



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**TRATAMENTO DE ÁGUA COM COAGULANTES NATURAIS EM UMA
COMUNIDADE DO ESTADO DO CEARÁ**

DISCENTE: VITÓRIA RÉGIA DO NASCIMENTO LIMA
ORIENTADOR(A): PROF. DRA. ALINE COSTA FERREIRA
COORIENTADOR (A): PROF. DRA. RUBENIA DE OLIVEIRA COSTA

Pombal - PB
2022

VITÓRIA RÉGIA DO NASCIMENTO LIMA

**TRATAMENTO DE ÁGUA COM COAGULANTES NATURAIS EM UMA
COMUNIDADE DO ESTADO DO CEARÁ**

Trabalho de Conclusão do Curso,
apresentado ao Centro de Tecnologia
Agroalimentar da Universidade Federal de
Campina Grande, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador (a): Prof. Dra. Aline Costa Ferreira

Coorientador (a): Prof. Dra. Rubenia de Oliveira Costa

Pombal - PB
2022

L732t Lima, Vitória Régia do Nascimento.
Tratamento de água com coagulantes naturais em uma comunidade do
estado do Ceará. – Pombal, 2022.
53 f. il. color

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e
Tecnologia Agroalimentar, 2022.

“Orientação: Profa. Dra. Aline Costa Ferreira, Profa. Dra. Rubenia de
Oliveira Costa.”.

Referências.

1. Tratamento de água. 2. Coagulante biológico. 3. Adsorção. 4.
Partículas. 5. Biomassa vegetal. 6. Cisterna. 7. Açude. I. Ferreira, Aline
Costa. II. Costa, Rubenia de Oliveira. III. Título.

CDU 628.16(043)

TRATAMENTO DE ÁGUA COM COAGULANTES NATURAIS EM UMA COMUNIDADE DO ESTADO DO CEARÁ

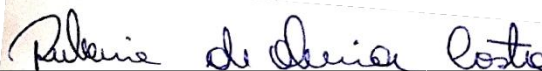
Este trabalho de conclusão de curso foi julgado visando à obtenção do grau de graduado, e aprovado na forma final pela Banca Examinadora designada pela Coordenação da Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande – PB, Campus Pombal/PB.

Aprovada em: 04/07/2022

BANCA EXAMINADORA



Orientadora – Prof^ª Dr^ª Aline Costa Ferreira
(Universidade Federal de Campina Grande – UAGRA/CCTA/UFCG)



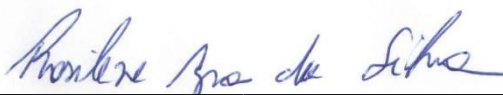
2^ª orientadora – Prof^ª. Dr^ª. Rubenia de Oliveira Costa (Universidade Federal de
Campina Grande – UACC/CCJS/UFCG)



Examinador Externo – Prof. Dr. Patricio Borges Maracaja (Universidade Federal de
Campina Grande PPGGSA/CCTA/UFCG)



Examinadora Externa – Dra. Aline Carla de Medeiros (Universidade Federal de
Campina Grande – PPGGSA/CCTA/UFCG)



Examinadora Interna – Prof^ª. Dr^ª. Rosilene Agra da Silva
(Universidade Federal de Campina Grande – UAGRA/CCTA/UFCG)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre abençoar o meu caminho, e me dar forças para nunca desistir dos meus sonhos.

Agradeço aos meus pais Elismar e Aelson, por todo o apoio e cuidado durante esses anos de curso, minha eterna gratidão.

Agradeço a minha irmã Érica, por toda ajuda e pelo carinho em todas as minhas conquistas. Você sempre será minha inspiração, com toda sua força e determinação para conseguir seus objetivos na vida.

Agradeço ao meu futuro esposo Airton, por todo o apoio, dedicação e por ser a calma que eu precisava nesses últimos meses.

Agradeço aos meus sogros Elismar e Antônio, pelo apoio, carinho e por nunca me deixar desistir dos meus sonhos.

Agradeço a minha orientadora, a professora Aline Costa Ferreira e a minha Coorientadora, a professora Rubenia de Oliveira Costa, por todos os ensinamentos, atenção e cuidado. Acima de tudo, meu muito obrigada por terem cedido a casa de vocês para realização das análises do trabalho naquele momento trágico de pandemia, serei eternamente grata por tudo que fizeram por mim.

Agradeço a Universidade Federal de Campina Grande – Campus Pombal, pela oportunidade de realizar esse sonho nesta instituição, bem como ao setor da assistência estudantil, que foi através dela que consegui entrar na residência feminina, sem essa ajuda, eu não teria condições financeiras de terminar esse curso. Meu muito obrigada.

Agradeço ao Pet Agronomia, por todos os ensinamentos durante os 3 anos que estive no grupo, em especial a Paloma e ao professor Wellington Souto, por sempre cuidarem de mim quando precisei.

Agradeço aos meus colegas de faculdade por toda ajuda e força durante esses anos, em especial, a Micaela, Kalinny, Rayanne, Nadiana e Jean, por sempre estarem do meu lado nos momentos que mais precisei.

A todos, muito obrigada!

RESUMO

Milhões de pessoas em todo o mundo usam água superficial não tratada de lagos, lagoas, rios e córregos. Estas fontes de água podem transmitir doenças, expondo a população a riscos evitáveis. No Brasil, o consumo da água contaminada é um dos principais fatores que causam doenças nas pessoas, principalmente, crianças e idosos. A seca agrava essa situação. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do tratamento de água de cisterna e do açude com os coagulantes biológicos provenientes de palma forrageira (*Opuntia cochenillifera*) e *Moringa oleífera*, em uma comunidade rural no município de Acopiara, no Estado do Ceará. O experimento foi realizado no delineamento inteiramente casualizado – DIC. As amostras de água foram coletadas em uma propriedade rural do município de Acopiara – CE, juntamente com os coagulantes biológicos. Cada coagulante biológico foram preparados e distribuídos nas amostras dos dois tipos de água nas seguintes concentrações: 1,0; 3,0 e 5,0 g, tendo cada tratamento 3 repetições e 1 testemunha. As concentrações dos coagulantes permaneceram nas amostras por 72 horas, em seguida, foram realizadas as análises de turbidez, pH e condutividade elétrica. De forma geral, os testes com os coagulantes biológicos expressaram ótimos resultados, tornando-se uma alternativa viável para os tratamentos dessas águas de péssima qualidade, sendo uma tecnologia de baixo custo e simples implementação.

Palavras-chave: Adsorção, Partículas, Biomassa vegetal, Cisterna e Açude.

ABSTRACT

Millions of people around the world use untreated surface water from lakes, ponds, rivers and streams. These water sources can transmit diseases, exposing the population to avoidable risks. In Brazil, the consumption of contaminated water is one of the main factors that cause diseases in people, especially children and the elderly. Drought exacerbates this situation. The objective of this work was to evaluate the efficiency of the treatment of cistern and weir water with biological coagulants from forage cactus (*Opuntia cochenillifera*) and *Moringa oleífera*, in a rural community in the municipality of Acopiara, in the State of Ceará. The experiment was carried out in a completely randomized design – DIC. The water samples were collected on a rural property in the municipality of Acopiara - CE, along with the biological coagulants. Each biological coagulant was prepared and distributed in the samples of the two types of water in the following concentrations: 1.0; 3.0 and 5.0 g, each treatment having 3 replicates and 1 control. The concentrations of the coagulants remained in the samples for 72 hours, after which turbidity, pH and electrical conductivity analyzes were performed. In general, tests with biological coagulants showed excellent results, making it a viable alternative for the treatment of these poor quality waters, being a low-cost technology and simple to implement.

Keywords: Adsorption, Particles, Plant Biomass, Cistern and Weir.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Métodos de medição da turbidez.....	21
Tabela 2 – Parâmetros da água armazenada na cisterna.....	26
Tabela 3 – Parâmetros da água de açude.....	26
Tabela 4 – Valores obtidos da água bruta.....	29
Tabela 5 – Análise do pH da água de cisterna para tratamento com palma expressada pela média, P-valor do teste de Kruskal-Wallis e a comparação de médias do teste de Wilcox.....	29
Tabela 6 – Análise da Turbidez para tratamento com palma expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.....	30
Tabela 7 – Análise da Condutividade Elétrica para tratamento com palma expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.....	32
Tabela 8 – Análise do pH para tratamento com palma expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.....	33
Tabela 9 – Análise do Turbidez para tratamento com palma expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.....	34
Tabela 10 – Análise da Condutividade Elétrica para tratamento com palma expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.....	35
Tabela 11 – Análise do pH para tratamento com palma expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.....	37
Tabela 12 – Análise da Turbidez para tratamento com moringa expressada pela média, P-valor do teste de Kruskal-Wallis e a comparação de médias do teste de Wilcox.....	38

Tabela 13 – Análise da condutividade elétrica para tratamento com moringa expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.....	39
Tabela 14 – Análise do pH para tratamento com moringa expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.....	40
Tabela 15 – Análise do Turbidez para tratamento com moringa expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.....	41
Tabela 16 – Análise da Condutividade Elétrica para tratamento com moringa expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cisterna de placa para armazenamento de água das chuvas.....	25
Figura 2 – Pequeno reservatório de água (açude).....	26
Figura 3 – Palma forrageira (A); Pesagem da biomassa vegetal (B).....	27
Figura 4 – Vagem da Moringa oleífera (A); Sementes da Moringa com cascas (B); Sementes da Moringa sem cascas (C); Farinha da Moringa (D).....	28
Figura 5 – Gráfico de linhas do pH da água proveniente de cisterna com a aplicação do tratamento com Palma.....	29
Figura 6 – Gráfico de linhas da Turbidez da água cinza proveniente de cisterna com a aplicação do tratamento com Palma.....	31
Figura 7 – Gráfico de linhas da Condutividade Elétrica da água cinza proveniente de cisterna com a aplicação do tratamento com Palma.....	31
Figura 8 – Gráfico de linhas do pH da água cinza proveniente de açude com a aplicação do tratamento com Palma.....	33
Figura 9 – Gráfico de linhas do Turbidez da água cinza proveniente de açude com a aplicação do tratamento com Palma.....	34
Figura 10 – Gráfico de linhas da Condutividade Elétrica da água cinza proveniente de açude com a aplicação do tratamento com Palma.....	36
Figura 11 – Gráfico de linhas do pH da água cinza proveniente de cisterna com a aplicação do tratamento com Moringa.....	37
Figura 12 – Gráfico de linhas da Turbidez da água cinza proveniente de cisterna com a aplicação do tratamento com Moringa.....	38

Figura 13 – Gráfico de linhas da condutividade elétrica da água cinza proveniente de cisterna com a aplicação do tratamento com Moringa.....	39
Figura 14 – Gráfico de linhas do pH da água cinza proveniente de açude com a aplicação do tratamento com Moringa.....	40
Figura 15 – Gráfico de linhas da Turbidez da água cinza proveniente de açude com a aplicação do tratamento com Moringa.....	41
Figura 16 – Gráfico de linhas da Condutividade Elétrica da água cinza proveniente de açude com a aplicação do tratamento com Moringa.....	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.2 OBJETIVOS.....	12
1.2.1 Geral.....	12
1.2.2 Específicos.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 TRATAMENTO DE ÁGUA.....	13
2.1.2 Coagulação.....	14
2.1.3 Floculação.....	16
2.2 COAGULANTE DE ORIGEM BIOLÓGICA – PALMA.....	17
2.3 COAGULANTE DE ORIGEM BIOLÓGICA – <i>MORINGA OLEÍFERA</i>	19
2.4 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA.....	20
2.4.1 Turbidez.....	20
2.4.2 Potencial hidrogeniônico (pH).....	22
2.4.3 Condutividade elétrica – CE.....	23
3. METODOLOGIA	23
3.1 LOCAL DE COLETA DA ÁGUA.....	24
3.2 TRATAMENTO DA ÁGUA.....	24
3.3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	27
3.3.1 Preparo do coagulante biológico Palma.....	27
3.3.2 Preparo da farinha da <i>Moringa oleífera</i>	28
3.4 VARIÁVEIS ANALISADAS.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
4.1 ANÁLISE DO TRATAMENTO COM PALMA NA ÁGUA DE CISTERNA.....	29
4.2 ANÁLISE DO TRATAMENTO COM PALMA NA ÁGUA DE AÇUDE.....	33
4.3 ANÁLISE DO TRATAMENTO COM MORINGA NA ÁGUA DE CISTERNA.....	36
4.4 ANÁLISE DO TRATAMENTO COM MORINGA NA ÁGUA DE AÇUDE.....	40
5. CONCLUSÃO	43
6. REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural e de grande importância para todas as atividades do homem (JAYALAKSHMI et al., 2017). Para ser utilizada no consumo humano, ela precisa ser de qualidade, ou seja, pura e saudável, sem substâncias químicas, materiais suspensos, cor, gosto, odor e microrganismos nocivos à saúde (OLIVIO et al., 2020).

