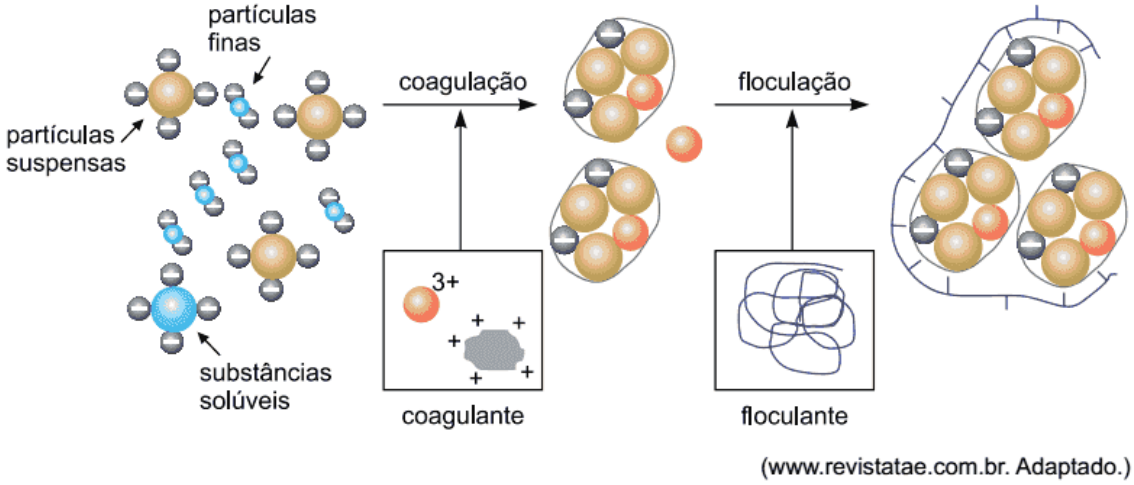
Fonte: https://www.infoescola.com/quimica/filtros/. Acesso em 07/12/2021. 20:03

3.7 Coagulantes

Como dito anteriormente por Ferreira Filho (2020), as partículas coloidais apresentam cargas negativas, fazendo com que ocorra a repulsão eletrostática. Na água, os coloides estão negativamente carregados. Os cátions na água, conhecidos como contra íons, estão fortemente ligados à superfície do coloide (GHERNAOUT, 2020). Com objetivo de desestabilizar os coloides e facilitar o processo de aglomeração dos mesmos, são adicionados os coagulantes, os coagulantes naturais possuem ação coagulante e floculante. Por possuir diferentes graus de cargas

aniônica, não aniônica e catiônica, os coagulantes podem aumentar a velocidade de produção de flocos e a resistência dos flocos, além de torná-los mais pesados (figura 6).

Figura 6 – Ação do coagulante



Fonte: https://www.stoodi.com.br/exercicios/uscs/2017/questao/um-grupo-de-estudantes-realizou-um-experimento-para-simular-o/. Acesso em 07/12/2021. 21:42

3.7.1 Coagulantes sintéticos

Os coagulantes, que são empregados na etapa de coagulação, são constituídos por cátions polivalentes (Al^{3+}, Fe^{3+}, Fe^{2+}, Ca^{2+}, entre outros) que neutralizam as cargas elétricas das partículas suspensas. O principal coagulante sintético e mais utilizado é o sulfato de alumínio ($Al2(SO_4)_3$), que proporciona uma água tratada, livre de sólidos suspensos. Quando comparado com outros coagulantes sintéticos, possui um baixo custo, fácil de se manusear e de armazenar (RODRIGUES, 2016; LEMOS, 2020). Os coagulantes sintéticos mais utilizados no mercado são o Sulfato de Alumínio; Cloreto Férrico; Hidroxicloreto de Alumínio e Sulfato Férrico.

O sulfato de alumínio é obtido através da reação de neutralização entra o ácido sulfúrico e o hidróxido de alumínio (reação 1). Possui baixa toxidade, porém, em contato direto com a pele pode causar irritações leves e ressecamento (RODRIGUES, 2014).

$$2\ Al(OH)_{3\ (s)} + 3\ H_2SO_{4\ (aq)} \rightarrow Al_2(SO_4)_{3\ (aq)} + 6\ H_2O_{\ (l)} \qquad (1)$$

3.7.2 Coagulantes naturais

Os coagulantes naturais possuem características que são consideradas amigáveis ao meio ambiente e à saúde humana, comparado com o alumínio que pode trazer doenças neurológicas. Esses coagulantes podem tratar águas residuais de acordo com os de descarga de águas residuais. Além disso, pode atuar como coagulantes ou floculante natural devido aos ativos naturais que estão presentes nas plantas. Vem sendo realizado alguns estudos, mais aprofundados, sobre os resultados que esse tipo de coagulante proporciona, senso esses resultados positivos. Entre todos os coagulantes naturais, a fonte vegetal mais conhecida é a semente de Moringa (GUAMÁN, 2020).

3.8 *Moringa Oleífera Lam*

A moringa é uma planta que apresenta uma elevada capacidade de adaptação a condições climáticas e em solos áridos, muito comum no nordeste brasileiro. Além disso, é possível o crescimento dessa planta em quase todos os tipos de solo, exceto em terreno onde há possibilidade de ficar encharcado (GUALBERTO, *et al*., 2014).

Segundo Tahua (2015), a Moringa Oleífera Lam é uma planta onde quase todas as suas partes podem ser utilizadas como alimento ou medicamento. As folhas (figura 7) possuem altas quantidades de componentes anti-inflamatórios e antioxidantes, além disso são ricas em vitaminas, minerais e aminoácidos que o corpo humano necessita.

Figura 7 – Folha da *Moringa Oleífera Lam*

Fonte: Autores, 2021.

A Moringa Oleífera Lam é considerada uma planta alógama, cuja flor é fecundada pelo pólen de outra planta, ou seja, fecundação cruzada, crescendo rapidamente de sementes e mudas, que demanda pouco ou nenhum cuidado, além disso possui uma resistência a longos períodos de estiagem (GUALBERTO, *et al*., 2014).

A moringa é considerada uma árvore pequena, de copa pouco densa, podendo crescer até 12 metros de altura. A madeira do tronco apresenta uma casca espessa, mole, de cor pardo-claro e, internamente, possui uma tonalidade esbranquiçada, com lenho mole e poroso, e com a presença de látex. É rica em carboidratos como arabinose, galactose e ácido glucurônico (GUALBERTO, *et al*., 2014; LIMA, 2015). Por fim, a raiz se assemelha a um rabanete, tanto na aparência, quanto no sabor (GUALBERTO, *et al*., 2014).

A moringa é uma planta onde quase todas as suas partes são aproveitadas pelo ser humano. A Moringa Oleífera Lam é composta, principalmente por proteínas e lipídios (Quadro 2).

Quadro 2 – Composição química centesimal das sementes de Moringa Oleífera Lam

COMPOSIÇÃO CENTESIMAL (g)	SEMENTE (100g)
Carboidratos	17,54
Lipídios	22,17
Proteínas	25,14
Fibras	32,05

Fonte: Adaptado de Lima (2015)

Em alguns lugares do mundo, como nas Filipinas, as folhas da moringa podem ser usadas em sopas, o chá dessa folha é utilizado em tratamentos de úlceras gástricas e diarreia, outra forma de tratar a diarreia com a moringa, é utilizando as suas cascas. As flores, raízes e folhas são utilizadas em remédios populares para tumores, as sementes são utilizadas para tumores na região do abdômen, além disso, as sementes têm propriedades antibióticas e anti-inflamatórias, tratando artrite, reumatismo, gota, cãibras. As raízes são manipuladas como tônico para o corpo e os pulmões, na forma de expectorante (LIMA, 2015).

3.8.1 Moringa e tratamento de água

No Brasil, principalmente no Semiárido da região nordeste do país, que é assolada por duradouras temporadas de seca, a pouca quantidade de água disponível é encontrada em açudes e represas, normalmente com altos índices de turbidez, sólidos dissolvidos e presença de microrganismos, estando fora dos padrões de potabilidade determinados pela legislação do país (LUCENA, 2021).

Por isso, a utilização de métodos alternativos e mais simples de tratamento de água vem sendo difundidos em grande escala, sendo um desses, a aplicação da Moringa, onde a mesma é utilizada como coagulante natural, substituindo componentes químicos normalmente aplicados no tratamento convencional, como o sulfato de alumínio (PEREIRA *et al,* 2015).

Todas as partes da planta pode ser utilizadas para tratamento, porém, apresentam resultados diferentes. Ao comparar as sementes com as folhas, cascas e vages (figura 8), as sementes possuem um resultado melhor em relação ao potencial para coagulação/floculação, pois as proteínas ativas, que irão auxiliar nesse processo, estão presentes nas sementes. É importante salientar, que o ideal é usar as sementes colhidas recentemente, com o propósito de obter uma eficácia no tratamento da água (VALVERDE, *et al*., 2014).

Figura 8 – Vagem da Moringa Oleifera Lam

Fonte: Autores, 2021.

A aplicação da moringa, como coagulante natural, tem como vantagem uma menor quantidade de lodo gerado em relação ao que é produzido por coagulantes a base de sais de alumínio, além de que é uma tecnologia de baixo custo e admissível do ponto de vista ambiental (LIMA, 2015).

As sementes de moringa (figura 9) possuem quantidades significativas de proteínas solúveis com carga positiva. Quando o pó das sementes é inserido à água turva, as proteínas, que contêm cargas positivas, acabam atraindo as partículas que estão carregadas negativamente, como argila, lodo, bactérias, entre outras partículas tóxicas. O processo de floculação ocorre quando as proteínas se juntam com as cargas negativas, formando flocos. É observado que a presença de uma proteína catiônica desestabiliza as partículas contidas na água através do processo de neutralização e adsorção, floculam os colóides que, em seguida, irão se sedimentar (LIMA, 2015).

Figura 9– Semente da Moringa Oleífera Lam

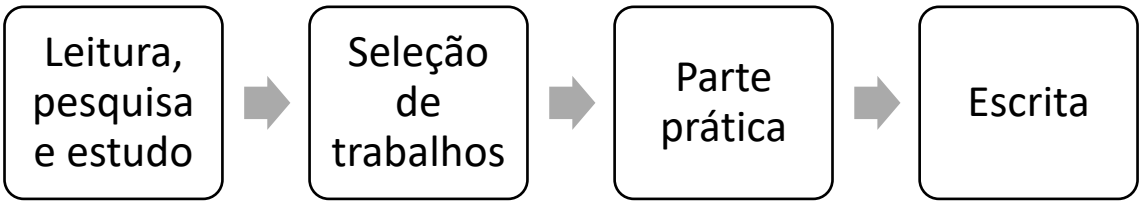
Fonte: Autores, 2021

A extração dos componentes responsáveis pelo processo de coagulação pode acontecer através da produção de soluções aquosas ou por meios salinos (utilizando NaCl ou $CaCl_2$), soluções estas, adicionadas posteriormente na amostra a ser tratada. Porém, esses métodos de extração podem favorecer a presença de componentes orgânicos, como por exemplo, o óleo da moringa, que inviabilizam e/ou diminuem a ação do extrato no tratamento da água (ANDRADE, 2021). Para que isso não ocorra, as soluções podem passar por processos de purificação (ultrafiltração, troca iônica, diálise, entre outras), onde os componentes indesejados serão retirados e não irão interferir na qualidade do tratamento (RIBEIRO, ANDRADE, REIS, 2019).

4 METODOLOGIA

O trabalho em questão contou comum estudos de 63 trabalhos, realizando uma seleção de 47 trabalhos, sendo esses artigos, monografias, teses e dissertações, além de livros e documentos do Ministério da Saúde. Os critérios utilizados na escolha desses trabalhos foram o do ano de publicação, sendo de 2013 a 2021, exceto em alguns caso que o tema é consolidado sendo utilizado de 2011; ser das línguas inglesa, espanhola e portuguesa, ter como tema principal água, tratamento da água, uso da Moringa Oleífera Lam e uso do sulfato de alumínio, sendo excluídos os trabalhos que não estavam dentro dos critérios de inclusão. Após esse levantamento de dados, começou o processo de escrita seguindo as normas da Associação Brasileiras de Normas Técnicas (ABNT).

Fluxograma 1 – Processo de construção do trabalho



Fonte: Autores, 2021

4.1 Materiais

A água utilizada para o processo do tratamento descrito neste trabalho foi coletada em um reservatório de água da chuva , localizado na região do distrito de Jaíba (figura 10), e acondicionada em um recipiente hermeticamente fechado e mantido em temperatura ambiente até o início das análises, tendo como tempo de armazenagem em torno de duas horas.

Figura 10 – Localização do reservatório

Fonte: Google Earth

A Moringa Oleífera Lam foi colhida na região da cidade de Itiúba, após a colheita, foi realizada a separação da semente da vagem. Para obtenção da farinha, a semente passou pelo processo de retirada da casca, secagem a 50ºC durante duas horas e meia utilizando um forno elétrico de modelo Black & Decker FT90 e a moagem de forma manual com auxílio do pistilo e almofariz até obter a granulometria desejada. Já o sulfato de alumínio foi comprado em uma loja de materiais para piscina.

4.2 Processo de tratamento de água utilizando os coagulantes

Devido à falta de padronização para a quantidade de Moringa e concentração, inicialmente foram feitos testes preliminares para definir a concentração de Moringa que seria utilizada no tratamento.

Iniciando a partir da concentração de 1 g/L com a farinha da semente, já pesada, adicionou-se 200mg da farinha aos béqueres (1, 2 e 3) contendo 200mL de água bruta. Para ocorrer a mistura, foi posto no agitador magnético, a uma velocidade de 80 rpm durante 15 minutos, em seguida a mistura passou a ser manual por mais 5 minutos. Após esse tempo, as amostras foram deixadas na bancada, onde ocorreu o processo de sedimentação, esperando por 90 minutos e seguindo para a etapa de filtração sendo realizada com dois tipos filtros diferentes. A amostra 1 foi filtrada com papel de filtro quantitativo, Unifil - faixa azul, com teor de cinzas igual a 0,00012g. A amostra 2 foi filtrada em filtro de pano e a amostra 3 não passou pelo processo de filtração.