O Brasil possui as maiores reservas de água doce, porém, muitas pessoas ainda não tem acesso a água potável, principalmente, o estado do Nordeste que tem os períodos de estiagem mais prolongados, fazendo com que a população mais carente sofra os prejuízos, como as que moram em zonas rurais, onde o acesso ao saneamento básico torna-se quase que impossível (RUTKOVSKI, 2019).

E essas pessoas que moram em comunidades rurais acabam consumindo essas águas de reservatórios (como barreiros, rios, poços, etc.) construídos por elas mesmas, sem ter passado por nenhum tratamento adequado de água, o que acaba proporcionando surtos de doenças como diarreia e febre (MEGERSA et al., 2016).

Com isso, diversos profissionais vêm trabalhando em outras alternativas para tratar essas águas disponíveis para essa população mais carente, levando em consideração dois critérios muito importantes como tecnologias de simples implementação e de baixo custo, onde destacam-se o uso de coagulantes naturais no tratamento e purificação de águas (ARANTES et al., 2015).

A utilização de coagulantes naturais para o tratamento de águas em comunidades rurais, vem ganhando espaço por ser uma forma ecológica, uma vez que, não tem a contaminação do meio ambiente, além de apresentar menor toxicidade, menor produção de lodo residual e, principalmente, um menor custo de implementação, pois muitas vezes, os materiais para realizar essa técnica estão presentes nas próprias comunidades (OLIVEIRA et al., 2018). Dentro os coagulantes naturais existentes, destacam-se o uso da Palma (*Opuntia cochenillifera*) e a extração das sementes de *Moringa oleífera* (JACOB, 2018).

A palma forrageira (*Opuntia cochenillifera*) é um cacto que apresenta boa adaptação as regiões áridas e semiáridas, pois são plantas que toleram grandes períodos de estiagem (SILVA et al., 2015). Esse cacto é muito cultivado no nordeste brasileiro para alimentação animal, humana, na decoração de ambientes e extração de corantes, tem uma forma xeromorfa e caule cilindro cheio de ramos que são mais conhecidos como

raquetes, sendo a mucilagem extraídas das raquetes a parte da palma utilizada para o tratamento de água (VERBEL, et al, 2014).

A *Moringa oleífera* é uma planta cosmopolita, ou seja, está presente em todo local do mundo, pertencente a família *Moringaceae*, apresentando um rápido crescimento e que se adaptou em vários continentes, sendo amplamente cultivada na Ásia, África e Américas (MATIC et al., 2018). A extração das sementes tem demonstrado propriedades coagulantes que tem a capacidade de reduzir a turbidez, alcalinidade, sólidos dissolvidos totais e dureza (PINTO; OLIVEIRA, 2020).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Avaliar a eficiência do tratamento de água de cisterna e do açude com os coagulantes biológicos provenientes de palma forrageira (*Opuntia cochenillifera*) e *Moringa Oleífera*, em uma comunidade rural no município de Acopiara, no Estado do Ceará.

1.2.2 Específicos

- Avaliar os parâmetros físico-químicos da água bruta da cisterna e do açude;
- Avaliar os parâmetros físico-químicos das águas após os tratamentos com os coagulantes biológicos proveniente da palma forrageira e da *Moringa oleífera*;
- Identificar a concentração de palma forrageira e *Moringa oleífera* que apresentam melhor resultado no tratamento das águas estudadas nesta pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TRATAMENTO DE ÁGUA

A disponibilidade de água em quantidade e qualidade ainda é um problema presente na vida das pessoas (FERREIRA et al., 2020). Para que a água seja destinada para o consumo humano, ela necessita está nas normas de qualidade para as águas de abastecimento que são chamadas de Padrões de Potabilidade (RICHTER; NETTO, 2007).

O padrão de potabilidade no Brasil é estabelecido na Portaria GM/MS nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, que emprega “os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade”, determinando as competências e as responsabilidades atribuídas às autoridades de saúde pública e aos órgão responsáveis pelo abastecimento de água para o consumo humano (BRASIL, 2011).

Para o consumo da população, as águas podem ser de origem subterrânea como os aquíferos, sendo estas destinadas geralmente para o setor industrial e a sua disponibilidade e qualidade depende dos fatores geológicos e, também podem ser de origem superficial como rios e lagos, sendo estas mais desejáveis, pois possuem características favoráveis ao tratamento de água para uso na alimentação, tem uma maior longevidade e sua captação é fácil de ser efetuada (RIBEIRO, 2010).

Essas águas são tratadas, em geral, numa Estação de Tratamento de Água (ETA), onde passam por processos físicos, químicos e biológicos (COELHO et al., 2015). Esses procedimentos tem a finalidade de reduzir ou retirar todas as partículas e substâncias presentes na água bruta, até chegar nos padrões estabelecidos pelos órgãos responsáveis (DUARTE, 2011).

Em uma estação de tratamento de água – ETA, é essencial que nas etapas de projeto e operação a água bruta captada seja disponível em quantidade e qualidade para a

população, mas para que a água seja distribuída igualmente para todos, deve ser definido os fatores de: números de pessoas a serem beneficiadas, a taxa de crescimento que a cidade irá sofrer durante o tempo de vida da ETA, os gastos associados, o tipo de processos necessários para o tratamento de água e os impactos ambientais que aconteceram no momento da instalação (RIBEIRO, 2010).

No Brasil, a maioria das ETAs são do tipo convencional, as águas brutas apresentam altos graus de turbidez e cor, com presença de matérias coloidais, fazendo com que as etapas no processo de tratamento de água ocorra da seguinte forma: coagulação (mistura rápida), floculação (mistura lenta), decantação e filtração para a clarificação da água, seguida da correção do pH, desinfecção e fluoretação (DI BERNARDO et al., 2012).

Mesmo com todos esses avanços no tratamento de água, ainda tem muitas pessoas que não tem acesso a água potável em suas casas, principalmente, as que moram em zonas rurais onde o saneamento básico não existe (SILVA, 2014). A Organização Mundial de Saúde constatou que cerca de 159 milhões de pessoas do mundo que vivem em zonas rurais, ainda consomem água de fontes superficiais e de poços rasos não seguros (WHO/UNICEF, 2015; WHO/UNICEF, 2017).

O consumo de água contaminada é responsável por gerar uma série de doenças com sintomas de diarreias e vômitos, sendo que em alguns casos mais graves pode levar a morte dessa pessoa, principalmente, em idosos e crianças (PLUTZER; KARANIS, 2016).

Devido a isso, a população que mora na zona rural vem utilizando coagulantes naturais para o tratamento de águas, onde tem demonstrados bons resultados para a remoção da turbidez, cor e outros parâmetros físico-químicos, tais como o uso de sementes de moringa oleífera, sementes de nirmali, extratos de cactáceos, taninos e quitosanas alguns dos principais focos de estudo (THEODORO et al., 2013).

2.1.1 Coagulação

O processo de coagulação consiste na adição de um coagulante na água com o objetivo de desestabilizar as partículas coloidais suspensas no meio (DI BERNARDO; DANTAS, 2005). Essa desestabilização acontece por meio da reação de hidrólise, a partir do momento que se adiciona o coagulante na água, e também devido a adsorção dessas espécies hidrolisadas à superfície das partículas coloidais (BARTIKO; DE JULIO, 2015).

O processo de coagulação é dividido em quatro mecanismos que podem ter atuação individual ou de maneira conjunta, que por sua vez depende da dosagem do coagulante e das condições físico-químicas da água, como a compressão da dupla camada elétrica, adsorção e neutralização de cargas, varredura e, adsorção e formação de pontes (KAMIWADA et al., 2020).

A fase da coagulação no tratamento de água tem a influência de algumas características presentes na água, dentre elas destacam-se: alcalinidade, concentração de sólidos totais dissolvidos, pH, cor verdadeira, turbidez, temperatura, mobilidade eletroforética, força iônica, tamanho e distribuição das partículas em estado coloidal e em suspensão (DI BERNARDO; DANTAS, 2005). Na etapa de coagulação podem ser utilizados tanto coagulantes naturais como os coagulantes à base de produtos químicos (CHOY et al., 2014).

Os principais coagulantes químicos utilizados nas ETAs são os sais inorgânicos, tais como o sulfato de alumínio, cloreto férrico, sulfato ferroso e policloreto de alumínio, sendo o sulfato de alumínio o produto mais empregado, pois ele provoca a desestabilização das partículas coloidais em solução e em suspensão da água bruta, formando flocos que são sedimentados e filtrados para clarificação, proporcionando assim uma boa resposta, fácil manejo e transporte, além de ter um baixo custo (SIQUEIRA et al., 2018).

Entretanto, o uso desses produtos químicos traz alguns problemas ao meio ambiente, como os resíduos produzidos nos processos de coagulação e floculação, onde eles são ricos em hidróxidos metálicos não biodegradáveis, levando anos e anos para se decompor no ambiente, além do lodo que é obtido nesse processo, que precisa ser tratado e descarregado de forma correta, pois diversos componentes orgânicos e inorgânicos estão presentes nele (OLADOJA et al., 2017).

Com o uso de coagulantes químicos nas ETAs, os coagulantes naturais ficaram mais esquecidos, sendo utilizados apenas em países pouco desenvolvidos ou em sua grande maioria nas comunidades rurais, fazendo com que essa tecnologia ganhasse cada vez mais espaço no processo de purificação da água bruta, pois trata-se de um método relativamente econômico, simples de realização e não causa problemas no meio ambiente (YIN, 2010).

Os coagulantes naturais podem ser de origem vegetal ou animal e consiste na aplicação de substâncias solúveis em água, operando de maneira semelhante aos coagulantes químicos no processo de clarificação da água bruta, sendo que algumas

dessas plantas utilizadas no tratamento tem propriedades antimicrobianas agindo como um floculante de microrganismos em suspensão, além da remoção de metais pesados (CONTRERAS LOZANO et al., 2015).

Os coagulantes naturais são em sua grande maioria polissacarídeos ou proteínas, tendo como ação a atuação em sistemas de partículas coloidais, neutralizando cargas e desenvolvendo pontes entre essas partículas, sendo esse processo responsável pela criação de flocos (LIMA et al., 2020).

As principais vantagens dos coagulantes naturais em relação aos químicos ou sintéticos, é a grande diversidade de matéria-prima na natureza, muitas vezes sendo renovável, redução de até cinco vezes do volume de lodo gerado durante o processo que nesse caso é biodegradável e apresenta valor nutricional, tem uma menor corrosividade sobre o sistema de distribuição e não apresenta riscos à saúde humana e animal (LIMA JÚNIOR; ABREU, 2018).

2.1.2 Floculação

A floculação é um processo físico-químico que é bastante empregado no tratamento de água e também vem sendo utilizado em indústrias, pois trata-se de um procedimento muito eficaz no que diz respeito a remoção de sólidos em suspensão, fósforo, redução da demanda química de oxigênio (DQO) e da cor (SILVA et al., 2019).

O processo de floculação ocorre logo após o de coagulação, onde acontece a agregação das partículas já neutralizadas (BHUNIA et al., 2012). Nessa fase do tratamento de água, as partículas são mantidas em suspensão por meio de uma agitação imposta ao sistema, sendo que a velocidade dessa agitação vai depender da metodologia aplicada, assim os coloides presentes em suspensão são separados através da formação de flocos (FERNANDES et al., 2020).

Basicamente, a etapa de floculação tem como objetivo alterar a distribuição de tamanho de partículas neutralizadas, aumentando a fração de partículas de maior tamanho, através da dissipação de energia na massa líquida em condições controladas, sendo que esse aumento vai auxiliar na redução do material particulado em unidades de separação subsequentes (MORUZZI; OLIVEIRA, 2020).

No tratamento de água, esse processo pode acontecer sem o uso de um floculante ou pela ação de três tipos de floculantes: os orgânicos sintéticos, os inorgânicos ou os biofloculantes, sendo que procedimento faz com que as partículas se organizem em

flóculos, podendo ser retirados logo depois por meio da etapa de filtração ou decantação (LV et al., 2019).