Com a concentração de 1,25 g/L foi realizado o mesmo processo, pesando 250 mg da farinha de moringa, adicionando a um béquer com 200mL da água para ser tratada, agitando a 80 rpm durante 15 minutos e misturando a mão por mais 5 minutos, e esperando por 60 minutos, no processo de sedimentação. No processo de filtração, com essa concentração, foi filtrado com três tipos de filtros diferentes, o mesmo papel de filtro quantitativo que foi utilizado na concentração de 1 g/L, papel de filtro qualitativo (de café) e o filtro de pano.

No processo com o sulfato de alumínio foi utilizado um volume maior, de 800 mL, e massa de 0,032 g, foi agitado da mesma maneira que as outras amostras, porém o tempo de sedimentação foi mais rápido do que com a água tratada com coagulante natural, durando 40 minutos, e por fim, foi filtrado com o papel de filtro quantitativo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostra de água, utilizada no processo de tratamento com a Moringa inicialmente apresentava uma coloração bastante amarelada, e era possível observar grande quantidade de material disperso (Figura 11).

Figura 11 - Amostra de água antes do tratamento.

Fonte: Autores, 2021

.

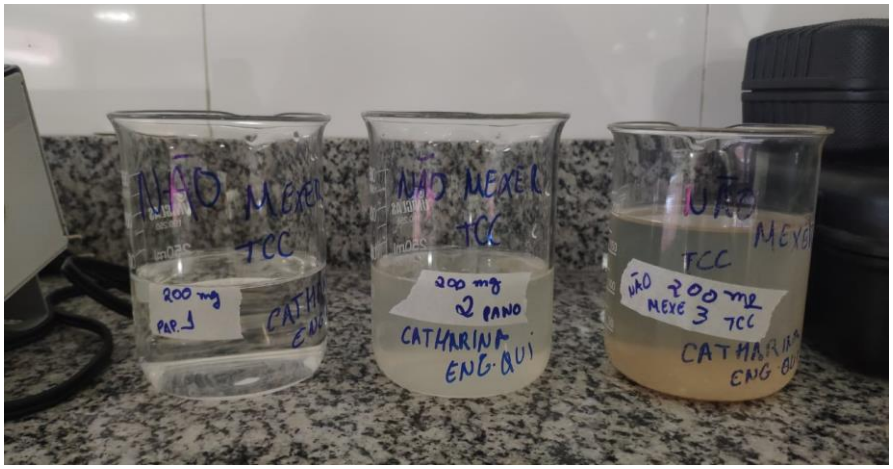
Segundo MAPA (2014), o tempo médio em processos de sedimentação onde se utiliza a Moringa é de 60 minutos, porém, esse tempo é influenciado pela concentração do agente coagulante/floculante, logo, uma concentração menor faz com que aumente esse tempo médio, como o que aconteceu na amostra com concentração de 1,0 g/L, já para Olivio; Esteves; Ferro (2020) o tempo de sedimentação é aproximadamente 2 horas, com isso foi feito um tempo médio resultando em 1 hora e 30 minutos. Na figura 12, é possível visualizar a mudança na cor da água, quando comparada com a água bruta sem tratamento.

Figura 12 - Amostras de água com Moringa Oleífera Lam após o tempo de sedimentação

Fonte: Autores, 2021

O processo de filtração que utilizou o papel filtro quantitativo obteve um resultado mais eficiente (deixando a amostra final com aspecto visual de água totalmente tratada), comparado a filtração onde foi aplicado o filtro de pano (amostra com grande turbidez aparente). Na figura 13, com a concentração de 1 g/L, percebe-se a diferença da turbidez aparente entre as amostras com os diferentes meios de filtração, sendo amostra 1 com o papel de filtro; a amostra 2, com o filtro de pano; e a amostra 3 não foi realizado o processo de filtração.

Figura 13 - Amostra de água com Moringa Oleífera Lam (concentração de 1 g/L) após a filtração com papel de filtro quantitativo (1), filtro de pano (2) e amostra sem filtrar (3)



Fonte: Autores, 2021

Os resultados obtidos com o papel de filtro quantitativo e o filtro de pano, de forma visual, foram semelhantes aos resultados das amostras com 1 g/L, porém a água do papel de filtro quantitativo ficou mais turva em relação a mesma amostra com a concentração de 1 g/L. Já com o papel de filtro qualitativo (de café), apenas com um papel, o resultado não foi satisfatório (figura 14).

Figura 14 - Amostras de água com Moringa Oleífera Lam em concentração de 1,25 g/L, após filtração em papel filtro quantitativo, filtro de pano e um papel de filtro qualitativo (de café), respectivamente.

Fonte: Autores, 2021

Percebeu-se a necessidade de passar a amostra filtrada, em dois papéis de filtro, (figura 15), ainda não satisfeito com o resultado, acrescentou mais um papel de filtro qualitativo (figura 16), e por fim foi acrescentado mais um, sendo o total de 4 papéis de filtro de café, obtendo um resultado satisfatório (figura 17).

Figura 15 - Amostras de água com Moringa Oleífera Lam em concentração de 1,25 g/L, após filtração em papel filtro quantitativo, filtro de pano e dois papéis de filtro qualitativo (de café), respectivamente.

Fonte: Autores, 2021

Figura 16 - Amostras de água com Moringa Oleífera Lam em concentração de 1,25 g/L, após filtração em papel filtro quantitativo, filtro de pano e três papéis de filtro qualitativo (de café), respectivamente.

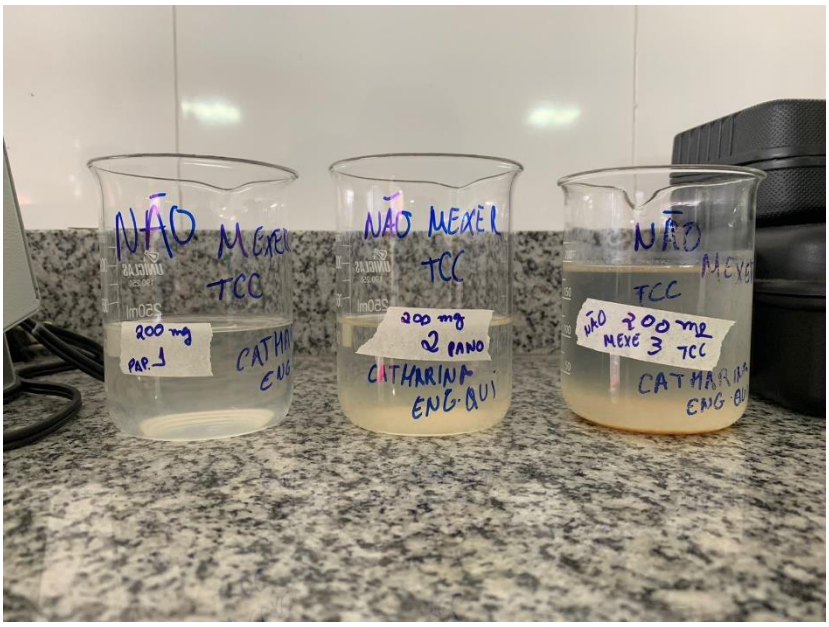
Fonte: Autores, 2021

Figura 17 - Amostras de água com Moringa Oleífera Lam em concentração de 1,25 g/L, após filtração em papel filtro quantitativo, filtro de pano e quatro papéis de filtro qualitativo (de café), respectivamente.

Fonte: Autores, 2021

Foi observado que, passados 3 dias, a amostra do béquer 1 de água tratada com a concentração de 1 g/L apresentou um aumento na turbidez aparente, enquanto o béquer 2, que foi filtrado com filtro de pano, houve uma sedimentação e o béquer 3 teve um tempo de sedimentação maior, já que não foi filtrado (figura 18).

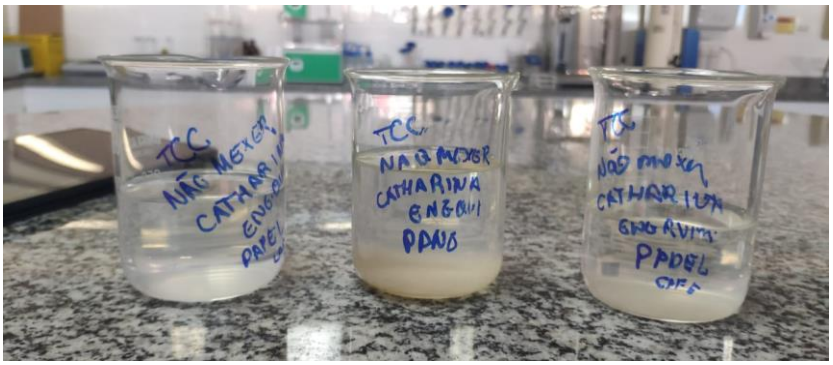
Figura 18 - Amostra de água com Moringa Oleífera Lam em concentração de 1 g/L, após 3 dias.



Fonte: Autores, 2021

Da mesma maneira que ocorreu com a concentração de 1g/L, as amostras com 1,25 g/L, após o período de dois dias, houve um aumento da turbidez aparente nas amostras filtradas com o papel de filtro quantitativo e qualitativo (de café), e houve a sedimentação na amostra que foi filtrada com o filtro de pano (figura 19).

Figura 19 - Amostra de água com Moringa Oleífera Lam em concentração de 1,25 g/L, após 2 dias.

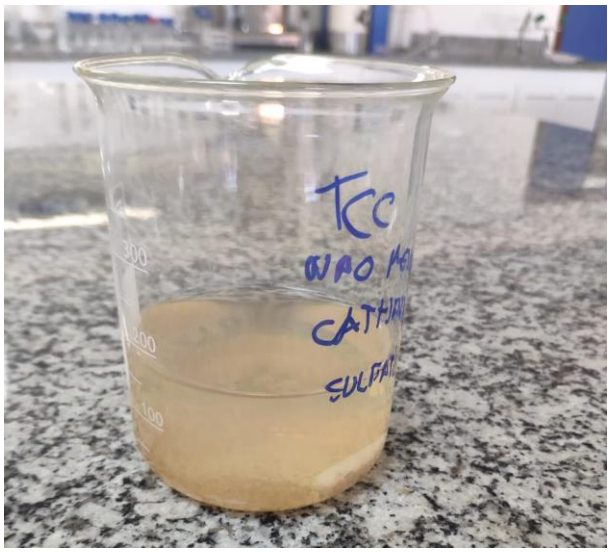


Fonte: Autores, 2021

Na etapa do trabalho em que foi utilizado o sulfato de alumínio, no primeiro momento, foi utilizado uma massa de 0,008 g, para um volume de 200 mL, sendo

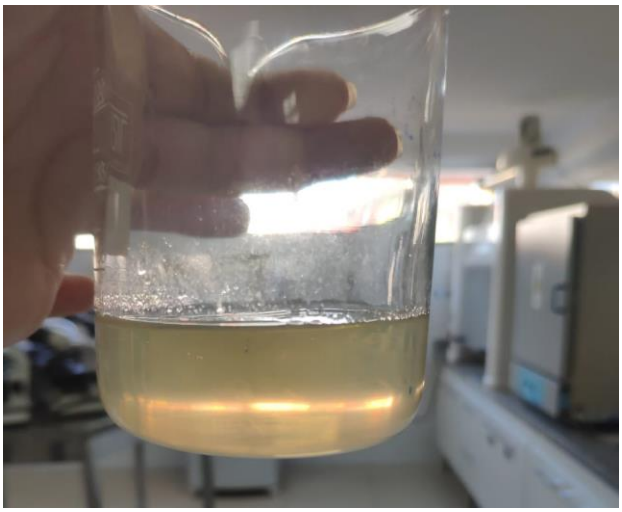
realizado o mesmo processo de agitação e sedimentação, porém foi observado que após o período duas horas de repouso, não tinha ocorrido a sedimentação como o esperado e deixou para ser filtrado no dia seguinte. Após as 24 horas, foi observado a presença de um corpo de fundo (figura 20), a água passou pelo processo de filtração, utilizando o mesmo papel de filtro quantitativo, contudo a água continuou turva (figura 21).

Figura 20 - Amostra de água com sulfato de alumínio após o período de 24 horas



Fonte: Autores, 2021

Figura 21 - Amostra de água com sulfato de alumínio após o processo de filtração com o papel de filtro quantitativo



Fonte: Autores, 2021

O processo foi refeito utilizando um volume maior, 800 mL, e a massa de 0,032g. Após o processo de mistura, sedimentação e filtração, obtivemos o resultado apresentado na figura 22.

Figura 22 - Amostra de água com sulfato de alumínio, utilizando 0,032 g, após o processo de filtração com o papel de filtro quantitativo

Fonte: Autores, 2021

Essa última amostra, junto com a do coagulante natural, foi levada para análise no laboratório qualificado. Para realizar as análises de potabilidade da água, foi feita uma amostra com o volume de 600mL, com concentração de 1 g/L, já que de forma visual presentou umas melhor turbidez e coloração, e esperando em torno de duas horas e vinte minutos, filtrando no papel de filtro quantitativo. Essa amostra final foi levada para um laboratório qualificado para as análises da qualidade da água em recipientes fornecidos pelo laboratório, contendo tiossulfato ($Na_2S_2O_3$) a uma concentração de 3%.

As amostras da água bruta, água tratada com coagulante natural e a água tratada com coagulante sintético foram levadas ao laboratório Deltalab, na cidade de Feira de Santana, para realizar as seguintes análises: alcalinidade total; dureza total; turbidez; cloreto; alumínio total; cloro residual livre; sólidos totais dissolvidos (TDS); coliformes totais e Escherichia coli. A empresa enviou os laudos com os resultados dessas análises.

Tabela 1 - Parâmetros físicos, químicos e biológicos de amostra de água sem tratamento, tratada com pó de Moringa Oleífera Lam e com coagulante sintético.

ANÁLISE	AMOSTRA 1*	AMOSTRA 2*	AMOSTRA 3*	VMP[1]
Alcalinidade total	30	35	15	-
Dureza total	25	25	15	Máx. 300 mg/L
Turbidez	175	5,57	0,40	Máx. 5,0 UT
Cloreto	26,63	17,75	26,63	Máx. 250 mg/L
Alumínio total	< 0,10	< 0,10	< 0,10	Máx. 0,2 mg/L
Cloro residual livre	-	< 0,10	-	0,20 a 2,00 mg/L
Sólidos totais dissolvidos (TDS)	89,94	105,66	112,50	Máx. 500 mg/L
Coliformes totais	PRESENTE	PRESENTE	PRESENTE	AUSENTE
Escherichia coli	PRESENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE

Fonte: Adaptado, autores. 2021

[1] VMP - valor máximo permitido

* Amostra 1 - água sem tratamento; Amostra 2 - água tratada com pó de Moringa Oleífera Lam; Amostra 3 - água tratada com coagulante sintético.