O processo de floculação pode ser dividido em duas fases: a primeira é a floculação pericinetica (microfloculação) que acontece assim que termina a coagulação e está relacionada ao movimento de Browniano das partículas, a segunda fase é a floculação ortocinetica (macrofloculação), essa por sua vez, está relacionada com a interação das partículas formadas no momento da floculação pericinetica, em função do gradiente de velocidade aplicados ao sistema (TEH et al., 2016).

Devido a eficácia dos resultados obtidos com o processo de floculação, ele se torna cada vez mais essencial nas estações de tratamento e purificação de água, além de que, apresenta diversas vantagens, como ter um baixo custo de implementação, alta eficiência e execução simples quando comparado com outras tecnologias (MA et al., 2017).

2.2 COAGULANTE DE ORIGEM BIOLÓGICA – PALMA FORRAGEIRA

A palma é uma cactácea que se originou no México, tendo como mais importantes o gênero *Opuntia* por apresentar um grande número de espécies presentes em seu território (NEVES et al., 2020). A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* L.) foi trazida para o Brasil pelos portugueses na época de colonização do México com o intuito de hospedar a cochonilha do carmin (*Dactylopius coccus*), só que não teve sucesso (SANTOS et al., 2006).

Com o passar o tempo, a planta ganhou grande relevância no Brasil e no mundo no uso para a alimentação humana e animal, por conseguir se adaptar e desenvolver em regiões áridas e semiáridas com condições que para muitas espécies são desfavoráveis, isso se deve as suas características de resistência à falta de água, rusticidade e elevada produtividade (NEVES et al., 2020).

O cultivo de palma no mundo tem muitas finalidades, dentre elas destaca-se a extração da mucilagem que ocorre no cladódio mais conhecido como as raquetes da palma, sendo essa mucilagem utilizada como fibra alimentar, na fabricação de remédios, aditivo para argamassa de cal, agentes emulsionantes e, principalmente, como um coagulante natural agindo na fase de floculação de um tratamento de água (PICHLER et al., 2012).

No tratamento de água, a palma pode ser usada na forma de mucilagem, pó de cladódios secos ou em porções e em sucos de cladódios frescos, agindo na coagulação, floculação e sedimentação. A eficácia na utilização da palma vai depender de dois fatores

da desestabilização coloidal e da formação de aglomerados maiores, que em seguida serão separados da fração líquida (RACHDI et al., 2017).

A verificação da mucilagem contida no cacto e em algumas espécies de palma é responsável por apenas 50% de sua eficácia como coagulante por conta da presença do composto ácido galacturônico (ZIMMEMAN et al., 2008), sendo esta portanto, o único componente envolvido na coagulação, tendo em vista que, ao utilizar raquetes inteiras do cacto *Opuntia*, foi observado uma redução significativa na turbidez o mesmo pode acontecer com o uso da palma, uma vez que possuem propriedades semelhantes.

Ainda por conta das propriedades de sua mucilagem, o cacto do gênero *Opuntia* também foi pesquisado para avaliar seu potencial como biosorvente natural com vistas a remoção de corantes sintéticos de águas residuárias, tendo-se obtido resultados positivos e que mostram a eficiência da biomassa de cactos para o tratamento dessas águas de forma natural e econômica (BARKA et al., 2013).

A mucilagem da palma apresenta uma alta porcentagem de umidade e pequenas proporções de saponinas, flavonoides, sais minerais de cálcio e ferro e que seria o ácido poligalacturônico e os compostos algínicos que dão qualidade ao biomaterial (ORTIZ et al., 2013). O poder coagulante avaliado na literatura é essencial na redução cor e turbidez sem alterar o pH da água.

Outros fatores também devem ser levados em consideração como a eficiência do processo de coagulação que é otimizada com o aumento da temperatura, fator fundamental para a exploração deste biocoagulante em regiões quentes, áridas e ricas em cactáceas (ZHANG et al., 2006).

O efeito coagulante promovido pelas cactáceas pode estar associado à presença de diversas pectinas, uma complexa família de polissacarídeos heterogêneos presentes na parede celular das plantas. (BELBAHLOUL et al., 2015). Como as propriedades presentes nos cladódios são ativas com uma possível elevação da temperatura, se torna um vegetal valioso e necessário em pequenas comunidades rurais.

Sua alta capacidade de atuar como coagulante é atribuída à presença de constituintes da mucilagem como por exemplo os carboidratos complexos de características viscosas, armazenados na parte interior e exterior dos cladódios (YIN, 2010).

Todo o processo de coagulação promovida pela palma ocorre predominantemente por meio do mecanismo de formação de pontes, onde as partículas da solução não entram

em contato direto umas com as outras, mas são ligadas com um material polimérico originado pela cactácea, no caso, a mucilagem (MILLER et al., 2008).

A palma pode ser utilizada no tratamento de água de diversas maneiras, sendo as mais comuns in natura, onde é feita a retirada da epiderme que recobre a mucilagem e colocada em contato com o água que deseja tratar, a outra forma é desidrata-la totalmente e depois triturar fazendo assim um pó que será usado no tratamento da água e por fim pode ser transformada em carvão ativado (VERBEL et al., 2014).

Nesse sentido é necessário conhecer também as espécies de palma certificando-se com base na literatura qual a melhor variedade a ser utilizada e verificar a possibilidade de tratamento em escala já que os estudos mais evidentes sobre o uso de cactos no tratamento de água se reportam *Opuntia ficus indica* mais conhecida no Brasil por Palma Gigante, Figo da Índia ou Palma Azeda (ANDRADE, 2018).

2.3 COAGULANTE DE ORIGEM BIOLÓGICA – *MORINGA OLEÍFERA*

A *Moringa oleífera* é uma planta tropical originária da Índia, pertencente à família *Moringaceae*, sendo chamada também de lírio branco ou Acássia branca (OLIVEIRA et al., 2018). É uma espécie que pode chegar até 10 m de altura e é bastante cultivada no mundo por apresentar tolerância à seca e por apresentar valor nutricional e medicinal (LIMA JÚNIOR; ABREU, 2018).

Essa planta vem sendo propagada de duas formas ao redor do mundo, a primeira é por meio da propagação sexuada com o uso de sementes e a segunda é por meio da propagação vegetativa, onde se utiliza as diversas partes da planta, como o caule, raízes e galhos, por meio do método de estacas (ASANTE et al., 2014).

A *Moringa oleífera* apresenta em sua composição muitas propriedades, fazendo com que toda as partes da planta como folhas, sementes, vagem e raízes sejam aproveitadas, sendo destinada para alimentação humana e animal, indústria, fins medicinais e como um coagulante natural na clarificação de águas (AGUSTINI et al., 2015).

No processo de tratamento de água, a *Moringa oleífera* pode ser definida como um polímero orgânico-catiônico que desorganiza as partículas que estão presentes na água e forma os coloides, sendo altamente eficaz na etapa de coagulação, com o benefício de ser biodegradável (SANTOS et al., 2011).

Dessa forma, suas sementes que contém polissacarídeos com elevado poder aglutinante vai agir nesses sistemas de partículas coloidais, neutralizando as cargas e

criando pontes entre essas partículas, sendo esta ação responsável pelo desenvolvimento de flocos e, conseqüentemente, pela fase da sedimentação (NKURUNZIZA et al., 2009; SANTANA et al., 2010).

Para o tratamento de água, as sementes de *Moringa oleífera* podem ser utilizadas na forma in natura, trituradas, pulverizadas e em soluções aquosas previamente preparadas (DEZFOOLI et al., 2016). As sementes e vagens da *Moringa oleífera* quando submetidas na solução, agem na remoção da turbidez, pH, cor e presença de coliformes na água, além de que, o extrato da semente apresenta uma proteína catiônica que atua como agente clarificante no tratamento de água (OLIVEIRA et al., 2018).

Quando se compara a utilização do coagulante natural à base de *Moringa oleífera* com os produtos químicos, muitas vantagens são abordadas, pois apenas um pequena dose desse coagulante natural já é suficiente para o tratamento da água, sem contar que o lodo que vai gerar é biodegradável, não vai ter problemas com corrosão, manutenção do pH, alta eficácia na remoção da cor e turbidez, além de ser econômico em termos de matérias utilizados (FRANCO et al., 2017).

Entretanto, o aplicador precisa levar em consideração alguns cuidados de acordo com a forma de exploração da *Moringa oleífera* escolhida, uma vez que o método de extração do composto ativo da semente como solvente apresenta como desvantagem o tempo limitado para uso, pois acontece a biodegradação desse produto, fazendo com que esse processo seja realizado imediatamente da retirada desse material da semente (KATAYON et al., 2006).

2.4 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA

Os parâmetros são utilizados para caracterização de águas de abastecimento, águas residuárias, de corpos receptores e também de mananciais ((NOGUEIRA et al., 2015). Eles podem ser físicos (temperatura), químicos (pH, condutividade elétrica, dureza total e cloretos) e biológicos (coliformes termotolerantes e totais), sendo que para cada tipo de cada tipo de amostra os parâmetros devem estar nos padrões estabelecidos pelas normas vigentes (OLIVEIRA et al., 2018). Nesse trabalho, iremos realizar três parâmetros: turbidez, pH e condutividade elétrica.

2.4.1 Turbidez

Um dos principais parâmetros físico-químicos em uma ETA é a turbidez, pois através dela podemos saber como se encontra o estado higiênico e sanitário da água,

indicando assim se uma determinada fonte possui risco biológico e/ou químico para quem for consumi-la (NARDY et al., 2020).

A turbidez é compreendida como uma característica da água, que causa uma turvação devido as partículas em suspensão como argila e lodo, precipitados químicos como manganês e ferro, e partículas orgânicas como restos de plantas e organismos, sendo que o tamanho dessas partículas que provocam a turbidez varia muito (STEVENSON; BRAVO, 2019).

Existe diversos métodos de medição de turbidez para monitorar a qualidade da água (Tabela 1), sendo que a Nefelometria e Turbidimetria destacam-se por serem os mais utilizados em fontes naturais ou tratadas (PARRA et al., 2018). Hoje, a unidade de medida mais aplicada na avaliação deste parâmetro é a NTU – Unidade Nefelométrica de turbidez (LIMA JÚNIOR; ABREU, 2018).

Tabela 1: Métodos de medição da turbidez.

Método	Funcionamento	Vantagens	Desvantagens
Diafanômetro	Equipamento histórico, um tubo de metal com um fundo de vidro que refletia a luz. A água é colocada dentro do tubo até que o fundo não esteja mais refletindo.	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamento portátil; • Fácil manuseio e entendimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não consegue medir valores baixos de turbidez.
Turbidímetro de vela de Jackson	Uma vela é colocada próxima ao fundo do tubo para padronizar a fonte de luz. A água era vertida até que a luz da vela não pudesse ser mais vista.	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil manuseio e entendimento; • Possui fonte de luz. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não consegue medir valores baixos de turbidez; • Tem unidade de turbidez própria (JTU).
Turbidímetro de Parr	Desenvolvimento posterior ao Turbidímetro de vela de Jackson, em que a vela é substituída por uma luz elétrica.	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil manuseio; • Possui fonte de luz. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não consegue medir valores baixos de turbidez.
Disco negro	Um alvo preto é visto horizontalmente debaixo d'água usando um periscópio. Requer duas pessoas: uma segurando o alvo preto e outra se afastando com o periscópio até não conseguir enxergar mais o alvo.	<ul style="list-style-type: none"> • Faz a medida na horizontal; • Pode ser usado em pequenos riachos. 	<ul style="list-style-type: none"> • É difícil posicionar o alvo, pois pode encostar em plantas e suspender partículas sedimentais.
Disco de Secchi	É um disco preto e branco (padrão de Secchi) colocado na água e ele é afundado e então é medida a profundidade	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo; • Fácil manuseio; • Pode ser usado em lagos e rios 	<ul style="list-style-type: none"> • Não pode ser usado em rios com muita correnteza e em pequenos riachos.

	em que o disco desaparece de vista.	sem correnteza.	
Nefelômetro eletrônico	É um turbidímetro eletrônico que possui dentro de seu dispositivo uma fonte de luz para iluminar a amostra e um ou mais detectores de dispersão de luz localizado a 90° do feixe incidente.	<ul style="list-style-type: none"> • Consegue medir valores baixos de turbidez; • Equipamento portátil. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo; • Frágil; • Requer energia e calibração.
Tubo de turbidez	Junção do Turbidímetro de vela de Jackson e do disco de Secchi. No fundo do tubo possui o padrão de Secchi, e a água é vertida até que o padrão não possa ser mais visto, e então a altura da coluna d'água é medida.	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo; • Fácil manuseio; • Portátil; • Pode ser usado em qualquer corpo d'água. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não consegue medir valores de turbidez muito baixos.

Fonte: FALCADE et al., 2017.

A turbidez presente na água pode causar diversos tipos de efeitos nos ecossistemas, dentre eles destacam-se: redução da visibilidade, redução da penetração de luz e do processo de fotossíntese e entupimento das guelras, além das consequências negativas adversas sobre peixes e ovos (PARRA et al., 2018).

Com isso, realizar esse parâmetro em um tratamento de água traz inúmeros benefícios a população, pois torna a água própria ao consumo humano, reduz os riscos de doenças transmitidas por água contaminada, além do mais, a execução desse procedimento apresenta como vantagem um baixo custo e fácil manuseio (WORLD HEALTH ORGANIZATION et al., 2017).

2.4.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial de hidrogênio ou potencial hidrogeniônico (pH) é a medida da concentração de íons de hidrogênio (H⁺), que indica a condição de uma determinada água, sendo classificada em ácidas quando são abaixo de 7, neutras iguais a 7, e alcalinas quando são superiores a 7 (SIGLER; BAUDER, 2017).

Quando uma água passa por um tratamento de água, o pH varia em torno de 6 e 9,5, sendo que valores abaixo disso pode fazer com que a água fique corrosiva ou agressiva para metais, estruturas de cimento e concreto armado, porém, se esse valor for acima do normal, pode causar a criação de incrustações por depósitos e precipitações de materiais antes solúveis (VIEIRA, 2019).

É importante fazer a realização desse parâmetro, pois a partir dessa medida podemos saber como se encontra a qualidade da água, porém, deve ter cuidado no

momento que for fazer essa análise, uma vez que pode ocorrer algumas variações devido o consumo e/ou produção de dióxido de carbono (CO₂), produzidos pelos organismos fotossintetizantes e pelos fenômenos de respiração de todos os seres presentes na massa d'água, que criam ácidos orgânicos fracos (SILVA; ARAÚJO, 2017).

A análise do pH pode ser feita por meio de dois métodos: o primeiro é o por meio do método eletrométrico, onde usa o pHmetro, sendo o mais utilizado nas pesquisas de laboratório por ter como vantagem mais precisão, já o segundo é o método comparativo que se dá por meio de um papel indicador universal de pH (RUSSO, 2019).

2.4.3 Condutividade Elétrica – CE

A condutividade elétrica é a medida da concentração total de sais dissolvidos na água, dependendo das concentrações de íons, das respectivas mobilidades e valências, e da temperatura, onde apresenta a quantidade de sais presentes na água e demonstra uma média indireta da concentração de poluentes (DOVIDAUSKAS et al., 2017).

O método da condutividade elétrica pode ser realizada em vários casos, como na análise de contaminantes presentes na água, determinação do vigor de sementes, tanques sépticos, contaminação derivada de lixões, entre outros (NUNES, 2019). Para fazer a realização da medição da condutividade elétrica, é utilizado o método da condutimetria, onde é usado um equipamento de bancada chamado de condutivímetro (NUNES, 2019).

A condutividade elétrica da água é considerada um parâmetro físico para a determinação das características de um meio líquido que esteja sendo avaliado, apesar de ser um teste rápido e fácil de ser realizado, a condutividade não deve ser utilizada como um padrão de potabilidade se for empregado apenas esse teste na análise da água (VASCONCELOS et al., 2019).

Dois fatores podem estar interferindo no valor da condutividade elétrica da água, que é a temperatura e a concentração que compõe a amostra, dependendo do caso, eles aumentam o resultado da solução, ou seja, o ideal é que esse teste seja realizado a uma temperatura de 25 °C, pois a cada 1 °C de temperatura aumentado na amostra, corresponde a um acréscimo de 2% no valor da condutividade (WERLANG, 2015).

3. METODOLOGIA

3.1 LOCAL DE COLETA DA ÁGUA

O município de Acopiara está situado na região centro-sul do estado do Ceará, distante 340 Km de Fortaleza com as coordenadas geográficas 06° 05' 43'' de latitude sul e 39° 27' 09'' de longitude oeste. A população total do município é de 51 171 habitantes, de acordo com a última estimativa do IBGE. Sua área é de 2 265,316 km² representando 1.513%% do estado e 0.1513% de toda região.

O município de Acopiara – CE é subdividido em comunidades urbanizadas (vilas), sendo no total 8 vilas que auxiliam aos povoados ao seu redor no fornecimento de suprimentos e medicação. Outro fato importante da organização municipal é a grande quantidade de cisternas espalhadas por todo território rural do município. Podendo ser identificado os mais diversificados tipos de cisternas, tais como: Cisterna de placa com capacidade para 52 mil litros de água, cisterna do tipo enxurrada, cisterna de polietileno, cisterna do tipo calçadão e cisternas construídas pelos próprios moradores.

Visto a semelhança entre todas as cisternas desde da sua concepção construtiva até a calha de captação de água, foi selecionado uma propriedade para realização de um estudo da qualidade da água para consumo humano e demais necessidades. As coletas foram feitas na propriedade do senhor Antônio Roseno de Oliveira, localizada no sítio Cachoeira dos Alexandres, latitude 6.162° e longitude -39.6913. A propriedade possui uma extensão de 7 hectares, composta por duas cisternas de placa, sendo uma para consumo humano e outra para demais necessidades, que é uma cisterna do tipo enxurrada, além de um açude de pequeno porte.

3.2 TRATAMENTO DA ÁGUA

Esse experimento foi realizado no delineamento inteiramente casualizado – DIC. Nessa pesquisa foram realizados dois tipos de processos de tratamento de águas:

a) Processo 1: Coagulação, com o coagulante biológico Palma e a *Moringa oleífera* no tratamento de água da cisterna;

b) Processo 2: Coagulação, com o coagulante biológico Palma e a *Moringa oleífera* no tratamento de água do açude;

As amostras de água do processo 1 (Figura 1), foram coletadas pelos moradores da propriedade, captadas e acumuladas em cisterna de placa. Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foram coletados dessa cisterna 20 litros de água, sendo distribuídas da seguinte forma:

- 10 litros para o tratamento com o coagulante biológico da Palma (CBP): 1L para a testemunha; 1L de água + 1g do CBP; 1L de água + 3g do CBP; 1L de água + 5g do CBP, sendo que cada tratamento desse teve 3 repetições, totalizando em 20 litros de água;
- 10 litros para o tratamento com o coagulante biológico *Moringa oleífera* (CBMO): 1L para a testemunha; 1L de água + 1g do CBMO; 1L de água + 3g do CBMO; 1L de água + 5g do CBMO, sendo que cada tratamento desse teve 3 repetições, totalizando em 20 litros de água.

Figura 1: Cisterna de placa para armazenamento de águas das chuvas.



Fonte: Autoria própria.

Enquanto que as amostras de águas do processo 2 (Figura 2), foram obtidas de um pequeno reservatório (açude), construído pelo próprio agricultor com o objetivo de armazenar águas das chuvas para irrigação, gado e consumo. Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foram coletados 20 litros de água desse açude, sendo distribuídos da seguinte forma:

- 10 litros para o tratamento com o coagulante biológico da Palma (CBP): 1L para a testemunha; 1L de água + 1g do CBP; 1L de água + 3g do CBP; 1L de água + 5g do CBP, sendo que cada tratamento desse teve 3 repetições, totalizando em 20 litros de água;

- 10 litros para o tratamento com o coagulante biológico *Moringa oleífera* (CBMO): 1L para a testemunha; 1L de água + 1g do CBMO; 1L de água + 3g do CBMO; 1L de água + 5g do CBMO, sendo que cada tratamento desse teve 3 repetições, totalizando em 20 litros de água.

Figura 2: Pequeno reservatório de água (açude).



Fonte: Autoria própria.

A água armazenada na cisterna da propriedade escolhida possui os seguintes parâmetros presentes na tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros da água armazenada na cisterna.

Parâmetros	Resultados
Turbidez	1,32 NTU
pH	9,6
Condutividade Elétrica	2,8 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$

Fonte: Autoria própria.

A água que abastece o açude da propriedade escolhida possui os seguintes parâmetros presente na tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros da água de açude.

Parâmetros	Resultados
Turbidez	17,86 NTU

pH	8.3
Condutividade Elétrica	8,66 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$

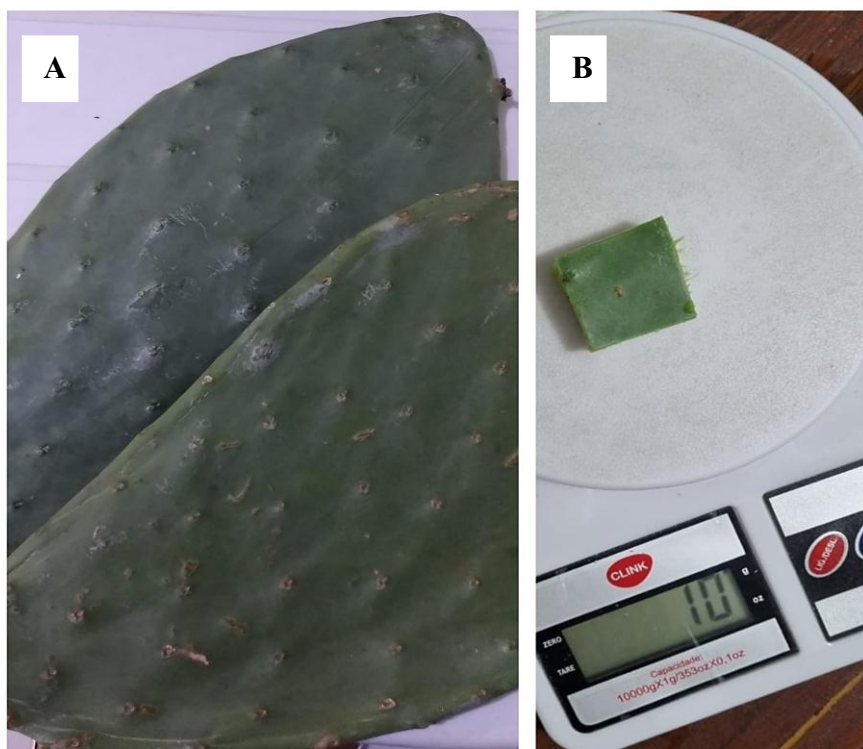
Fonte: Autoria própria.

3.3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.3.1 Preparo do coagulante biológico Palma

A biomassa vegetal dos cladódios da palma foi desinfestada com solução de hipoclorito de sódio (250 mg L^{-1}), pesada e separada (figura 3) em porções correspondentes a: 1,0 g; 3,0 g e 5,0 g. Estas porções foram distribuídas em garrafas pets contendo 1 litro da água coletada e ficou sob agitação em mesa agitadora por 5 minutos (130 rpm) para homogeneização. Em seguida, a biomassa foi colocada na água, onde permaneceu em um período de 72 horas. Após o período, as amostras foram filtradas e coletadas com o auxílio de uma seringa de 5 ml. O filtrado e o controle foram analisados quanto: Turbidez, pH e Condutividade elétrica.

Figura 3: Palma forrageira (A); Pesagem da biomassa vegetal (B).



Fonte: Autoria própria.

3.3.2 Preparo da Farinha de *Moringa oleífera*

Para o preparo da farinha de *Moringa oleífera* será seguida a metodologia utilizada por Rodrigues (2019).

As sementes de *Moringa oleífera* foram colhidas nos arredores da propriedade do senhor Antônio Roseno de Oliveira e para a obtenção do coagulante em pó de Moringa, foram retiradas as sementes de dentro da vagem, em seguida as sementes foram previamente descascadas de forma manual com o auxílio de um amassador de alho, secas ao abrigo da luz do sol, trituradas em um liquidificador, peneiradas em malha de 0,8 mm, obtendo-se assim, a farinha da semente de moringa, conforme mostrado na figura 5.

Figura 4: Vagem da *Moringa oleífera* (A); Sementes da Moringa com cascas (B); Sementes da Moringa sem cascas (C); Farinha da Moringa (D).



Fonte: Autoria própria.

Para este trabalho foram utilizadas as sementes descascadas e trituradas, em que Wendling (2019) afirma ser a forma mais simples de produção e esta apresenta-se tão eficiente quanto as outras. O autor ainda explica que a implantação de sistema de tratamento de água em residências isoladas ou comunidades longínquas deve primar pela simplicidade de produção e utilização das sementes como coagulante, o que corrobora com o objetivo deste trabalho que é o tratamento de água para uso na agricultura familiar.

3.4 VARIÁVEIS ANALISADAS

Foram analisadas as variáveis de Turbidez, pH e Condutividade Elétrica.