Quando o sulfato de alumínio é adicionado à água, ocorrem reações de hidrólises que antecedem a formação do precipitado. Essas reações liberam prótons (H_3O^+) que consomem substâncias como ($CaCO_3$) que confere a alcalinidade natural da água. A ausência de substâncias tamponantes como o carbonato de cálcio, deixa o meio suscetível a quedas com grande amplitude de pH como observado nos resultados obtidos, no tratamento da água com o sulfato de alumínio (amostra 3), onde ocorreu uma redução de 50% na alcalinidade e 40% na dureza total, visto que houve uma redução na dureza temporária devido a queda do percentual do $CaCO_3$.

De acordo Costa *et al.* (2013) a Moringa apresenta características adsorventes, logo quando adicionada à água bruta, ocorreu o processo de adsorção dos íons cloretos presentes no meio aquosos, ocasionando uma redução de 33,3%.

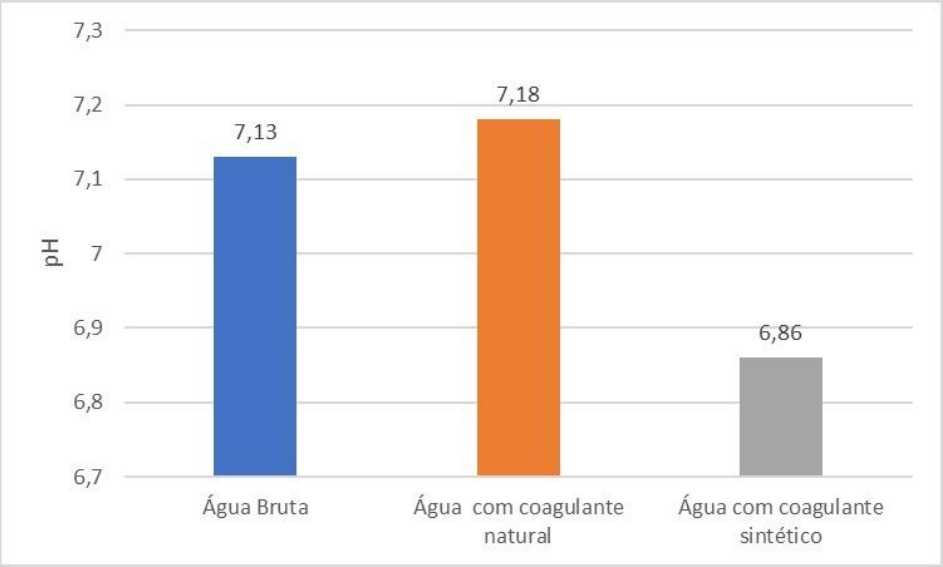
Embora parâmetros como turbidez e sólidos totais estejam associados, eles não são equivalentes. Os sólidos totais dissolvidos são constituídos por partículas com

diâmetro menor que 10^{-3} µm e permanecem presentes após o processo de filtração. Como observado na tabela, ao adicionar os coagulantes, os sólidos totais dissolvidos foram maiores já que foram adicionados sólidos a amostra.

Durante a execução dos testes quando as amostras já filtradas ficavam em repouso ocorria o aumento da turbidez, devido a variação da temperatura, o que levou ao processo de coagulação das partículas em suspensão alterando o resultado final.

As amostras foram submetidas a algumas análises, entre elas a do pH. Observou-se que a diferença do valor do pH entre a água bruta e a água com o coagulante natural não foi alta, sendo que a água bruta apresentou um valor de 7,13, enquanto a água com o coagulante natural o pH foi de 7,18. Já o valor da água tratada com o coagulante sintético foi de 6,86 (gráfico 1), possuindo uma redução de 3,8%, já que houve uma diminuição na capacidade de tamponamento da água ocasionada pela adição do sulfato de alumínio. Foi possível observar uma variação maior que o tratamento feito com a Moringa, podendo ser necessário adicionar a etapa de correção de pH após o processo.

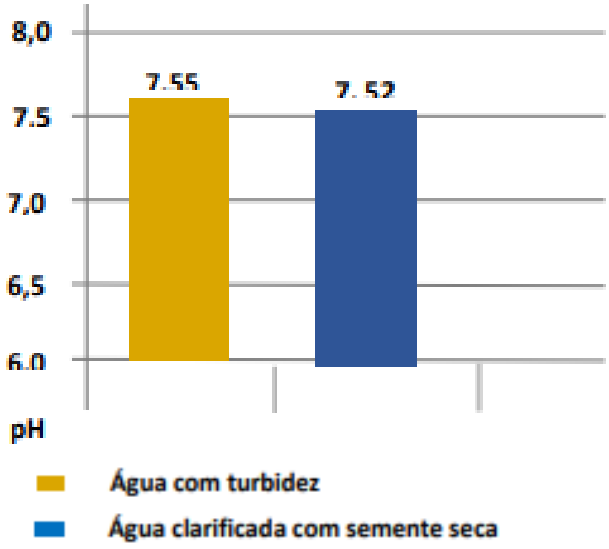
Gráfico 1 – Análise do pH



Fonte: Autores, 2021

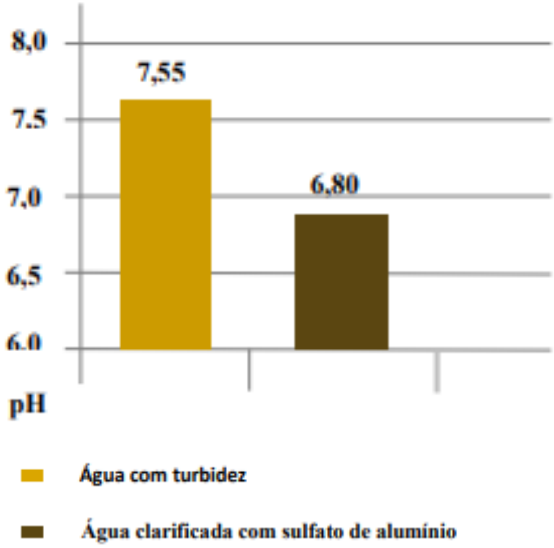
Comparando os resultados de pH obtidos a utilização da moringa não causou alteração no pH (gráfico 2), resultado semelhante ao obtido por Olivio; Esteves; Ferro (2020). Já a amostra tratada com sulfato de alumínio apresentou redução no pH, apesar de permanecer na faixa aceita (gráfico 3).

Gráfico 2 – Análise do pH da água bruta e água clarificada com semente de moringa



Fonte: adaptado de Olivio; Esteves; Ferro (2020)

Gráfico 3 – Análise do pH da água bruta e água clarificada com sulfato de alumínio



Fonte: Adaptado de Olivio; Esteves; Ferro, 2020.