A Turbidez foi analisada utilizando o método nefelométrico através do turbidímetro microprocessado Del Lab – DLM – 2000B. A leitura forneceu os resultados em unidade nefelométrica de turbidez (NTU). O pH foi determinado com pHmetro de bancada e a Condutividade Elétrica foi realizado com o condutivímetro de bancada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela abaixo expressa os valores do pH, turbidez e condutividade elétrica obtidos da água bruta sem a realização dos tratamentos na mesma.

Tabela 4: Valores obtidos da água bruta.

<i>Água Bruta</i>	<i>pH</i>	<i>Turbidez (NTU)</i>	<i>Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$)</i>
<i>Cisterna</i>	9,6	1,32	2,8
<i>Açude</i>	8,3	17,86	8,66

Fonte: Autoria própria.

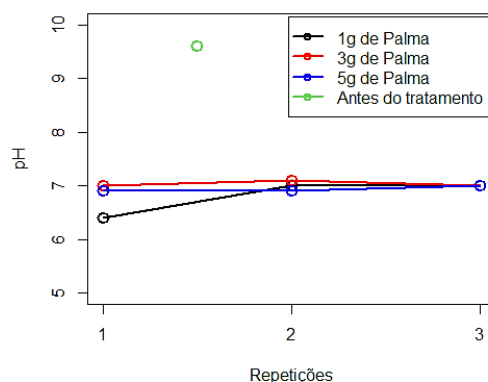
4.1 Análise do Tratamento com Palma na Água de Cisterna

De acordo com o teste expressado na Tabela 5, o pH não apresentou diferenças significativas nas diferentes dosagens de Palma. Na Figura 5, é possível observar que os valores coletados nos tratamentos estão próximos, porém, distante do pH antes da realização do tratamento.

Tabela 5: Análise do pH da água de cisterna para tratamento com palma expressada pela média, P-valor do teste de Kruskal-Wallis e a comparação de médias do teste de Wilcox.

Tratamento	Média	P-valor
1g	6,80 ^a	
3g	7,03 ^a	0,22
5g	6,93 ^a	

Figura 5: Gráfico de linhas do pH da água proveniente de cisterna com a aplicação do tratamento com Palma.



Para a redução do pH de água da chuva, o tratamento com o cacto expressou resultados significativos quando comparado com o valor antes do tratamento, permanecendo dentro do padrão de potabilidade exigido pelo Ministério da Saúde. Isso acontece devido a mucilagem dos cladódios suspensos na água terem a capacidade de adsorver as partículas presentes na mesma, fazendo com que o pH fique próximo da neutralidade.

Ferreira (2015), observou que quando o pH da água antes do tratamento é alcalino, a atividade de coagulação por meio da mucilagem dos cladódios é extremamente eficaz, principalmente, quando o valor desse parâmetro fica entre 8 e 10. Comprovando essa afirmação, Shilpa et al., (2012), obterão resultados promissores em relação a remoção da turbidez da água, quando o pH da mesma se encontrava em 9 antes da realização do tratamento.

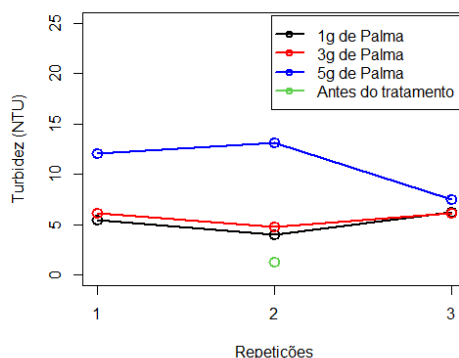
De acordo com a Tabela 6, o teste F na análise de variância a Turbidez apresentou diferença significativa para os tratamentos com palma, sendo o tratamento com 5g diferente e com uma média superior aos demais. Na Figura 6, percebe-se o comportamento das repetições do tratamento com 5g sendo superior aos demais. Além disso, a turbidez com todas as doses de palma é descritivamente superior a turbidez antes do tratamento.

Tabela 6: Análise da Turbidez para tratamento com palma expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.

Tratamento	Média	P-valor
1g	5,24 ^a	0,02

3g	5,70 ^a
5g	10,88 ^b

Figura 6: Gráfico de linhas da Turbidez da água cinza proveniente de cisterna com a aplicação do tratamento com Palma.



A biomassa do cacto em vez de reduzir a turbidez da água, ocasionou o efeito contrário a partir do momento que a mucilagem foi adicionada nas amostras, tendo o tratamento de 5g o pior resultado em relação ao valor da água bruta, isso se dar pelo fato dos coagulantes biológicos não terem muitos efeitos em amostras de água bruta, onde a turbidez já está na faixa recomendada, e quando a biomassa vegetal entra em contato com a água, altera a sua composição, aumentando esse parâmetro da água.

Zimmeman et al., (2008), observaram que o tratamento por meio da mucilagem do cacto, reduz somente 50% da turbidez da água, por causa que na sua composição tem a presença do ácido galacturônico, ou seja, para que ocorra uma maior remoção da turbidez, os mesmos indicam que sejam usadas os cladódios por inteiro nas amostras da água bruta.

Na Figura 7, é possível identificar que o valor da condutividade elétrica antes da realização do tratamento com palma é descritivamente inferior após o tratamento. Na Tabela 7, tem-se um teste F não significativo indicando que não há diferença significativa na condutividade elétrica na utilização das dosagens com 1g, 3g e 5g de palma.

Figura 7: Gráfico de linhas da Condutividade Elétrica da água proveniente de cisterna com a aplicação do tratamento com Palma.

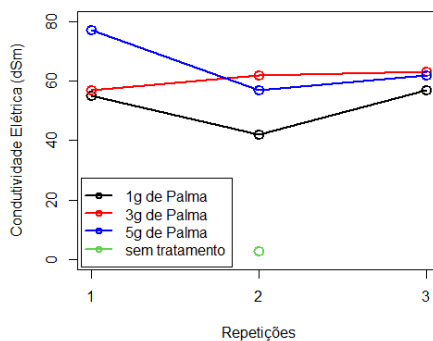


Tabela 7: Análise da Condutividade Elétrica para tratamento com palma expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.

Tratamento	Média	P-valor
1g	51,33 ^a	
3g	60,67 ^a	0,16
5g	65,33 ^a	

Os resultados da condutividade elétrica obtidos por meio do tratamento da água da cisterna, aumentou a medida que os valores das proporções elevavam, isso acontece devido a biomassa vegetal do cacto alterar a quantidade de sólidos solúveis e íons presentes nas amostras de água, e como o parâmetro de CE é um indicador da presença dos mesmos, o resultado final dar elevado.

Entretanto, esses resultados permanecem dentro dos padrões recomendados. De acordo com Von Sperling (2007), águas oriundas de chuvas podem ter uma condutividade elétrica numa faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, enquanto que águas oriundas de açudes e barreiros podem ter valores até 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$.

Isso corrobora com os resultados vistos por Verbel et al., (2013), quando analisou a remoção dos parâmetros da água com o cacto da palma, tendo um leve aumento no resultado final da condutividade elétrica nas duas concentrações do coagulante, isso porque os valores obtidos dos sólidos solúveis também deram altos e como eles também são responsáveis por conduzir a eletricidade, o parâmetro da CE dar elevado, porém, permanecendo na faixa estabelecida.

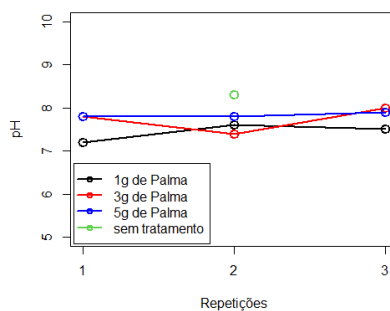
4.2 Análise do Tratamento com Palma na Água de Açude

Para o tratamento com doses de 1g, 3g e 5g de palma na água proveniente de açude, o pH não apresentou diferenças significativas (Tabela 8). Na Figura 8, percebe-se um pH semelhante nas diferentes dosagens de palma, corroborando com o teste F não significativo aplicado.

Tabela 8: Análise do pH para tratamento com palma expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.

Tratamento	Média	P-valor
1g	7,43 ^a	
3g	7,73 ^a	0,14
5g	7,83 ^a	

Figura 8: Gráfico de linhas do pH da água cinza proveniente de açude com a aplicação do tratamento com Palma.



O pH da água teve uma leve alteração em todas as concentrações quando comparado ao valor do mesmo antes da realização do teste. Após a adição desse coagulante, o resultado desse parâmetro reduziu, permaneceu na faixa de valores estabelecidas no padrão de potabilidade da água.

Isso corrobora com os resultados obtidos por Rachdi et al., (2017), quando os autores avaliaram a eficiência do cacto *Opuntia* no tratamento de efluentes urbanos, tendo uma pequena diminuição do pH da água depois da adição dos cladódios, porém, ao contrário desse valor, no parâmetro de turbidez, os mesmos tiveram resultados

significativos em relação a redução, comprovando o que é visto na literatura sobre tratamento de água com pH alcalino.

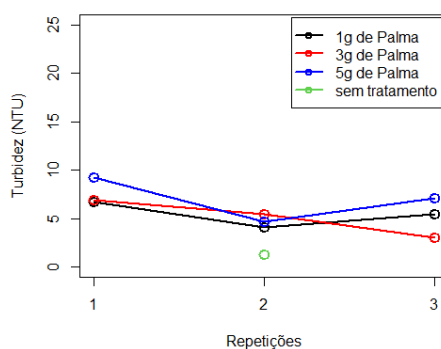
De acordo com Rachdi et al., (2017), depois de realizarem diversos testes com a palma nas amostras de água, perceberam que valores de pH menor ou acima de 8,5, causam alguns problemas no resultado da água, como partículas de flotação, formação de espuma e formação de camadas pretas acima dos recipientes das amostras.

A variável turbidez também não apresentou diferenças significativas para os tratamentos com palma (Tabela 9). A Figura 9, mostra valores da Turbidez próximos para os tratamentos com 1g, 3g e 5g de palma.

Tabela 9: Análise do Turbidez para tratamento com palma expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.

Tratamento	Média	P-valor
1g	5,43 ^a	
3g	5,13 ^a	0,46
5g	7,02 ^a	

Figura 9: Gráfico de linhas do Turbidez da água cinza proveniente de açude com a aplicação do tratamento com Palma.



Como mostra a figura acima, o tratamento com a palma em todas as concentrações, obteve resultados significativos em relação a turbidez, tendo uma grande redução quando comparado ao valor da água bruta (17,86 NTU), bem como quando leva-se em consideração aos resultados de turbidez na água da cisterna.

Os mecanismos responsáveis pela diminuição da turbidez na água por meio da biomassa da palma ainda não foram totalmente esclarecidos, sabe-se que o coagulante natural pode ser utilizado na forma de mucilagem (como foi usado nesta pesquisa), pó de cladódios secos, bem como em porções ou suco de cladódios frescos, que agem nas etapas de coagulação, floculação e sedimentação (JAYALAKSHMI et al., 2017; RACHDI et al., 2017).

Resultados semelhantes foram observados por Goes et al., (2017), onde aplicaram o suco do cacto no tratamento da água de um lago, ocasionando numa redução de 85% da turbidez da amostra quando comparado ao valor antes do tratamento, comprovando que as etapas de coagulação, floculação e sedimentação, são de extrema importância para que aconteça a diminuição da turbidez. Além de remover esse parâmetro, os autores clarificaram a água em cerca de 60%.

Andrade (2018), analisou a eficiência de coagulação de três espécies desse cacto, com uma turbidez inicial de 937 NTU, obtendo uma redução de mais de 50% desse parâmetro em todos os tratamentos e concentrações, tendo destaque para os resultados finais expressados pela espécie orelha de elefante mexicana *Opuntia stricta*, que é a mesma espécie utilizada no desenvolvimento dessa pesquisa.

Porém, mesmo com a redução do valor inicial da turbidez, ainda ultrapassou os valores estabelecidos pelo padrão de potabilidade da água, sendo o tratamento com 3g (5,13) o que mais se aproximou do padrão recomendado de 5 NTU. Com isso, a pesquisa mostrou que concentrações menores, quando utilizadas em águas de mananciais, tende a obter melhores resultados.

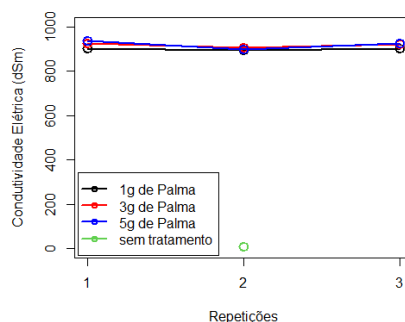
De acordo com o teste F analisando as médias de Condutividade Elétrica (Tabela 10), não houve diferenças significativas nos tratamentos com 1g, 3g e 5g de palma. Na figura 10, percebe-se que a condutividade elétrica foi bastante superiormente significativa comparada aos tratamentos realizados.