Após a filtração e passados alguns dias, como dito anteriormente, percebeu-se que houve uma mudança em relação a turbidez, o que pode ter ocorrido com a amostra no laboratório, por isso o valor da turbidez excedeu o limite máximo exigido pela portaria Nº 888/2021. Os resultados obtidos por Olivio; Esteves; Ferro (2020) mostraram que o tratamento com a Moringa, tanto com a semente seca, quanto com

a semente verde, o valor da turbidez se encaixa nos parâmetros da portaria nº 888/2021.

6 CONCLUSÃO

Como esperado, o tratamento com a moringa obteve bons resultados nos parâmetros avaliados, não atendendo os padrões de turbidez, do cloro residual livre e coliformes totais, muito provavelmente a qualidade inicial dificultou a absorção dos coliformes no processo de coagulação, já que até mesmo no tratamento com o coagulante sintético não foi possível atingir o resultado esperado.

Para que o cloro residual livre fique dentro dos parâmetros é necessário a adição de cloro durante o decorrer do processo de tratamento de água. Essa adição ocorre na etapa de desinfecção. No caso da turbidez é necessário realizar a medição com as mesmas condições, com relação a pH e a temperatura, para que seja obtido um resultado mais verídico uma vez que o resultado ficou 11,4% acima do valor máximo permitido pela portaria nº 888/2021.

Como trabalho futuro, pode ser feito testes com adição de sulfato de alumínio no processo de tratamento com a Moringa, verificando se existem benefícios, o estudo da ação de adsorção da Moringa com relação a cafeína, hormônios e resíduos de drogas presentes na água e que estão em evidência nos últimos tempos com relação a qualidade de água tratada. Além de verificar o que pode ser feito com a fase sólida obtida durante o processo de filtração (lodo).

REFERÊNCIAS

Ação coagulante. Disponível em: https://www.stoodi.com.br/exercicios/uscs/2017/questao/um-grupo-de-estudantes-realizou-um-experimento-para-simular-o/. Acesso em 07/12/2021 às 21h42.

ANDRADE, J.A; NUNES, M.A. **Acesso à água no Semiárido Brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região**. Revista espinhaço, UFMG-MG. 2014.

ANDRADE, P. V. **Uso da semente de moringa oleifera como coagulante no tratamento terciário de efluente sanitário**. São José dos Campos, 2021.

BAPTISTA, A. T. A.; CARDINES, P. H .F.;BERGAMASCO, R.; GOMES, R. G.; VIEIRA, A. M. S. **Avaliação da dosagem e tempo de sedimentação no tratamento de água superficial de baixa turbidez com coagulante a base de Moringa Oleifera Lam**. In: Congresso Brasileiro De Engenharia Química. Florianópolis: Blucher, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria n.º 888, de 04 de maio de 2021**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: < http://www.gov.br>. Acesso em: novembro 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014.

CANGELA, G. L. C. **Tratamento de água para consumo humano em comunidades rurais com utilização de moringa oleífera e desinfecção sola**r. Porto Alegre, 153, 2014.

CHOQUE, M. R. G.; MAMANI, M. Y. C.; RIVERA, J. E. V. **Remoción de dureza del agua mediante resinas catiónicas para el uso industrial y consumo humano. Una revisión.** Juliaca, 2020.

COSTA, E. C.; BARBOSA, C. A. E. S.; GARCIA, H. L.; GARCIA, C. A. B. **Pó das Sementes de Moringa oleífera como Absorvente de Poluentes Metálicos**. Scientia Plena, [s. l.], v. 9, ed. 10, 2013.

DAVIS, M. T**ratamento de águas para abastecimento e residuárias: princípios e práticas**/Mackenzie Davis. – 1. ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2017

DUARTE NETO, R. J.; MOREIRA, R. F.; SILVA, G. G.; BERNARDO, S.C**. Estimativa da massa seca de lodo e caracterização dos resíduos gerados na estação de tratamento de água (Estudo de caso ETA de Luzimangues)**. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO, Luzimangues, 2019

EUROPEAN ALUMINIUM ASSOCIATION**. Aluminium in Water Treatment**. Belgium. 2011

FERREIRA FILHO, S. T**ratamento de Água – Concepção, Projeto e Operação de Estações de Tratamento**. 3ª. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2017.

Filtração simples. Disponível em: https://www.infoescola.com/quimica/filtros/. Acesso em 07/12/2021 às 20h03.

FRANCO, C.S. et al**. Coagulation with moringa oleífera seed prepared by diferente methods in water turbity of 20 to 100 UNT**. Rio de Janeiro, julho, 2017.

GHERNAOUT, D. **Water treatment coagulation: dares and trend.** 2020

GUALBERTO, A. F. **Características, propriedades e potencialidades da moringa (Moringa oleífera Lam.): Aspectos agroecológicos**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, online, v. 9, n. 5, p. 19-25, 2014.

GUAMÁN, M. C. J. **Revisión Bibliográfica de la eficiencia de biocoagulantes respecto a los coagulantes sintéticos empleados en el tratamento de aguas residuales**. Quito, 2020.

GUZMÁN, L.; VILLABONA, A.; TEJADA,C.; GARCÍA, R**. Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión.** Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, p. 253 - 262. 2013

HOWE, K. J.; HAND, D. W.; CRITTENDEN, J. C.; TRUSSELL, R. R.; TCHOBANOGLOUS, G. **Princípios de tratamento de água**. São Paulo: Cengage Learnngr, 2016

IOSHIMURA, R. A**. Estudo da eficiência granulométrica no processo de filtração direta com aplicação de coagulantes no tratamento de água**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

LEMOS, K. S.; AGUIAR FILHO, S. Q.; CAVALLINI, G. S. **Avaliação comparativa entre os coagulantes sulfato de alumínio ferroso e policloreto de alumínio para tratamento de água: estudo de viabilidade econômica.** Revista Desafios, Gurupi, v. 7, n. 1, p. 109-119, mar. 2020

LIMA, N. M. **Aplicação da Moringa oleífera no tratamento de água com turbidez**. Dissertação, pós-graduação, Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2015.

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 Potencialidades**. Revista Virtual de Química, online, v. 10, n. 3, p. 709-735, 2018.

LINO, M. M.; FERREIRA, M. P. A.; DELATORRE, A. B.; BARRETO, M. P.; ALMEIDA, T. F**. Estudo preliminar sobre o uso da semente de Moringa Oleífera como coagulante orgânico.** Gramado, 2020

LUCENA, A. L.M. **Potencialidades da Moringa Oleífera Lam no semiárido nordestino brasileiro: uma revisão**. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2021.

MAIA, A. A.; SILVA, D. A.; LIMA, D. E. S.; LIMA, W. J. F. **Automação para tratamento de água por floculação de flotação**. Belém,2013

MARKOS. **Análise de Águas & Efluentes**. 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. MET POA/SLAV/35/03/01**: Determinação de cloretos em produtos de origem animal por argentometria.** Porto Alegre: MAPA, 2014. 9 p. Disponível em: < http://www.snis.gov.br>. Acesso em: novembro 2021.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2019. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento 2020. Disponível em: < http://www.snis.gov.br>. Acesso em: maio 2021.

MONACO, P. A. V. L. **Efeito da adição de diferentes substâncias químicas no extrato de sementes de moringa utilizado como coagulante no tratamento de esgoto sanitário**. Viçosa, 2013.

MORETI, L.O.R; CAMACHO, F.P; BONGIOVANI, M.C; STROHER, A.P; NISHI, L.; VIEIRA, A.M.S; BERGAMASCO. R. **Emprego das sementes de moringa oleifera lam, como coagulante alternativo ao policloreto de alumínio (PAC), no tratamento de água para fins potáveis.** Belo Horizonte, 2013.

NUNES, R. I.; SOUZA, W. W.; SANTOS, P. R. F.; OLIVEIRA, J. B.; SANTANA, J. M.; MACIEL, O. S.; BEZERRA, D. P**. Análise dos Parâmetros Físicos: Sólidos Totais, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Totais Dissolvidos e Sólidos Suspensos nas Águas do Vale do Açu**. In: ENCONTRO REGIONAL DE QUÍMICA, 5., 2015, Mossoró. Proceeding. Mossoró: Blucher Chemistry, 2015. v. 3, p. 746-754.

OLIVIO, M. L. G., ESTEVES, E. F. J., FERRO, D. A. M**. Sementes De Moringa Oleífera Lam: Eficiência No Uso De Coagulante Biológico No Tratamento De Água Com Turbidez, Comparado Ao Coagulante Químico Sulfato De Alumínio**. Unifunec Científica Multidisciplinar, 2020.

PEREIRA, E. R.; FRANSCISCO, A.; THEODORO, J. D.; FIDELIS,R**. Comparação entre a aplicação do coagulante natural Moringa Oleifera e do coagulante químico sulfato de alumínio no tratamento de água com diferentes níveis de turbidez**. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 3010-3021, 01 jun. 2015.

PINTO, A. J. B.; TORQUATO, E. V.; VIANA, P. S.; GOMIDES, L.F. **Importância do controle microbiológico deesponjasde poliuretano como ferramenta depromoção da saúde individual e coletiva**. Biofar: revista de biologia e farmácia, Ponte Nova, v. 15, n. 3, p. 1-15, set. 2019.

POST, B.G.; ATHERHOLT B.T.; COHN, D.P**. Water Quality & Treatment: A handbook on Drinking Water**. 6ª, New York: McGraw-Hill, 2011: cap. 2.

Processo de sedimentação. Disponível em: https://www.professorinterativo.com.br/aval_on_line/01_TICs/TIC_19/03_separacao_solidos_liquidos.html. Acesso em 07/12/2021 às 19h53.

QUISPE, L. Y; CONDORI, M. F.; CHURA, R. A. C. **Uso de coagulantes naturales como alternativas de reduccíon de la turbidez. Una revisión**. Universidad Peruana Union, Peru, 2020.

RIBEIRO, J. V. M.; ANDRADE, P. V.; REIS, A. G.. **Moringa oleifera seed as a natural coagulant to treat low-turbidity water by in-line filtration**. Revista Ambiente & Água, Taubaté, p. 12-16, set. 2019.

RODRIGUES, P. H. **Comparação do processo de coagulação/floculação utilizando os coagulantes policloreto de alumínio e sulfato de alumínio no tratamento de um efluente têxtil**. Campo Mourão, 2014.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; GOMES, R. A. R.; OKAZAKI, M. M. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. São Paulo: Livraria Varela, 2017

SOARES, B.C.V. BARBOSA, E.; VENDRAMEL, S. MM. R.; SOUZA, S. L. Q. **Estudo do uso de sementes de Moringa Oleifera como agente coagulante no tratamento de efluente de indústria de laticínios**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 59., 2019, João Pessoa, 2019.

SORIANI, M. **Eficiência da Moringa oleífera como coagulante natural em solução salina para água de abastecimento**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2015.

SOUSA, L. C.; VIANA, P. B.; SILVA, D. L. M. **Avaliação de parâmetros de qualidade da água de abastecimento no município de Morada Nova/CE**.In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, Salvador, 2021.

TAHUA, S.; STEVEN, W. **Utilización de la semilla natural moringa oleífera como ayudante de la coagulación en la planta potabilizadora de agua de la ciudad de caraz província de Huaylas Ancash**. Huaraz – Ancash, 2015.

TEIXEIRA, M. R.; CAMACHO, F. P.; SOUSA, V. S.; BERGAMASCO, R. **Green technologies for cyanobacteria and natural organic matter water treatment using natural based products**. Journal of Cleaner Production 2017,162, 484.

UNESP**. DETERMINAÇÃO DE CLORETOS MÉTODO ARGENTOMÉTRICO OU MÉTODO DE MOHR.**

VALVERDE, K.C. **Avaliação do processo de tratamento de água utilizando a associação do coagulante natural Moringa Oleifera Lam e coagulantes químicos**. Maringá, 2014.

WHO/UNICEF JOINT MONITORING PROGRAMME FOR WATER SUPPLY AND SANITATION**. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene** 2000-2017, World Health Organization (WHO) and United Nations Children's Fund (UNICEF), 2019.

ANEXO

DELTALAB
ANÁLISE DE ÁGUA E CONSULTORIA AMBIENTAL

Relatório de Análises 3829/2021.0

Proposta Comercial: PC707/2021.1

Data de Publicação: 25/11/2021 21:25

Identificação Conta	
Cliente: Catharina Araújo de Matos Santos	**CNPJ/CPF:** 036.765.115-73
Endereço: Rua Ouro Verde, 190 - Lagoa Salgada - Feira de Santana - Bahia - Brasil	

Nº Amostra: 3829-1/2021.0 - Água de Açude	
Tipo de Amostra: Água Bruta	
Data Coleta: 18/11/2021 16:00	**Data Recebimento:** 19/11/2021 14:54

Resultados Analíticos

Físico Químico

Análise	Resultado	*CONAMA 396 - Consumo Humano - Anexo I	LQ	Referência	Data Análise
Alcalinidade total	30,00 mg/L	-	2,00	SM 2330 B	19/11/2021
Dureza total	25,00 mg/L	-	2,00	SM 2340 C	19/11/2021
Turbidez	175,00 UT	-	0,30	SM 2130 B	19/11/2021
Cloreto	26,63 mg/L	Máx. 250 mg/L	3,50	SM 4500 B	19/11/2021
Alumínio total	< 0,10 mg/L	Máx. 0,2 mg/L	0,10	SM 3500 B	19/11/2021
Sólidos Totais Dissolvidos	89,9400 mg/L	Máx. 1000 mg/L	1,0000	POP 18 Rev.01	19/11/2021

Microbiológico

Análise	Resultado	*CONAMA 396 - Consumo Humano - Anexo I	LQ	Referência	Data Análise
Coliformes totais	Presente A/P	-	-	SM 9221 D	19/11/2021
Escherichia coli	Presente A/P	Ausente em 100mL	-	SM 9221 F	19/11/2021

Especificações

***CONAMA 396 - Consumo Humano - Anexo I:** Resolução CONAMA Nº 396, de 3 de abril de 2008 - Anexo I

Interpretações

A presente amostra NÃO ATENDE aos padrões estabelecidos pela legislação vigente conforme Resolução CONAMA Nº 396, de 3 de abril de 2008 - Anexo I , para finalidade de Consumo humano, no(s) parâmetro(s) Escherichia coli

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.
LQ: Limite de Quantificação.
SMWW: *Standard Methods* for the Examination of Water and Wastewater, 22nd. Edition.