Tabela 10: Análise da Condutividade Elétrica para tratamento com palma expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.

Tratamento	Média	P-valor
1g	898,33 ^a	0,16
3g	917,67 ^a	

5g 919,00^a

Figura 10: Gráfico de linhas da Condutividade Elétrica da água cinza proveniente de açude com a aplicação do tratamento com Palma.



Os resultados do tratamento em relação a condutividade elétrica, aumentou a medida que ia elevando as concentrações do coagulante da palma, ou seja, como a condutividade elétrica é o parâmetro que expressa a presença de íons e sólidos solúveis presentes na água, esses resultados podem ser explicados pela grande quantidade dos mesmos, fazendo com que tenha uma maior condução da corrente elétrica, pois a ação do elétrons está elevada.

Isso corrobora com os resultados obtidos por Jacob (2018), quando a autora avaliou a aplicação do cacto e das sementes da *Moringa oleífera* no tratamento de água, tendo um aumento do valor da condutividade elétrica logo depois dos tratamentos, os quais eram de $0,13 \text{ mS.cm}^{-1}$ e após a adição dos coagulantes, tiveram tratamentos que chegaram até $1,11 \text{ mS.cm}^{-1}$, porém, sem prejudicar os resultados do pH e turbidez.

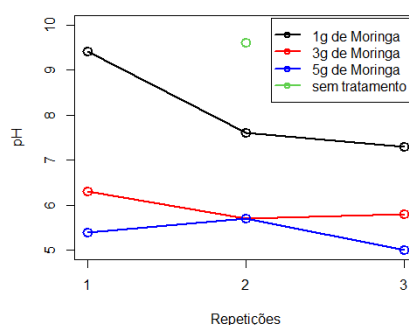
4.3 Análise do Tratamento com Moringa na Água de Cisterna

Para o tratamento com a Moringa nas dosagens de 1g, 3g e 5g observou-se uma diferença significativa no pH de acordo com o teste F (Tabela 11), sendo o tratamento com 1g apresentando um maior pH comparado aos demais. O pH mostrou-se sem diferenças significativas nos tratamentos com 3g e 5g. Na Figura 11, percebe-se que ao aumentar a dosagem de moringa, há uma tendência na diminuição do pH.

Tabela 11: Análise do pH para tratamento com palma expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.

Tratamento	Média	P-valor
1g	8,1 ^a	
3g	5,93 ^b	0,007
5g	5,37 ^b	

Figura 11: Gráfico de linhas do pH da água cinza proveniente de cisterna com a aplicação do tratamento com Moringa.



O uso desse coagulante expressou efeitos positivos, uma vez que, o mesmo reduziu o valor desse parâmetro quando comparado ao da água bruta, permanecendo dentro do padrão estabelecido pela Portaria 2.914/2011, tendo o melhor resultado o tratamento de 1g (8,1), uma vez que a faixa de pH recomendada é de 6,5 a 9,5.

Resultados semelhantes foram observados por Arantes et al., (2014), onde constataram uma leve alteração no valor do pH, onde a água bruta estava na faixa de 7,2 e 8,6, tendo após o tratamento o indicativo do pH entre 6,7 e 7,8.

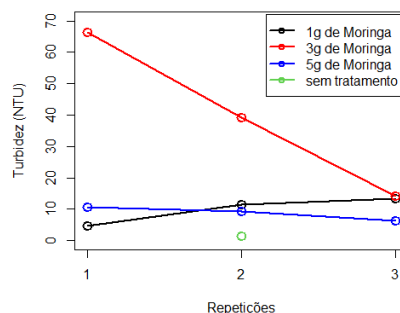
Isso comprova a afirmação feita por Ndabigengesere e Narasiah (1996), que quando eles estavam desenvolvendo sua pesquisa “Influência dos parâmetros operacionais na remoção de turbidez por coagulação com sementes de *Moringa oleífera*”, os mesmos observaram que o coagulante da *Moringa oleífera* submetido ao tratamento de água não expressava mudanças significativas no valor do pH quando comparado aos resultados com o uso do coagulante químico do sulfato de alumínio.

Com relação a Turbidez, o teste realizado mostrou não haver diferença significativa nos tratamentos com moringa (Tabela 12).

Tabela 12: Análise da Turbidez para tratamento com moringa expressada pela média, P-valor do teste de Kruskal-Wallis e a comparação de médias do teste de Wilcoxon.

Tratamento	Média	P-valor
1g	9,90 ^a	
3g	39,97 ^a	0,06
5g	8,78 ^a	

Figura 12: Gráfico de linhas da Turbidez da água cinza proveniente de cisterna com a aplicação do tratamento com Moringa.



Para o uso desse coagulante em águas das chuvas, o mesmo não expressa nenhuma redução das partículas submersas na superfície da água, pelo contrário, a adição da farinha da semente da Moringa aumenta os valores da turbidez, levando em consideração os valores obtidos nas amostras da água bruta.

Os tratamentos de 1g e 5g sofreram um aumento considerável em relação ao valor da água bruta com o uso do coagulante da Moringa, ficando um pouco acima do padrão de potabilidade estabelecidos pela portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, onde os mesmos permitem que o parâmetro da turbidez tenham valores até 5 NTU, porém, o tratamento de 3g ultrapassou significativamente o padrão recomendado, isso pode ter acontecido por substâncias dentro da água ou por erro de mensuração.

Os valores dos resultados do parâmetro da turbidez após a adição do coagulante vistos nesse trabalho, corroboram com os obtidos por Santos et al., (2019), onde os mesmos tiveram um aumento significativo na turbidez após o tratamento, tendo um valor de 24,2 NTU, ficando muito acima do recomendado, fazendo com que essa diferença

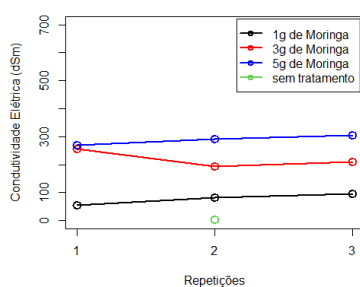
entre o valor da amostra da água bruta e o adquirido após o tratamento, seja o principal responsável por ocasionar doenças de veiculação hídrica para a população que utiliza tal água para o abastecimento de suas residências.

Na Tabela 13, observa-se que o teste F mostrou-se significativo, ou seja, há diferença na condutividade elétrica nos tratamentos com 1g, 3g e 5g de moringa. De acordo com o teste Tukey, também na Tabela 13, as três dosagens são significativamente diferentes entre si, sendo que quanto maior a dosagem de moringa, maior foi a condutividade elétrica. Na Figura 13, percebe-se a dispersão nas repetições em cada dosagem utilizada.

Tabela 13: Análise da condutividade elétrica para tratamento com moringa expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.

Tratamento	Média	P-valor
1g	77,33 ^c	
3g	220 ^b	0,0001
5g	288,67 ^a	

Figura 13: Gráfico de linhas da condutividade elétrica da água cinza proveniente de cisterna com a aplicação do tratamento com Moringa.



Os resultados da condutividade elétrica mostraram quanto maior foi a dosagem de Moringa maior era o valor do parâmetro da condutividade, isso deve ocorrer por causa que as sementes de Moringa oleífera contém em sua composição solução de sal (NaCl) que quando entra em contato com a proteína catiônica também presentes na semente da mesma, auxiliam na sua ativação, fazendo com que aconteçam a liberação de vários íons durante o tratamento, ocasionando na elevação dos valores obtidos no momento da análise dos resultados desse parâmetro (HENRIQUES et al., 2014).

Em relação ao tratamento com a concentração de 1g, o valor de $77,33 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, permaneceu dentro do padrão de potabilidade exigido pelo Ministério da Saúde, que permite que o parâmetro da condutividade elétrica fique em torno de 10 a $100 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$.

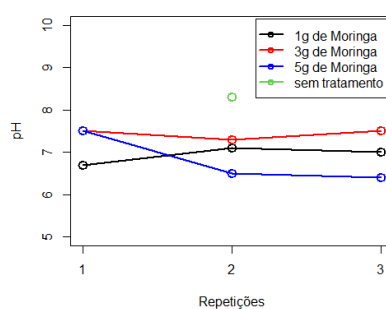
4.4 Análise do Tratamento de Moringa com Água de Açude

De acordo com o teste F (Tabela 14), não há diferença significativa no pH nas dosagens de moringa utilizadas para tratamento da água de açude.

Tabela 14: Análise do pH para tratamento com moringa expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.

Tratamento	Média	P-valor
1g	6,93 ^a	
3g	7,43 ^a	0,18
5g	6,80 ^a	

Figura 14: Gráfico de linhas do pH da água cinza proveniente de açude com a aplicação do tratamento com Moringa.



No parâmetro de análise do pH, o coagulante da *Moringa oleifera* teve eficiência na diminuição do mesmo em todas as concentrações da amostra, tendo o tratamento de 5g a melhor resposta quando comparado ao valor do pH na água bruta. Sendo assim, o uso dessa semente ajuda a reduzir os gastos com as compras de produtos químicos para remover o pH alto presente na água.

Esses resultados corroboram com os obtidos por Oliveira (2019), quando tratou água para abastecimento com sementes de Moringa, tendo uma leve alteração do pH

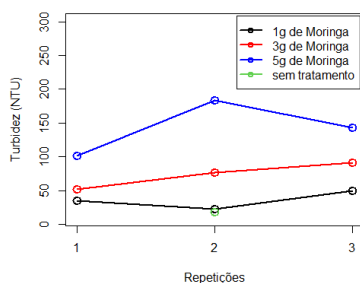
inicial, permanecendo na faixa de 6,5, mantendo-se no padrão de potabilidade estabelecido pelo Ministério da Saúde.

Na Tabela 15 é possível verificar que a diferença na turbidez da água foi diferenças significativa de acordo com o teste F, sendo que de acordo com o teste Tukey, o tratamento com 5g apresentou média diferente das demais dosagens. Na Figura 15, percebe-se a turbidez com 5g de moringa sendo superior que as demais.

Tabela 15: Análise do Turbidez para tratamento com moringa expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.

Tratamento	Média	P-valor
1g	36,13 ^b	
3g	73,20 ^b	0,0087
5g	142,70 ^a	

Figura 15: Gráfico de linhas da Turbidez da água cinza proveniente de açude com a aplicação do tratamento com Moringa.



Isso acontece devido a quantidade de partículas em suspensão, ou seja, o desenvolvimento de tratamentos onde a turbidez da água bruta é menor ou igual a 20 NTU, quer dizer que o número de coloides em suspensão é bem pequeno e a adição do coagulante da *Moringa oleífera* favorece o aumento do mesmo, que são derivados do próprio coagulante. Resultados como este foram observados por Franco et al., (2017), onde eles realizaram o tratamento com 3 amostras de turbidez da água bruta, tendo a melhor remoção nas águas em que a turbidez era superior a 50 NTU antes do tratamento.

Em águas onde a turbidez da água bruta é elevada, a semente da *Moringa oleífera* possui um grande poder de coagulante, isso ocorre devido a proteína catiônica que se

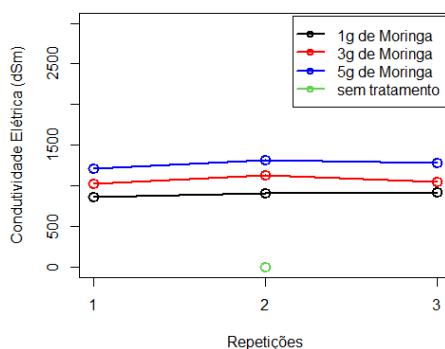
encontra no interior da semente, sendo que quando se adiciona essa farinha na solução, as partículas suspensas desestabilizam e através dos processos de neutralização e adsorção, ocorre a floculação dos coloides, reduzindo a turbidez da água (OLIVEIRA et al., 2018).

Para a condutividade elétrica, o teste mostrou-se significativo (Tabela 16), sendo que quanto maior a dose de moringa, maior foi a condutividade elétrica, o que também é possível visualizar por meio da Figura 16. Além disso, é possível observar que com a utilização do tratamento com moringa houve um grande aumento na condutividade elétrica se comparada a mensuração antes do tratamento.

Tabela 16: Análise da Condutividade Elétrica para tratamento com moringa expressada pela média, P-valor da análise de variância e Teste Tukey.