A/P: Ausente / Presente
mg/L: Miligramas por Litro
UT: Unidade de Turbidez
As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário:(UTC-03:00) Brasilia

Responsáveis Técnicos

Técnico Químico	Dra. Dalila Ferreira
CRQ Nº 074004336	CRBio nº 77.196/08-D

Chave de Validação: 9465114bbe03408c8a8efa0003698078

DELTALAB

ANÁLISE DE ÁGUA E CONSULTORIA AMBIENTAL

Relatório de Análises 3829/2021.0

Proposta Comercial: PC707/2021.1

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylimsweb.com.

DELTALAB
ANÁLISE DE ÁGUA E CONSULTORIA AMBIENTAL

Relatório de Análises 3828/2021.0

Proposta Comercial: PC707/2021.1

Data de Publicação: 25/11/2021 21:25

Identificação Conta	
Cliente: Catharina Araújo de Matos Santos	**CNPJ/CPF:** 036.765.115-73
Endereço: Rua Ouro Verde, 190 - Lagoa Salgada - Feira de Santana - Bahia - Brasil	

Nº Amostra: 3828-1/2021.0 - Água Tratada com Coagulante Natural	
Tipo de Amostra: Água Tratada	
Data Coleta: 18/11/2021 16:00	**Data Recebimento:** 19/11/2021 14:51

Resultados Analíticos

Físico Químico

Análise	Resultado	Portaria GM/MS Nº 888/2021	LQ	Referência	Data Análise
Alcalinidade total	35,00 mg/L	-	2,00	SM 2330 B	19/11/2021
Dureza total	25,00 mg/L	Máx. 300,0 mg/L	2,00	SM 2340 C	19/11/2021
Turbidez	5,57 UT	Máx. 5,0 UT	0,30	SM 2130 B	19/11/2021
Cloreto	17,75 mg/L	Máx. 250,0 mg/L	3,50	SM 4500 B	19/11/2021
Alumínio total	< 0,10 mg/L	Máx. 0,2 mg/L	0,10	SM 3500 B	19/11/2021
Cloro residual livre	< 0,10 mg/L	0,20 a 2,00 mg/L	0,10	SM 4500 G	19/11/2021
Sólidos Totais Dissolvidos	105,6600 mg/L	Máx. 500,00 mg/L	1,0000	POP 18 Rev.01	19/11/2021

Microbiológico

Análise	Resultado	Portaria GM/MS Nº 888/2021	LQ	Referência	Data Análise
Coliformes totais	Presente A/P	Ausente em 100 mL	-	SM 9221 D	19/11/2021
Escherichia coli	Ausente A/P	Ausente em 100 mL	-	SM 9221 F	19/11/2021

Especificações

Portaria GM/MS Nº 888/2021: PORTARIA GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade

Interpretações

A presente amostra NÃO ATENDE aos padrões de Potabilidade estabelecidos pela legislação vigente conforme Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021, no(s) parâmetro(s) *Cloro residual livre, Coliformes totais, Turbidez*

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.
LQ: Limite de Quantificação.
SMWW: *Standard Methods* for the Examination of Water and Wastewater, 22nd. Edition.

A/P: Ausente / Presente
mg/L: Miligramas por Litro
UT: Unidade de Turbidez

Portaria GM/MS Nº 888/2021: Padrão de Turbidez adotado a pós-filtração ou pré-desinfecção será de 0,5 NTU para filtração lenta ou 1,0 NTU para filtração rápida. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário:(UTC-03:00) Brasilia

Responsáveis Técnicos

Técnico Químico	Dra. Dalila Ferreira
CRQ Nº 074004336	CRBio nº 77.196/08-D

DELTALAB

ANÁLISE DE ÁGUA E CONSULTORIA AMBIENTAL

Relatório de Análises 3828/2021.0

Proposta Comercial: PC707/2021.1

Chave de Validação: 5176c8c5b6fa4bd7a97864af643b5084

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylimsweb.com.

DELTALAB
ANÁLISE DE ÁGUA E CONSULTORIA AMBIENTAL

Relatório de Análises 3860/2021.0

Proposta Comercial: PC707/2021.1

Data de Publicação: 30/11/2021 13:37

Identificação Conta	
Cliente: Catharina Araújo de Matos Santos	**CNPJ/CPF:** 036.765.115-73
Endereço: Rua Ouro Verde, 190 - Lagoa Salgada - Feira de Santana - Bahia - Brasil	

Nº Amostra: 3860-1/2021.0 - Água Tratada com Coagulante Sintético	
Tipo de Amostra: Água Tratada	
Data Coleta: 21/11/2021 11:00	**Data Recebimento:** 22/11/2021 10:41

Resultados Analíticos

Físico Químico

Análise	Resultado	Portaria GM/MS Nº 888/2021	LQ	Referência	Data Análise
Alcalinidade total	15,00 mg/L	-	2,00	SM 2330 B	22/11/2021
Dureza total	15,00 mg/L	Máx. 300,0 mg/L	2,00	SM 2340 C	22/11/2021
Turbidez	0,40 UT	Máx. 5,0 UT	0,30	SM 2130 B	22/11/2021
Cloreto	26,63 mg/L	Máx. 250,0 mg/L	3,50	SM 4500 B	22/11/2021
Alumínio total	< 0,10 mg/L	Máx. 0,2 mg/L	0,10	SM 3500 B	22/11/2021
Sólidos Totais Dissolvidos	112,5000 mg/L	Máx. 500,00 mg/L	1,0000	POP 18 Rev.01	22/11/2021

Microbiológico

Análise	Resultado	Portaria GM/MS Nº 888/2021	LQ	Referência	Data Análise
Coliformes totais	Presente A/P	Ausente em 100 mL	-	SM 9221 D	22/11/2021
Escherichia coli	Ausente A/P	Ausente em 100 mL	-	SM 9221 F	22/11/2021

Especificações

Portaria GM/MS Nº 888/2021: PORTARIA GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade

Interpretações

A presente amostra NÃO ATENDE aos padrões de Potabilidade estabelecidos pela legislação vigente conforme Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021, no(s) parâmetro(s) *Coliformes totais*

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.
LQ: Limite de Quantificação.
SMWW: *Standard Methods* for the Examination of Water and Wastewater, 22nd. Edition.

A/P: Ausente / Presente
mg/L: Miligramas por Litro
UT: Unidade de Turbidez

Portaria GM/MS Nº 888/2021: Padrão de Turbidez adotado a pós-filtração ou pré-desinfecção será de 0,5 NTU para filtração lenta ou 1,0 NTU para filtração rápida. As datas e horas apresentadas neste documento estão baseadas no fuso horário:(UTC-03:00) Brasilia

Responsáveis Técnicos

Técnico Químico	Dra. Dalila Ferreira
CRQ Nº 074004336	CRBio nº 77.196/08-D

Chave de Validação: 09dfa67279ab40bf9f7120cb3e979dc0

DELTALAB
ANÁLISE DE ÁGUA E CONSULTORIA AMBIENTAL

Relatório de Análises 3860/2021.0

Proposta Comercial: PC707/2021.1

A validação deste documento pode ser realizada em: portal.mylimsweb.com.