Tratamento	Média	P-valor
1g	903 ^c	
3g	1070 ^b	0,0003
5g	1270 ^a	

Figura 16: Gráfico de linhas da Condutividade Elétrica da água cinza proveniente de açude com a aplicação do tratamento com Moringa.



Diferentemente do que aconteceu com os resultados desse teste nas amostras de água da cisterna, os valores de condutividade elétrica ultrapassaram $1000 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, isso corrobora com o que é visto na literatura sobre esse teste ser um indicador de possíveis poluentes concentrados na água, uma vez que, os resultados desse mesmo teste na

concentração de 1g da água da cisterna permaneceu dentro do padrão, isso porque essa água fica armazenada sem o contato com fontes poluidoras.

De acordo com Lima (2015), se os resultados obtidos neste teste forem elevados quando comparado ao valor dele na água bruta, isso quer dizer que nessa água tem a presença de esgoto doméstico, fezes e urinas de animais e restos de alimentos, ou seja, uma maior quantidade de matéria orgânica, o que facilita na entrada de diferentes íons no reservatório e, como a condutividade elétrica é um indicador de íons na amostra, o resultado do teste vai dar cada vez mais elevado.

5. CONCLUSÃO

Através dos testes realizados nesta pesquisa, a adição dos coagulantes biológicos de Palma forrageira e *Moringa oleífera* de forma geral, apresentaram grande potencial para serem empregados no tratamento de águas superficiais, uma vez que, reduziram alguns parâmetros de pH, turbidez e CE da água.

Dessa forma, recomenda-se utilizar os coagulantes biológicos de Palma e *Moringa oleífera* no tratamento de água de cisterna e barreiros nas proporções usadas nesse trabalho, principalmente, na de 1g que foi a que obteve os melhores resultados para os dois tipos de coagulantes, assim o produtor terá êxito em alguns parâmetros da qualidade da água.

Em relação aos dois coagulantes, os tratamentos realizados com a Palma forrageira expressaram os melhores resultados quando comparado com a *Moringa oleífera*, especialmente, com as amostras de água do açude. Visto que essa água tinha valores bem maiores antes do tratamento do que as amostras da água da cisterna.

Com isso, diante das informações impostas neste trabalho, é possível observar a falta de acesso a água em comunidades rurais, tornando-se uma alternativa viável o tratamento dessas águas de péssima qualidade com essa tecnologia do uso dos coagulantes biológicos, por ter um baixo custo e ser simples de executar, sendo acessível para a população.

6. REFERÊNCIAS

AGUSTINI, M. B.; WENDT, L.; PAULUS, C.; MALAVASI, M. M. Maturidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* (Lam). **Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal**, v. 1, n. 1, p. 11-17, 2015.

ANDRADE, N. A. S. Coagulantes de palmas forrageiras e os efeitos na turbidez e potencial hidrogeniônico em tratamento de águas, **Areia/PB, UFPB/CCA**, 2018.

ANDRADE, N. A. S. Coagulantes de palmas forrageiras e os efeitos na turbidez e potencial hidrogeniônico em tratamento de águas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências Agrárias. **Universidade Federal da Paraíba**, Areia, 2018.

ARANTES, C. C.; PATERNIANI, J. E. S.; RODRIGUES, D. S.; HATORI, P. S.; PIRES, M. S. G. Diferentes formas de aplicação da semente de Moringa oleifera no tratamento de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 266-272, 2015.

ARANTES, C. C.; RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, M. S. S. T.; SILVA, G. K. Uso de coagulantes naturais à base de moringa oleifera e tanino como auxiliares da filtração em geotêxtil sintético não tecido. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 4, p. 780-788, 2014.

ASANTE, W. J.; NASARE, I. L.; TOM-DERY, D.; OCHIRE-BOADU, K.; KENTIL, K. B. Nutrient composition of Moringa oleifera leaves from two agro ecological zones in Ghana. **African Journal of Plant Science**, v. 8, n. 1, p. 65-71, 2014.

BARKA, N.; OUZAOUILT, K.; ABDENNOURI, M.; EL MAKHFOUK, M. Dried prickly pear cactus (*Opuntia ficus indica*) cladodes as a low-cost and eco-friendly biosorbent for dyes removal from aqueous solutions. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 44, n. 1, p. 52-60, 2013.

BARTIKO, D.; DE JULIO, M. Construção e emprego de diagramas de coagulação como ferramenta para o monitoramento contínuo da floculação em águas de abastecimento. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 1, p. 71-81, 2015.

BELBAHLOUL, M.; ZOUHRI, A.; ANOUAR, A. Bioflocculants extraction from Cactaceae and their application in treatment of water and wastewater. **Journal of Water Process Engineering**, v. 7, p. 306-313, 2015.

BHUNIA, B.; MUKHOPADHY, D.; GOSWAMI, S.; MANDAL, T.; DEY, A. Improved production, characterization and flocculation properties of poly (γ)-glutamic acid produced from *Bacillus subtilis*. **Journal of Biochemical Technology**, v. 3, n. 4, 2012.

BOTERO, W. G.; SANTOS, A.; OLIVEIRA, L. C.; ROCHA, J. C. Caracterização de lodo gerado em estações de tratamento de água: perspectivas de aplicação agrícola. **Química nova**, v. 32, n. 8, p. 2018-2022, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011. 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**, 2011.

CHOY, S. Y.; PRASAD, K. M. N.; WU, T. Y.; RAGHUNANDAN, M. E.; RAMANAN, R. N. Utilization of plant-based natural coagulants as future alternatives towards sustainable water clarification. **Journal of environmental sciences**, v. 26, n. 11, p. 2178-2189, 2014.

COELHO, R. V.; TAHIRA, F. S.; FERNANDES, F.; FONTENELE, H. B.; TEIXEIRA, R. S. Uso de lodo de estação de tratamento de água na pavimentação rodoviária. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 10, n. 2, 2015.

CONTRERAS LOZANO, K. P.; JAIRO, Y. A. M.; MENDOZA, G. S.; VERBEL, R. O.; ORTEGA, G. P. M. El Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua. **Producción+ Limpia**, v. 10, n. 1, p. 40-50, 2015.

DEZFOOLI, S. M.; UVERSKY, V. N.; SALEEM, M.; BAHARUDIN, F. S.; HITAM, S. M. S.; BACHMANN, R. T. A simplified method for the purification of an intrinsically disordered coagulant protein from defatted *Moringa oleifera* seeds. **Process Biochemistry**, v. 51, n. 8, p. 1085-1091, 2016.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. Métodos e técnicas de tratamento de água. **2. ed. São Carlos: RIMA**. p. 792, v. 1, 2005.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. Métodos e técnicas de tratamento e disposição dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. **São Carlos: LDiBe**, 2012.

DOS SANTOS, A. R. A.; DA CRUZ, L. A.; GONTIJO, H. M. Semente de *Moringa Oleífera* como solução alternativa para o tratamento de água em comunidades rurais. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 6, p. 14, 2019.

DOVIDAUSKAS, S.; OKADA, I. A.; IHA, M. H.; CAVALLINI, A. G.; OKADA, M. M.; BRIGANTI, R. C. Parâmetros físico-químicos incomuns em água de abastecimento público de um município da região nordeste do Estado de São Paulo (Brasil). **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia (Health Surveillance under Debate: Society, Science & Technology)**–*Visa em Debate*, v. 5, n. 1, p. 106-115, 2017.

DUARTE, M. A. C. Tratamento de água para consumo humano de reservatório eutrofizado através de pré e interoxidação, adsorção em carvão ativado e dupla filtração. Tese de Doutorado. **Universidade de São Paulo**, 2011.

FALCADE, D. R.; MANNICH, M.; COLOMBO, G. T. Tubo de turbidez para determinação de baixo custo da turbidez em corpos d'água superficiais. **REGA-Revista de Gestão de Água da América Latina, Porto Alegre**, v. 14, p. 1-8, 2017.

FERNANDES, A. R. A. C.; ANDRADE, E. L.; CAMPOS, V. Propriedades flocculantes em água artificial do ácido γ -poliglutâmico produzido por *Bacillus subtilis* em substrato de soja fermentada (natto). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 14668-14683, 2020.

FERREIRA, B. C.; PAIVA, P. M. H.; MARQUES, A. Semente de *Moringa oleifera* como coagulante natural no tratamento da água, 2020.

FERREIRA, T. G. Avaliação do desempenho do cacto da espécie *Opuntia ficus-indica* como coagulante no tratamento de água. Trabalho de Conclusão de Curso. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, 2015.

FRANCO, C. S.; BATISTA, M. D. A.; OLIVEIRA, L. F. C.; KOHN, G. P.; FIA, R. Coagulação com semente de *Moringa oleifera* preparada por diferentes métodos em águas com turbidez de 20 a 100 UNT. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 781-788, 2017.

GOES, H. H.; SOUZA, R.C. P.; MELO, J. M.; THEODORO, J. D. P. Estudo da aplicação do cacto *Opuntia cochenillifera* no tratamento de água. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, 2017.

HENRIQUES, J. A.; OLIVEIRA, R.; MEIRA, C. M. S.; NASCIMENTO, R. S.; SANTOS, E. C. Potencial de uso da Moringa oleifera Lamarck na clarificação de água para abastecimento em comunidades difusas de áreas semiáridas. **Brazilian Journal of Environmental Sciences** (Online), n. 31, p. 76-83, 2014.

JACOB, A C. Aplicação de coagulantes orgânicos extraídos do cacto (Opuntia cochenillifera) e da Moringa oleifera no tratamento de água. Trabalho de Conclusão de Curso. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, 2018.

JACOB, A. C. Aplicação de coagulantes orgânicos extraídos do cacto (Opuntia cochenillifera) e da Moringa oleifera no tratamento de água. Trabalho de Conclusão de Curso. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, 2018.

JAYALAKSHMI, G.; SARITHA, V.; DWARAPUREDDI, B. K. A review on native plant based coagulants for water purification. **International Journal of Applied Environmental Sciences**, v. 12, n. 3, p. 469-487, 2017.

JAYALAKSHMI, G.; SARITHA, V.; DWARAPUREDDI, B. K. A review on native plant based coagulants for water purification. **International Journal of Applied Environmental Sciences**, v. 12, n. 3, p. 469-487, 2017.

KAMIWADA, W. Y.; ANDRADE, P. V.; REIS, A. G. Emprego do cloreto de polialumínio em estudos de tratabilidade de água de abastecimento via coagulação, floculação e sedimentação. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 25, n. 5, p. 667-676, 2020.

KATAYON, S.; NOOR, M. J. M. M.; ASMA, M.; GHANI, L. A. A.; THAMER, A. M.; AHMAD, I. A. J.; KHOR, B. C.; SULEYMAN, A. M. Effects of storage conditions of Moringa oleifera seeds on its performance in coagulation. **Bioresource technology**, v. 97, n. 13, p. 1455-1460, 2006.

LIMA JÚNIOR, R. N.; ABREU, F. O. M. S. Produtos Naturais Utilizados como Coagulantes e Flocculantes para Tratamento de Águas: Uma Revisão sobre Benefícios e Potencialidades. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 3, 2018.

LIMA, N. M. Aplicação da Moringa oleifera no tratamento de água com turbidez. Dissertação (Mestrado) – **Universidade Católica de Pernambuco**. Pró-reitoria Acadêmica. Curso de Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, p. 56, 2015.

LIMA, P. R.; ALMEIDA, I. V.; VICENTINI, V. E. P. Os diferentes tipos de coagulantes

LV, M.; ZHANG, Z.; ZENG, J.; LIU, J.; SUN, M.; YADAV, R. S.; FENG, Y. Roles of magnetic particles in magnetic seeding coagulation-flocculation process for surface water treatment. **Separation and Purification Technology**, v. 212, p. 337-343, 2019.

MA, J.; SHI, J.; DING, H.; ZHU, G.; FU, K.; FU, X. Synthesis of cationic polyacrylamide by low-pressure UV initiation for turbidity water flocculation. **Chemical Engineering Journal**, v. 312, p. 20-29, 2017.

MATIC, I.; GUIDI, A.; KENZO, M. MATTEI, M.; GALGANI, A. Investigation of medicinal plants traditionally used as dietary supplements: A review on *Moringa oleifera*. **Journal of public health in Africa**, v. 9, n. 3, 2018.

MEGERSA, M.; BEYENE, A.; AMBELU, A.; ASNAKE, D.; BEKELE, T.; FIRDISSA, B.; ALEBACHEW, Z.; TRIEST, L. A preliminary evaluation of locally used plant coagulants for household water treatment. **Water Conservation Science and Engineering**, v. 1, n. 2, p. 95-102, 2016.

MILLER, S. M.; FUGATE, E. J.; CRAVER, V. O.; SMITH, J. A.; ZIMMERMAN, J. B. et al. Toward Understanding the Efficacy and Mechanism of *Opuntia* spp. as a Natural Coagulant for Potential Application in Water Treatment. **Environmental Science Technology**, v. 42, n. 12, p.4274-4279, abr. 2008.

MORUZZI, R. B.; OLIVEIRA, A. L. Avaliação da sensibilidade da função de distribuição de tamanho de partícula durante a floculação. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 25, n. 1, p. 1-9, 2020.

NARDY, J. F.; PEREIRA, J. G.; RAGHIANTE, F.; PINTO, J. P. A. N.; BIONDI, G. F.; MARTINS, O. A. Estudo espectrofotométrico de turbidez em água para as indústrias de bebidas e alimentos de origem animal. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 14, n. 3, p. 1-12, 2020.

naturais para o tratamento de água: uma revisão. **Evidência**, p. 1-14, 2020.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S. Influence of operating parameters on turbidity removal by coagulation with *Moringa oleifera* seeds. **Environmental Technology**, v. 17, n. 10, p. 1103-1112, 1996.

NEVES, F. L.; SPÍNOLA, A. M.; CHAGAS, M. C. M.; NEVES, J. D. C.; KUSTER, I. S.; FIGUEIREDO, M. R. P.; OLIVEIRA, F. S.; OLIVEIRA, E. F.; PEREIRA, S. L. Palma-forrageira: opção e potencialidades para alimentação animal e humana em propriedades rurais do Estado do Espírito Santo. **Vitória – ES**, p. 52, 2020.

NKURUNZIZA, T.; NDUWAYEZU, J. B.; BANADDA, E. N.; NHAPI, I. The effect of turbidity levels and *Moringa oleifera* concentration on the effectiveness of coagulation in water treatment. **Water Science and Technology**, v. 59, n. 8, p. 1551-1558, 2009.

NOGUEIRA, F. F.; COSTA, I. A.; PEREIRA, U. A. Análise de parâmetros físico químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás. 2015. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, **Universidade Federal de Goiás**, Goiânia, 2015.

NUNES, N. T. Sistema de Monitoramento para Identificação de Contaminantes Apolares em Águas Subterrâneas via Condutividade Elétrica. **Universidade Federal de Santa Catarina**, 2019.

OLADOJA, N. A.; SALIU, T. D.; OLOLADE, I. A.; ANTHONY, E. T.; BELLO, G. A. A new indigenous green option for turbidity removal from aqueous system. **Separation and Purification Technology**, v. 186, p. 166-174, 2017.

OLIVEIRA, E. M.; RIBEIRO, D. M.; CRONEMBERGER, M. G. O.; CARVALHO, W. F.; LIMA, M. D. P.; SOUSA, K. R. F. Análises físico-químicas e microbiológicas da água de bebedouros em escolas públicas da cidade de Timon-MA. **PUBVET**, v. 12, p. 172, 2018.

OLIVEIRA, N. T.; NASCIMENTO, K. P.; GONÇALVES, B. O.; LIMA, F. C.; COSTA, A. L. N. Tratamento de água com Moringa oleifera como coagulante/floculante natural. **Revista Científica Da Faculdade De Educação E Meio Ambiente**, v. 9, n. 1, p. 373-382, 2018.

OLIVIO, M. L. G.; ESTEVES, E. F. J.; DE MARCO FERRO, D. A. Sementes de Moringa oleifera Lam: Eficiência no uso de coagulante biológico no tratamento de água com turbidez, comparado ao coagulante químico sulfato de alumínio. **Revista Funec Científica Multidisciplinar – ISSN 2318-5287**, v. 9, n. 11, p. 1-18, 2020.

ORTIZ, A.V; ASTUDILLO, I.C.P; GARCÍA, J.M. Caracterización de lá Opuntia ficus indica para su uso como coagulante natural. **Rev. Colomb. Biotecnol**, Bogotá, v. 15, n. 1, p.137-144, jul. 2013.

PARRA, L.; ROCHER, J.; ESCRIVÁ, J.; LLORET, J. Design and development of low cost smart turbidity sensor for water quality monitoring in fish farms. **Aquacultural Engineering**, v. 81, p. 10-18, 2018.

PICHLER, T.; YOUNG, K.; ALCANTAR, N. Eliminating turbidity in drinking water using the mucilage of a common cactus. **Water Science and Technology: Water Supply**, v. 12, n. 2, p. 179-186, 2012.

PINTO, F. S.; OLIVEIRA, A. C. P. Avaliação da eficiência das sementes de Moringa Oleifera Lam. para remoção de turbidez em afluentes. **Meio Ambiente em Foco**. Volume 11, p. 37, 2020.

PLUTZER, J.; KARANIS, P. Neglected waterborne parasitic protozoa and their detection in water. **Water Research**, v. 101, p. 318-332, 2016.

RACHDI, R.; SRARFI, F.; SHIMI, N. S. Cactus Opuntia as natural flocculant for urban wastewater treatment. **Water Science and Technology**, v. 76, n. 7, p. 1875-1883, 2017.

RACHDI, R.; SRARFI, F.; SHIMI, N. S. Cactus Opuntia as natural flocculant for urban wastewater treatment. **Water Science and Technology**, v. 76, n. 7, p. 1875-1883, 2017.

RACHDI, R.; SRARFI, F.; SHIMI, N. S. Cactus Opuntia as natural flocculant for urban wastewater treatment. **Water Science and Technology**, v. 76, n. 7, p. 1875-1883, 2017.

RIBEIRO, A. T. A. Aplicação da Moringa Oleifera no tratamento de água para consumo humano: remoção de poluentes por coagulação-floculação. **Mestrado em Engenharia do Ambiente** (Dissertação), p. 98, 2010.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. Tratamento de Água: Tecnologia Atualizada. São Paulo, SP, **Editora Blucher**, 2007.

RODRIGUES, K. C. Otimização do Tratamento de Água Cinza Associando Soluções Aquosas de Moringa Oleífera e Sulfato de Alumínio. Dissertação (Mestrado) Pós-Graduação em Modelagem e Otimização - **Universidade Federal de Goiás, Catalão**, 2019.

RUSSO, A. C. Aprimoramento e aplicação de equipamento de monitoramento contínuo da floculação visando à melhoria dos processos de coagulação de uma estação de tratamento de água. Tese de doutorado – Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica, Área de Infraestrutura Aeroportuária – **Instituto Tecnológico de Aeronáutica**, 2019.

RUTKOVSKI, F. Mortalidade infantil e saneamento básico: sua incidência nas regiões brasileiras. 2019. 42 f. Monografia (Especialização) – **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. Programa de Pós-Graduação em Administração, Esteio, BR – RS, 2019.

SANTANA, C. R.; PEREIRA, D. F.; ARAUJO, N. A.; CAVALCANTI, E. B.; SILVA, G. F. Caracterização físico-química da moringa (*Moringa oleifera* Lam). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande**, v. 12, n. 1, p. 55-60, 2010.

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; ARRUDA, G. P.; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco. **Recife: IPA**, v. 48, 2006.

SANTOS, T. M.; PEREIRA, D. F.; SANTANA, C. R. SILVA, G. F. Estudo do tratamento físico químico da água produzida utilizando *Moringa oleifera* Lam em comparação ao sulfato de alumínio. **Exacta**, v. 9, n. 3, p. 317-321, 2011.

SHILPA, B. S.; AKANKSHA, K.; GIRISH, P. Evaluation of cactus and hyacinth bean peels as natural coagulants. **International Journal of Chemical & Environmental Engineering**, v. 3, n. 3, 187-191, 2012.

SIGLER, A.; BAUDER, J. Alcalinidad, pH y sólidos disueltos totales. **Obtenido de Well Educated Educación en el Agua de Pozo: http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS**, v. 20, p. 2012-11, 2017.

SILVA, L. D.; DANTAS, P. R.; NETO, L. M. P.; ARRUDA, V.; C. M.; TAVARES, R. G.; SILVA, V. P. Eficiência da coagulação, floculação e decantação como tratamento primário de efluente têxtil. **Revista Geama**, p. 36-40, 2019.

SILVA, M. A.; ARAÚJO, R. R. Análise temporal da qualidade da água no córrego limoeiro e no rio Pirapozinho no Estado de São Paulo-Brasil. **Formação (Online)**, v. 1, n. 24, 2017.

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, C. A. A.; SILVA, M. C. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, v.28, p.10-18, 2015.

SILVA, W. T. L. Saneamento básico rural. **Brasília, DF : Embrapa** , 2014.

SIQUEIRA, A. P.; SILVA, C. N.; REZENDE, L. C. S. H.; MILANI, R. G.; YAMAGUCHI, N. E. Análise da performance dos coagulantes naturais *Moringa oleifera*

e tanino como alternativa ao sulfato de alumínio para o tratamento de água. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, 2018.

STEVENSON, M.; BRAVO, C. Advanced turbidity prediction for operational water supply planning. **Decision Support Systems**, v. 119, p. 72-84, 2019.

TEH, C. Y.; BUDIMAN, P. M.; SHAK, K. P. Y.; WU, T. Y. Recent advancement of coagulation–flocculation and its application in wastewater treatment. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 55, n. 16, p. 4363-4389, 2016.

THEODORO, J. D. P.; LENZ, G. F.; ZARA, R. F.; BERGAMASCO, R. Coagulants and natural polymers: perspectives for the treatment of water. **Plastic and Polymer Technology**, n. 3, v. 2, p. 55-62, 2013.

VASCONCELOS, M. B.; CAJAZEIRAS, C. C. A.; SOUSA, R. R. Aplicação da condutividade elétrica da água nos estudos hidrogeológicos da região Nordeste do Brasil. **XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2019.

VERBEL, R. E. O.; MARTÍNEZ, I. D. M.; GAZABÓN, L. E. M. Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficusindica*. **SciELO**, v. 8, n. 1, 2013.

VERBEL, R. E. O.; MENDONZA, Y. R. A.; MARTÍNEZ, I. D. M.; CAMARGO, D. P. C. GAZABÓN, L. E. Utilización de Tuna (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas. **Avances Investigación en Ingeniería**, v.11, n.1, 1794-4953, 2014.

VIEIRA, M. R. Os principais parâmetros monitorados pelas sondas multiparâmetros são: pH, condutividade, temperatura, turbidez, clorofila ou cianobactérias e oxigênio dissolvido. **On line**, 2019.

VON SPERLING, M. Estudos de modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte: **UFMG**, 2007. Vol. 7. 452 p

WENDLING, C. S.; MATIAS, C. A.; DE CAMPOS, R. F. F. DIFERENTES FORMAS DE UTILIZAÇÃO DA MORINGA OLEIFERA LAM NO TRATAMENTO DE ÁGUA. **Extensão em Foco (ISSN: 2317-9791)**, v. 7, n. 1, p. 73-78, 2019.

WERLANG, V. Estudo teórico experimental da condutividade: soluções iônicas. Trabalho de Conclusão de Curso. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO/ United Nations International Children's Emergency Foundation – UNICEF. **Progressos em matéria de água potável, saneamento e higiene. Informe de atualização de 2017**. 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO/ United Nations International Children's Emergency Foundation – UNICEF. Sanitation monitoring programme. Joint Water Supply; **Progress on sanitation and drinking water: 2015 update and MDG assessment**. 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. Water quality and health-review of turbidity: information for regulators and water suppliers, 2017.

YIN, C. Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. **Process Biochemistry**,[s.l.], v. 45, n. 9, p.1437-1444, set. 2010.

YIN, C. Y. Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. **Process Biochemistry**, v. 45, n. 9, p. 1437-1444, 2010.

ZHANG, J.; ZHANG, F.; LUO, Y.; YANG, H. A preliminary study on cactus as coagulant in water treatment. **Process Biochemistry**, v. 41, n. 3, p. 730-733, 2006.

ZIMMERMAN, J. B.; FUGATE, E. J.; CRAVER, V. O.; SMITH, J. A.; MILLER, S. M. Toward Understanding of *Opuntia* spp. As a Natural Coagulant for Potential Application in Water Treatment. **Environ. Sci. Technol.**, v. 42, p. 4274-4279, 2008.

ZIMMERMAN, J. B.; FUGATE, E. J.; CRAVER, V. O.; SMITH, J. A.; MILLER, S. M. Toward Understanding of *Opuntia* spp. As a Natural Coagulant for Potential Application in Water Treatment. **Environ. Sci. Technol.**, v. 42, p. 4274-4279, 2008.